

verMESSEN

FÜR UNS IST ES GANZ NATÜRLICH, DIE WELT VON DER NANO- BIS ZUR MAKROEBENE ZU VERMESSEN, ZU KATEGORISIEREN. DOCH WO LIEGEN DIE GRENZEN DES MESSBAREN? VIELLEICHT IM ELEMENTARSTEN, ABER AM WENIGSTEN GREIFBAREN TEIL UNSERES ICHS – DER SEELE.



TITELTHEMA verMESSEN:

- 03 **Dr. Michael Fübi: Ist wirklich alles messbar?**
Messen ist Bedingung für technischen und gesellschaftlichen Fortschritt. Aber ist es nicht vermessen zu glauben, wir könnten alles messen und endgültig verstehen?
- 04 **Lebensbestimmende Messwerte**
Privatdozent Dr. Axel Nothnagel, Geodätisches Institut der Universität Bonn, untersucht die Zeitdaten zur Erdrotation und erklärt, warum wir immer die Orientierung behalten (S. 4).
Glücksforscherin Prof. Dr. Michaela Brohm-Badry ist überzeugt, dass Menschen nach einem einschneidenden Erlebnis glücklicher als vorher sind (S. 12).
Prof. Dr. Volker Schürmann, Deutsche Sporthochschule Köln, findet es vermessen, medikamentös in den menschlichen Körper einzugreifen, um Ergebnisgleichheit im Sport zu erreichen (S. 20).
- 14 **Mensch unter der Lupe**
Der menschliche Körper lässt sich komplett vermessen. Weiterentwickelte Messmethoden erlauben es uns, immer detaillierter zu sehen. Doch wie sieht es mit dem Bewusstsein aus? Mit Menschenwürde, Glück und Bildung?

AUSSERDEM IM HEFT:

- 22 **Wegen Überfüllung geschlossen**
Der weltweite Flugverkehr legt jährlich um fünf Prozent zu. Dieser Anstieg führt zu Problemen. Flughäfen und Fluglotsen gelangen zeitweilig an ihre Grenzen.
- 30 **Smarte Sprechstunde**
Dank smarterer Medizin lässt sich der menschliche Körper rund um die Uhr kontrollieren, Diagnosen können schnell und problemlos gestellt werden. Einen Arztbesuch ersetzt smarte Medizin aber nicht.
- 32 **Pixelige Erleuchtung**
Moderne Scheinwerfersysteme sind längst mehr als vorgeschriebene Fahrzeugbestandteile. Für Autohersteller haben sie sich zu einem wichtigen Designelement gewandelt. Und sie sind wahre Lichthelden.
- 34 **Die fünfte Generation**
5G soll die ganze Welt miteinander vernetzen und die Digitalisierung voranbringen. Doch was kann 5G wirklich? Wer profitiert von dem neuen Standard? Und welche Auswirkungen bringt er mit sich?

unermesslich

JEDER MENSCH HAT SEINE SEHNSÜCHTE, ZIELE UND PROBLEME, UM DIE SICH SEIN LEBEN DREHT. MITUNTER HALTEN WIR UNS SELBST FÜR DAS **ZENTRUM DES UNIVERSUMS**. WIE VERMESSEN DIESE SELBSTBETRACHTUNG IST, WIRD UNS OFT ERST BEWUSST, WENN WIR ES SCHAFFEN, ABSTAND VON UNS SELBST ZU GEWINNEN.

Im Jahr 2013, weit draußen im Weltall, blickt die Raumsonde Cassini aus dem Schatten des Gasplaneten Saturn zurück auf ihren Startplatz, die Erde. Das Foto zeigt uns, welchen Platz wir im Universum einnehmen. Aus rund 1,5 Milliarden Kilometern Entfernung ist die Erde zu einem kleinen, blassblauen Punkt geschrumpft. Unsere verletzliche Heimat im unendlichen Weltraum – ein Raumschiff für 7,5 Milliarden Astronauten.

TITELTHEMA verMESSEN:

- 03 **Dr. Michael Fübi: Ist wirklich alles messbar?**
Messen ist Bedingung für technischen und gesellschaftlichen Fortschritt. Aber ist es nicht vermessen zu glauben, wir könnten alles messen und endgültig verstehen?
- 04 **Lebensbestimmende Messwerte**
Privatdozent Dr. Axel Nothnagel, Geodätisches Institut der Universität Bonn, untersucht die Zeitdaten zur Erdrotation und erklärt, warum wir immer die Orientierung behalten (S. 4).
Glücksforscherin Prof. Dr. Michaela Brohm-Badry ist überzeugt, dass Menschen nach einem einschneidenden Erlebnis glücklicher als vorher sind (S. 12).
Prof. Dr. Volker Schürmann, Deutsche Sporthochschule Köln, findet es vermessen, medikamentös in den menschlichen Körper einzugreifen, um Ergebnisgleichheit im Sport zu erreichen (S. 20).
- 14 **Mensch unter der Lupe**
Der menschliche Körper lässt sich komplett vermessen. Weiterentwickelte Messmethoden erlauben es uns, immer detaillierter zu sehen. Doch wie sieht es mit dem Bewusstsein aus? Mit Menschenwürde, Glück und Bildung?

AUSSERDEM IM HEFT:

- 22 **Wegen Überfüllung geschlossen**
Der weltweite Flugverkehr legt jährlich um fünf Prozent zu. Dieser Anstieg führt zu Problemen. Flughäfen und Fluglotsen gelangen zeitweilig an ihre Grenzen.
- 30 **Smarte Sprechstunde**
Dank smarterer Medizin lässt sich der menschliche Körper rund um die Uhr kontrollieren, Diagnosen können schnell und problemlos gestellt werden. Einen Arztbesuch ersetzt smarte Medizin aber nicht.
- 32 **Pixelige Erleuchtung**
Moderne Scheinwerfersysteme sind längst mehr als vorgeschriebene Fahrzeugbestandteile. Für Autohersteller haben sie sich zu einem wichtigen Designelement gewandelt. Und sie sind wahre Lichthelden.
- 34 **Die fünfte Generation**
5G soll die ganze Welt miteinander vernetzen und die Digitalisierung voranbringen. Doch was kann 5G wirklich? Wer profitiert von dem neuen Standard? Und welche Auswirkungen bringt er mit sich?

Wir vermessen

ALS INGENIEUR GENAUSO WIE ALS CEO VON TÜV RHEINLAND BIN ICH MIT DEM SAMMELN UND AUSWERTEN VON ZAHLEN SEHR VERTRAUT. UND IN DER REGEL GILT: WAS MAN MISST, LÄSST SICH VERBESSERN – MESSBAR. VOR ALLEM AUCH AUS DIESEM GRUND SAMMELN MENSCHEN SEIT JEHER DATEN. WIR VERMESSEN UNS SELBST UND UNSERE UMWELT, UM ALLES BEWERTEN, BEURTEILEN, KATEGORISIEREN UND LETZTENDLICH AUCH VERBESSERN ZU KÖNNEN.

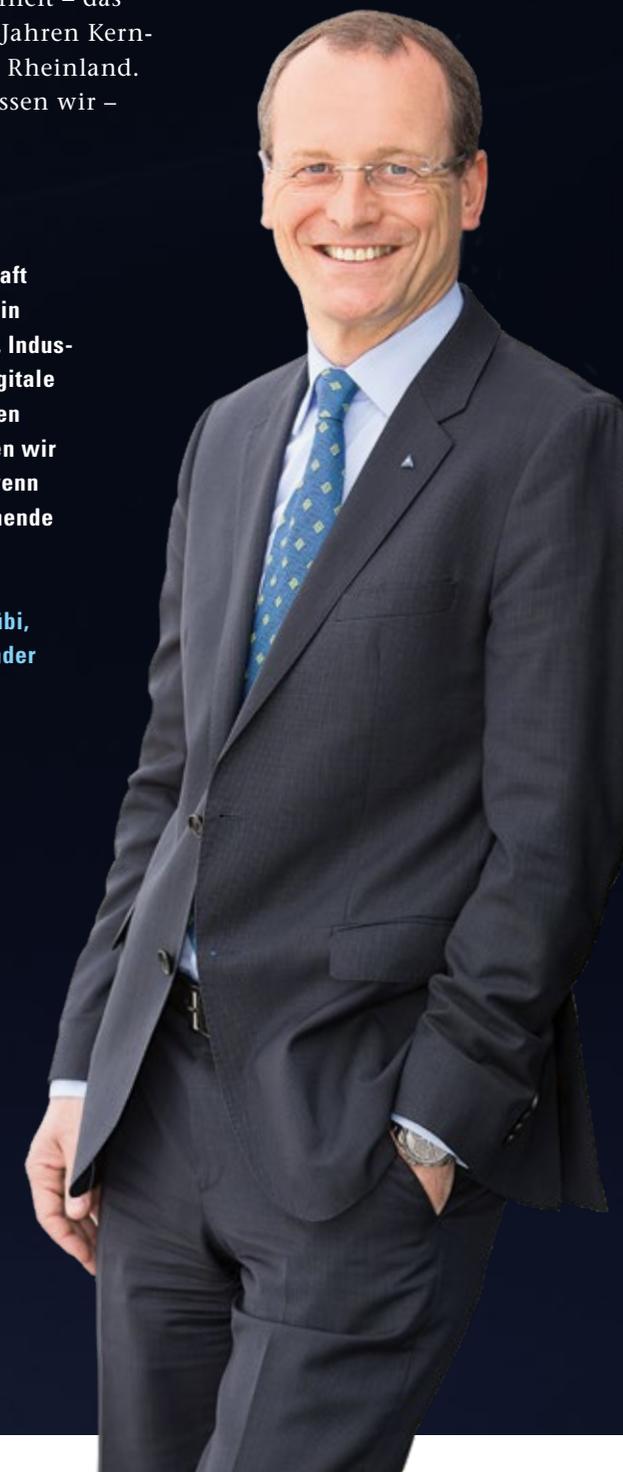
Es ist keine Folge der Digitalisierung, dass wir Daten in unfassbarem Ausmaß sammeln, auswerten und dadurch neues Wissen und Zusammenhänge generieren. Die Neugier, das Unbekannte zu erkunden und ihm eine Form, einen Namen zu geben, bot den Menschen seit jeher einen Ausweg aus der Angst vor dem Unbekannten. So lernen wir heute noch dazu, in allen Lebensbereichen. Selbst kleinste Elementarteilchen haben wir entdeckt und ein Schwarzes Loch fotografiert. Das Genom, der Kern unseres Lebens, ist in allen Bestandteilen analysiert. Und trotzdem: Es gibt noch viele weiße Flecken, die es zu vermessen, zu erforschen und zu verstehen gilt – das Amazonasbecken, die Tiefsee und das Weltall halten noch viele Geheimnisse bereit. Heute hilft uns die Digitalisierung, noch größere Datenmassen zu erfassen, noch schneller und genauer zu messen, diese Daten auszuwerten, Zusammenhänge abzuleiten und sogar Entwicklungen vorherzusagen. Ermöglichen sollen die Datenmassen Revolutionäres, wie das autonome Fahren, den Personen- und Warentransport per Drohne oder eine durch und durch automatisierte Produktions- und Arbeitswelt in der „dunklen Fabrik“, in der Roboter statt Menschen produktiv sind. Neue Technologien sollen Zeit, Geld und Ressourcen sparen. Predictive Maintenance, also zu wissen, wann der Aufzug geprüft und die Straße erneuert werden muss oder die Brücke neue Stahlträger braucht, indem man aus den Daten der Vergangenheit die Zukunft abliest, das ist heute dank der Digitalisierung möglich.

In der Öffentlichkeit wird diskutiert, ob es vernünftig ist, dass wir uns in naher Zukunft freiwillig unbemannten Flugmaschinen oder dem autonomen Fahren „ausliefern“. Ist diese Frage die richtige? Oder geht es nicht vielmehr um die Frage, wie wir uns im globalen Zusammenhang

sehen, wie weit wir bereit sind, unsere menschlichen Fähigkeiten hinter die Möglichkeiten von Technik zurückzustellen. Der Geschwindigkeit der technischen Entwicklung muss der Mensch mehr und mehr folgen und lernen, ihr zu vertrauen. Dabei gilt immer, dass Technik dem Menschen dienen muss und nicht umgekehrt. Studien zeigen beispielsweise, dass sich die Zahl der Verkehrstoten durch autonome Fahrzeuge drastisch senken ließe. Dennoch ist die Akzeptanz solcher Systeme ausbaubar. Und das, obwohl unser aller Sicherheit gesteigert werden könnte. Vertrauen schaffen in neue Technologien, und deren Sicherheit – das ist seit über 140 Jahren Kernaufgabe als TÜV Rheinland. Deshalb (ver)messen wir – seit jeher.

„Unsere Gesellschaft muss auch künftig in sichere Fahrzeuge, Industrieanlagen und digitale Strukturen vertrauen können. Das können wir aber nur leisten, wenn wir über entsprechende Daten verfügen.“

**Dr.-Ing. Michael Fübi,
Vorstandsvorsitzender
TÜV Rheinland**



unermesslich

JEDER MENSCH HAT SEINE SEHNSÜCHTE, ZIELE UND WÜNSCHE. HALTEN WIR UNS SELBST FÜR DAS ZENTRUM DER WELT, WIRD UNS OFT ERST BEWUSST, WENN WIR ES

*„Die Erde ist weder
rund, noch dreht
sie sich gleichmä-
ßig. Sie gleicht eher
einem deformierten
Fußball, der durchs
Weltall taumelt.“*

*Dr. Axel Nothnagel ist
Privatdozent für Geodäsie
und Forschungsgruppenlei-
ter für Radiointerferometrie
an der Universität Bonn.
Von dort aus koordiniert
er die millimetergenaue
Vermessung der Erdposition
mit Radioteleskopen.*



Die verrückte Erde

UNSER PLANET IST GANZ SCHÖN NEBEN DER SPUR: MAL DREHT ER SICH SCHNELLER, MAL LANGSAMER. DAZU TAUMELT ER WIE EIN KREISEL. UND AUCH SEINE OBERFLÄCHE VERÄNDERT SICH. DANK ERDVERMESSERN WIE DR. AXEL NOTHNAGEL BEHALTEN WIR DENNOCH DIE ORIENTIERUNG.

Was ist der kürzeste Weg zum nächsten Sharing-Bike? Ein Blick auf die App des Anbieters verrät den Standort und zeigt den schnellsten Weg dorthin, der Satellitennavigation sei Dank. Dass die per Bike gefahrene Strecke ebenfalls per Satellit getrackt wird – Standard. So selbstverständlich uns die Nutzung von „Navi“-Funktionen geworden ist, so komplex ist es, diesen Service bereitzustellen. In rund 20.000 Kilometern Höhe sorgen nahezu 100 Satelliten der Systeme Galileo (Europa), GPS (USA), Glonass (Russland) und Beidou (China) dafür, dass man sein Sharing-Bike findet, Schiffe den kürzesten Weg auf den Weltmeeren nehmen und Autos eines Tages autonom durch die Stadt fahren können. Damit die Navi-Satelliten zuverlässig arbeiten, brauchen sie jedoch genaue Informationen über die Lage von Referenzpunkten auf der Erdoberfläche. Darum kümmert sich der Geodät Dr. Axel Nothnagel von der Universität Bonn. Der Experte auf dem Gebiet der Erdvermessung ist Leiter des VLBI Service, eines internationalen Netzwerks aus Forschungseinrichtungen, Raumfahrtagenturen und Radioteleskopen, das sich auf alle Kontinente dieser Erde erstreckt. „Wir erstellen ein möglichst exaktes Koordinatennetz aus Fixpunkten, um den Satelliten eine Orientierung zu geben“, sagt Nothnagel. Das muss immer wieder aufs Neue geschehen, denn unser Planet verändert sich laufend.

KEINE RUHIGE KUGEL

Die Erde dreht sich mal schneller, mal langsamer, oder besser gesagt: Sie eiert. Bedingt durch Wind- und Meeresströmungen kann die Tageslänge um bis zu eine Millisekunde variieren. Am Äquator beispielsweise dreht sich die Erde in dieser Zeit 45 Zentimeter weiter. Zudem taumelt der Planet wie ein langsamer werdender Kreisel um seine Längsachse. Aus Sicht eines geostationären Satel-

liten wandern die unter ihm liegenden Länder, Küsten und Meere so um bis zu 25 Meter pro Jahr hin und her. Hinzu kommt die Bewegung der Erdplatten. Europa und Amerika zum Beispiel driften jährlich rund zwei Zentimeter auseinander. Zu guter Letzt ist die Erdoberfläche nicht so rund und gleichmäßig geformt, wie sie vom All aus erscheint. Ohne Wasserbedeckung und unter Berücksichtigung der Massen- und Höhenunterschiede ähnelt unser Planet eher einem deformierten Fußball. Alle Effekte zusammen wirken sich stark auf die Positionsbestimmung auf der Erde aus. „Würden wir nicht immer wieder neu messen und die Satelliten mit aktuellen Daten füttern, wäre Satellitennavigation, wie wir sie heute für viele Anwendungen benötigen, nach wenigen Wochen unmöglich“, so Axel Nothnagel.

QUASARE SENDEN KNISTERTÖNE

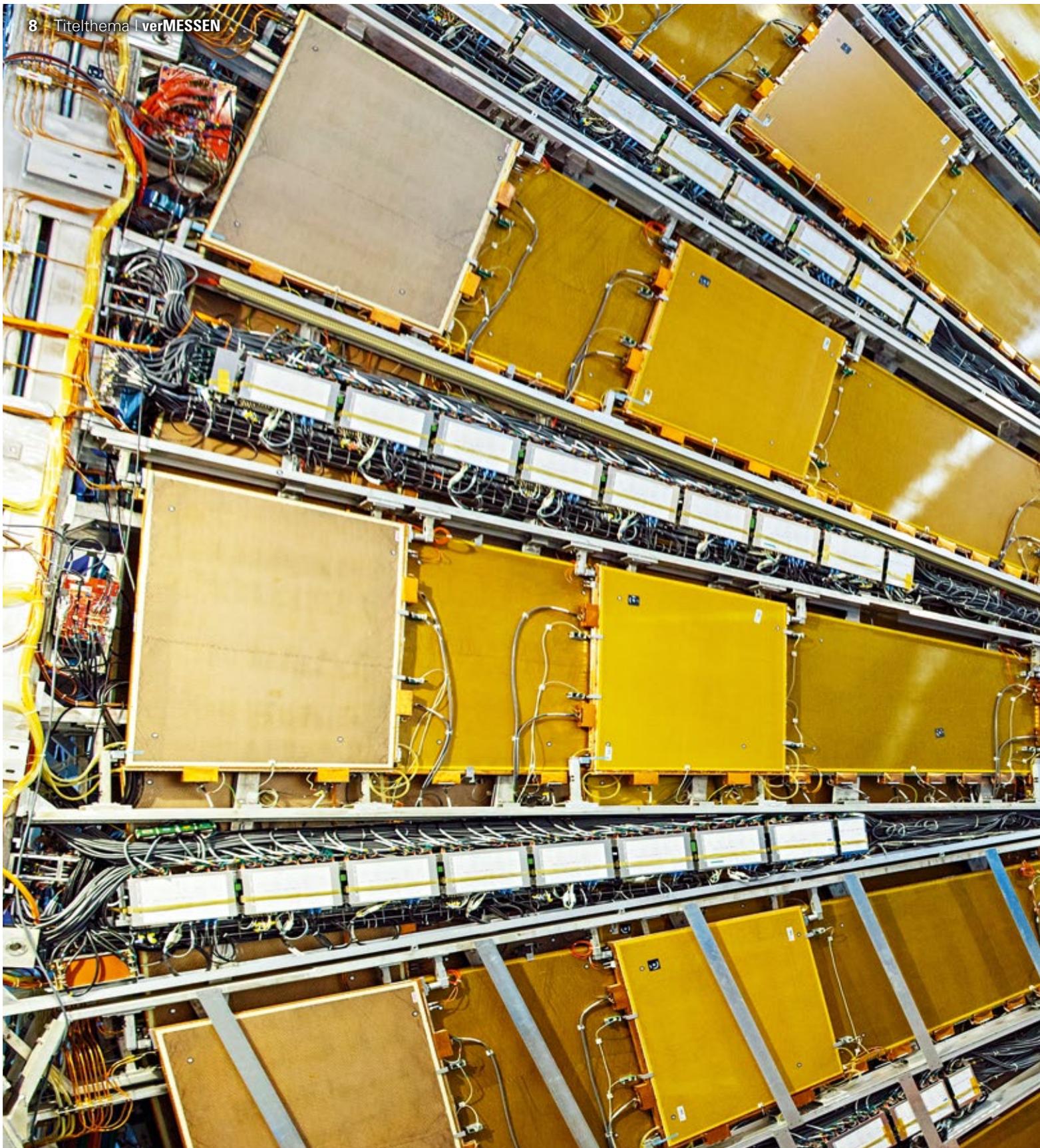
Wichtigstes Werkzeug der Wissenschaftler ist die für das Netzwerk namensgebende Messmethode VLBI (Very Long Baseline Interferometry). Zweimal wöchentlich koordiniert Nothnagel die Messreihen von sieben der rund 60 weltweit für diesen Zweck genutzten Radioteleskope. Sie sind die Fixpunkte des Koordinatensystems. Die riesigen Schüsseln peilen paarweise Radioquellen im All an, meist Quasare. Diese zwei bis acht Milliarden Lichtjahre entfernten Himmelskörper senden Knistertöne aus und sind wegen ihrer großen Entfernung zur Erde ideale Fixpunkte. Weil die Teleskope tausende Kilometer auseinander stehen, erreicht sie das kosmische Rauschen um Sekundenbruchteile versetzt. Daraus berechnen Hochleistungsrechner den Abstand zwischen den Teleskopen, bis auf zwei Millimeter pro tausend Kilometer genau. Diese Daten wiederum ermöglichen Rückschlüsse auf die aktuelle Lage und Gestalt der Erde – und helfen den Satelliten, uns zuverlässig zum nächsten Sharing-Bike zu leiten.



anmaßend

WOVON HÄNGT DER WOHLSTAND EINER GESELLSCHAFT LANGFRISTIG AB? UND WONACH BEMISST SICH PERSÖNLICHER REICHTUM? DIE DIGITALISIERUNG UND DER KLIMAWANDEL VERÄNDERN DIE PARAMETER ZUR BEANTWORTUNG DIESER FRAGEN FÜR VIELE MENSCHEN GRUNDLEGENDE. ES IST ZEIT FÜR NEUE ZIELE.

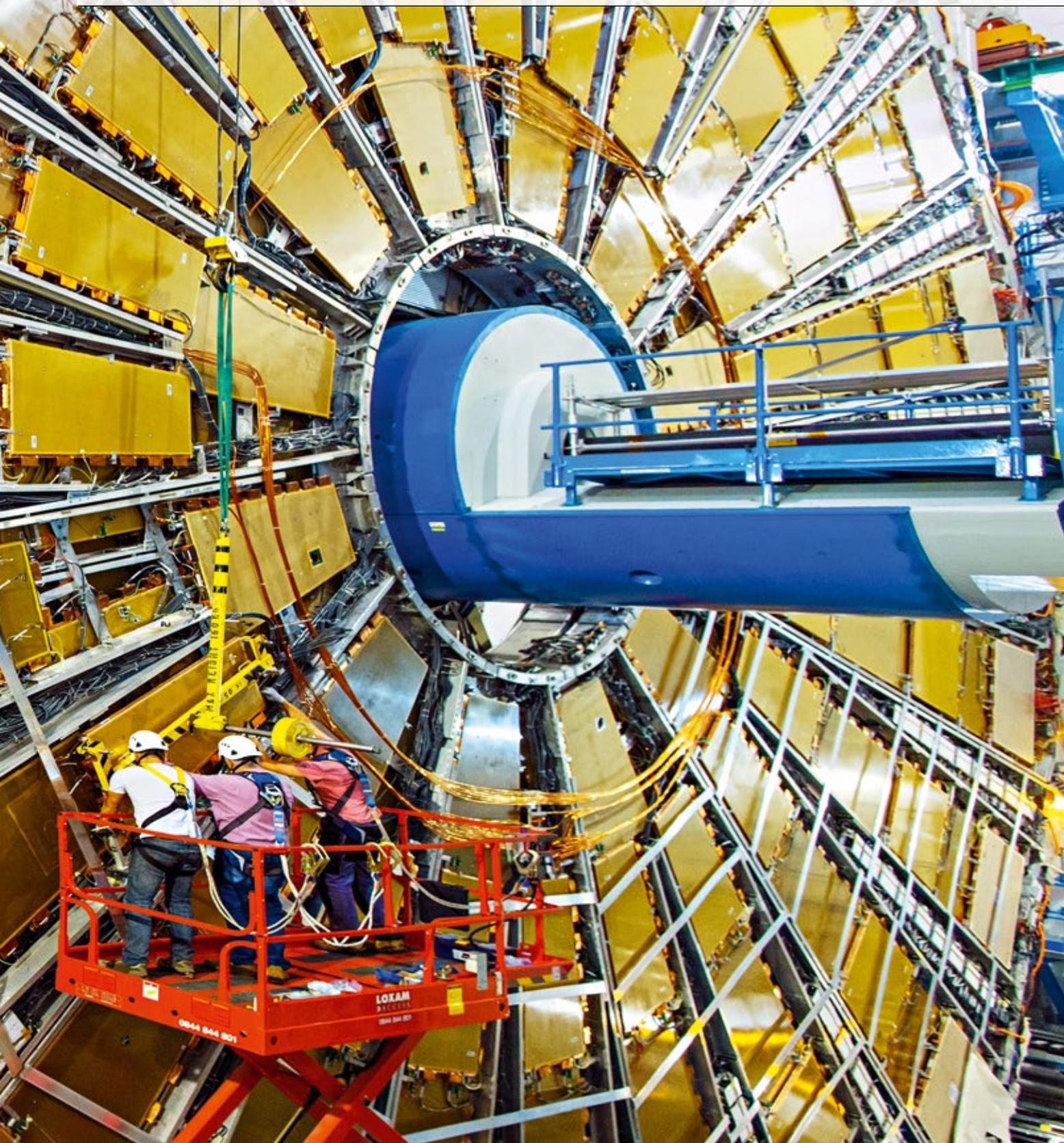
Erdöl, Erdgas, Mangan, Cobalt: Auf dem Meeresgrund lagern unermessliche Rohstoffschätze. Das weckt Begehrlichkeiten und birgt Konfliktpotenzial. Denn nur innerhalb der 200-Seemeilen-Zone vor der Küste gestattet die UN-Seerechtskonvention Staaten das Hoheitsrecht der „ausschließlichen Wirtschaftszone“ und damit die Erlaubnis, dort Fischgründe und Rohstoffe auszubeuten. Darüber hinaus sind die Meere als „gemeinsames Erbe der Menschheit“ definiert. Nun aber können Küstenstaaten und Inseln ihr Hoheitsgebiet auf maximal 350 Seemeilen ausdehnen, wenn sich ihr Festlandsockel unter Wasser so weit erstreckt. Damit hat ein neuer Kampf um die Weltmeere begonnen. Mit geologischen Gutachten wollen Staaten nachweisen, dass sie einen möglichst großen Anteil am Kontinentalschelf besitzen. Eine Expertenkommission der UN bewertet die aus Unterwasserbohrungen und Radarmessungen gewonnenen Daten. Fünf Anrainerstaaten des Arktischen Meeres – Dänemark, Kanada, die USA, Norwegen, Russland – wollen so ihre Hoheitsrechte Richtung Nordpol ausweiten. Über zehn Prozent des weltweit verfügbaren Erdöls sollen hier lagern. Doch der Kampf um die ökonomische Vorherrschaft am Meeresgrund wird nicht nur mit den Waffen der Wissenschaft ausgetragen. Seit Jahrzehnten schwelt zwischen sechs Ländern ein teils offen geführter militärischer Konflikt um die kleinen Spratly-Inseln im südchinesischen Meer. Hier werden Gas- und Erdölvorkommen vermutet. Das Meer, das Erbe der Menschheit: Der Streit darum ist in vollem Gange.



Für die Suche nach dem, was die Welt im Innersten zusammenhält, haben Wissenschaftler aus 85 Nationen und von 580 Universitäten und Forschungsinstituten die größte Maschine der Menschheitsgeschichte gebaut: den Large Hadron Collider (LHC). Der ringförmige Teilchenbeschleuniger mit 27 Kilometern Umfang befindet sich in rund 100 Metern Tiefe unter dem europäischen Kernforschungszentrum CERN bei Genf. Mit vier Detektoren wie dem gewaltigen ATLAS (45 Meter lang, 22 Meter Durchmesser) fängt der LHC die kleinsten Bestandteile unseres Universums ein, die Elementarteilchen. Dazu kreisen im LHC gegenläufig zwei Strahlen aus Protonen oder Ionen. Prallen sie im Detektor mit hoher Energie aufeinander, entstehen Zustände wie direkt nach dem Urknall. 2012 wurde so das letzte fehlende Elementarteilchen, das Higgs-Boson, nachgewiesen. Dafür gab es den Nobelpreis. Das Standardmodell der Teilchenphysik ist nun experimentell belegt. Das Problem: Damit lassen sich nur fünf Prozent des Universums beschreiben – 95 Prozent basieren wohl auf dunkler Energie und dunkler Materie. So die Theorie. Am CERN geht die Suche nach unserem Ursprung also weiter.

maßvoll

FORSCHERDRANG UND INNOVATIONSKRAFT DES MENSCHEN SIND GRENZENLOS. OB IM MIKRO- ODER MAKROMASSSTAB: WIR ERKUNDEN DIE WELT BIS INS DETAIL, VERSTEHEN IMMER MEHR UND GESTALTEN UNSER LEBEN LAUFEND NEU. ALLES WIRD GUT, WENN DIE **LUST AM FORTSCHRITT** IM DIENSTE ALLER STEHT.



maßgeblich

WARUM TUN WIR, WAS WIR TUN? WARUM FÜHLEN WIR, WIE WIR FÜHLEN? MIT VERSTAND UND VERNUNFT ALLEIN LASSEN SICH DIE MASSGEBENDEN KRÄFTE NICHT BESCHREIBEN, DIE UNSEREM LEBEN DIE RICHTUNG GEBEN. WIR SIND **EMOTIONAL, IRRATIONAL UND KOMPLEX**. DAS UNBESCHREIBBARE MACHT UNS SPANNEND.



Das Leben ist schön! Ist der Almsommer in den Alpen für Mensch und Tier ohne tödliche Zwischenfälle verlaufen, werden die Herden für den feierlichen Abtrieb ins Tal kunstvoll geschmückt.

Was ist schön? Und lässt sich Schönheit messen? Die Attraktivitätsforschung antwortet ganz pragmatisch: Schön ist, was die Mehrheit als schön bezeichnet. Dieser demokratische Schönheitsbegriff bildet jedoch nur den Massengeschmack ab und vernachlässigt persönliche Vorlieben. Die individuelle Vorstellung von Schönheit entsteht komplexer. Dabei spielen Einflüsse der Umwelt, etwa durch das Elternhaus oder die Medien, genau wie die genetische Veranlagung eine untergeordnete Rolle. Selbst eineiige Zwillinge, die gemeinsam aufgewachsen sind, beurteilen die Attraktivität von Gesichtern unterschiedlich. Welche Züge eines Gesichts wir anziehend finden, hängt vielmehr von ureigenen Erfahrungen und einer Vielzahl subtiler Eindrücke ab. Gleichwohl gibt es universelle Kriterien für Schönheit und Anziehungskraft. Symmetrische und ebenmäßige Züge nach dem Goldenen Schnitt etwa gelten gemeinhin als Schönheitsideal, auf das sich die meisten Menschen einigen können. Wahre Schönheit aber ist nicht messbar, sie liegt immer noch im Auge des Betrachters.

Dr. Michaela Brohm-Badry ist Professorin für Empirische Lehr-Lern-Forschung an der Universität Trier, Präsidentin der Deutschen Gesellschaft für Positiv-Psychologische Forschung und Kolumnistin der WirtschaftsWoche. Ihre Forschungsschwerpunkte sind Positive Psychologie, Motivation und Persönlichkeitswachstum.

„Wir können unser Verhalten und unsere Umwelt zu weiten Teilen steuern. Letztendlich ist die Welt nicht so oder so, unsere Perspektive auf die Welt macht sie so oder so.“



Die glücklichen Fünf

NUR MIT GLÜCK ÜBERLEBT **MICHAELA BROHM-BADRY** EIN GEPLATZTES ANEURYSMA – MITTEN IN SELBST GEWÄHLTER EINSAMKEIT. SEITHER SETZT SICH DIE LERNFORSCHERIN MIT DEM THEMA GLÜCK AUSEINANDER. IHR BUCH „DAS GUTE GLÜCK“ ZEIGT, WIE WIR EBEN DIESES ERREICHEN KÖNNEN.

Frau Professorin, immer wieder gibt es Rankings, in denen die glücklichsten Länder der Erde verkündet werden. Aber lässt sich Glück überhaupt messen?

In der Forschung sprechen wir nicht vom flüchtigen Zustand des „Glücks“, sondern von längerfristigem Wohlbefinden. Wir unterscheiden zwischen dem subjektiv empfundenen Wohlbefinden und objektiven Maßen. Das meistzitierteste Ranking ist der World Happiness Report der UNO, der seit 2012 jährlich erscheint und rund 150 Länder abbildet. In ihm wird versucht, objektive und subjektive Maße zusammenzuführen. Die objektiven Parameter sind die Lebenserwartung der Menschen, das Bruttoinlandsprodukt, Arbeitsmarktdaten und das Sozialsystem. Subjektiv sind die Einschätzungen der Menschen zu den objektiven Gegebenheiten, ihr Vertrauen in die jeweilige Regierung und Wirtschaftsentwicklung, die wahrgenommene Entscheidungsfreiheit und anderes. Zentral ist hier die Zufriedenheit der Menschen.

Woran lässt sich Glück festmachen?

Biomarker sind deutliche Hinweise: Ein zu hoher Cortisolspiegel deutet auf negativen Stress hin, der auf Dauer zu Burnout und Depression führen kann. Hohe neuronale Aktivität in Gehirnregionen, die mit Freude assoziiert sind, zeigen dagegen, dass das Gehirn Freude wahrnimmt. Sind die Schmerzregionen aktiv, ist das nicht der Fall.

Die Positive Psychologie hat herausgefunden, dass man sein persönliches Glück beeinflussen kann: Es liegt an unserem Verhalten und unserer Umwelt, wie glücklich wir sind. Heißt das, Glück ist trainierbar?

Tatsächlich scheinen rund 50 Prozent genetisch bedingt zu sein – was insbesondere an den Rezeptoren der Neurotransmitter im Gehirn liegt, aber 40 Prozent sind durch unser Verhalten beeinflusst

und weitere zehn Prozent von unserer Umwelt abhängig. Wir können unser Verhalten und unsere Umwelt also zu weiten Teilen steuern. Letztendlich ist die Welt nicht so oder so, unsere Perspektive auf die Welt macht sie so oder so. Negative Menschen fokussieren sich auf das, was sie in ihrem Leben ablehnen. Frohe Menschen auf das, was sie an ihrem Leben lieben. Und die Freiheit, diese Perspektive selbst wählen zu können, ist eine innere Freiheit, die unabhängig vom Lebenskontext existiert.

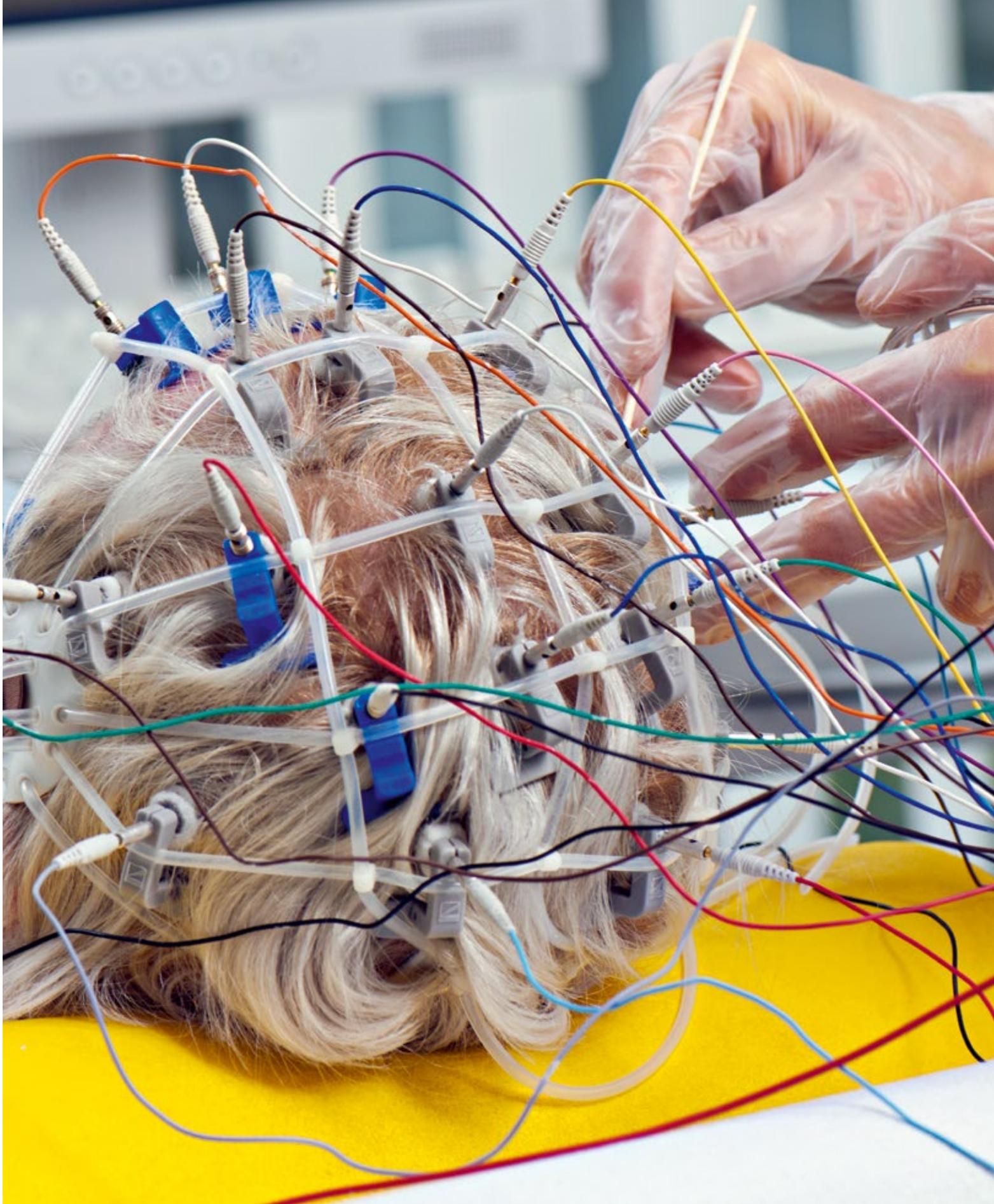
Wie kann ich mich denn mehr auf das konzentrieren, was gut läuft in meinem Leben, auch wenn gefühlt gerade die Welt für mich zusammenbricht?

Negative Gefühle sind ebenso wichtig wie positive, nur haben die meisten Menschen leider einen „negativity bias“ – eine negative Verzerrung, die vermutlich aus unserer Evolution stammt. Wir sehen dann Negatives, wo es nicht ist, um im Notfall unser Überleben zu sichern. Aber es gibt Hinweise, die uns helfen, aus der Abwärtsspirale rauszukommen, und die sich in der Forschung als klar hilfreich erwiesen haben.

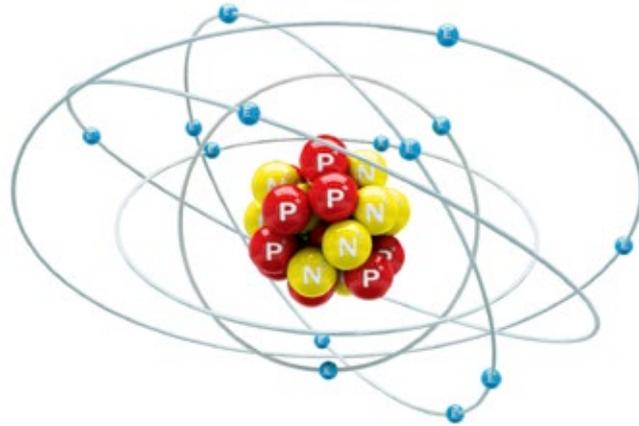
Welche sind das?

Wir können aus wissenschaftlicher Sicht recht genau sagen, was hilft glücklicher zu sein, denn wir kennen die „glückliche Fünf“ genannten Faktoren für das Leben genau. Dazu zählen positive Gefühle, also zum Beispiel auf das Gute hoffen, dankbar, neugierig und freundlich sein, liebevoll leben; engagiert und motiviert für etwas sein; gute, tiefe, vertrauensvolle Beziehungen aufbauen und halten; einen Sinn finden im Leben und so handeln, dass wir das Gefühl haben, wirksam, also erfolgreich zu sein. Das bedeutet oft, die Dinge wirklich zu Ende zu bringen und nicht mittendrin aufzugeben.

Elektroden messen Erregungszustände im Gehirn, machen Gefühle sichtbar. Was unser Bewusstsein in seiner Gesamtheit tatsächlich ausmacht entzieht sich jedoch jeder Messbarkeit.



Wie schwer ist ein Kilogramm?
Neuerdings wird das Maß aller
Dinge indirekt über die Masse
eines Silizium-atoms bestimmt.



An der Messgrenze

ALLES WIRD HEUTE GENAU GEMESSEN, DURCHLEUCHTET, GEWERTET. DAS STREBEN NACH DATEN GENERIERT WISSEN UND ERMÖGLICHT FORTSCHRITT. DOCH DIE **ALLGEGENWÄRTIGE VERMESSUNG** BIRGT AUCH GEFAHREN FÜR UNSERE OFFENE GESELLSCHAFT.

Das Bild zeigt einen nebulösen, rötlich leuchtenden Ring um einen schwarzen Punkt, inmitten von Finsternis. Etwas unscharf ist es und auf den ersten Blick wenig spektakulär. Und doch beherrschte am 10. April 2019 dieses Bild alle Schlagzeilen und löste bei Millionen Menschen weltweit Faszination aus. Einem internationalen Team von Wissenschaftlern war mithilfe von acht Radioteleskopen das erste Foto eines Schwarzen Lochs gelungen – eine Sensation. Was Forscher bisher nur mathematisch beschreiben konnten, wurde endlich für jedermann sichtbar und messbar. 6,6 Milliarden Sonnenmassen wiegt das Schwarze Loch im Zentrum der Galaxie M87, 55 Millionen Lichtjahre ist es von uns entfernt. Aber die Botschaft, die uns das Foto vermittelt, geht weit über beeindruckende Zahlen hinaus. Erstmals sehen wir einen Punkt, an dem Raum und Zeit ihre Bedeu-

tung verlieren. Wer ehrlich ist, muss zugeben, dass der Blick ins Schwarze Loch schwindelig macht, die Vorstellungskraft sprengt. Denn niemand weiß, wie es wirklich funktioniert. Dafür braucht man eine Theorie, die Quantenmechanik und Schwerkraft vereint – die gibt es aber nicht. Die mit dem Foto gesammelten Daten könnten eines Tages zu einer solchen Theorie führen. Deshalb ist das Bild so faszinierend: Die Menschen sehen mit ihren eigenen Augen, wo die Grenze ihrer Welt, die Grenze des Messbaren liegt.

ES GEHT NOCH EXAKTER

Messen ist menschlich. Denn wir vermessen, skalieren und kategorisieren die Welt um uns seit jeher. Messen verschafft uns Wissen und Sicherheit, ermöglicht technischen und gesellschaftlichen Fortschritt. Umgekehrt gestattet technischer Fortschritt genauere

res Messen – ein sich selbst befördernder Prozess. So erweitern wir stetig unseren Horizont. Vor rund 4.000 Jahren schufen Menschen die Himmelskarte von Nebra. Mit der ältesten bekannten Darstellung des Kosmos lässt sich der Nachthimmel vermessen, man kann die Jahreszeiten bestimmen und damit die richtigen Zeitpunkte für Aussaat und Ernte. Ab 1730 navigierten Entdecker mithilfe von Sextanten über die Weltmeere und Landvermesser vervollständigten damit nach und nach das Bild von der Erde. Heute vermessen Geodäten wie Dr. Axel Nothnagel die Oberfläche unseres Planeten auf den Millimeter genau (siehe Interview Seite 4).

DAS PERFEKTE KILOGRAMM

Mit immer feinerer und zugleich komplexerer Messtechnik entreißen wir dem Planeten und allem, was auf ihm lebt, die letzten Geheimnisse. Wir fangen Elementarteilchen ein und vermessen Schwarze Löcher. Und auch die Maßeinheiten selbst, mit denen wir täglich umgehen, sind seit dem 20. Mai 2019, dem weltweiten Tag des Messens, noch genauer bestimmt. „Wie wir die Welt vermessen, geht uns alle an. Und auf dem Gebiet des Messens findet gerade eine stille Revolution statt“, sagt Wolfgang M. Heckl, Generaldirektor des Deutschen Museums in München. Die bisherigen Maßeinheiten waren Wissenschaftlern ein Graus. Zu ungenau, zu unbeständig, zu menschengemacht. So war für das Kilogramm 130 Jahre lang ein Metallzylinder das Maß aller Dinge.

Metrologieinstitute glichen ihre nationalen Kiloprototypen mit dem sogenannten Urkilo ab, das unter dem Schutz von drei Glasglocken in einem Tresor des Internationalen Büros für Maß und Gewicht (BIPM) in Paris aufbewahrt wird. Der Zylinder besteht zu 90 Prozent aus Platin und zu zehn Prozent aus Iridium, eigentlich stabile Metalle. Alle Vorsichtsmaßnahmen konnten aber nicht verhindern, dass das Ur-kilogramm pro Jahr ungefähr ein halbes Mikrogramm Masse verliert, bisher mehr als 50 Mikrogramm, etwa so viel, wie ein Salzkorn wiegt. Die Ursache: ein Rätsel. Für das Abwiegen von Äpfeln auf dem Wochenmarkt mag diese Ungenauigkeit keine Rolle spielen. Für Menschen, die sich hauptberuflich mit dem Messen befassen und versuchen, weltweit gleiche Maßeinheiten zu gewährleisten, ist sie eine große Katastrophe, vergleichbar mit dem Maßchaos im Mittelalter, als das Längenmaß „Fuß“ je nach Schuhgröße des jeweiligen Königs variierte. Für wissenschaftliche Experimente und Technologien wie die Satellitennavigation ist eine eindeutig festgelegte internationale Messeinheit aber unverzichtbar. Vertreter aus 60 Län-

Im Sport ist Fairness der wichtigste Maßstab. Die südafrikanische Sprinterin Caster Semenya soll deshalb ihren hohen Testosteronwert künstlich senken und ihren Konkurrentinnen so einen gerechteren Wettkampf ermöglichen. Kritiker finden das mehr als unfair, sie sehen Semenyas Menschenwürde verletzt.



dern beschlossen daher, für Maße und Gewichte auf der Basis von Naturkonstanten neue und unveränderliche Standardmaße einzuführen. Beim Kilogramm ist dies die Masse eines Siliziumatoms. So lässt sich genau berechnen, was ein Kilogramm ist. Als neuer Kilomaßstab dient nun eine perfekte Kugel aus 21,52 Quadrillionen Siliziumatomen mit einem Durchmesser von exakt 9,37 Zentimetern. Weil Naturkonstanten überall gelten – sogar im Weltraum –, ist so eine Kugel beliebig oft genau reproduzierbar, für eine Million Euro pro Stück. Ein Exemplar des neuen Urkilos ist im Deutschen Museum zu bewundern. Das Kilogramm ist nur eine von mehreren Messeinheiten, die nun mittels Naturkonstanten wie etwa Lichtgeschwindigkeit und Elektronenladung bestimmt werden. Auch die Sekunde (Zeit), der Meter (Länge), das Ampere (Stromstärke), das Kelvin (Temperatur), das Mol (Stoffmenge) sowie die Candela (Lichtstärke) wurden zum 20. Mai neu definiert. Zweifels-

WIR WERDEN ZU „NUMEROKRATEN“, DIE SICH SELBST UND IHRE UMWELT ZUNEHMEND IN FORM VON SCORES, LIKES UND RANKINGS WAHRNEHMEN.

ohne hat die Vermessung der Welt eine neue Qualität erreicht, nicht nur in der Wissenschaft. Treiber ist die Digitalisierung. Laut einer Studie von Marktanalysten der International Data Corporation (IDC) wird sich die weltweite digitale Datenmenge im Jahr 2025 gegenüber 2018 mehr als verfünffacht haben. Wir brauchen viele Daten, um Anwendungen wie autonomes Fahren, smarte Produktionen, Videostreaming oder maßgeschneiderte Onlinewerbung zu ermöglichen. Um diese Daten zu generieren, wird allorts gemessen, analysiert und bewertet oder neudeutsch „geratet“, was geht. Auch der Mensch selbst wird immer genauer vermessen – körperlich wie soziologisch. Mit dem Smartphone trägt jeder das passende Messgerät bereits in der Tasche. Es liefert uns

und Konzernen Bewegungs- und Kommunikationsprofile, zeichnet Einkaufshistorien und Sportaktivitäten auf. Der Datenhunger, gepaart mit allgegenwärtiger Quantifizierung, hat unsere Gesellschaft fest im Griff, schreibt der Soziologe Steffen Mau in seinem Buch „Das metrische Wir“. Demnach werden wir zu „Numerokraten“, die sich selbst und ihre Umwelt zunehmend in Form von Scores, Likes und Rankings wahrnehmen. Das ist berechtigt in einer Gesellschaft, die auf Effizienz, Transparenz und Rechenschaftspflicht beruht. Leistungs- und Zielvereinbarungen in der Arbeitswelt

Wann darf ein Mensch sterben? Und wer darf darüber auf welcher Grundlage entscheiden? Debatten zur Sterbehilfe führen in ethische Grenzbereiche. Weil Würde und Wert des Lebens sich nicht in Zahlen und Daten bemessen lassen. Und weil jedes Leben seinen eigenen, höchsten Wert genießt.





wollen kontrolliert sein. Auch wer Qualitätsmanagement betreibt, muss Daten sammeln, also messen. Monitoring und Evaluation sind heute ein zentraler Bestandteil von jeglicher Projektarbeit. Das Bestimmen und Messen von Parametern schafft wichtiges Steuerungswissen, das zum Beispiel hilft Abläufe zu optimieren und Zielgruppen gezielter anzusprechen. So sinnvoll die allgegenwärtige Leistungsvermessung für die Arbeit in der Privatwirtschaft oder in der Verwaltung ist, so groß ist doch die Verführung, sie auf andere Lebensbereiche zu übertragen.

VERSUCHUNG DER ZAHLEN

Zahlen suggerieren Eindeutigkeit, Exaktheit und Neutralität. Quantifizierungen reduzieren eine komplexe Wirklichkeit auf wenige Indikatoren, das ist Stärke und Schwäche zugleich. Denn so objektiv Zahlen auch scheinen, um den einzelnen Menschen in seinem sozialen Gefüge zu bewerten, reichen sie oft nicht aus. „Werte wie Fairness und Würde lassen sich nicht messen“, sagt dazu der Sportphilosoph Volker Schürmann im „kontakt“-Interview (siehe Seite 20). Werte lassen sich nicht einfach anhand numerischer Parameter bestimmen, sie müssen immer im sozialen Diskurs erarbeitet werden. Soziale Fragen, die sich zum Beispiel um den Umgang mit ungeborenem Leben, der Genmodifizierung von Embryonen oder um das Recht auf Sterbehilfe drehen, allein mithilfe von Kennzah-

len und Indikatoren zu beantworten, wäre vermessend. Messwerte können komplexe soziale und ethische Entscheidungen stützen, mehr nicht. Hier unterliegen wir einer Messbarkeitsillusion. Algorithmen, schreibt Steffen Maus, zeigen nicht, was wirklich relevant und wertvoll ist, sondern was dafür gehalten wird. Zum Beispiel verändern Dating-Apps oder mit Krankenkassen vernetzte Fitnesstracker laut Steffen Mau die „quantifizierende Zuweisung von Statusrängen“: Die Attraktivität von Personen oder die Lebensführung wird vergleichbar gemacht und in ein hierarchisches Verhältnis gebracht. Das Problem, schreibt Mau, sei, dass die so erzeugten Scores kein vollständiges Spiegelbild der realen sozialen Zusammenhänge sind, sondern eine neue Ordnung produzieren, die – wegen ihrer vermeintlichen Objektivität – Druck auf gesellschaftliche Normen und politische Entscheidungen erzeuge. Wer die Quantifizierung des Menschen kontrolliert, hat die Macht, weil er, so Steffen Mau, „die Zuweisung von Status für manche als legitim darstellen und zugleich für andere delegitimieren kann“. Ganz nach dem Prinzip: Nur, wer sich vermessen lässt, zählt auch dazu. Wohin das im Extremfall führt, zeigt das „Sozialkreditsystem“ Chinas: Ab Ende 2020 will die Staatsführung allen Bürgern, Unternehmen und Nichtregierungsorganisationen einen Score zuweisen. Abhängig von überwachten Faktoren wie dem Strafregister, der Kreditwürdigkeit, der politischen Meinung und der Social-Media-Aktivität. Die Einordnung innerhalb des Scores entschei-



Für welches Leben lernen wir? Von klein auf messen und bewerten wir uns anhand von mehr oder weniger willkürlich gewählten, sich fortlaufend ändernden Parametern.

det dann zum Beispiel über den Zugang zu staatlichen Jobs und Aufträgen oder die Erteilung von Visa für Auslandsreisen.

DAS UNERMESSLICHE SELBST

Die Grenzen des Messbaren. Es scheint, als hätten wir sie überschritten. Nichts bleibt unserer Neugier entzogen. Und doch gibt es nicht nur weit draußen im All Orte wie das Schwarze Loch, dessen Geheimnisse uns verborgen bleiben, auch in unserem ureigenen Selbst gibt es etwas, das sich jeder Messbarkeit entzieht: unser Bewusstsein. Schon bei der Frage, wie menschliches Bewusstsein empirisch nachweisbar, also messbar ist, stoßen Wissenschaftler auf Schwierigkeiten. Und wo genau liegt das Bewusstsein, unsere Seele? Eine Frage, auf die Religionen seit jeher Antworten geben und der heute Philosophen und Neurowissenschaftler nachgehen. Die Suche nach unserem Selbst gestaltet sich schwierig. Wenn wir das Gehirn öffnen, finden wir keine Struktur, die man Bewusstsein oder Ort des Selbst nennen könnte. Wir können nur messen, wie Neuronen

feuern. „Scheinbar ist Bewusstsein das einzige Phänomen, das wir in der Wissenschaft kennen, das an eine subjektive Innenperspektive gebunden ist“, sagt der Philosoph Thomas Metzinger. Diese Subjektivität des Bewusstseins mit objektiven Werkzeugen der Forschung messen zu können, davon sind wir noch weit entfernt, so der Autor des Buchs „Der EGO-Tunnel – Eine neue Philosophie des Selbst: Von der Hirnforschung zur Bewusstseinsethik“. Über Elektroden könne man zwar

ins Gehirn blicken und die Erregung messen, wenn wir zum Beispiel Schmerz empfinden. Nicht messbar ist indes die Qualität des Schmerzes, der subjektive Wert, den wir dem Schmerz beimessen. Gleiches gilt für Farb- und Geschmackserlebnisse. Es gibt viel Detailwissen über verschiedene Formen der Selbstwahrnehmung, doch eine vereinheitlichende Theorie, bei der, so Metzinger, „die vielen kleinen Puzzleteile zu einem Bild zusammenfallen“, gibt es noch nicht. Wie das Schwarze Loch steht auch unser Bewusstsein für eine Grenze des Messbaren. Dank unserer Vorstellungskraft gibt es aber keinen Grund, warum sich eines Tages die Grenzen der Erkenntnis nicht weiter verschieben sollten.

DIE AUGEN SIND DAS FENSTER ZUR SEELE, HEISST ES. TATSÄCHLICH KÖNNEN WIR ABSICHTEN UNSERES GEGENÜBERS MIT EINEM BLICK IN DIE AUGEN ERMESSEN.



Sportlich bleiben

FAIRNESS IST IM SPORT DAS MASS ALLER DINGE. DOCH CHANCENGLEICHHEIT AN DER STARTLINIE HERZUSTELLEN, IST EINE ANDAUERENDE SPORTPOLITISCHE HERAUSFORDERUNG, SAGT DER KÖLNER SPORTPHILOSOPH [VOLKER SCHÜRMANN](#). ES GEHT UM MESSWERTE, TALENT UND MENSCHENWÜRDE.

Herr Schürmann, wann ist ein Sportwettkampf fair?

Wenn alle die gleichen Startchancen haben und vorher nicht feststeht, wer gewinnt. Im Kern geht es um einen gerechten Leistungsvergleich.

Im Fall der südafrikanischen Sprinterin Caster Semenya scheint die Fairness in Gefahr. Ihr hoher Testosteronspiegel soll ihr einen Vorteil gegenüber den Konkurrentinnen verschaffen. Will sie weiter starten, muss sie sich einer Hormontherapie unterziehen. Ist das fair?

Fairness ist die Grundnorm des Sports. So wie die Würde das Fundament unserer Verfassung und des Völkerrechts ist. Beides ist unantastbar. Was der Leichtathletikverband von Frau Semenya und Sportlern in der gleichen Situation verlangt, ist entmündigend und menschenverachtend. Niemand darf ohne medizinische Indikation Eingriffe in den Körper verordnen. In einem wahrlich komplizierten Fall ist das das Einzige, was klar ist. Es gibt keinen Zweck, der Diskriminierung heiligt.

Die anderen Läuferinnen könnten argumentieren, sie werden benachteiligt.

Sicher sind sie nicht glücklich darüber, regelmäßig gegen Frau Semenya zu verlieren. Generell gehören individuelles Talent und Leistungsunterschiede zum Sport dazu, sonst würden ja alle gemeinsam über die Ziellinie laufen. Aber das Ausmaß der Unterschiede darf nicht so groß sein, dass sie im Wettkampf nicht ausgeglichen werden können. Die Fairness verlangt daher eine Festlegung, wodurch diese Unterschiede zu Stande kommen. Das müssen Institutionen regeln. Deshalb gibt es zum Beispiel Gewichtsklassen beim Boxen. Alles andere gilt als Talent. So hat bis jetzt niemand verlangt, eine maximale Körpergröße für Basketballer

einzuführen. Welche individuellen Parameter regelungsbedürftig sind, das ist historisch im Fluss und hängt auch von der Sportart ab. Anders als im Mannschaftssport kann im Individualsport das Talent des Einzelnen schwerer durch Taktik und Teamstärke wettgemacht werden.

Wie lässt sich der Fall Semenya nun regeln?

Zum Glück zieht niemand mehr in Zweifel, dass sie eine Frau ist oder verlangt, dass sie bei den Männern starten soll. Man zieht stattdessen den Testosteronmesswert als Parameter für eine Starterlaubnis heran. Das ist natürlich eine sehr technisierte Sichtweise auf den Menschen. Man versucht der Tatsache gerecht zu werden, dass die Geschlechtsunterschiede allein kein leistungsentscheidendes Merkmal sind. Das ist an sich nicht falsch. Würde man für jede Sportart die leistungsentscheidenden Parameter finden, wäre eine Klassierung jenseits aller Geschlechtergrenzen möglich. Das wäre fair. Solche Parameter im Spannungsfeld zwischen Biologie und Soziologie wissenschaftlich zweifelsfrei festzulegen, halte ich allerdings für nahezu ausgeschlossen. Bei den Paralympics sehen wir, wie komplex Klassifizierungssysteme werden können. Es sind und bleiben sportliche Entscheidungen.

Was ist die Alternative?

Es gab schon immer Sportler, die aufgrund ihrer körperlichen Voraussetzungen zu Extremleistungen fähig waren. Der Schwimmer Michael Phelps, der erfolgreichste Olympionike aller Zeiten, konnte seine großen Hände und Füße wie Flossen einsetzen. Da hat nie jemand Regelungsbedarf gesehen und ihm das Schwimmen verboten. Sein besonderer Körperbau galt als natürliches Talent. Und so könnte man auch Caster Semenya betrachten, als besonderes Talent im Sprint – und fertig.

A man with curly, light brown hair and glasses is sitting on a row of stadium seats. He is wearing a bright blue polo shirt and light-colored trousers. The seats are arranged in rows, with some being light grey and others being blue. The background shows more rows of seats, creating a sense of depth.

„Klassierungen sind und bleiben sportpolitische Entscheidungen, die uns die Natur nicht abnimmt.“

Prof. Dr. Volker Schürmann ist Leiter der Abteilung Philosophie an der Deutschen Sporthochschule in Köln. Er sagt: Fairness muss belohnt werden, in einer Sportkultur, die wieder mehr auf den gerechten Leistungsvergleich setzt als auf ungehemmte Leistungssteigerung.

Beschränkter Zutritt

DER WELTWEITE FLUGVERKEHR LEGT JÄHRLICH UM FÜNF PROZENT ZU. BIS INS JAHR 2035 SOLL SICH DIE ANZAHL DER PASSAGIERMASCHINEN SOGAR VERDOPPELN. DIE KOORDINATION DER STETIG WACHSENDEN ZAHL AN FLUGZEUGEN STELLT DIE LUFTFAHRTBRANCHE SCHON HEUTE VOR GROSSE HERAUSFORDERUNGEN.

Am Himmel wird es immer enger. Besonders über den USA und Europa sind die Kapazitäten mitunter erschöpft. So steht die Organisation und Struktur des Luftraums immer wieder zur Diskussion.

WELTWEITE ZAHL DER FLUGREISENDEN 2018
4,3
MILLIARDEN

WELTWEITE STARTS VON PASSAGIERFLIEGERN 2018
38
MILLIONEN

TAGESREKORD AM 13. JULI 2018
205.468
FLÜGE

DURCHSCHNITTLICHE STARTS IN EUROPA
36.000
PRO TAG

Wenn der Tag erwacht, füllt sich der Himmel beinahe schlagartig mit unzähligen Flugobjekten – vom gewaltigen Gigaliner bis zur kleinen Drohne. Weltweit wuchs allein der zivile Luftverkehr in den vergangenen 20 Jahren um 50 Prozent. So ist in erster Linie Europa, aufgrund der dichten Besiedelung und der geografischen Lage, Schauplatz einer regelrechten Rushhour am Himmel geworden. Durchschnittlich 36.000 Passagiermaschinen starten hier pro Tag, ein Großteil davon im Herzen des Kontinents – beispielsweise in Paris, London, Amsterdam, Zürich, Frankfurt, Köln, München, Düsseldorf oder Berlin. Mit seinen vielen Starts, Landungen und Überflügen bekommt vor allem Deutschland die Auswirkungen des zunehmenden Luftverkehrs zu spüren – und stößt bereits an seine Grenzen. Zum einen bewegen sich die Flughäfen, beispielsweise Frankfurt mit rund 100 Starts und Landungen pro Stunde, am Limit. Da die sichere Durchquerung des Luftraums immer gewährleistet sein muss, leidet mitunter die Pünktlichkeit.

GRENZÜBERGREIFENDE LUFTRÄUME

Seit Verspätungen und Flugausfälle an einigen Flughäfen vermehrt eher Regel als Ausnahme werden, zeichnen viele Medien das Bild vom „Stau am Himmel“. Der eigentliche Stau aber findet nicht am Himmel, sondern auf den Rollfeldern statt. Denn die klassischen Warteschleifen, bei denen eine Maschine so lange über dem Flughafen kreist, bis ein Platz zur Landung frei wird, gibt es in Europa seit über 15 Jahren nicht mehr – einzige Ausnahme: London Heathrow. Stattdessen bleiben Flugzeuge zunächst am Boden, wenn die Kapazitäten im Luftraum oder am Zielflughafen ausgeschöpft sind. Immer wieder steht in diesem Zusammenhang auch die Organisation des europäischen Luftraums in der Kritik. Der „Flickenteppich Europa“ und dadurch bedingte „Zickzackkurse“ der Flugzeuge würden einen effektiven Flugverkehr behindern und somit zu Verspätungen beitragen. Grund dafür seien unterschiedliche nationale Regelungen, was unter anderem 27 verschiedene Flugsicherungssysteme zur Folge hat. Seit dem Jahr 2000 steht vor diesem Hintergrund die Harmonisierung des euro-

päischen Luftraums (Single European Sky – SES), auf der EU-Agenda. „Die Luftfahrt ist seit jeher ein internationales Geschäft. Wir arbeiten mit unseren Nachbarn sehr eng zusammen. Für Fluglotsen ist es unerheblich, ob sie ein Flugzeug an einen deutschen oder französischen Kollegen übergeben. Und natürlich sind sämtliche Flugsicherungssysteme in der Lage, problemlos untereinander oder mit den Flugzeugen zu kommunizieren“, hält Ute Otterbein, Pressesprecherin bei der Deutschen Flugsicherung (DFS), dagegen. Hinzu kommt, dass die Luftraumüberwachung nicht den Ländergrenzen entspricht. So wird beispielsweise der gesamte Westen Österreichs aus Deutschland und Italien überwacht. Und zu Zickzackflügen kommt es laut Otterbein ohnehin nicht: „Im deutschen Luftraum haben wir eine Abweichung vom Großkreis – der kürzesten Strecke zwischen Start- und Zielflughafen – von lediglich 3,8 Kilometern. Das ist kürzer als eine Startbahn am Frankfurter Flughafen.“

VON PLANUNG UND WIRKLICHKEIT

Oberste Priorität am Himmel hat die sichere Verkehrsführung. Für diese zeichnen bei den großen Passagiermaschinen weltweit in erster Linie die Fluglotsen verantwortlich. Aber hier fehlt es immer wieder an ausreichend Personal. Ursache ist eine Personalplanung, die der hohen Volatilität des internationalen Flugverkehrs nicht gerecht wird – nicht gerecht werden kann. So verschieben sich Touristenströme oft von einer Saison zur nächsten, in den vergangenen Jahren beispielsweise von der Türkei zu Zielen in Spanien. Ein unerwarteter Ansturm stellt die örtliche Infrastruktur und das Personal vor große Herausforderungen – mit massiven Verspätungen als Folge. Da Lotsen aus Sicherheitsgründen immer nur die Zulassung für einen bestimmten Einsatzort besitzen, war es auch nicht möglich, das Personal kurzfristig aufzustocken. Um langfristige Personalplanungen und kurzfristige Verkehrsentwicklungen besser unter einen Hut zu bekommen, tüfelt unter anderem die DFS an technischen Lösungen, um die mitunter stark begrenzten Luftraumkapazitäten noch besser nutzen zu können (mehr dazu ab Seite 28). Lösungen, die die Fluglotsen bei ihrer Arbeit unterstützen, jedoch keinesfalls komplett ersetzen sollen.



Über und unter Wolken

DIE ZIVILE LUFTFAHRT, DIE SPORTFLIEGEREI UND DAS MILITÄR TEILEN SICH IN DER REGEL DEN LUFT-
RAUM. DORT TREFFEN VOR ALLEM ZWEI PARTEIEN AUF EINANDER: DIE SICHT- UND DIE INSTRUMEN-
TENFLIEGER. FÜR EIN SICHERES MITEINANDER GIBT DIE LUFTRAUMSTRUKTUR KLARE REGELN VOR.

C Der obere Luftraum beginnt ab sieben Kilometern Höhe. Hier fliegen vor allem die Airlines und werden von der Luftverkehrskontrolle gesteuert. VFR-Flieger brauchen hier eine Freigabe.

Beim An- und Abflug ändert sich für die IFR-Maschinen nichts.

Im An- und Abflugbereich von großen Flughäfen brauchen alle Maschinen eine Freigabe. Die trichterförmige Struktur dient dazu, den umliegenden Luftraum Echo nicht unnötig zu verknappen.

C/D

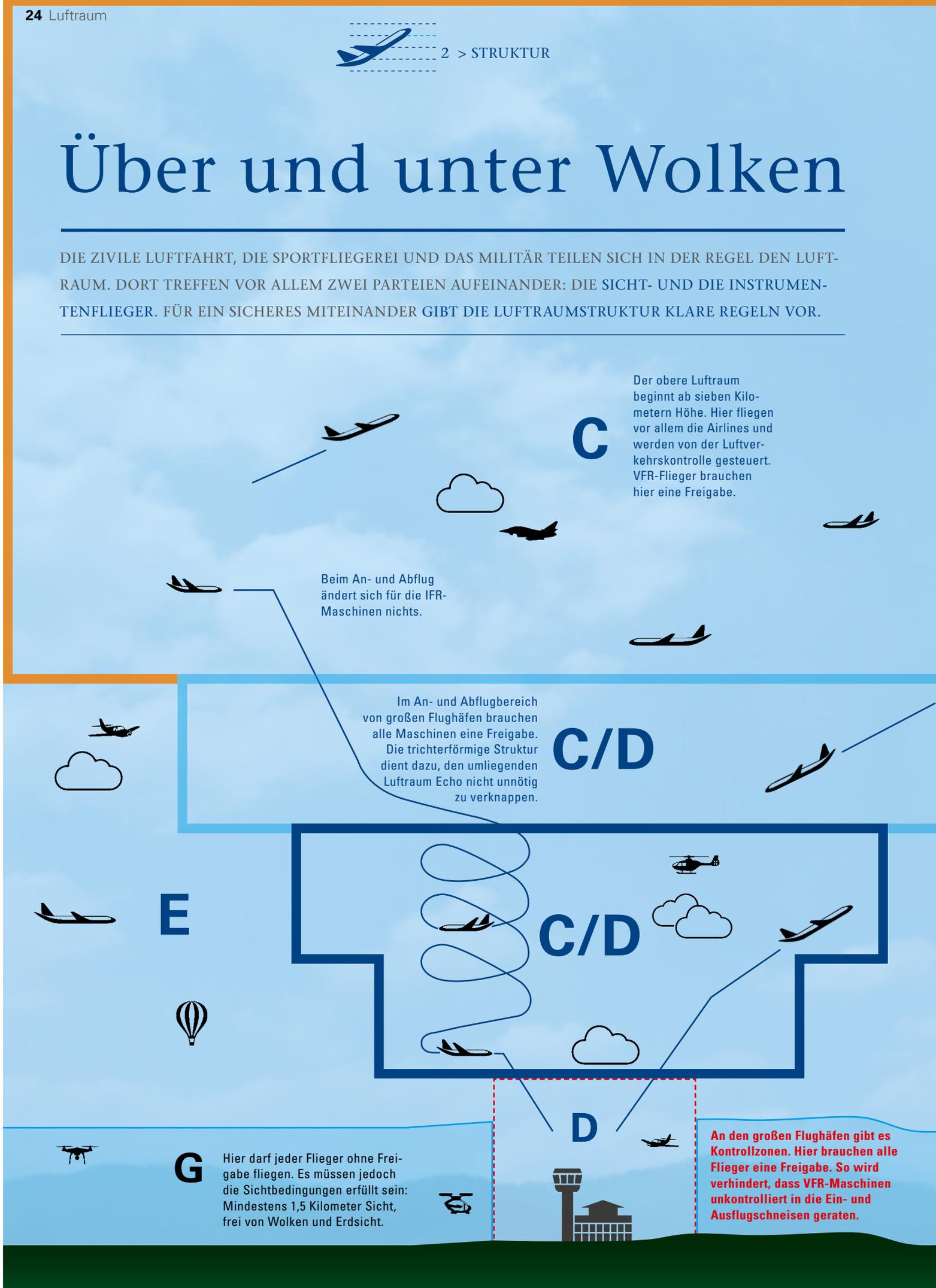
C/D

D

G

Hier darf jeder Flieger ohne Freigabe fliegen. Es müssen jedoch die Sichtbedingungen erfüllt sein: Mindestens 1,5 Kilometer Sicht, frei von Wolken und Erdsicht.

An den großen Flughäfen gibt es Kontrollzonen. Hier brauchen alle Flieger eine Freigabe. So wird verhindert, dass VFR-Maschinen unkontrolliert in die Ein- und Ausflugschneisen geraten.



KENNTNIS DER LUFTRAUMKLASSEN FÜR SICHTFLIEGER ELEMENTAR

Die großen Passagiermaschinen gehören zu den Instrumentenfliegern (IFR), die von den Lotsen der Luftverkehrskontrolle überwacht und geleitet werden. Elementar ist die Luftraumstruktur für Sichtflieger (VFR). Sie müssen genau wissen, in welchen Gebieten und Höhen eine Freigabe durch die Luftverkehrskontrolle nötig ist. Zumal der freie Luftraum in dicht besiedelten Gebieten mit vielen großen Flughäfen knapper wird. Hinzu kommen militärische Übungsgebiete, die für Flugmanöver genutzt werden. Während diese in Deutschland in Bedarfszeiten nicht für den zivilen Flugverkehr zur Verfügung stehen, werden die Zonen in anderen Ländern dauerhaft für das Militär reserviert. Diese unflexible Handhabung verknappt den dortigen freien Luftraum zusätzlich. Denn grundsätzlich gilt: Jedes Land definiert seine eigene Luftraumstruktur, muss sich dabei aber an den Luftraumklassen der Internationalen Zivilluftfahrtorganisation (ICAO) orientieren. Diese Grafik zeigt die Luftraumstruktur in Deutschland.

LUFTRAUMKLASSEN UND LUFTRAUMORGANISATION

Die Internationale Zivilluftfahrtorganisation ICAO hat einheitliche Luftraumklassen definiert. In der Regel nutzt die internationale Großluftfahrt die Klassen Alpha (A), Bravo (B), Charlie (C) und Delta (D), Sichtflieger halten sich vermehrt in den Luftraumklassen Echo (E), Fox (F) und Golf (G) auf. Diese Gestaltung ermöglicht sichere Flugführung durch Freigaben der Flugsicherung in großen Höhen. In niedrigeren Höhen soll die Luftraumstruktur überall dort, wo dies sicher möglich ist, den Zugang der Sichtflieger in den Luftraum auch ohne Freigabe der Flugsicherung ermöglichen.

Die Einteilung in unteren und oberen Luftraum gestalten die nationalen Flugsicherungsorganisationen für sich, in Deutschland beginnt der obere Luftraum ab einer Höhe von 24.500 Fuß. Unterschieden werden Kontrollzentralen für den unteren und für den oberen Luftraum. Die Aufgaben unterscheiden sich: Während im unteren Luftraum An- und Abflugbereiche und zahlreiche Vertikalbewegungen überwacht werden, befinden sich im oberen Luftraum große Verkehrsströme, die ohne große Höhenveränderung unterwegs sind.

In Flugbeschränkungsgebieten (z. B. Truppenübungsplätzen) ist der Durchflug eingeschränkt oder sogar verboten.

Ein gemischter, weitestgehend unkontrollierter Luftraum. Hier brauchen lediglich IFR-Maschinen eine Freigabe. Es ist vor allem der Bereich für die Sportflieger – in der Regel VFR-Maschinen.

E

E

G

G



Autonomes Fliegen

DROHNENSCHWÄRME LIEFERN PAKETE UND DIE MENSCHEN SCHWIRREN MIT FLUGTAXIS DURCH HÄUSERSCHLUCHTEN. VISIONEN, DIE AUCH IN FERNER ZUKUNFT KAUM DENKBAR SIND – OBWOHL EIN AUTOMATISCHES STEUERUNGSSYSTEM FÜR DROHNEN BEREITS SEIT 2014 ENTWICKELT WIRD.

Skiweltcup-Rennen im Dezember 2015 in Madonna di Campiglio. Als der Österreicher Marcel Hirscher durch die Torstangen rast, fällt plötzlich eine rund acht Kilogramm schwere Kameradrohne vom Himmel und verfehlt Hirscher nur um Zentimeter. Ein Vorfall, der zeigt, wie gefährlich Unfälle mit Drohnen sein können. Er zeigt aber auch, wie kompliziert der sichere Betrieb dieser unbemannten Flugkörper ist. Schließlich hatte der Pilot alles richtig gemacht. Er ließ seine Drohne im zuvor definierten Korridor neben der Rennstrecke fliegen und nutzte dabei die im Modellflug gebräuchliche 2,4-Gigahertz-Frequenz. Da diese jedoch durch die Mobilfunknetze beziehungsweise WLAN-Hotspots der zahlreichen Zuschauer gestört wurde, ging die Verbindung der Drohne zum Piloten verloren und sie stürzte unkontrolliert auf die Piste. „Was bei Modellfliegern auf der grünen Wiese problemlos funktioniert, ist für Menschenmengen mitunter nicht geeignet. Alle Ideen und Konzepte für ein automatisches Steuerungssystem für Drohnen – und davon gibt es bereits einige – müssen genauestens geprüft werden“, sagt Martin Sperber. Sperber ist Leiter des Competence Center UAS (unbemannte Luftfahrtsysteme) bei TÜV Rheinland und Vorsitzender des DIN-UAS-Ausschusses. Die Zahl der Drohnen nimmt im bodennahen Luftraum Golf kontinuierlich zu, wofür in erster Linie

Hobbypiloten verantwortlich zeichnen. Doch auch in unterschiedlichsten Branchen erweisen sich die unbemannten Flugkörper zunehmend als effektive Hilfsmittel, beispielsweise bei der Wachstumskontrolle oder der Gebäudeprüfung. Neben Prüfdienstleistern gibt es inzwischen viele kommerzielle Anbieter, die sich auf Datenerfassung und -auswertung mithilfe von Drohnen spezialisiert haben.

WEITGESPANNTE FORSCHUNGSFELDER

Der Einsatz ist unter anderem in Deutschland grundsätzlich nur dann erlaubt, wenn der Pilot die Drohne ohne Hilfsmittel sehen kann, was die Einsatzmöglichkeiten einschränkt. „Dafür soll es eine europäische Lösung geben. Mehrere Ausschüsse arbeiten in diesem Zusammenhang unter anderem am sogenannten Traffic-Management-System für die unbemannte Luftfahrt (UTM). Dies entsteht gerade erst und wie genau es funktionieren wird, ist derzeit nicht zu sagen“, berichtet Sperber. Denkbare Systeme unterschiedlicher Forschungseinrichtungen gibt es bereits. So wäre es möglich, Drohnen mit einem Chip auszustatten und sie so über bereits vorhandene Mobilfunknetze zu steuern. In diesen Netzen könnten die Flugkörper sich zudem nicht nur gegenseitig erkennen und sich gegebenenfalls ausweichen, sondern auch Flugverbotszonen oder Hindernisse automatisch umgehen. „Doch wie sieht es mit der



Flugtaxis für die Massen – ein unrealistisches Szenario in ferner Zukunft. Auch diese Drohnen werden eher gezielt oder aus Marketingzwecken zum Einsatz kommen.

EINSATZZIELE DES TRAFFIC-MANAGEMENT-SYSTEMS FÜR DIE UNBEMANNTE LUFTFAHRT



Martin Sperber (Foto) nennt Beispiele, bei denen ein UTM zum Einsatz kommen soll: „Es geht nicht um den massenhaften, sondern gezielten Einsatz von Drohnen. Mit einem UTM könnten Drohnen beispielsweise automatisch über der Stadt kreisen und den Verkehr überwachen. Medikamente oder andere Lasten könnten schnell in schwer zugängliche Gebiete geliefert werden. Gebäudeprüfungen werden heute schon per Drohne gemacht – diese könnten zukünftig vollautomatisiert stattfinden. Auch beim Deichschutz, der Hochleitungskontrolle oder in der Landwirtschaft wären die heute verwendeten Hubschrauber und Flugzeuge obsolet. Autonom fliegende Drohnen wären in vielen Bereichen eine energie- und kostensparende Alternative.“

elektromagnetischen Verträglichkeit aus? Mit der Produktsicherheit der Drohnen? Mit dem Datenschutz? Diese und viele weitere Fragen müssen bei der Entwicklung eines automatisierten Steuerungssystems beachtet werden. Die Forschungsfelder sind hier weit gespannt“, erklärt Sperber.

HOHE KOSTEN UND KAUM AKZEPTANZ

Doch selbst mit einem vollfunktionstüchtigen UTM wären Pakete liefernden Drohnen Schwärmen oder herumschwirrenden Flugtaxis noch längst nicht Tür und Tor geöffnet. Die Einsatzkosten sind dabei nur ein Aspekt, da kaum ein Kunde bereit wäre, den hohen Preis über die Liefergebühr zu erstatten. Zudem wäre die Traglast äußerst begrenzt, was lediglich die Lieferung sehr leichter Pakete ermöglichen würde. Die urbane Thermik mit stark wechselnden Winden, unzählige Notlandeplätze und der hohe Energieaufwand sind weitere Gründe, die gegen eine automatisierte Lieferlogistik per Drohne im großen Stil sprechen. Auch müssten Drohnen vor fremdem Zugriff geschützt werden, damit Kriminelle sie nicht hacken, umleiten und wertvolle Lieferungen stehlen. Darüber hinaus wäre der Lärm von unzähligen Drohnen kaum zu ertragen. „Ein solches Szenario hält in urbanen Gebieten keiner Kosten-Nutzen-Rechnung stand. Weder bei den Anbietern noch bei der Bevölkerung“, sagt Sperber.



Als Forschungsleiter bei der DFS entwickelt Jörg Buxbaum mit seinem Team digitale Lösungen, um Fluglotsen zu unterstützen und den Luftraum so effektiver nutzen zu können.



Himmels-Tetris

WIE KANN ES GELINGEN, SICHEREN FLUGVERKEHR IM KNAPPER WERDENDEN LUFTRAUM ZU GEWÄHRLEISTEN? MIT DIESER FRAGE BESCHÄFTIGT SICH DAS FORSCHUNGSTEAM DER DEUTSCHEN FLUGSICHERUNG. LEITER JÖRG BUxbaUM STELLT DABEI DIE FLUGLOTSEN IN DEN MITTELPUNKT.

Herr Buxbaum, welche Kriterien legen Sie bei Ihrer Forschung zugrunde?

Wir können nicht mit Gewissheit sagen, in welche Richtung sich der Flugverkehr entwickelt. Deshalb brauchen wir Lösungen, die möglichst viele Szenarien abdecken. Aus unserer Sicht sind vor allem die Fluglotsen der Schlüssel. Wir forschen an Möglichkeiten, wie wir diese bei der Arbeit entlasten und den Luftraum effektiver nutzen können. Assistenzsysteme für Lotsen sorgen bereits maßgeblich dafür, dass wir mit nahezu gleichbleibender Personalstärke heute rund 50 Prozent mehr Flugzeuge sicher durch die Luft dirigieren als noch vor 20 Jahren.

Woran forschen Sie denn derzeit konkret?

Ziemlich weit sind wir bei der Spracherkennung. Der Lotse hält die ganze Zeit per Sprechfunk Kontakt mit dem Piloten. Wenn seine Anweisungen automatisch ins System einfließen, würde das die Arbeitsbelastung in Anflugsektoren bis zu 30 Prozent senken – das haben Versuche gezeigt.

Das hilft nun aber für sehr stark frequentierte Sektoren nicht wirklich weiter. Wenn die Kapazitäten eines Luftraums erschöpft sind, dann ist er voll, oder?

Im Prinzip richtig. Doch können wir mit neuen Assistenzsystemen auch neue Kapazitäten schaffen. Vom sogenannten Controller Assistance Tool erhoffen wir uns beispielsweise einen echten Kapazitätsschub. Bei diesem System kann der Lotse mit einem Klick auf einen Flieger sofort sehen, welche Höhen und Richtungen konfliktfrei sind. Dieses System hilft den Lotsen besonders in Stresssituationen und wir erhoffen

UM KRISENSITUATIONEN LÖSEN ZU KÖNNEN, BRAUCHT ES DIE KREATIVITÄT DES MENSCHEN.

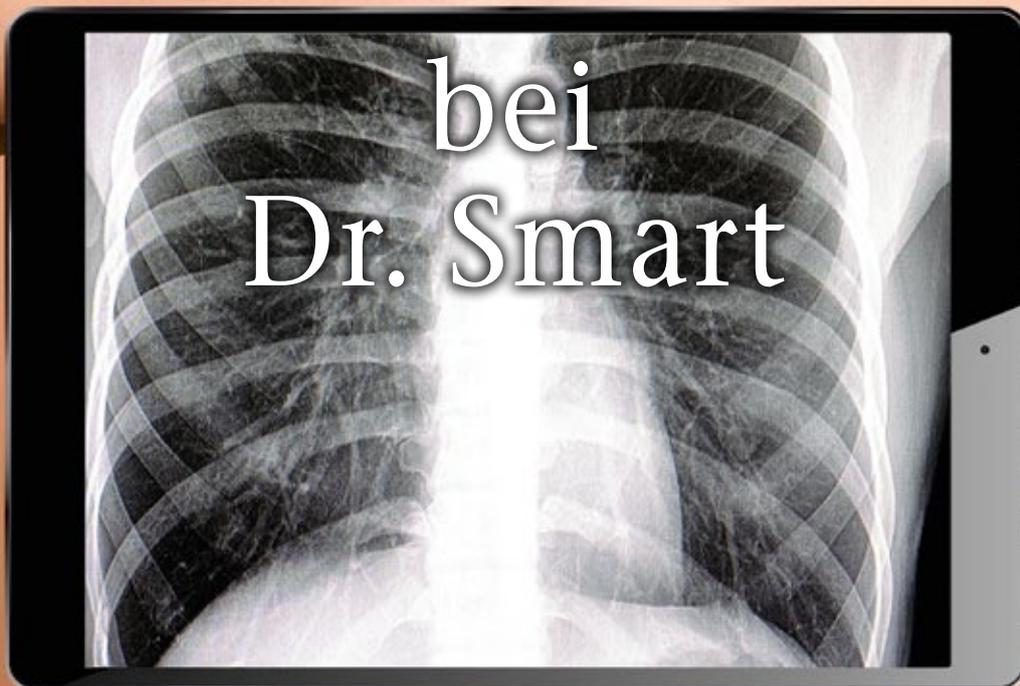
uns damit einen schrittweisen Kapazitätsgewinn von 20 Prozent im unteren Luftraum. Im Laufe des kommenden Jahres könnte es erstmals zum Einsatz kommen. Zudem gibt es gerade in diesem Luftraum sehr viele Steig- und Sinkflugbewegungen. Das Problem dabei ist, dass ein Flugzeug nicht gleichmäßig an Höhe gewinnt. Wir können also nur relativ ungenau vorhersagen, nach wie vielen Kilometern das Flugzeug welche genaue Höhe erreicht hat. Die Fluglotsen müssen also in ihren Berechnungen einen gewissen Korridor miteinbeziehen. Also haben wir unzählige Daten von Steigflügen aus der Vergangenheit in ein neuronales Netzwerk eingespeist. Diese Entwicklung sagt dem Lotsen unter Berücksichtigung relevanter Parameter – Wind, Flugzeugtyp, Tageszeit, Flugziel –, wo das Flugzeug wann sein wird. Damit können wir den freizuhaltenden Korridor von etwa 3.000 Höhenmetern auf lediglich 400 Höhenmeter verkleinern.

Sie entwickeln immer klügere Assistenzsysteme. Der Anfang vom Ende für den menschlichen Fluglotsen?

Nein. Der Fluglotse trägt die Verantwortung. Assistenzsysteme können ihn unterstützen. Aber blind darauf verlassen darf er sich nicht. Das Wichtigste für einen Lotsen ist, dass er sein „Bild“ im Kopf hat. Heißt: Wo befinden sich die Flugzeuge, welchen Kurs fliegen sie und wo möchte ich sie in ein paar Minuten haben. Wenn er das „Bild“ verliert, verliert er die Kontrolle. Der Mensch hat der Technik einen Vorsprung. Er kann in extremen Situationen schnell kreative Lösungen entwickeln. Und diese Fähigkeit ist für die Flugsicherung von elementarer Bedeutung.

Smart Health per App gilt als zukunftssträchtiger Markt. Trotzdem kann nach Symptomen zu googeln oder eine App zu möglichen Diagnosen zu befragen einen Arztbesuch nicht ersetzen.

24/7- Sprechstunde



MIT RISIKEN UND NEBENWIRKUNGEN – SMARTE MEDIZIN MACHT ES MÖGLICH, DEN EIGENEN KÖRPER ZUHAUSE RUND UM DIE UHR ZU KONTROLLIEREN UND DIAGNOSTEN ZU STELLEN. WAS ABER KÖNNEN IOT-MEDIZINPRODUKTE WIRKLICH LEISTEN UND WOHIN FÜHRT DIESE ENTWICKLUNG?

SmarTE Medizinsoftware oder -technik ist nicht neu, IoT-fähige Geräte werden in Krankenhäusern bereits häufig angewendet. Durch die vereinfachte Handhabung per Smartphone steigt die Nachfrage nach solchen Produkten und ihre Verbreitung aber kontinuierlich. Wearables, die Herzfrequenz und andere Körperfunktionen rund um die Uhr messen, liegen genauso im Trend wie Blutdruck-messgeräte oder Medizin-Apps, die beispielsweise Diabetes-Patienten unterstützen. Nutzer können sich in App Stores das passende Medizinprodukt zu einem überschaubaren Preis aussuchen oder der Empfehlung von Fachärzten folgen.

DIAGNOSE PER KÜNSTLICHER INTELLIGENZ

Mittels App ein stabiles Gesundheitsniveau zu halten, kann die Lebensdauer eines Menschen verlängern und das Risiko für Folgeschäden von Krankheiten senken. Eine kontinuierliche Überwachung motiviert Nutzer mitunter dazu, ungesunde Verhaltensweisen zu ändern und mehr Sport zu treiben. Die digitalen Helfer können die Lebensqualität verbessern, wenn sie Patienten daran erinnern, wann sie welche Medikamente in welcher Dosis nehmen müssen. Smart-Home-Ausrüstungen können beispielsweise anhand des Licht-Ein- und Ausschaltens Informationen über Schlafgewohnheiten sammeln. Diese Daten ermöglichen es einem Arzt, per Fern-diagnose Muster zu erkennen und Aussagen zur Gesundheit des Patienten zu treffen. Zudem nutzen Forscher bereits anonymisierte Daten von kranken und gesunden Menschen, um Gesundheitsrisiken zu erkennen und neue Diagnoseverfahren zu entwickeln. Firmen, unter anderem in Großbritannien, setzen künstliche Intelligenz ein, um seltene Krankheiten zu erkennen. Entsprechende KI-Software stellt gezielt Fragen und empfiehlt gegebenenfalls, einen Arzt aufzusuchen.

HOHES NIVEAU BEI DATENSICHERHEIT

Medizin- und Freizeit- oder sogenannte Wellnessprodukte lassen sich nicht immer klar voneinander abgrenzen, in erster Linie definieren dies die Hersteller. Je nach Zweck werden sie in verschiedene Abstufungen und Risikoklassen eingeteilt. So gelten für smarte Medizinprodukte im Sinne des Patientenschutzes strengere Auflagen als für Fitness-tracker. Das zieht für Hersteller von Apps und Wearables teilweise erhebliche Aufwände nach sich, weil sie dann die Anforderungen der Medizinprodukterichtlinie und ab Mai 2020 die Anforderungen der Medizinprodukteverordnung erfül-

len müssen. „Besonders für kleine Hersteller und Start-ups können die gesetzlichen Anforderungen zur großen Herausforderung und zu einem Innovationshemmnis werden“, erläutert Dr. Michael Berensmann, Experte für Medizinprodukte bei TÜV Rheinland. Unabhängig davon, ob Medizinprodukt oder nicht, regelt die Datenschutz-Grundverordnung (EU-DSGVO) den Schutz personenbezogener Daten vor Missbrauch, oft im Zusammenhang auch mit dem Schutz der Privatsphäre des Einzelnen. So sieht die DSGVO unter anderem eine Datenminimierung vor: Personenbezogene Daten müssen auf das für die Zwecke der Verarbeitung notwendige Maß beschränkt sein. „Das Gerät sollte technisch nur die Daten liefern können, die für den vereinbarten Zweck gebraucht werden und andere Daten erst gar nicht erfassen. Unsere Praxis zeigt, dass es noch Nachholbedarf aufseiten der Hersteller gibt“, so Günter Martin, IoT Privacy-Experte bei TÜV Rheinland. Smarte IoT-Medizinprodukte und -services müssen also sowohl hohe Anforderungen an Datenschutz als auch an Datensicherheit berücksichtigen sowie die Verbrauchererwartungen hinsichtlich ihrer Privatsphäre erfüllen – unabhängig von der Neuartigkeit der Technik oder der wirtschaftlichen Situation der Hersteller. Experten testen und begutachten dies und erteilen nach erfolgreicher Prüfung entsprechende Zertifikate. Fazit: „Der Markt für IoT-Geräte wächst rasant. Wir können dazu beitragen, digitale Dienstleistungen und smarte Produkte verlässlicher und sicherer zu machen sowie Vertrauen beim Verbraucher und Hersteller zu schaffen“, sagt Günter Martin.

REGELMÄSSIGE SICHERHEITSUPDATES UNVERZICHTBAR

Smarte Medizinprodukte werden oft per Smartphone bedient, mit dem sie drahtlos verbunden sind. Teilweise ist auch eine Bedienung per Sprachsteuerung möglich, die Interfaces werden zunehmend verbessert. In jedem Fall sollten Nutzer Apps mit einem individuell vergebenen Passwort versehen und Sicherheitsupdates durchführen. „Trotz aller Vorsicht gibt es leider immer noch Schwachstellen bei den Geräten. Denn während wir immer bessere Verfahren entwickeln, um Daten zu schützen, lernen auch Hacker dazu“, weiß Günter Martin. Am sichersten sei die Bedienung von intelligenten Medizinprodukten momentan über ein separates Smartphone, das sonst keine Daten und Anwendungen enthält. Angesichts von Fehldiagnosen sei es jedoch ratsam, sich von digitalen Daten nicht zu sehr beeinflussen zu lassen, sondern nach wie vor auf seinen Körper zu achten, so Martin.

Mehr Pixel für mehr Sicherheit

DANK LEDS, SENSOREN UND KAMERAS KÖNNEN INTELLIGENTE **SCHEINWERFERSYSTEME** HEUTE WEIT MEHR ALS NUR DIE STRASSE AUSLEUCHTEN. FÜR AUTOHERSTELLER SIND SCHEINWERFER UND LEUCHTEN ZU EINEM WICHTIGEN **DESIGNELEMENT** GEWORDEN, DAS MARKEN UND MODELLE UNVERWECHSELBAR MACHEN SOLL.



Im neuen lichttechnischen Labor in Berlin können bereits intelligente Lichtsysteme der neuesten Generation geprüft werden.

Was die Augen für den Menschen sind, sind intelligente Scheinwerfersysteme für das Auto. Adaptive LED-Autoscheinwerfer sorgen dafür, dass der Autofahrer heutzutage Hindernisse und Gefahren deutlich frühzeitiger erkennen kann als noch mit alten Halogen-Leuchten. Moderne Lichtsysteme reagieren auf Geschwindigkeit, Wetter-, Sicht- und Fahrbahnverhältnisse. Wie verläuft die Straße? Wie hoch ist die Geschwindigkeit? Herrscht Gegenverkehr? In solchen Situationen sorgen die variablen, adaptiven Scheinwerfer für optimale Beleuchtung. „Intelligente Lichtsysteme erfassen über Sensoren und Kameras äußere Einflüsse und die aktuelle Fahrsituation und stellen das Licht entsprechend ein“, erklärt Fabian Stahl, Leiter des neuen Lichttechnischen Labors von TÜV Rheinland in Berlin. So richtet sich beispielsweise der Lichtkegel bei höherer Geschwindigkeit automatisch nach vorn, damit sich Hindernisse frühzeitiger erkennen lassen. Bei der Fahrt durch die Stadt sorgt dagegen eine breit gefächerte Lichtverteilung für erhöhte Sicherheit, da der Fahrer auch den Bürgersteig und die Randbereiche besser erkennt. „Auch blendfreies Fahren mit Fernlicht ist dank intelligenter Scheinwerfersysteme möglich“, so Stahl. Die Systeme erkennen Heckleuchten- sowie Scheinwerferlicht und blenden die Bereiche im Fernlicht ab, die den Gegenverkehr oder Vorfahrende stören würden.

LICHT ALS DESIGNELEMENT

In Zeiten, in denen sich die windschnittigen Silhouetten der Fahrzeuge immer mehr ähneln, ist die Fahrzeugbeleuchtung nicht nur ein Sicherheitsfaktor. Die Formensprache der Front- und Heckleuchten sind wichtige Design- und Unterscheidungsmerkmale, Schmuckstücke des Fahrzeugs. Individuelles Lichtdesign gewinnt mehr und mehr an Bedeutung und Fahrzeugdesigner laufen bei Scheinwerferkonzeptionen zu kreati-

ven Höchstleistungen auf. Bei Autoherstellern kümmern sich Expertenteams um nichts anderes als um die Gestaltung der Lichtsysteme. Kaum ein Modell kommt mehr ohne Design-Besonderheiten aus – wachsaues Adlerauge, stehender Blick, Kussmund –, ein markanter Lichtakzent ist ein Muss. Moderne Scheinwerfersysteme sollen das Auto menschlicher erscheinen lassen. Und der Einsatz lohnt sich. Studien belegen, dass Käufer mehr denn je auch das Lichtdesign zu einem wichtigen Kriterium für ihre Kaufentscheidung machen.

LICHTKONTROLLE AUF HIGHTECHNIVEAU

Um der Entwicklung auf dem Lichtmarkt immer einen Schritt voraus zu sein, hat TÜV Rheinland sein lichttechnisches Labor in Berlin erweitert und modernisiert. Geprüft werden in der hochmodernen Testanlage bereits heute die LED-Pixel-Scheinwerfer der nächsten Generation. Diese Systeme leuchten nicht nur, dank Pixel-Technologie und der Leuchtkraft der LEDs lassen sich in Zukunft im Dunkeln beispielsweise Warnhinweise wie überhöhte Geschwindigkeit auf den Asphalt projizieren. Außerdem können die modernen Scheinwerfer den Fahrer warnen, dass der Abstand zum Vordermann zu gering ist, oder ihn auf nahe liegende Baustellen, Glätte oder andere Gefahren aufmerksam machen. Über die Zulässigkeit solcher Warnhinweise wird zurzeit noch diskutiert, doch Experten für Verkehrssicherheit befürworten diese Entwicklung. „Denn jeder Blick zum Armaturenbrett lenkt vom Straßenverkehr ab“, so Fabian Stahl. Das Lichttechnik-Labor gehört zu den anerkannten Prüfstellen beim Kraftfahrt-Bundesamt und vergleichbaren Behörden in anderen Staaten. Darunter die luxemburgische Société Nationale de Certification et d'Homologation (SNCH), die National Standards Authority of Ireland (NSAI), die britische Vehicle Certification Agency (VCA) und das taiwanische Vehicle Safety Certification Center (VSCC).

Himmel und Erde

DIE FÜNFTE GENERATION DES WELTWEITEN MOBILFUNKSTANDARDS BRINGT TIEFGREIFENDE ÄNDERUNGEN MIT SICH. VON BANDBREITEN, FREQUENZEN UND INDUSTRIE 4.0.

Eine große Wolke sorgt für Neuerungen, doch der Ursprung von 5G, der fünften Generation des Mobilfunknetzes, liegt in der Erde. Bevor Cloudtechnologie, enorme Bandbreiten und ein dichtes Netz an Sendemasten Anwendungen wie autonomes Fahren, vernetzte Produktionshallen und smarte Citys ermöglichen, müssen viele Gebiete in Deutschland und weltweit zunächst per Glasfaser erschlossen werden ...

Zuteilung der Frequenzbereiche



USA: 3.100 – 3.550 MHz +
3.700 – 4.200 MHz



EUROPA: 3.400 – 3.800 MHz



JAPAN: 3.600 – 4.200 MHz +
4.400 – 4.900 MHz



CHINA: 3.300 – 3.600 MHz +
4.400 – 4.500 MHz +
4.800 – 4.990 MHz

300 Mrd.

EURO

... kostet der 5G-Ausbau Schätzungen zufolge allein in Europa.

SENDEMASTEN

... müssen allein in Deutschland zusätzlich errichtet werden. Für die neuen Masten gilt: hohe Leistung, geringe Reichweite ...

500.000

10:1

GESCHWINDIGKEIT

10 Millisekunden liegen derzeit zwischen Anforderung und Empfang eines Datenpakets im schnellen Festnetz. 5G soll zehnmal schneller reagieren.

PRIVATHAUSHALTE

... aller Mobilfunkverträge im Jahr 2020 werden 5G-Verträge sein. Der Hauptnutzen von 5G liegt in der Industrie.

6,5 %

Quellen: www.golem.de, www.heise.de, www.faz.net

**1 Mrd.
Gigabyte
Datenvolumen***

**= 40 Billionen
Seiten A4
(40.000.000.000.000)**

Frequenzbereiche

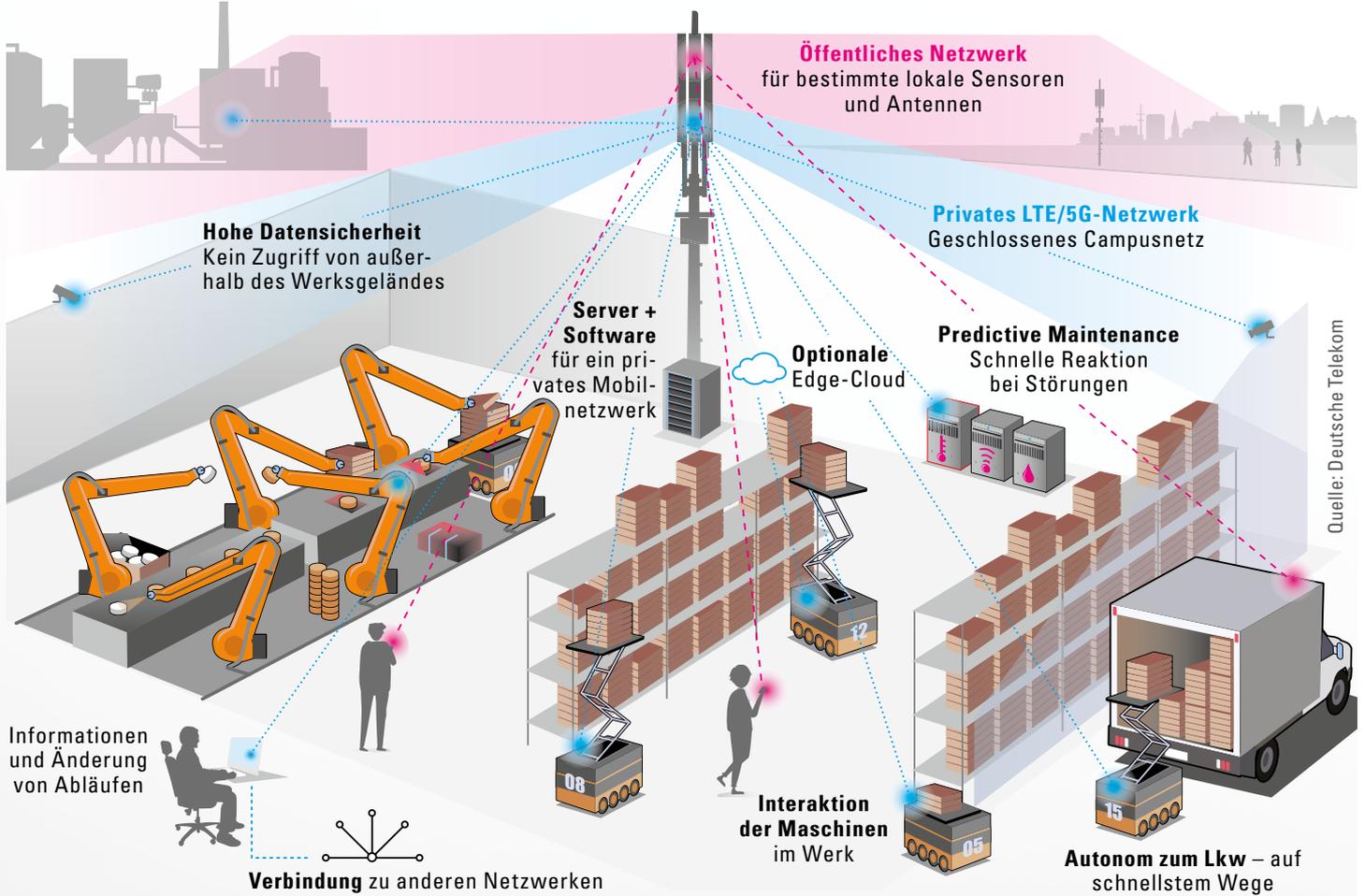


NIEDRIG

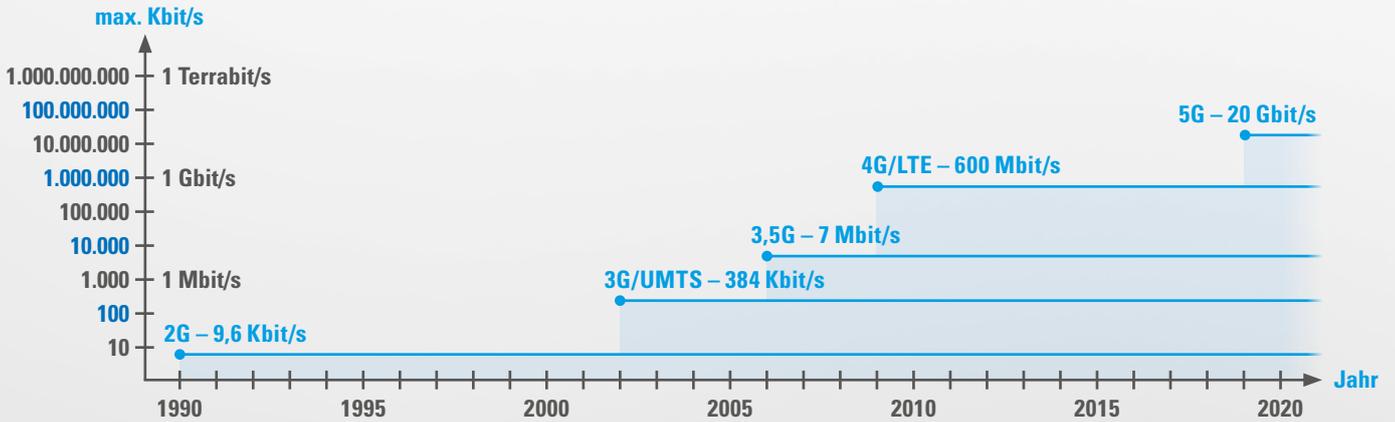
Sämtliche Frequenzen im MHz-Bereich sind derzeit noch von älteren Mobilfunkstandards und anderen Diensten besetzt, werden künftig aber ebenfalls für 5G genutzt.

*Gesamter mobiler Datenverbrauch in Deutschland 2017
Quelle: TÜV Rheinland

5G-Campus-Lösungen: Willkommen in der Industrie 4.0



Bandbreite im Laufe der Zeit: von Kilo- zu Gigabits



Neue Frequenzbereiche

LTE



◀ NIEDRIG

HOCH

SEHR HOCH

Für die Versorgung von IoT-Geräten auf einer größeren Fläche, etwa einem Stadtgebiet, spielen Frequenzbänder mit geringer Übertragungsrate und großer Reichweite eine entscheidende Rolle.

Sehr hohe Bandbreite bei relativ geringer Reichweite. Diese Frequenzen sind bei Großveranstaltungen und für das Heimnetzwerk relevant.

Begegnung der fünften Art

5G, DIE FÜNFTE GENERATION DES WELTWEITEN MOBILFUNKSTANDARDS, VERSPRICHT ULTRASCHNELLES INTERNET UND VIELE SMARTE ANWENDUNGEN, VOM AUTOMATISIERTEN FAHREN BIS HIN ZUR VERNETZTEN PRODUKTIONSHALLE. DOCH DIE ENTSCHIEDENDE VERÄNDERUNG DURCH DEN ROLLOUT DES NEUEN MOBILFUNKS LIEGT GANZ WOANDERS, SAGT GÜRKAN ÜNLÜ, EXPERTE FÜR INDUSTRIELLE VERNETZUNG BEI TÜV RHEINLAND.

Herr Ünlü, worin unterscheidet sich 5G denn von den bisherigen Übertragungstechnologien wie LTE, Wifi oder Bluetooth?

5G zeichnet sich durch eine wesentlich schnellere, stabilere Verbindung aus, die Datenmengen im Gigabit-Bereich mit einer so geringen Übertragungszeit versenden kann, dass wir hier von Echtzeitübertragung sprechen können. Das bedeutet: 5G überträgt riesige Datenmengen zuverlässig ohne Unterbrechungen quasi sofort von einem Gerät zum anderen. Dieser neue Standard ist so viel leistungsfähiger als sämtliche Funkverbindungsarten, die wir bisher kennen. An diese Technologie sind deshalb unterschiedlichste und sehr hohe Erwartungen geknüpft – allerdings nicht immer zu Recht.

Ist der aktuelle Hype um 5G also etwas übertrieben?

Technologisch betrachtet ist 5G ein Update des aktuellen Netzstandards Long Term Evolution, kurz LTE. In dieser Entwicklung ist 5G der nächste Schritt. In Deutschland und in anderen Ländern, in denen das Mobilfunknetz bislang nur unzureichend ausgebaut ist, sorgt die Einführung des neuen Standards aber nicht dafür, dass „weiße Flecken“ auf der Landkarte verschwinden. Denn der flächendeckende Glasfaserausbau ist die Grundvoraussetzung für einen zuverlässigen 5G-Ausbau. Allerdings spielt gerade dieses Thema in der öffentlichen Wahrnehmung eine untergeordnete Rolle. Die letzte Meile zum Haus kann zwar per Funk überbrückt werden, aber die Sendemasten müssen an Glasfaser angebunden sein.



Gürkan Ünlü

Gürkan Ünlü (46) ist Experte für industrielle Digitalisierung und leitet bei TÜV Rheinland unter anderem die Entwicklung im Geschäftsfeld Digitale Transformation. Seit Dezember 2018 leitet Ünlü auch das weltweit operierende Corporate Center of Excellence Data Analytics von TÜV Rheinland Global.

5G wird oft in Verbindung mit dem autonomen Fahren genannt. Welche Rolle spielt 5G hier genau?

Auch dieses Thema muss man differenziert betrachten. Wir befinden uns heute bereits auf dem Level des teilautomatisierten Fahrens – unter anderem mit Stauassistenten. Das bedeutet, dass das System im Fahrzeug in bestimmten Situationen bereits eigenständig entscheidet. Und dabei spielt 5G gar keine Rolle. Denn wenn zum Beispiel unvermittelt vor dem Auto ein Kind auf die Straße rennt, erfassen die Sensoren im Auto die Bewegung und leiten im Sekundenbruchteil die Fahrkorrektur ein. Diese Datenverarbeitung geschieht im Auto selbst. Diese Verarbeitung im Gerät selbst nennt sich Edge-Computing. Das ist der Gegensatz zum Cloud-Computing, das bei vielen 5G-Anwendungen wichtig ist. 5G ermöglicht, dass das System das Fahren komplett übernimmt – diese Technologie ist aber zum einen noch nicht serienreif und zum anderen fehlen viele wichtige Standards sowie die juristischen Voraussetzungen.

Wo bringt die Technologie zeitnah eine spürbare Verbesserung?

Die so oft in den Medien angepriesenen Vorzüge im gesellschaftlichen Bereich wie autonomes Fahren und stabiles Videostreaming sind natürlich positive Entwicklungen, stehen aber im Vergleich zu Potenzialen und Nutzen hinter den industriellen

Anwendungen. Einen wirklichen Mehrwert bringt 5G vor allem in der Industrie. Die dazu notwendigen Frequenzen können in den kommenden Monaten von der Industrie beantragt werden. Diese Infrastruktur wird das Design von Produktionsstätten perspektivisch komplett verändern. Die Fabrikhalle der Zukunft ist dunkel und wird vielleicht ganz ohne Menschen auskommen. Fahrerlose Transportroboter transportieren Teile in hoher Geschwindigkeit zum nächsten Prozessschritt. 5G wird die Logistik auf einem Firmengelände revolutionieren, weil Maschinen und Transportsystem ständig miteinander kommunizieren. In Deutschland haben Unternehmen zudem den Vorteil, direkt vom Staat 5G-Frequenzen zu erwerben und somit ein eigenes Campusnetz aufbauen zu können. Sie sind dabei nicht länger auf den Ausbau der hiesigen Telekommunikationsanbieter angewiesen.

Welchen Einfluss hat 5G auf die industrielle Produktion konkret?

Eine praktische Anwendung in der Industrie ist vor allem die Maschinenüberwachung in Echtzeit. Dadurch werden Ausfallzeiten extrem reduziert. Wenn heute in einer Produktionsstraße eine einzige Maschine ausfällt, dann hat das erhebliche Folgen. Die Produktion stoppt, nachfolgende Prozessschritte verzögern sich. Und während die Maschinen stehen, muss erst einmal der Fehler gefunden und behoben werden. Wenn in der Autoproduktion ein Roboter ausfällt, dann kostet das die Industrie etwa 80.000 Euro in der



Gürkan Ünlü und sein Team von TÜV Rheinland beraten Unternehmen beim Aufbau von 5G-Campus-Netzen.

Stunde. Mit einem 5G-Netz auf dem Werksgelände und Sensoren an jeder Maschine, die in Kontext mit historischen Daten gesetzt werden, können Firmen solche kostspieligen Ausfälle drastisch minimieren. Das funktioniert, indem Sensoren an den Maschinen beständig Produktionsdaten an die Werks-Cloud schicken. Eine Analysesoftware wertet die Daten aus und ist in der Lage, die Maschine im Sekundenbruchteil abzuschalten, bevor sie ausfällt und Schaden nimmt – etwa im Falle eines plötzlichen Spannungszuwachses oder erhöhter Vibration. Rechtzeitig abgeschaltet sind sowohl die Maschine als auch die darin befindlichen Teile noch intakt und können weiterverarbeitet werden, wenn die Maschine wieder anläuft. Die analysierten Daten in der lokalen Cloud zeigen, welche Maschine betroffen war und welcher Fehler zum Abschalten geführt hat. Das 5G-Netz trägt also dazu bei, die Wartung zu verbessern, Ausfallzeiten gering zu halten, Ausschuss zu minimieren und somit effizienter zu produzieren. LTE und WiFi können eine solche Form der konstanten und schnellen Datenübertragung nur teilweise leisten. Das neue Netz hat zudem eine ganz entscheidende Auswirkung.

Was meinen Sie?

5G ist im Grunde die notwendige Schlüsseltechnologie für künstliche Intelligenz. In einer vernetzten Welt und im Internet der Dinge kann eine KI automatisiert und mit viel weniger Aufwand, als das heutzutage der Fall ist, Daten zusammentragen und – anders als eine Analysesoftware – selbstlernend Regeln ableiten. Das kann unter anderem für medizinische Zwecke sehr hilfreich sein. Beispielsweise

wenn Sensoren die Werte eines Patienten auf der Intensivstation automatisch mit 100.000 anderen Fällen vergleichen können. Eine WiFi-Infrastruktur kann so etwas nicht leisten. Bislang nutzen etwa 20 Prozent der Unternehmen weltweit mehr oder weniger komplexe KI-Anwendungen. 5G wird die Nutzung von KI erheblich begünstigen.

Ist der Aufbau einer 5G-Infrastruktur für Betriebe aber so ohne weiteres machbar?

Hier liegt sicherlich die Crux. Denn auch wenn dieser Fortschritt in vielen industriellen Gremien und Foren schon seit langem gefordert wird, stellt die praktische Umsetzung viele Unternehmen vor erhebliche Herausforderungen. Neben der Beantragung der benötigten Lizenz für das Frequenzband ist der Ausbau des Netzes auf dem Firmengelände und das Setup der Maschinensensoren sowie der Analysesoftware in der Cloud eine große Herausforderung für viele Betriebe. Außerdem ist solch ein Firmennetz angreifbar. Die Werks-Cloud und Geräte im firmeneigenen Internet of Things müssen gegen Hackerattacken gesichert werden. Wenn zudem der



„5G WIRD DIE INDUSTRIELLE FERTIGUNG TIEFGREIFEND VERÄNDERN UND DEM INTERNET OF THINGS ZUM DURCHBRUCH VERHELFFEN.“

Gürkan Ünlü, TÜV Rheinland

Einsatz von KI zunimmt, müssen Firmen auch lernen, damit umzugehen, denn KI kann natürlich auch für Cyberattacken genutzt werden.

Klingt nach vielen Hindernissen?

Wir bemerken, dass die Nachfrage nach Beratung steigt. Konzerne, Betriebe und Behörden setzen sich mit dem Thema auseinander, haben aber viele Fragen an die Telekommunikationsanbieter zum klaren Nutzen von 5G. Alles deutet darauf hin, dass Unternehmen die Technologie nutzen werden.

*„Miss alles, was sich messen
lässt, und mach alles messbar,
was sich nicht messen lässt.“*

Archimedes, griechischer Physiker,
Mathematiker und Ingenieur

ABO

Wenn Sie kontakt abonnieren möchten,
schreiben Sie einfach eine E-Mail an:
CorporateCommunications@de.tuv.com

Impressum

Die Datenschutzerklärung der TÜV Rheinland Gruppe finden Sie hier: tuv.li/Datenschutzerklaerung

Herausgeber: TÜV Rheinland AG,
Unternehmenskommunikation,
Am Grauen Stein, D-51105 Köln

Telefon: +49 221 806-0
E-Mail: CorporateCommunications@de.tuv.com
Internet: www.tuv.com

Verantwortlicher: Hartmut Müller-Gerbes (V.i.S.d.P.)

Editor: S+L Partners GmbH, Köln

Druck: Medienhaus Plump GmbH, Rheinbreitbach

Fotos: Suren Manvelyan (Titel), NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute (S. 2), TÜV Rheinland/
Tilman Schenk (S. 4, 21), Ken Kiefer 2/gettyimages.de (S. 6–7), National Geographic Image
Collection/ Alamy Stock Foto/ BABAK TAFRESHI (S. 8–9), Miguel Villagran/gettyimages.
de (S. 10–11), Alina Emrich (S. 12), Jörn Meisterjahn (S. 14), general-fmw/shutterstock.com
(S. 15), Paul Kitagaki Jr./ZUMAPRESS.com/AlamyStock Foto (S. 16), evannovostro/stock.adobe.
com (S. 17), OJO Images Ltd / Alamy Stock Foto (S. 18–19), rimom/shutterstock.com (S. 19),
studio23/shutterstock.com (S. 22–23), Werner Müller Grafik(S. 24–25), Kurt Kleemann/stock.
adobe.com (S. 24–25), vikky lee art/shutterstock.com (S. 26–27), gualtiero boffi / Alamy Stock
Foto (S. 26), Italdesign (S. 27), TÜV Rheinland/Martin Gorczynski (S. 27), TÜV Rheinland/
Katrin Denkwitz (S. 28), Deagreez/istockphoto.com (S. 30), Artem_Graif/stock.adobe.com
(S. 30–31), Sopone Nawoot /123rf.com (S. 30–31), constantincornel/fotolia.com (S. 32–33),
TÜV Rheinland (S. 32), Floortje/dikobrazyj/istockphoto.com (S. 34), Deutsche Telekom AG (S. 35),
TÜV Rheinland/Hanne Engwald (S. 36–37), jimbophotoart/stock.adobe.com (S. 36–39)