

# DIGITALE WELT

ZUKUNFT | EINFACH | ENTDECKEN

● Ausgabe 4 ■ Oktober ■ November ■ Dezember ■ 2018

## Machine Learning – Der smarte Weg zur Digitalisierung

## Data Analytics

Digitales Entdeckertum

## Reinforcement Learning

Bessere Entscheidungen treffen

## Autonome Systeme

Maschinen in der Verantwortung

## QUANTUM COMPUTING

Use Cases für eine neue  
Ära der Computer



Der IT-Chef über  
nicht lineares  
Entertainment

**Johannes Wechsler**

# DIGICON 2018

DIGITALE WELT CONVENTION

21. UND 22. NOVEMBER 2018

Palais Lenbach, München



Thema:

## MACHINE LEARNING – IMPULSE DURCH QUANTEN COMPUTING, DATA MINING UND REINFORCEMENT LEARNING

Heute lernen, die Zukunft zu gestalten.

### AUSZUG UNSERER HOCHKARÄTIGEN REFERENTEN



**Prof. Dr. Fredmund Malik**  
CEO & Erfolgsautor  
Malik Institute for Complexity and Management



**Prof. Dr. Katharina Morik**  
Lehrstuhl für künstliche  
Intelligenz  
TU Dortmund



**Dr. Jörg Ochs**  
Geschäftsführer  
SWM Infrastruktur  
Verwaltung GmbH



**Boris Radke**  
Chief Information Officer  
ProSiebenSat.1 Media SE



**Thomas Schlereth**  
Geschäftsführer  
Can Do GmbH



**Dr. Roland Schütz**  
EVP and CIO  
Lufthansa Group Airlines  
and Digital Initiatives



**Prof. Dr. Patrick van der Smagt**  
Director AI Research  
VW Group



**Dr. Heiko Udluft**  
Data Scientist &  
Tech-Team Lead  
Airbus



**Dr. Johannes Wechsler**  
Geschäftsführer  
MediaMarktSaturn  
Technology

JETZT ANMELDEN!

LAST CALL 15 % Rabatt

bis 30. September 2018

EXKLUSIVER DIGITALE WELT RABATT

mit einem zusätzlichen Nachlass von 10 %  
Ihr Code: DIGITALEWELT10



Für Ihre Anmeldung sowie  
weitere Informationen gehen  
Sie bitte auf unsere Webseite  
[www.digitaleweltmagazin.de/digicon](http://www.digitaleweltmagazin.de/digicon)

Unsere Sponsoren und Partner



# DIGITALE WELT AUSGABE 4 | 2018



10

VERY DIGITAL PERSON  
Alexandre Haag

20

MACHINE LEARNING  
Der smarte Weg  
zur Digitalisierung

#### DIGITALER MARKTPLATZ

9 Digitalisierung in Zahlen | Fakten, die überraschen

#### VERY DIGITAL PERSON

10 Alexandre Haag | Über die Zukunft der Mobilität

#### HINTER DEN KULISSEN

14 ProSiebenSat.1 | Der gekonnte Mix aus digital und real

#### 20 WISSEN – Machine Learning

22 Prof. Dr. Katharina Morik | Schlüsseltechnologie  
Maschinelles Lernen

28 Thomy Phan | Reinforcement Learning am Beispiel Schach

#### ALLGEMEIN

30 Klaus Löckel | Von der Information zur Wertschöpfung mit  
Machine Learning

31 Alexander Geibig | ML – Wofür brauchen wir das überhaupt?

33 Timon Ruban | KI lohnt sich das?

34 Guiscardo Pin | Machine Learning ist auf dem Vormarsch

35 Dr. Michaela Regner | Menschen sind anders. Roboter auch.

37 Dr. Dirk Michelsen | Business Cases & Machbarkeiten von  
Machine Learning

38 Oliver Schröder | Daten sind der Treibstoff für künstliche  
Intelligenz

39 Enno Lückel | Daten noch smarter erfassen: Supervised  
Machine Learning

40 Dr. Matthias Duschl | Data Analytics und Maschinelles  
Lernen professionalisieren

43 Stephanie Fischer | Text Analytics: 10 Datensätze, die  
Algorithmen heben können

#### ML IN DER PRAXIS

45 Andreas Steier | KI und Machine Learning: Warum wir mit  
dem Datenschutz von heute die Zukunft verspielen

46 Dr. Alexander Duisberg | Machine Learning – Rahmenbedin-  
gungen und wo muss das Recht helfen?

48 Thorsten Kühlmeyer | KI hält Einzug in den Unterneh-  
mensalltag

49 Dr. Gemma Garriga | Machine Learning und die Versiche-  
rung der Zukunft

51 Markus Gallenberger | Mit Künstlicher Intelligenz zum kunden-  
zentrierten Unternehmen – Warum KI und ML eine  
hohe Datenqualität benötigen

53 Rafael Zubairov | Maschinelles Lernen für Normalsterbliche

54 Prof. Dr. Johann Füller | Autonomous Innovation. Zukunfts-  
musik oder bereits vernehmbare Sinfonie?

55 Ralf Reich | 5 Beispiele, wie der Einzelhandel von Künstli-  
cher Intelligenz profitiert



14 HINTER DEN KULISSEN  
ProSiebenSat.1: Entertainment  
am Puls der Zeit



86 SZENE  
München und  
Düsseldorf

- 56 **Ivan Gowan** | Trading mit Künstlicher Intelligenz
- 57 **Dr. Amir Alsbih** | Sicherheit nicht in die Hand von Automaten legen
- 59 **Damir Shakirov** | Traditionelle Fertigung und Maschinelles Lernen wachsen bei Bosch zusammen
- 61 **Hon.-Prof. Dr. Dipl.-Inf. Karlheinz Blank** | Mit Maschinellern Lernen zur Fabrik der Zukunft
- 63 **Pascal Reddig** | So wird Machine Learning in Unternehmen eingesetzt
- 66 **WISSEN – Quantum Computing**
- 67 **Dr. Sebastian Feld, Thomas Gabor** | Become Quantum Ready!
- 71 **Thomas Strohm, Dr. Robert Rölver** | Quantencomputing und andere Quantentechnologien
- 77 **Dr. Thomas Ayrat** | Quantum Computing – ein Blick unter die Haube
- ALLGEMEIN
- 80 **Jana Eschweiler** | The Next Big Thing: der Quantencomputer
- 81 **Alexander Eser** | Quantum Computing & Industrielle Optimierungsprobleme: Quantum Computing – Ein Segen für die Industrie?

- VISION
- 83 **Dr. Imre Koncsik** | Reverse Feedback Technologie des Lebendigen?
- ANWENDUNG
- 84 **Alexander Eser** | Cloud Computing – Computation as a Service
- SZENE
- 86 **München** | Digitale Stadt München e. V.
- 87 **Düsseldorf** | Digitale Stadt Düsseldorf e. V.
- KOLUMNEN
- 13 **Petra Bernatzeder** | In stürmischen Gewässern das Steuer behalten
- 65 **Marcus Raitner** | Die agile Transformation in der Sackgasse
- 88 **Uwe Walter** | Das Seerosengleichnis
- IMMER DABEI
- 7 **Editorial** | Dr. Heiko Udluft
- 89 **Fachbeirat**
- 89 **Impressum**
- 90 **Call for Contribution**

Die nächste DIGITALE WELT erscheint am 05.12.2018

Titel: iStock.com/MF3d, ProSiebenSat1MediaAG Fotos: iStock.com/MF3d, Privat, ProSiebenSat1MediaAG, Digitale Stadt München e.V.



ProSiebenSat.1  
Media SE



CONNECT.  
CODE.  
CREATE.

Are you interested in working with us?  
We are Hiring!

Discover more at [tech.prosiebensat1.com](http://tech.prosiebensat1.com) and explore our way of working and the fascinating people behind the scenes.

# CALL FOR CONTRIBUTION

für den  
**DIGITALE WELT Blog**

Platzieren Sie Ihre Digitalthemen von morgen auf der Plattform von heute mit bislang über 225.900\* Beitragsaufrufen:  
[digitaleweltmagazin.de/blog](http://digitaleweltmagazin.de/blog)

## Werden Sie Autor!

Ihre Vorteile im Überblick:

- ✓ Teilen Ihres Fachwissens mit einer breiten digitalen Leserschaft
- ✓ Potentielle Veröffentlichung im **DIGITALE WELT** Printmagazin
- ✓ Bekanntheitssteigerung Ihres Unternehmens  
Mediale Positionierung von gezielten, für Sie relevanten Digitalthemen
- ✓ Aktive Beteiligung am aktuellen Dialog zur Digitalisierung
- ✓ Multiplier Effekt durch die Verbreitung über Social Media
- ✓ Profilschärfung und Positionierung gezielter Unternehmensvertreter

## Aktuelle Blog-Rubriken:

Quantum Computing, Blockchain, Machine Learning, Affective Computing, Internet of Things, Cyber Security u.v.a.m.



**INTERESSE GEWECKT?**  
Melden Sie sich bei der **DIGITALE WELT** Redaktion via E-Mail unter [blog@digitaleweltmagazin.de](mailto:blog@digitaleweltmagazin.de) oder telefonisch +49 89 2180 9171



## DR. HEIKO UDLUFT

Dr. Heiko Udluft forschte an Dezentralisierung im Bereich Luftverkehrsmanagement an der Delft University of Technology. In seiner Promotion wendete er Methoden der Künstlichen Intelligenz, insbesondere agentbasierter Systeme an, um Flughafenprozesse zu automatisieren und zu optimieren. Zuvor forschte und arbeitete er am Massachusetts Institute of Technology im Bereich Lufttransportsysteme mit einem Fokus auf System-Kapazität und Effizienz.

Seit 2017 arbeitet er als Data Scientist und Tech-Team Lead bei der Airbus Defence and Space GmbH im Business Incubator „Future Applications“. Hier entwickelt er als Teil eines Teams digitale Produkte auf Basis von Big-Data und Machine-Learning.

## Schach, Suchmaschine, Sprachassistent – unser Verhältnis zur Künstlichen Intelligenz

*Die Künstliche Intelligenz hält mehr und mehr Einzug in unser Berufs- und Privatleben. Chat-Bots, Sprachassistenten und autonome Fahrzeuge werden immer präsenter, und täglich gibt es neue Anwendungen. Es liegt an uns zu entscheiden, wofür wir die Künstliche Intelligenz einsetzen wollen. Jetzt ist die Zeit, sich über Grenzen und Möglichkeiten der Technologie bewusst zu werden.*

Turm schlägt Bauer auf H7: Schachmatt. Es ist der 10. Februar 1996 in Philadelphia. Im ersten von 6 Spielen schlägt IBMs Deep Blue Garry Kasparov. Zum ersten Mal gewinnt ein Computer ein Spiel gegen den amtierenden Schach-Weltmeister. Dieses Schlüsselereignis ist nicht nur ein technologischer Durchbruch, sondern auch ein klares Zeichen dafür, dass Computer und Künstliche Intelligenz menschliche Intelligenz übertreffen können - zumindest im Schach. Damals konnte Kasparov den Gesamtsieg noch für sich entscheiden, doch nur ein Jahr später gewann eine überarbeitete Version von Deep Blue den Wettkampf dreieinhalb zu zweieinhalb Spiele. Heute, mehr als 20 Jahre später, halten Geräte und Services auf Basis künstlicher Intelligenz stetig Einzug in das Berufs- und Privatleben. Zielgenaue Internetsuchen, personalisierte Shoppingvorschläge, autonome Fahrzeuge, robuste Sicherheitstechnik, effiziente Verkehrsleitsysteme, wertvolle Business-Intelligence - Künstliche Intelligenz scheint ein Allheilmittel mit nahezu unbegrenzten Anwendungsmöglichkeiten zu sein.

Doch was steckt eigentlich hinter dem Begriff Künstliche Intelligenz? Diese Frage ist nicht leicht zu beantworten. Künstliche Intelligenz ist ein Teilgebiet der Informatik - doch was sind die Grenzen dieser Technologie? Ist ein Taschenrechner eine Künstliche Intelligenz? Ein Schach-Computer? Ein autonomes Fahrzeug? Ein Chat-Bot? Der Sprach-Assistent auf dem Handy?

So wirklich neu ist die Idee der künstlichen Intelligenz nicht. Die mathematischen Grundlagen, Konzepte und Methoden, welche die heutigen „cutting-edge“ Algorithmen befeuern, stammen von Mathematikern wie Thomas Bayes, der um 1700 lebte. Der Hype um den Begriff Künstliche Intelligenz startete bereits in den 1950er-Jahren. Grade im Bereich der Linguistik träumte man davon, dass Maschinen mensch-ähnliche Konversationen und Simultanübersetzungen vornehmen können. Der berühmte Turing-Test, benannt nach Alan Turing, spricht einer Maschine intelligentes Verhalten zu, wenn ein Mensch nicht mehr entscheiden kann, ob er mit einer Maschine interagiert oder mit einem anderen Menschen. Eine Definition könnte daher lauten, dass Künstliche Intelligenz versucht, menschliches Verhalten und Entscheiden nachzuempfinden.

Diese Definition ignoriert jedoch Technologien außerhalb der menschlichen Fähigkeiten. Gerade im boomenden Bereich der automatisierten Datenverarbeitung schaffen handelsübliche Computer Aufgaben, die



ein Mensch nicht bewältigen kann - alles basierend auf Methoden der Künstlichen Intelligenz. Hier wird im Zehntelsekundentakt auf Basis von Petabytes an Daten entschieden, ob dem Benutzer beim Online-Lesen seiner Tageszeitung im Werbefeld rechts oben besser eine Strickjacke oder ein Rennwagen angepriesen wird. Diese Entscheidungen treffen Künstliche Intelligenzen, indem sie Daten von Milliarden Buchseiten, Fotos, Videos und Nutzereingaben durchforsten und daraus beispielsweise Entscheidungsmuster ableiten - ohne dass ein Mensch die genauen Regeln definiert oder nachvollziehen könnte.

Eine wichtige Eigenschaft Künstlicher Intelligenz ist die Fähigkeit zu lernen. Dies ist schon lange keine Science-Fiction mehr und es gibt ein breites Angebot von gut dokumentierten Methoden und (frei) verfügbaren Softwarepaketen, um dieses sogenannte machine-learning zu implementieren. Mit dem richtigen Methodenwissen können diese zu hochpotenten Anwendungen kombiniert werden. Die Künstliche Intelligenz von Deep Mind hat 2017 das Laufen gelernt. Das Ergebnis sind zahlreiche Videos, in denen schlaksige Strichmännchen mit exzentrisch-ungelenk wirkenden Bewegungen durch einen Hindernisparcours stolpern - mit Erfolg! Leicht lässt sich sagen „so läuft doch keiner“. Bedenkt man jedoch, dass die Künstliche Intelligenz unabhängig von einem Lehrer oder Vorbild, also ohne zu sehen, was „Laufen“ ist, selbstständig gelernt hat, den Parcours zu passieren, ist die Leistung beeindruckend. In naher Zukunft könnten so menschenähnliche Roboter in Katastrophenfällen eingesetzt werden oder völlig neue und überlegene Prothesen entwickelt werden. Alles auf Basis von machine-learning Methoden künstlicher Intelligenz.

Jetzt ist die Zeit zu entscheiden, sich diese neue Technologie zu eigen zu machen. Es gilt sicherzustellen, dass Künstliche Intelligenz einen nachhaltig positiven Einfluss auf die Gesellschaft hat.

Die Künstliche Intelligenz beeinflusst heute schon unser Arbeits- und Privatleben. Unternehmen nutzen diese Technologie, um interne Prozesse besser zu verstehen und Optimierungspotenziale aufzudecken. In der Konstruktion werden Teile nach Mitarbeitervorgaben teilautomatisiert entworfen, um beispielsweise Gewicht und Kosten zu sparen. Chat-Bots erlauben es, im Kundenservice sich wiederholende Aufgaben und Fragen automatisch abzuwickeln, was den Mitarbeitern mehr Zeit für kompliziertere Fälle lässt und so die Service-Qualität verbessert. Zu Hause hilft die Online-Suche dabei, aus dem Wust verfügbarer Informationen den besten Staubsaugroboter zu finden, der Onlineshop schlägt vor, auch gleich einen Ersatz-Akku mitzubestellen, und wenn er dann geliefert ist, lässt der Sprachassistent auf dem Handy den Roboter selbstständig die Wohnung erkunden. Künstliche Intelligenz macht immer neue Services und Komfortgewinne für jedermann zugänglich.

Viele Dinge, die für den Menschen leicht sind, sind jedoch große Herausforderungen für die Künstliche Intelligenz - und umgekehrt. Gegenstände, Gesichter und Menschen erkennen können schon Neugeborene. Laufen lernt man als Kleinstkind. Erste Kunstprojekte starten im Vorschulalter. „Sehen“ und „die Umgebung wahrnehmen“ ist rein technisch betrachtet selbst für modernste Computersysteme noch schwierig und stellt Entwickler autonomer Systeme vor eine große Aufgabe. Andererseits kann ein Computer aus Millionen irrelevanter Zeilen Text die eine wichtige Stelle herausuchen - mit Leichtigkeit.

Einfache Aufgaben, die heute manuell erledigt werden, können automatisiert werden, was mehr Zeit für Anderes gibt. Das Haus überwachen, Formulare ausfüllen, Termine koordinieren, Sammlungen verwalten, Reisen planen und vieles mehr sind Dinge, die viele Nutzer heute schon lieber den Computer machen lassen. Künstliche Intelligenz erlaubt auch komplexe Aufgaben automatisiert zu erledigen, was dem Kunden und Nutzer Zeit spart. Damit bleibt mehr Zeit, Dinge zu erledigen, die man lieber selber machen möchte. Im Berufsalltag heißt das, dass viele der täglichen Aufgaben ohne menschliche Interaktion erledigt werden könnten, was Zeit für Wesentlicheres gibt.

Die Fähigkeiten der Künstlichen Intelligenz werden von Menschen weiterentwickelt. Programmierer und Entwickler legen fest, welcher Spielraum und welches Wissen der Künstlichen Intelligenz zur Verfügung stehen. Es ist eine bewusste Entscheidung, was der Computer darf und was nicht. Jedes neue Feature ist das Ergebnis eines langen und intensiven Entwicklungsprozesses. Ebenso liegt es am Nutzer zu entscheiden, für welche Aufgaben die Künstliche Intelligenz verwendet wird.

Ja, Künstliche Intelligenz kann irgendwann der bessere Segler sein, aber wozu? Die Vorstellung, günstig, sicher und zuverlässig Güter und Personen zu transportieren, ist verlockend und erzielbar. Ob man dies auch in der Freizeit nutzen will, ist hingegen fraglich. Ja, als Gimmick ist es sicherlich unterhaltsam, aber reduziert die Technologie dann nicht irgendwann den Freizeitwert? Es scheint also eine Grenze zu geben, ab welcher die Künstliche Intelligenz aus verschiedensten Gründen keinen Mehrnutzen bringt. Diese gilt es zu erkunden!

Die Technologie ist da und wird sich weiter verbreiten. Jahrzehnte der Entwicklung haben Künstliche Intelligenz für Entwickler, Firmen und Endkunden zugänglich gemacht. Firmen können bestehende Produkte verbessern und neue Geschäftsfelder entwickeln - das Potenzial für Optimierungen ist groß! Die Technologie erlaubt es, immer neue revolutionäre Produkte zu entwickeln, die das tägliche Leben beeinflussen können.

Es ist wichtig, eine Balance zu finden, welche Aufgaben die Künstliche Intelligenz übernehmen soll. Jetzt ist ein guter Zeitpunkt, sich mit dieser neuen Technologie auseinanderzusetzen und aktiv mitzuentcheiden, in welchen Bereichen und in welchem Maß die Künstliche Intelligenz zum Einsatz kommt. Und vielleicht verliert Kasparov dann lieber auch mal wieder gegen einen Menschen.

Foto: Philipp Baer

# DIGITALISIERUNG

## in Zahlen

**13 Mio. Euro**

*muss Apple an Steuern der EU nachzahlen.*



*Die Bundesnetzagentur erfasste im letzten Kalenderjahr*

**12,75 Millionen**

*Ersuche beim automatisierten Auskunftverfahren. Eine deutliche Steigerung.*



*Laut einer Studie der Boston Consulting Group droht*  
**1/4 der Unternehmen**  
*bei der Digitalisierung den Anschluss zu verlieren.*



*Durch ein Datenleck bei einer Ahnenforschungswebseite gelangte ein Hacker an*

**92 Mio. Nutzerdaten.**

**73%** der Verbraucher nutzen Künstliche Intelligenz im Service-Bereich



**63%** der deutschen Arbeitnehmer gehen davon aus, dass Künstliche Intelligenz in den kommenden drei bis fünf Jahren hohe Auswirkungen für Betriebe und Arbeitnehmer haben wird



*Ab 2019 sollen erste autonome Elektro-Busse Passagiere durch die Hamburger Hafen-City fahren.*



*Nach der Bundestags-Sommerpause 2020 soll die Enquete-Kommission „Künstliche Intelligenz“ Handlungsvorschläge vorlegen, wie die Potenziale Künstlicher Intelligenz genutzt werden können.*



**Ende April 2018**  
*fehlen in Deutschland fast*  
**315.000 MINT-Arbeitskräfte**



*Der digitale Gesundheitsmarkt wird sich bis 2020 auf rund*

**170 Milliarden Euro verdoppeln**

Foto: I23RF

To get the new systems on the streets, it's crucial to prove to the authorities that autonomous driving is safer than human driving.



## Very digital Person: ALEXANDRE HAAG

Prof. Dr. Hans-Peter Kriegel sat down for an interview with Alexandre Haag, who explained his vision of future mobility – especially in European cities. Furthermore Mr. Haag depicted AID's strategy to achieve these future goals, emphasizing that Machine Learning will play a vital part in it.

**Alexandre Haag, you moved from Silicon Valley to Isar Valley, the high-tech region around Munich. You moved from Tesla to AID (Autonomous Intelligent Driving GmbH). How do you like your new location and how do you like the work-life balance here?**

I like it a lot. I grew up in France, near Strasbourg. So not far from here. I'm definitely a European at heart and I am very happy to be back in Europe. I think the work-life balance is a bit better here. There are also very good things in the US, especially in California.

But it's true, the attention to life outside of work is better in Europe.

But this is just part of the motivation for coming to Munich, the other part is the job itself. Which was a great opportunity. The topic of building self-driving cars is very interesting, and I feel very passionate about it. Especially if you think of the impact it can have not just on society but also on the environment. This is very motivating. The set-up is pretty unique: Being a startup within a big group combines the best of both worlds: We have the agility and the freedom of a startup and the opportunity to

create everything from scratch, but also the stability, credibility and the resources of a big group.

**How important is machine learning for your work? And which areas of machine learning do you use for autonomous driving?**

That is an important question in the industry. The short answer is: We use machine learning (ML) wherever it makes sense. The big question thereby remains: How can you use machine learning for safety critical systems? This hasn't been done so far, so there are still questions like: Is ML necessary? Or can we do without ML?

There is some debate around this and some people are proposing, that machine learning is just for the comfort part of driving, but the safety critical part is done with more traditional methods. However, I have real doubt that this is possible, because driving is inherently a complex system, and so pretending that you can solve it with a simple solution is really just avoiding the core of the problem. So my vision here is that we will use machine learning and we will need to prove that it is safe enough for the safety critical systems. This is being discussed in the industry and with the legal authorities.

The second part of the question is: Where are we using it? The obvious part is perception. We have seen a lot of progress on computer vision in recent years. Now it became clear, that all machine learning approaches are surpassing more traditional computer vision approaches. They are already better and therefore safer than humans for many tasks. So this is what we are doing. Our computer vision is deep-learning-based.

The other part, where machine learning is going to be important is prediction. Like predicting what pedestrians, cyclists or other vehicles are going to do. Typically, you have a pedestrian standing on the side of the road and the question is: Is he or she going to cross?

This is very important because, when you're driving in an urban environment, you often drive at around 50 kilometers per hour potentially less than a meter away from a pedestrian. So when he starts moving, it's already too late: you need to detect the intention of moving before the pedestrian is actually moving. This

is based on many little clues like the direction in which the pedestrian is looking: Is he looking at his phone, at me, at my vehicle or at something else? It's also important to notice what other people are doing around you or if there is a zebra crossing or not or if there is a red light or a green light or if there is some occlusion. So you have to consider so many things, that it is almost impossible to solve this with a rule-based or more classical programming approach, in my opinion. It's also important to mention that we don't believe in the full end-to-end machine learning.

Because we need to have some visibility on what is going on, so we need the intermediate steps within the process. For example, the trajectory planning: There we still use more traditional approaches. However, we may use machine learning off-line to optimize the parameters of the planner.

**What kind of parameters?**

It's about a giant "cost-function". For example, what's the "cost" of being close to an obstacle? What's the "cost" of getting out

of your lane or the center of your lane? What's the "cost" of having a high jerk or a high acceleration? Then you end up with dozens of parameters. And how do you optimize hundreds of them? This is where we use machine learning. But the machine learning would run at development time and the cost would be fixed. At run time there wouldn't be any machine learning anymore, so it would only be used for the development.

**For a good team spirit: Which qualifications do you expect from your team members?**

Obviously the team is the key element for solving this problem. Before technology, people come first. We have a very thought-through hiring process. There are two things we are looking for in people: Passion comes first! That is the most important aspect: We want people who want to make an impact, who are passionate about the end goal. Of course technical competence is also very important. Not just in one domain. So usually we are looking for, what we call, T-shaped people: These are employees who

have one area, where they try to be the best in the world – so that is the vertical bar of the T. However, they are not just restricted to this domain, but also have breadth of knowledge of other domains. So that is the horizontal bar of the T.

We don't have a particular research group that is developing algorithms and a software group that is implementing them. We want the same people to bring the idea all the way to production. So the algorithm-people need to have a minimum level in C++ and software development as well. Of course they don't need to be gurus in it, but they need to be able to write good C++ code. So this is also part of our interview process, to test different qualities and competences.

If your readers feel like this is a place where they would like to work, I encourage them to apply on our website ([aid-driving.eu/jobs/](http://aid-driving.eu/jobs/))!

**What balance in soft skills and hard skills do you find beneficial? For example, in terms of someone, who has perfect hard skills, yet cannot communicate it to the rest of the team?**

Of course people need to have a minimum communication level and they absolutely need to be able to work in a team. This is why we test the technical skills before we invite the people to the interview. All applicants need to pass a programming test and then they need to answer all sorts of technical questions. When the person passes those technical examinations, we talk to them and ask ourselves if this is someone we can work with.

**So it would be helpful if students would practice team-work during their studies?**

Yes, absolutely. There are more and more projects like this. For example, the Formula Student: This is a project where student teams get together and build a racing car. Now they have an autonomous version of it too. We really like hiring people who participated in this.

**Are Europeans as excited about autonomous driving as Americans are? I'm thinking of slogans like "sheer driving pleasure".**

The fact is that I don't think that many people enjoy driving in an A9-traffic jam – even if you are in a nice Porsche. I think most people find that boring and would prefer to use their time otherwise. So from that point of view it's very similar on both sides of the ocean. Once you get out of the traffic jam and you can drive at two hundred kilometers per hour, it is a bit more exciting.

The other side of the idea is the robotaxi approach: I think European cities are a better setup to value this because of the higher density. Having a car in a European city is actually not that convenient. Parking is very expensive, otherwise you have to find parking, which is often difficult. The streets are small... It is just not the right way to move around in city centers. Robotaxis will help a lot in that sense and many people will be able to give up their car; or at least their second car and have only one car. Much more than in the US. Because in the US you only have a couple of cities like that, for instance, New York or San Francisco. However most of the cities are more like Los Angeles, where the density is lower and the robotaxi would make less sense and individual cars are still a good way to move around.

**That brings us from self-driving cars to the second branch within your company: Autonomous intelligent driving and transportation. What are your goals in this branch?**

If we look at the different approaches in the industry to autonomous driving, I think there are two major categories: There is the incremental approach which focuses mostly on highways because it's an easier part to automate – at least from a machine learning and algorithm perception. The safety case is of course more difficult because of the higher speed. The other approach are robotaxis; this is what AID is focused on. This is a completely revolutionary product. Essentially you would just have taxis around, but without drivers. This would lower the costs significantly and hence would open a much bigger market. It could work in concert with public transportation, by solving the problem of going to less dense parts of the city. We call it intelligent because it reassures people, but also because it will go into an overall network that will have its own intelligence.

**Which are your milestones for AID for the next three years?**

Maybe I'll start with the milestone in three years: Our goal is to have a level four product on the street moving real costumers. The exact definition of this is still a little bit open, especially in terms of ODD – Operational Design Domain. The three main key factors are streets, speed, and weather. That means that in 2021 we may not drive at the speed limit, but below it which makes a big difference in terms of braking distance and safety. We may also not go to the very narrow streets, but we would focus on the bigger streets of the city.

In between there is a phase where we focus on feature development: making the car run, being able to detect traffic lights, being able to handle pedestrians and intersections, being able to do a lane change and so forth.

Then there is a phase of finding all the corner cases: proving the robustness, the accuracy, and the performance of the system.

Then at the end there is a final validation phase where we minimize the changes. This is about mileage-accumulation, where we have to demonstrate that our system is safe – all of this with a safety-driver of course. In this phase we will also accumulate statistics that show that our system is now way better than a human. This is our proposal to the authorities on how to get approval and hence get on the streets – with a real product and without a safety driver.

**Which distance to the car in front does an autonomous car keep? Because in Germany there is the rule, that you have to keep half the distance in meters which the speedometer is showing.**

In theory this is great. In other places of the world, like California, you should leave a three seconds time gap. Because when something happens to the car in front of you, you still have time to react, in order not to crash into it. The problem hereby is twofold: The first problem is that the autonomous system reacts differently. That means that the reaction time of an autonomous car is significantly faster than the human's. So I think this should become only a mathematical issue: The reaction time should determine the distance the car keeps to the vehicle in front of it.

The other thing is that data shows that the accident rate was higher at the recommended distance, than at the lower distance.

If people drive with the recommended distance, then they actually have more accidents than if they keep less distance. Because if you leave a bigger distance, then more people will be cutting in and that's actually a dangerous maneuver. So the recommendation is actually not the safest way and now we have data to back it up. These data will also help the authorities to readjust the laws where it makes sense. We already started the dialog with the authorities to help to define what is a safe systems and which

rules maybe have to get adjusted in which way for automated systems. Therefore we can't answer these questions on the spot, but we will need an agreement with the legal part of the country – and society in the end.

**What do you consider to be the greatest challenge for the next three to five years for autonomous driving?**

The biggest one is to agree on what's good enough. Let me explain that: We have with automated systems a technology, which can save lives in daily traffic situations. These systems are not getting tired or are distracted. That will reduce the number of accidents on the streets. So, for that reason, the authorities and also the society would have an interest to release this technology as soon as possible.

On the other hand, there are so far no experiences with this innovative technology and no standards how we can prove the safety of this technology. Usually in these unsecure situations we tend to be overcritical and too restrictive with releasing new technologies.

This is the balancing act I am talking about: making sure, that we are getting this technology as early as possible on the streets, but still being on the safe side.

**Thank you very much for the interview.**

**“The other side of the idea is the robotaxi approach: I think European cities are a better setup to value this because of the higher density.”**

Interview/Text: Hans-Peter Kriegel/Florentina Hofbauer

Foto: Privat



# IN STÜRMISCHEN GEWÄSSERN DAS STEUER BEHALTEN

Jahrzehntlang haben wir unsere Mitarbeiter darauf eingeschoren, sich strikt an Prozesse und Strukturen zu halten. Wir haben keine Antworten auf Sinnfragen gegeben, Entscheidungsspielräume immer weiter eingeschränkt und Erfolge nicht gewürdigt. Und jetzt erwarten wir, dass sie fröhlich und gelassen mit disruptiven Veränderungen umgehen? Oder sich begeistert auf neue agile Methoden stürzen?“, seufzte kürzlich der Manager eines DAX-Konzerns. „Unser größtes Problem sind die aktuellen Ängste und Unsicherheiten der Menschen im Konzern. Die kosten Zeit, Energie und Geld.“

**Wie lässt sich das verändern?**

Zum besseren Verständnis möglicher Ansatzpunkte dienen vier Grundbedürfnisse, die die psychische Gesundheit und Leistungsfähigkeit von Menschen maßgeblich beeinflussen.



**Zugehörigkeit: Gemeinsam stärker**

Dieses Bedürfnis zeigt sich mit elementarer Kraft. Mit positivem sozialen Kontakt wird das Hormon Oxytocin im Gehirn ausgeschüttet, das angstlösend und stresshemmend wirkt. Glaubwürdige Wertschätzung und kritische Auseinandersetzung im Team mit Ideen oder Arbeitsleistung Einzelner hat positive Effekte auf die soziale Gesundheit. Und spätestens mit den Geschichten aus dem „kleinen gallischen Dorf“ ist klar, dass damit die Leistung beflügelt wird. Und wenn es besonders stürmisch wird, stabilisiert das Team.

**Gestaltbarkeit: Ergebnisse wahrnehmen**

Das Grundbedürfnis nach Entscheidungs- und Handlungsspielraum gibt die Entfaltungskraft, die wir brauchen, um unser Leben selbstbestimmt zu steuern. Dies fördert die wahrgenommene Selbstwirksamkeit, stärkt damit Selbstvertrauen und Problemlösekompetenz.

Das passende Maß an Gestaltungsspielraum wirkt als Belohnungsreaktion auf den Stoffwechsel. Wenn die Anforderungen der Tätigkeit sehr komplex sind und der entsprechende Handlungsspielraum nicht gegeben ist, macht diese Einschränkung auf Dauer krank. Überfordernd und demotivierend wirken Unklarheit bzw. die scheinbare Endlosigkeit von Wahlmöglichkeiten. Also, es gilt auch kleine erledigte Meilensteine wahrzunehmen.

**Verstehbarkeit: Klarheit im Ungewissen**

Dieses Grundbedürfnis gibt den Gradmesser, inwieweit Zusammenhänge im persönlichen Leben verstanden werden. Das Erkennen von Mustern schafft Vertrautheit und spart damit Ressourcen in der Verarbeitung im Gehirn. Abweichungen von Mustern werden häufig als Bedrohung erlebt.

Angesichts der vielen dramatischen Geschehnisse in der Weltgeschichte werden viele Zusammenhänge nicht verstanden. Was ist das Ergebnis? Rückzug aus diesen Themen und Sehnsucht nach einfachen Lösungen. Je unübersichtlicher die globalen Verwerfungen, desto lauter der Ruf nach klaren Aussagen. Populisten liefern das, die Zahl ihrer Anhänger wächst. Auch tiefe Veränderungen sind besser handhabbar, wenn sie in sich nachvollziehbar und stimmig kommuniziert sind.

**Sinnhaftigkeit: Wertigkeit des Tuns**

Die Passung von Anforderungen, persönlichen Zielen und Werten ist eine Triebkraft, die Menschen auch in kritischen Lebenssituationen »bei der Stange« hält. Gelebte Unternehmenswerte, die mit dem schriftlich festgehaltenen Leitbild nicht übereinstimmen, stören dieses wesentliche Grundbedürfnis. Viele Menschen suchen nach glaubwürdiger Umsetzung von Werten wie Nachhaltigkeit, Ökologie u.a. Sie haben ein feines Gespür dafür entwickelt, ob jemand »Wasser predigt und Wein trinkt«.

**Wie kann das Verständnis dieser vier Grundbedürfnisse helfen?**

Es ist ein Kreislauf: Wer Neues probiert macht „Fehler“. Auch bei Fehlern den Rückhalt der Führung und des Teams zu erhalten, fördert (Selbst-)Vertrauen. Und auch wenn die Erfolge noch so klein zu sein scheinen, sie müssen wahrgenommen werden. Damit stärkt sich das Gefühl der Selbstwirksamkeit, das wiederum Mut macht, Neues auszuprobieren. ...

Dr. Petra Bernatzeder,  
Diplom-Psychologin, Geschäftsführung upgrade human resources GmbH

Foto: Privat

# ProSiebenSat.1: Entertainment am Puls der Zeit

Content und Kunden stehen für ProSiebenSat.1 im Mittelpunkt. Zwischen linearem Fernsehen und digitalen Angeboten macht die Gruppe dabei kaum noch einen Unterschied.

Zum 1. Juli 2018 verließ Johannes Wechsler die ProSiebenSat.1 Media SE, um in der Geschäftsführung der MediaMarktSaturn IT Solutions tätig zu werden.

Die ProSiebenSat.1 Group treibt die Transformation von einem klassischen TV-Unternehmen zu einem breit aufgestellten Entertainment- und Commerce-Haus seit Jahren konsequent voran. Dazu erschließt sich die Gruppe zusätzliche Geschäftsfelder und nutzt innovative Technologien. Vor allem im Bereich E-Commerce hat ProSiebenSat.1 erfolgreiche neue Geschäftsmodelle eingeführt. Und mit der Gründung von maxdome im Jahr 2006 hat der Konzern im Bereich Video-on-Demand Pionierarbeit geleistet. Über die Entwicklung des Unternehmens in den – so erfolgreichen wie dynamischen – vergangenen zwölf Jahren sowie über seine Arbeit haben wir mit Johannes Wechsler, Chief Information Officer bei ProSiebenSat.1, gesprochen.

## Was genau sind Ihre Tätigkeitsfelder?

Ich verantworte sämtliche IT-Themen unseres Entertainment-Geschäfts. In mein Tätigkeitsfeld fallen neben der Office-IT an den verschiedenen Unternehmensstandorten

auch die Broadcast- und Produktionstechnik für die TV-Sender sowie der Betrieb zentraler digitaler Plattformen der Mediengruppe. Mein Team stellt also sicher, dass unsere Inhalte reibungslos bei unseren Zuschauern ankommen – egal auf welcher Plattform sie die Programme sehen. Außerdem ist mein Team für die Technik bei unseren selbstproduzierten Sendungen zuständig. An unserem Standort in Unterföhring produzieren wir zum Beispiel das Wissensmagazin Galileo und das Lifestyle-Magazin taff. Außerdem liegt die gesamte Technik für unsere Werbevermarktung in meiner Verantwortung. Zusammenfassend kann man sagen, dass sich mein Team und ich um die gesamte Technik im Hintergrund eines digitalen Medienhauses kümmern.

**Wie hat sich die IT bei ProSiebenSat.1 in den letzten Jahren verändert?** Natürlich hatte die Digitalisierung auch Auswirkungen auf die IT der Gruppe. Früher gab es neben der „klassischen“ Unternehmens-IT beispielsweise auch die sogenannte Broadcast-Technologie, die sich ausschließlich um unser TV-Geschäft gekümmert hat. Dieser Bereich hat noch

mit Bändern gearbeitet. Durch das Zusammenwachsen von TV- und Digitalgeschäft trennen wir diese Bereiche heute aber nicht mehr.

## Waren Sie schon im Unternehmen, als es noch Bänder gab?

Sogar heute haben wir noch ein Bandarchiv mit alten Sendungen, das wir bis 2019 Schritt für Schritt vollständig digitalisieren werden. Ab 2019 arbeiten wir dann ausschließlich mit Dateien. Damit nichts verloren geht, speichern wir alle Inhalte redundant.

## Es gibt also alles doppelt?

Ja. Denn unsere Inhalte sind der größte Wert, den wir besitzen.

## Wie war die Transformation vom TV-Broadcaster zum Omni-Channel-Entertainment-Haus?

Vor wenigen Jahren war ProSiebenSat.1 noch ein klassischer TV-Konzern, heute sind wir viel mehr als Fernsehen: Zur Gruppe gehören unser klassisches und digitales Entertainment-Geschäft mit unseren elf Free-TV- sowie vier Pay-TV-Sendern in Deutschland, Österreich und der Schweiz und dem Video-on-Demand-Portal maxdome. Hinzu

kommen unser Programmproduktions- und Vertriebsgeschäft bei Red Arrow Studios sowie das Commerce-Portfolio der NuCom Group mit Unternehmen wie Verivox und Parship. Wir haben unsere Transformation vorangetrieben, um unser Kerngeschäft werbefinanziertes Fernsehen zu stärken und gleichzeitig zusätzliche Umsätze außerhalb des TV-Werbegeäfts zu generieren. Im Bereich Entertainment ist unser Ziel, den Zuschauern unsere Inhalte über möglichst viele Plattformen zur Verfügung zu stellen – beispielsweise über unsere Sender-Webseiten oder die Channel-Apps. Wir gehen bei diesen neuen Angeboten sehr stark auf die aktuellen Bedürfnisse und Anforderungen unserer Kunden ein. Neben dem Ausbau unserer Entertainment-Angebote haben wir in den letzten Jahren zudem vermehrt im Bereich Commerce investiert und uns ein Portfolio an führenden digitalen Handelsplattformen aufgebaut. Die Unternehmen in unserem Commerce-Portfolio sind alle sehr TV-affin. Das heißt: Durch

## „Commerce und Entertainment ergänzen sich sehr gut und wir können viele Synergien innerhalb der Geschäftsbereiche heben.“

Werbung auf unseren Sendern steigen die Bekanntheit und als Konsequenz auch die Umsätze. Gleichzeitig liefern diese Unternehmen ihrerseits wertvolle Daten, auf deren Basis wir neue Werbeprodukte entwickeln. Davon profitiert wiederum das TV-Werbegeäfts. Sie sehen: Commerce und Entertainment ergänzen sich sehr gut und wir können viele Synergien innerhalb unserer Geschäftsbereiche heben.

## Wann war der Moment, in dem das Unternehmen gespürt hat, dass es jetzt Richtung Digitalisierung geht?

Der Mediensektor war als einer der ersten Branchen von den Auswirkungen der Digitalisierung betroffen. Welches Produkt beziehungsweise welche Plattform jetzt genau unser Einstieg in die digitale Welt war, lässt sich schwer sagen. Mitte der 2000er-Jahre haben wir mit maxdome jedenfalls den weltweit ersten Abo-Video-on-Demand-Service gestartet und waren damit einer der Pioniere auf diesem Gebiet. Mit über 50.000 Titeln bietet maxdome eines der

umfangreichsten Video-on-Demand-Content-Angebote im deutschen Markt. 2017 verzeichnete maxdome über eine Million Nutzer, damit sind wir in Deutschland auf Platz 3. Natürlich wollen wir die Reichweite weiter steigern. Dazu haben wir verschiedene Distributionsdeals geschlossen, beispielsweise mit der Deutschen Bahn. In den ICE-Zügen ist maxdome als einziger Video-Service seit 2017 kostenlos abrufbar. Außerdem investieren wir kontinuierlich in neue Inhalte. Mit „jerks.“ waren wir der erste Video-on-Demand-Anbieter mit einer eigenen deutschsprachigen Serie. Dieses Jahr ist schon die zweite Staffel gestartet. Die digitale Transformation des Konzerns auf der Commerce-Seite haben wir dann seit 2009 konsequent vorangetrieben. Zunächst haben wir unser Digitalportfolio insbesondere über kleinere Beteiligungen an Commerce-Unternehmen aufgebaut. Mit der Zeit haben wir auch größere Akquisitionen getätigt. So kamen zum Beispiel Verivox im Jahr 2015 und Parship im Jahr 2016 zu uns in die Gruppe. Mittlerweile bündeln wir alle unsere Commerce-Unternehmen in der NuCom Group.





Im Galileo-Studio ist es mit der virtuellen Kamera möglich, 3D-Elemente und Animationen in das reale Studio zu integrieren.



#### Dr. Johannes Wechsler Geschäftsführung der MediaMarktSaturn IT Solutions

Seit dem 1. Juli 2018 ist Dr. Johannes Wechsler in der Geschäftsführung der MediaMarktSaturn IT Solutions tätig, dem Technologie-Kompetenzzentrum der Unternehmensgruppe. Von Mai 2015 bis Juni 2018 war Dr. Johannes Wechsler Chief Information Officer bei der ProSiebenSat.1 Media SE. In dieser Funktion verantwortete er übergreifend sämtliche IT-Themen der Gruppe.

Bevor Dr. Johannes Wechsler zur ProSiebenSat.1 Media SE kam, lernte er das Unternehmen bereits als Berater kennen. Als Mitarbeiter von McKinsey & Company war er von 2005 bis 2015 in Deutschland und Kanada tätig.

Dr. Johannes Wechsler studierte Wirtschaftsinformatik an der Universität Mannheim und promovierte im Jahr 2009 an der Technischen Universität München.

#### Werden Sie in Zukunft noch stärker auf dieses Geschäftssegment setzen?

Der E-Commerce-Bereich ist in den letzten Jahren einer unserer stärksten Wachstumstreiber gewesen. Daher werden wir auch in Zukunft in Commerce-Unternehmen investieren und unser Portfolio ausbauen. Gerade ist der Wachstumsinvestor General Atlantic mit einer Minderheit in unsere NuCom Group eingestiegen. Diese Partnerschaft wird das Wachstum dieses Geschäftssegments sicher beschleunigen.

#### Waren es immer Start-ups, die sie aufgekauft haben?

Gestartet sind wir mit unserem sogenannten Media-for-Equity- beziehungsweise Media-for-Revenue-Share-Modell. Dabei vergeben wir freie TV-Werbeplätze gegen eine Umsatz- und/oder Unternehmensbeteiligung an junge Unternehmen. Mit diesem Modell haben wir Start-ups den Weg ins reichweitenstarke Fernsehen ermöglicht, obwohl TV-Werbung für sie eigentlich nicht erschwinglich gewesen wäre. In Segmenten, in denen das sehr gut funktioniert hat, sind wir den nächsten Schritt gegangen und haben auch größere Unternehmen dazugekauft – zum Beispiel Verivox sowie Parship und Elitepartner. Die Unternehmen sind sicher keine Start-

ups – sie beschäftigen mehrere hundert Mitarbeiter und sind profitabel. Parship ist im Dating-Bereich klarer Marktführer in Deutschland und als Unternehmen sehr gut etabliert. Verivox ist das größte unabhängige Verbraucherportal für Energie in Deutschland. Die Unternehmen haben gemeinsam, dass sich ihre Geschäftsmodelle über Werbung gut vermarkten lassen. Bei Parship beziehungsweise Elitepartner als Dating-Portale liegt das auf der Hand: Sie haben bei einer Singlebörse wenig wiederkehrende Kunden. Denn die Idee ist schließlich, dass Sie als Single kommen und als Paar wieder gehen. Man verliebt sich dort ja alle elf Minuten. (lacht) Sie müssen also immer wieder neue Kunden akquirieren – und hier bietet sich TV-Werbung an.

#### „Mein Team und ich liefern die Technik im Hintergrund eines digitalen Medienhauses.“

Damit kann das Unternehmen einerseits eine große Reichweite aufbauen und die eigene Marke bekannt machen, andererseits eignet sich das Medium auch hervorragend, um Geschichten zu erzählen.

**Spüren Sie die Konkurrenz von Netflix?**  
Wenn Sie sich den Markt für Unterhaltung anschauen, dann ist TV heute immer noch das mit Abstand dominierende Medium. 189 Minuten schaut der Deutsche in der Zielgruppe der 14- bis 49-Jährigen im

vorrangend, um Geschichten zu erzählen.

Wenn Sie sich den Markt für Unterhaltung anschauen, dann ist TV heute immer noch das mit Abstand dominierende Medium. 189 Minuten schaut der Deutsche in der Zielgruppe der 14- bis 49-Jährigen im

Schnitt täglich fern. Das ist immer noch ein Vielfaches von dem, was Plattformen wie YouTube oder Netflix an Sehdauer aufweisen. TV nimmt damit nach wie vor den größten Teil des täglichen Medienkonsums in Anspruch. Was wir jedoch sehr wohl bei unseren Kunden bemerken, ist, dass sie unsere Inhalte nicht mehr nur über lineares Fernsehen, sondern auch über andere Verbreitungswege konsumieren. Auf diese Veränderungen im Sehverhalten reagieren wir, wie bereits gesagt, mit entsprechenden digitalen Angeboten.

#### Denken Sie, dass lineares Fernsehen auch in 50 Jahren noch existieren wird?

Die klare Antwort ist: Ja! Wir glauben, dass es in Zukunft zwei Arten geben wird, wie Inhalte konsumiert werden. Die eine nennen wir „lean-forward“: Der Konsument sucht hierbei selbst aktiv nach Inhalten. Dafür haben wir auch Angebote, wie zum Beispiel unsere Sender-Webseiten oder unsere Apps. Wir glauben aber auch, dass es weiter „lean-back“ geben wird. Bei dieser Nutzungsart schätzt es der Zuschauer, dass er ein kuratiertes Programm vorgeschlagen bekommt und er damit nicht selbst aktiv nach Inhalten suchen muss. Das ist im Grunde die Stärke des klassischen linearen Fernsehens. Daher glauben wir, dass lineares Fernsehen in Zukunft weiterhin eine starke Stellung haben wird – gleichberechtigt zu anderen Entertainment-Angeboten.

#### Stichpunkt Einfachheit: Denken Sie, dass dieser „lean-back-Modus“ weiterhin attraktiv sein wird, weil viele Kunden vom großen Wahlangebot schlichtweg überfordert sind?

Ich glaube nicht, dass Überforderung der Grund ist, sondern viel mehr, weil wir ein überzeugendes Programm bieten. Wir können über Fernsehen Erlebnisse schaffen, wie etwa bei großen Live-Shows oder bei Sport-Events, bei denen Familie oder Freunde zusammenkommen. Wie bereits erwähnt stehen für uns klar die Inhalte im Mittelpunkt. Das Ziel ist, unseren Content über unsere verschiedenen Plattformen zugänglich zu machen. Wir überlassen unseren Kunden dann die Wahlmöglichkeit, unsere Inhalte so zu konsumieren, wie es ihnen am liebsten ist – egal wie, wann und wo.

#### Muss man für lineares Fernsehen andere Geschichten erzählen als für digitale Plattformen?

Die sogenannten „Procedurals“ funktionieren linear immer besonders gut. Das sind



Neben neuen Akquisitionen im E-Commerce-Bereich, wie etwa Parship, ist das Kerngeschäft der ProSiebenSat.1-Gruppe noch immer Entertainment. In den Studios am Standort München werden Formate wie Galileo, taff oder red! produziert.

Fernsehserien, wie etwa „Criminal Minds“ in SAT.1, die nicht aufbauend erzählt werden. Also beispielsweise eine Krimiserie, in der am Anfang einer Folge ein Mordgeschehen und dieser bis zum Ende derselben Folge aufgeklärt wird. Man kann ohne Probleme eine Folge verpassen und dann nach zwei Wochen wieder einsteigen. Dem gegenüber stehen Serialized-Programme, die eher weniger für lineares Fernsehen geeignet sind. Sie erzählen Geschichten in komplexen Handlungssträngen und wenn man hiervon einmal eine Folge verpasst, ist es schwer, wieder einzusteigen. Allgemein lässt sich sagen, dass die Online-Welt unendlich viele Potenziale birgt, Geschichten auf die unterschiedlichsten Arten zu erzählen und so das lineare Programm zu ergänzen. Wir können beispielsweise Stories aus unseren TV-Formaten aufgreifen, weiterspinnen oder aus einem anderen Blickwinkel zeigen. Bei vielen Formaten bieten wir auch Online-Only-Content, zum Beispiel webexklusive Clips, in denen wir auf eine sehr authentische Weise unseren Zuschauern und Usern die Möglichkeit bieten, einen Blick hinter die Kulissen ihrer Lieblingssendung zu werfen. Unser Erfolgsformat „Germany’s next Topmodel

– by Heidi Klum“ ist ein sehr gutes Beispiel dafür: Hier schöpfen wir die genannten Möglichkeiten der digitalen Welt voll aus, indem wir GNTM auf allen Kanälen inklusive Social Media spielen – beispielsweise mit Kurzinterviews der Kandidatinnen, Backstage-Clips und Stories, die im TV nicht gezeigt wurden.

#### Werden mobile Inhalte eher über den Computer oder eher über das Handy konsumiert?

Die aktuelle Messtechnik für Quoten kann mobile Nutzung noch nicht abbilden. Generell wissen wir aber natürlich, dass mobile Nutzung des Programms, beispielsweise über Smartphones, immer populärer wird. Für uns ist es aber ohnehin nicht relevant, auf welchen Geräten unsere Programme konsumiert werden – denn fester Bestandteil unserer Strategie ist es, unsere TV-Inhalte überall, jederzeit und auf allen Devices anbieten zu können.

#### Sie selbst haben Wirtschaftsinformatik studiert. Wo sehen Sie ein Manko an Fachkräften?

ProSiebenSat.1 gehört zu den beliebtesten Arbeitgebern in Deutschland, vor allem für die Medien-affinen und kreativen Berufe. Bei Arbeitgeberankurungen liegen wir regel-



Die Basis des Erfolgs von ProSiebenSat.1 sind weiterhin die Fernsehsender, die Millionen-Reichweite erzielen. Die große Popularität der unterschiedlichen TV-Sender erlaubt es, neue digitale Geschäftsfelder zu erschließen und das Unternehmen konsequent zu diversifizieren.

mäßig auf den vorderen Plätzen. Im Zuge der Digitalisierung haben wir natürlich gemerkt, dass wir vermehrt Mitarbeiter mit digitalen Qualifikationen brauchen: also etwa Software-Entwickler, die digitale Produkte bauen oder Investment-Manager für unsere Commerce-Beteiligungen. Insgesamt sind etwa ein Drittel unserer offenen Stellen aus dem Bereich IT und Daten. Einen großen Bedarf haben wir bei neugeschaffenen Rollen wie etwa bei Data-Engineers – also Berufsprofile, zu denen es an Hochschulen noch wenige Ausbildungen gibt. Die wenigsten Absolventen besitzen diese Fähigkeiten, wenn sie die Uni verlassen. Deshalb gehen wir wieder verstärkt in die Richtung, selbst Mitarbeiter auszubilden, beispielsweise mit Azubi- oder Trainee-Programmen. Um Talente aus dem Digital- und IT-Bereich anzusprechen, betreiben wir zudem gezieltes Employer-Branding. Als Ergänzung zu unserem Employer-Branding-Konzept „Fascinating People“ haben wir beispielsweise 2017 die neuen Kampagnen „Claim new Grounds“ sowie „Connect. Code. Create.“ gestartet, mit denen wir Talente aus dem Digital- und IT-Bereich auf uns aufmerksam machen wollen. Hier legen wir besonderen Wert auf Authentizität und die richtige Zielgruppenansprache. In unserem Tech-Blog schreiben Kollegen regelmäßig über spannende Projekte und zeigen einen Blick hinter die Kulissen.

**Wieso ist Ihre Recruiting-Seite auf Englisch? Wollen Sie speziell für Bewerber aus dem Ausland attraktiv sein?**

Einerseits wollen wir internationalen Bewerbern zeigen, dass sie hier absolut

willkommen sind. Andererseits ist unsere Unternehmenssprache teils Englisch, teils Deutsch. Welche Sprache wir sprechen, hängt sehr stark vom einzelnen Unternehmensbereich ab. Wir sind auf jeden Fall offen für internationale Kollegen und haben mittlerweile auch schon einige an Bord.

**Wie wichtig sind Daten für Ihr Unternehmen?**

Sehr wichtig. Auf Basis der Daten aus der TV-Nutzung und unseren Commerce-Plattformen können wir neue Werbeprodukte entwickeln. So erreichen unsere Werbekunden ihre Konsumenten noch zielgerichteter und Werbung wird für Zuschauer noch relevanter. In diesem Umfeld testen wir beispielsweise auch das sogenannte Video-Mining.

**Was genau verstehen Sie unter Video-Mining?**

Mit Video-Mining wollen wir unsere Bewegtbild-Inhalte durchsuchbar machen. Wir „verschlagworten“ sozusagen unsere Inhalte. Wir nutzen dabei verschiedene Techniken, wie zum Beispiel Objekt- oder Gesichtserkennung, um etwa Schauspieler identifizieren zu können. Dies wenden wir auf unsere Inhalte an. Die daraus generierten Daten können wir nutzen, um zum

Beispiel Empfehlungen zu verbessern. Unser Recommendation-Engine kann Ihnen dann Filme mit Ihrem Lieblingsdarsteller vorschlagen. Und unseren Werbekunden können wir Szenen vorschlagen, welche passend wären, um ein spezifisches Produkt einzublenden.

**„Mit Video-Mining wollen wir unsere Bewegtbild-Inhalte durchsuchbar machen.“**

**Wieso braucht man Gesichtserkennung, um Schauspieler zu erkennen?**

Sie können diese Daten natürlich auch manuell erfassen, aber das wäre sehr arbeitsaufwendig. Durch Video-Mining schaut sich sozusagen die Maschine den Film an und erkennt eben, welcher Schauspieler darin mitgespielt hat, um welches Genre es sich handelt oder welche Stimmung dieser Film vermittelt.

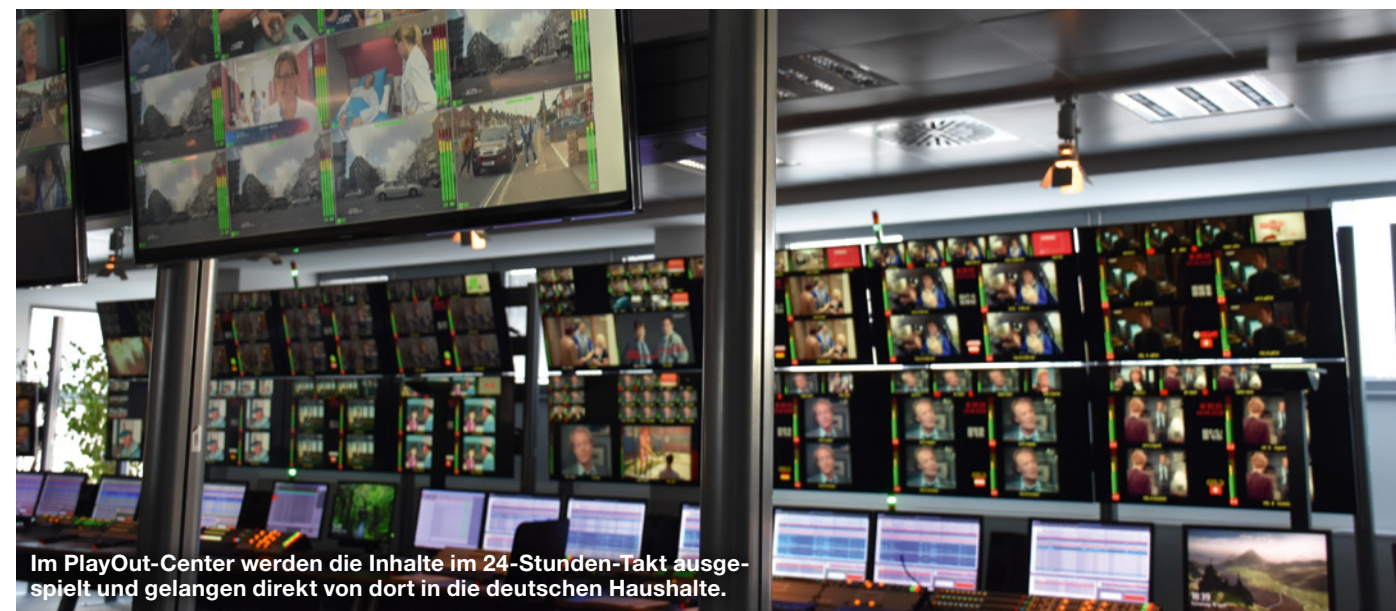
**Kann man sich dieses System wie eine Künstliche Intelligenz vorstellen?**

Ja. Die Entwicklung des eben genannten Systems ist ein Kooperationsprojekt mit der TU München, das durch den Freistaat Bayern gefördert wird. Wir verwenden hierbei ein Verfahren aus dem Bereich der Künstlichen Intelligenz. Im ersten Schritt muss man die richtigen Algorithmen auswählen und diese trainieren. Wir beschäftigen daher zurzeit eine Reihe Studenten, die genau das tun: Sie überprüfen beispielsweise, ob unser Algorithmus für Gesichtserkennung einen Schauspieler korrekt erkannt hat – und korrigieren die Zuordnung, sofern sie nicht korrekt ist. Dadurch lernt der Algorithmus. Aktuell gibt es am Markt vor allem Programme, die US-Filme auswerte. Mit unserem System schaffen wir einen Mehrwert, weil es auch Schauspieler aus deutschen Programmen erkennt. Als überwiegend deutsches Unternehmen ist es uns natürlich wichtig, deutsche Schauspieler zu erkennen und unsere deutschsprachigen Inhalte besonders gut zu erfassen. Viele Standardprogramme, die aktuell am Markt verfügbar sind, sind sehr stark auf den US-Markt zugeschnitten. Damit diese Verfahren für unser Geschäft anwendbar sind, müssen wir sie anpassen, integrieren und mit unseren Inhalten trainieren.

**Nutzen Sie auch Daten, um Ihre Programmplanung zu verbessern?**

Die Programmplanung ist auch im linearen Fernsehen datenbasiert, weil man auswertet, welche Filme in der Vergangenheit auf welchen Sendeplätzen gut funktioniert haben. Darauf achten die Programmplaner mit ihrer Erfahrung und Expertise natürlich sehr genau. Natürlich wollen wir auch hier neue

Ansätze aus dem Bereich der Künstlichen Intelligenz nutzen, um unsere Planung noch weiter zu verbessern. Also vergangenes Sehverhalten sowie Eigenschaften von Filmen noch exakter auswerten, um eben noch genauer feststellen zu können, welcher Film zu welchem Sendeplatz passt.



Im PlayOut-Center werden die Inhalte im 24-Stunden-Takt ausgespielt und gelangen direkt von dort in die deutschen Haushalte.

**Die Sender im linearen Fernsehen kämpfen um Quoten. Gibt es auch bei den diversen online Videoplattformen eine Quote?**

Momentan ist es nur möglich, die Quoten für das lineare Fernsehen zu messen sowie die Nutzung auf Computern. Es gibt aber noch keinen Marktstandard, der TV- und Digital-Reichweite addiert und auch die mobile Nutzung über Laptops beinhaltet. Die Kollegen der AGOF arbeiten unter Hochdruck daran – für uns wäre diese „Gesamt-Quote“ ein wichtiger Schritt, um wieder der Realität entsprechende Ratings zu haben. Aktuell berechnen wir das selbst für unsere Angebote und betreiben in diesem Bereich Marktforschung. Wir wissen, welche Formate online konsumiert wurden, kennen die Reichweite im TV und addieren das dann selbstständig zusammen.

**Wo sehen Sie die größten Sicherheitsrisiken für Ihr Unternehmen?**

Dadurch, dass mittlerweile alle Daten in digitaler Form vorliegen, ist ganz allgemein die Angriffsfläche größer geworden. Das gilt nicht nur für uns, sondern mittlerweile für fast alle Unternehmen. Wir haben deshalb eine Reihe an Initiativen und Maßnahmen gestartet, die garantieren, dass unsere Kundendaten vertraulich bleiben und geschützt sind. In den Bereichen Datenschutz und IT-Sicherheit haben wir in den letzten Jahren sehr stark investiert und arbeiten kontinuierlich daran, die IT-Sicherheit in unserem Unternehmen weiter zu erhöhen.

**Arbeiten Sie stark mit Tech-Start-ups zusammen oder machen Sie alles inhouse?**

Wir arbeiten vor allem im AdTech-Bereich mit jungen Unternehmen zusammen, an denen wir zum Teil auch beteiligt sind.

**„AdTech‘ bildet die Basis von ‚Programmatic Advertising‘, dem datenbasierten, automatisierten Werbeeinkauf in Echtzeit.“**

AdTech bildet die Basis für Programmatic Advertising, also dem datenbasierten, automatisierten Werbeeinkauf in Echtzeit. Anders als früher lässt sich Werbung so ohne eine händische Buchung ausspielen. AdTech bildet die Basis für Programmatic Advertising, also dem datenbasierten, automatisierten Werbeeinkauf in Echtzeit. Anders als früher lässt sich Werbung so ohne eine händische Buchung ausspielen. 2015 haben wir mit Virtual Minds in den größten deutschen AdTech-Anbieter investiert, der sowohl die Angebots- als auch die Nachfrageseite des Programmatic Advertising abdeckt. Über Virtual Minds finden Werbekunden heute in Millisekunden den richtigen Platz für ihr Werbeformat auf unseren Plattformen. Seit der Beteiligung an Virtual Minds haben wir die Investitionen in AdTech-Unternehmen weiter ausgebaut und hierbei auch häufig mit Start-ups zusammengearbeitet.

**Was ist der ProSiebenSat.1-Gruppe nach einer Akquisition einer neuen Firma besonders wichtig?**

Natürlich ist es nach einer Akquisition wichtig, die neuen Unternehmen und Mitarbeiter gut in unsere Gruppe zu integrieren. Dafür haben wir verschiedene

interne Maßnahmen, wie beispielsweise Onboarding-Programme. Gleichzeitig müssen natürlich auch Planungs- und Controlling-Prozesse übernommen werden. Ansonsten achten wir bereits vor der Akquisition immer darauf, dass die Unternehmen ein starkes Management haben und die Kultur zu uns passt. Unsere Beteiligungen bleiben im Kern die Unternehmen, die sie sind – und können zusätzlich noch von den Strukturen und der Expertise eines börsennotierten Konzerns profitieren.

**Ist das deutsche Publikum, im internationalen Vergleich, leicht für digitale Angebote zu begeistern?**

Generell lässt sich sagen, dass die Motivation, ausschließlich digitale Angebote zu nutzen, hierzulande deutlich geringer ist als etwa in den USA. Ein Grund hierfür ist sicher auch die hohe Qualität des Free-TV-Programms bei uns. In den USA zahlt man für eine vergleichbare Programmauswahl über 90 Dollar im Monat.

Florentina Hofbauer



Dr. Johannes Wechsler im Gespräch mit Florentina Hofbauer.

Fotos: ProSiebenSat.1MediaAG, Privat

# 1. MACHINE LEARNING (ML)

Rund um den Sammelbegriff Künstliche Intelligenz hat sich im vergangenen Jahrzehnt ein regelrechter Hype um eine neue Klasse von Algorithmen gebildet. Von der Analyse von Datensätzen über die Unterstützung menschlicher Arbeitskräfte, bis hin zu komplett autonom agierenden Computersystemen, versprechen sich die verschiedensten Wirtschaftszweige eine Steigerung ihrer Produktivität sowie Prozessoptimierung durch den Einsatz von Methoden des maschinellen Lernens.

Dabei ist das technologische Konzept angewandter Optimierungsverfahren nicht gerade neu. Schon in den 1960ern wurden Entwicklungen in der Informationstechnologie und grundlegende mathematische Konzepte erforscht. Erschwingliche Rechenzeit steht jedoch erst seit Kurzem einem breiten Publikum zur Verfügung. Dadurch ist eine Zeit gekommen, in der auch mittelständische Unternehmen ohne größere Probleme eine Investition in künstliche Neuronale Netze und/oder Teilautomatisierung ihres Betriebs wagen können. Sei es zur Verbesserung der eigenen Abläufe oder um eine scheinbar personalisierte Kundenbindung zu schaffen. Oft benötigt es als Hardware nicht viel mehr als die Ressourcen, welche sich in einem modernen Laptop finden. Auf der anderen Seite bedarf es allerdings Experten, die entsprechenden Algorithmen zu konzipieren, kommunizieren und implementieren.

Ein selbstlernendes oder autonom handelndes System ist damit lediglich so schlau wie der Mensch, der es entworfen hat, und kann damit lediglich im Rahmen seiner Konzeption handeln. Die oft aufkeimende Angst um schwindende Arbeitsplätze sowie Gespenster aus der Pop-Kultur sollten nicht zur aktuellen Debatte rund um den Einsatz von Machine Learning gehören. Allerdings sollte sich die deutsche Wirtschaft ernsthafte Gedanken machen, wie sie geschlossen auf den technologischen Vorsprung etablierter Silicon Valley-Riesen reagieren möchte.

Die folgenden Beiträge stellen Anwendungen aus dem Bereich des maschinellen Lernens sowie der intelligenten Datenanalyse dar, die schon heute auf dem deutschen Markt zur Verfügung stehen. Dabei spielt unter anderem die Frage der Sicherheit solcher Systeme eine entscheidende Rolle.

## MEIST GEKLICKT – Unsere erfolgreichsten Blog-Beiträge

Unsere Beiträge wurden insgesamt **225.900** Mal geklickt\*

Beiträge zum Thema **MACHINE LEARNING** erhielten **20.370** Klicks.

	Autor   Thema
#1	<b>Andreas Steier</b>   KI und Machine Learning: Warum wir mit dem Datenschutz von heute die Zukunft verspielen <b>Seite 45</b>
#2	<b>Prof. Dr. Johann Füller</b>   Autonomous Innovation. Zukunftsmusik oder bereits vernehmbare Sinfonie? <b>Seite 54</b>
#3	<b>Gemma Garriga</b>   Machine Learning und die Versicherung der Zukunft <b>Seite 49</b>
#4	<b>Dr. Michaela Regneri</b>   Menschen sind anders. Roboter auch. <b>Seite 35</b>
#5	<b>Thorsten Kühlmeyer</b>   KI hält Einzug in den Unternehmensalltag <b>Seite 48</b>

\*Unsere Beiträge wurden online unter [www.digitaleweltmagazin.de/blog](http://www.digitaleweltmagazin.de/blog) veröffentlicht und erzielten dabei die oben genannte Klickanzahl im Zeitraum 01. August 2017 – 06. August 2018.

## INHALT

	Prof. Dr. Kartharina Morik   Schlüsseltechnologie Maschinelles Lernen	22
	Thomy Phan   Reinforcement Learning am Beispiel Schach	28
<b>1.1</b>	<b>ALLGEMEIN</b>	
1.1.1	<b>Kritische Auseinandersetzung</b>	
	Klaus Löckel   Von der Information zur Wertschöpfung mit Machine Learning	30
	Alexander Geibig   ML – Wofür brauchen wir das überhaupt?	31
	Timon Ruban   KI lohnt sich das?	33
1.1.2	<b>Vision</b>	
	Guiscardo Pin   Machine Learning ist auf dem Vormarsch	34
	Dr. Michaela Regneri   Menschen sind anders. Roboter auch.	35
	Dr. Dirk Michelsen   Business Cases & Machbarkeiten von Machine Learning	37
1.1.3	<b>Von Datenreichtum zu Wissen</b>	
	Oliver Schröder   Daten sind der Treibstoff für künstliche Intelligenz	38
	Enno Lückel   Daten noch smarter erfassen: Supervised Machine Learning	39
	Dr. Matthias Duschl   Data Analytics und Maschinelles Lernen professionalisieren	40
	Stephanie Fischer   Text Analytics: 10 Datenschätze, die Algorithmen heben können	43
<b>1.2</b>	<b>ML IN DER PRAXIS</b>	
1.2.1	<b>Datenschutz und rechtlicher Rahmen</b>	
	Andreas Steier   KI und Machine Learning: Warum wir mit dem Datenschutz von heute die Zukunft verspielen	45
	Dr. Alexander Duisberg   Machine Learning – Rahmenbedingungen und wo muss das Recht helfen?	46
1.2.2	<b>Die Mensch-Maschinen-Schnittstelle</b>	
	Thorsten Kühlmeyer   KI hält Einzug in den Unternehmensalltag	48
	Dr. Gemma Garriga   Machine Learning und die Versicherung der Zukunft	49
	Markus Gallenberger   Mit Künstlicher Intelligenz zum kundenzentrierten Unternehmen – Warum KI und ML eine hohe Datenqualität benötigen	51
	Rafael Zubairov   Maschinelles Lernen für Normalsterbliche	53
1.2.3	<b>Autonome Systeme</b>	
	Prof. Dr. Johann Füller   Autonomous Innovation. Zukunftsmusik oder bereits vernehmbare Sinfonie?	54
	Ralf Reich   5 Beispiele, wie der Einzelhandel von Künstlicher Intelligenz profitiert	55
	Ivan Gowan   Trading mit Künstlicher Intelligenz	56
	Dr. Amir Alsbih   Sicherheit nicht in die Hand von Automaten legen	57
1.2.4	<b>ML im Zeitalter der Industrie 4.0</b>	
	Damir Shakirov   Traditionelle Fertigung und Maschinelles Lernen wachsen bei Bosch zusammen	59
	Hon.-Prof. Dr. Dipl.-Inf. Karlheinz Blank   Mit Maschinellern Lernen zur Fabrik der Zukunft	61
1.2.5	<b>Der Einsatz in der Wirtschaft</b>	
	Pascal Reddig   So wird Machine Learning in Unternehmen eingesetzt	63

# Schlüsseltechnologie Maschinelles Lernen

Prof. Dr. Katharina Morik

Maschinelles Lernen soll nicht den Menschen imitieren, sondern Geräte smarter und große Datenmengen nutzbar machen. Ein kurzer Abriss der Geschichte zeigt, dass Deutschland hierin schon seit Langem erfolgreich ist, und gibt die 3 Phasen des Fachs an. Zwei Anwendungsbeispiele illustrieren den Überblick.

Maschinelles Lernen ist die Schlüsseltechnologie der Künstlichen Intelligenz (KI), die in der Kombination mit den klassischen (KI-)Methoden zu aufsehenerregenden Leistungen geführt hat. So konnten Schach- und Go-Meister geschlagen, Objekte in Bildern erkannt und neue, real wirkende Bilder erzeugt werden. Gerade wenn Mensch und Maschine wie bei den Spielen sich gleichberechtigt gegenüberstehen, wird darüber diskutiert, ob Maschinen intelligent sein und den Menschen ersetzen können. Die Frage nach einer allgemeinen oder gar umfassenden künstlichen Intelligenz lenkt aber von der tatsächlichen Forschung und ihren Anwendungen ab. Tatsächlich werden einzelne Prozesse durch maschinelles Lernen optimiert und die Lernfähigkeit dient dazu, aus riesigen Datenmengen Information zu gewinnen. Google war die erste Suchmaschine, die maschinelles Lernen einsetzte und deshalb so erfolgreich. Als wichtigsten Einsatz maschinellen Lernens bei Google hat Vinton Cerf die bessere Steuerung der Rechenzentren genannt: Die Kosten für die Kühlung sanken um gewaltige 40%[1]. Beide Google-Anwendungen maschinellen Lernens machen schon deutlich, dass Lernergebnisse direkt in Handlungen umgesetzt werden und Teil eines einbettenden Systems sind: Teil der Suchmaschine, Teil der Prozesssteuerung des Rechenzentrums.

Hier wird ein kurzer historischer Überblick über die wichtigsten Methoden gegeben und dann Anwendungsbeispiele aus dem Verkehrsbereich und dem Produktionsbereich vorgestellt.

## Methoden des maschinellen Lernens

Lernverfahren leiten aus Beobachtungen Zielwerte ab. Beobachtungen sind durch Attributwerte (Werte von Zufallsvariablen) oder einzelne Fakten gegeben. Wird ein Zielwert dazu angegeben, spricht man von einem Beispiel. Hier werden die wichtigsten

Methoden kurz vorgestellt. Viele Verfahren sind immer wieder neu und anders implementiert worden. Um sie auf immer größere Datenmengen anzuwenden, müssen sie auf Strömen von Daten arbeiten. Als neues Forschungsgebiet entsteht das Lernen unter Ressourcenbeschränkung, das Algorithmen für wenig Speicher, wenig Energieverbrauch und im verteilten Fall auch wenig Kommunikation und oft sogar wenig Rechenleistung entwickelt.

## Induktive logische Programmierung

Schon 1983 wurde ein Lernverfahren vorgestellt, das Regeln aus Beobachtungen lernen und die gelernten Regelwerke zur Ableitung von Vorhersagen nutzen konnte. Diese Entwicklung an der TU Berlin wurde weiter entwickelt zu einem System, das interaktiv mit einem Benutzer eine Wissensbasis aufbauen, strukturieren, modifizieren, auf Widersprüche hin untersuchen und diese auflösen konnte[2]. Die Lernverfahren basierten auf einer eingeschränkten Prädikatenlogik. Aus wenigen Daten in einer verständlichen Repräsentation entwickelten und pflegten System und Benutzer gemeinsam eine Wissensbasis, deren Schlussfolgerungen in der betreffenden Anwendung genutzt werden.

## Lernen von Entscheidungsbäumen

Das Lernen von Entscheidungsbäumen war das beliebteste Lernverfahren der 80er-Jahre. Aus Beispielen wird ein Baum gelernt, dessen Knoten Beispiele enthalten und dessen Kanten Attributwerte darstellen. Die Beispiele werden nach den Attributwerten so lange auf Unterknoten aufgeteilt, bis ein Knoten nur noch Beobachtungen einer einzigen Klasse enthält (s. Abb. 1).

Eine neue Beobachtung wird entlang des Pfades von oben, der Wurzel, bis zum Blattknoten mit Klassenangabe propagiert und so anhand seiner Attribute klassifiziert. Entscheidungsbäume

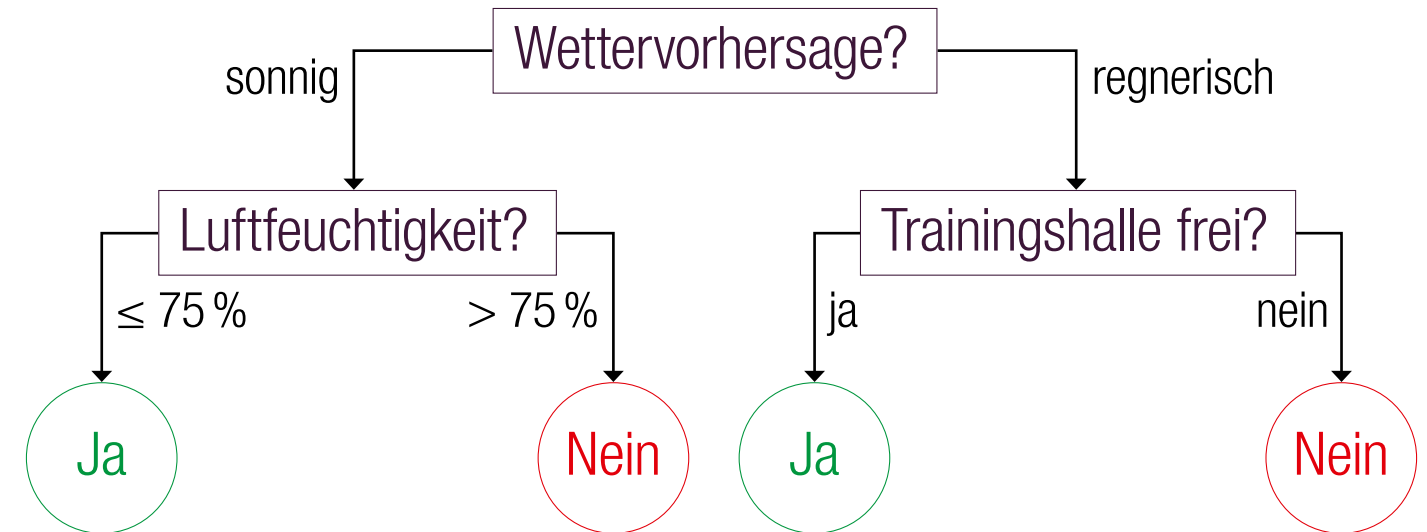


Abb.1: Entscheidung zum Sport

wurden weiterentwickelt zu Random Forests, bei denen parallel sehr viele Bäume gelernt werden. Eine neue Beobachtung erhält von allen Bäumen eine Klassenangabe – gewählt wird die Klasse, die von den meisten Bäumen angegeben wurde. Angesichts der großen Datenmengen, die heute zu verarbeiten sind, wurde ein Algorithmus entwickelt, der auf hereinströmenden Daten einen Entscheidungsbaum lernt, die Very Fast Decision Tree Methode[3]. Das Lernergebnis kann sogar automatisch an Änderungen der Verteilung (concept drifts) angepasst werden. Änderungen der Datenströme können saisonal sein. Beispielsweise ist im Strom der Nachrichten das Thema Fußball während der Bundesliga und der Weltmeisterschaft stärker vertreten als sonst. Ein anderes Beispiel für eine Änderung der Verteilung betrifft Messungen eines Gerätes, die sich infolge des Verschleißes ändern.

## Neuronale Netze und Deep Learning

Das Perzeptron wurde als einfaches Lernverfahren schon 1958 vorgestellt und dann zu neuronalen Netzen erweitert. Neuronale Netze haben als Eingänge die Attributwerte der Beobachtungen. Jeder Eingang ist mit allen Knoten einer versteckten Schicht verbunden. Diese Knoten berechnen aus allen Eingaben ihren Wert, den sie an die nächste Schicht weitergeben. Ein Knoten realisiert eine Aktivierungsfunktion, die aus gewichteten Eingangswerten und einer nicht-linearen Funktion eine Ausgabe erstellt. In der letzten Schicht wird das Ergebnis (Klasse, Zielwert) ausgegeben. Das Lernen aus Beispielen mit dem back-propagation-Algorithmus besteht nun darin, die Gewichte der Kanten so anzupassen, dass die ausgegebene Klasse meist mit der in den Beispielen übereinstimmt. Das gelernte Modell ist also das Netzwerk mit den Gewichtungen an den Kanten. Deep Learning enthält sehr viele Schichten, sodass beliebige Funktionen durch das Netzwerk

dargestellt werden können. Besonders beeindruckend sind die Ergebnisse bei der Bild- und Spracherkennung. Schlüssel dazu sind sehr große Mengen hochwertiger Daten. Die maschinelle Übersetzung durch DeepL, das Produkt eines deutschen Start-ups, ist deutlich den Übersetzungen von Google Translator überlegen, nicht zuletzt weil sie in die Erstellung hervorragender Daten investiert haben.

## Stützvektormethode

Auch die Stützvektormethode (support vector machine, SVM) fasst Lernen als Approximation einer Funktion auf, die den Daten zugrunde liegt. Die Klassen werden durch eine Ebene getrennt, die sich aus Gewichtungen der Attributwerte ergibt. Diese Ebene ist dadurch eindeutig festgelegt, dass sie in der Mitte eines möglichst breiten Bandes liegt, in dem kein Beispiel liegt. Das Band (margin) wird von Beispielen der Klassen begrenzt. Die Beispiele, die den Rand des Bandes bilden, sind die Stützvektoren und besonders wichtig. Die Beispiele, die weiter vom Band entfernt sind, sind weniger wichtig. Bei der linearen SVM kann die Bedeutung von Attributen und Beispielen anhand der gelernten Gewichte festgestellt werden. Dies hilft bei dem Verständnis des Lernergebnisses und kann zur Kontrolle durch Experten des Anwendungsgebietes genutzt werden. Bei der Verwendung von eingebetteten nicht-linearen Funktionen, den Kernfunktionen, ist das nicht mehr möglich[4]. Die erste effiziente Implementierung der Stützvektormethode, svm\_light, wurde in Dortmund entwickelt[5]. Inzwischen gehört die SVM zu den Standardmethoden in vielen industriellen Anwendungen.

## Unüberwachtes Lernen – Lernen ohne Zielwertangabe

Das Zusammenfassen von Beobachtungen zu Clustern, sodass sich die Beobachtungen innerhalb eines Clusters ähnlich, ver-

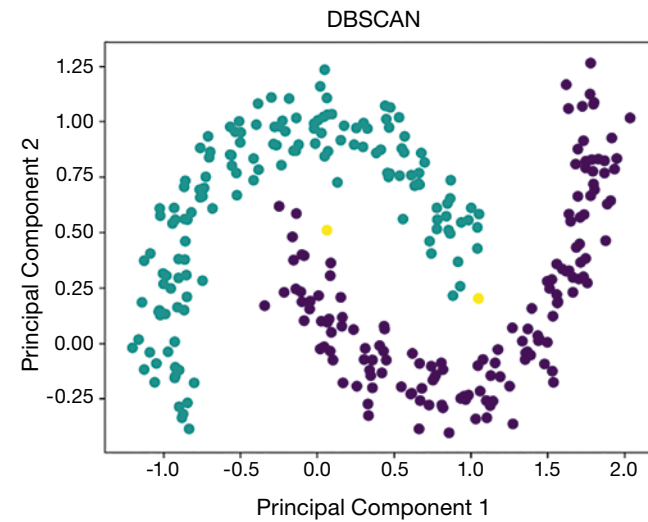


Abb. 2: Zwei Monde – DBSCAN kann Zusammenhänge von Daten erkennen, die nicht auf einfacher Nähe zueinander beruhen.

schiedene Cluster einander unähnlich sind, wurde schon 1956 mit dem k-means Verfahren formalisiert. Das Clustering nach Ähnlichkeit der Punkte kann bestimmte Gruppen nicht erkennen. Dichtebasiertes Clustering, DBSCAN, hingegen kann z.B. die zwei Monde richtig in zwei Gruppen einteilen (s. Abb. 2).

Seit 1996 gehört DBSCAN zum Standardrepertoire des unüberwachten Lernens[6]. Obendrein ist es auf die direkte Verwendung von relationalen Datenbanken und ihre Indizes ausgerichtet.

Mit dem Beginn der sehr großen Datenmengen, die nicht für die Analyse gesammelt wurden, kam der Begriff der Knowledge Discovery in Data auf und die erste KDD Konferenz 1993. Lernverfahren wurden nun direkt mit Datenbanksystemen verknüpft. Für das Apriori-Verfahren, das in einer Datenbank von Transaktionen alle hinreichend häufig miteinander in einem Warenkorb vorkommende Waren findet, entstanden sehr viele unterschiedliche Algorithmen und Modifikationen. Auch für die Anwendung auf Datenströme gibt es inzwischen Algorithmen zum Auffinden häufiger Mengen.

**Probabilistische graphische Modelle**

Die Wahrscheinlichkeitsrechnung ist die Grundlage der meisten Lernverfahren. Bei den graphischen Modellen werden Wahrscheinlichkeitsverteilungen anschaulich ausgedrückt durch einen Graphen, bei dem eine Zufallsvariable (ein Attribut) ein Knoten ist mit den Attributwerten als seinen Zuständen. Kanten zwischen den Knoten drücken die bedingte Unabhängigkeit von Merkmalen kompakt aus. Aus den Daten wird nun die Wahrscheinlichkeit für Zustände gelernt. Dabei muss nicht ein bestimmtes Ziel vorgegeben werden, sondern für beliebige gegebene (aktuelle, beobachtete) Zustände wird die Wahrscheinlichkeit für alle anderen Zustände ausgegeben. Diese Modelle sind in vielen Varianten für viele Anwendungen untersucht worden. Trotz ihrer

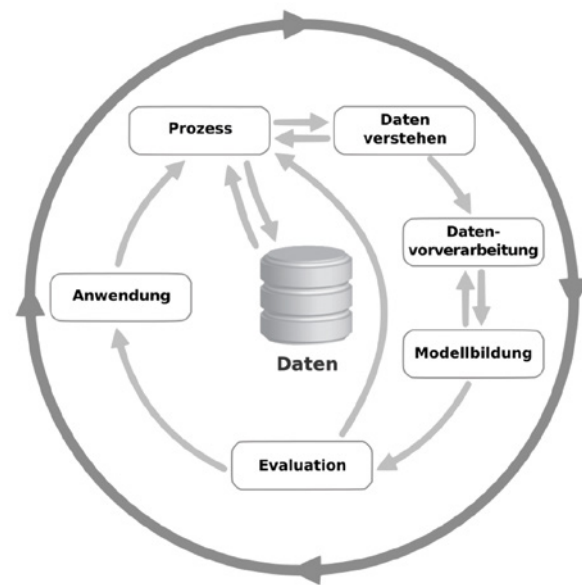


Abb. 3: CRISP, hier mit direkter Anwendung der evaluierten Lernergebnisse auf den Prozess, der die Daten gibt und durch das Lernen verbessert wird.

Komplexität konnten sie sogar für die besonders beschränkten ultra low power devices approximiert werden[7]. Damit können sie im Internet der Dinge vielseitig eingesetzt werden.

**Prozesse der Datenanalyse**

Der Cross Industrial Standard Process for Data Mining (CRISP) ist seit vielen Jahren das Schema für die Anwendung von maschinellem Lernen (s. Abb.3).

In der heutigen Form wird das gelernte und evaluierte Modell direkt in den Prozess eingebettet, um den es geht. Dass der größte Aufwand in der Datenvorverarbeitung besteht, war bereits früh klar. Viele Schritte müssen hier geleistet werden, damit die Modellbildung gelingt: Einlesen der Daten, Datenbereinigung, Datenvervollständigung, Sampling von Daten, Transformation der Daten in eine geeignete Repräsentation für das Lernen. Oft ist die Extraktion der richtigen Attribute aus den Rohdaten der Schlüssel zum Erfolg. Deshalb wird oft auch für diese Schritte selbst wiederum maschinelles Lernen angewandt. Systeme, die die gesamte Analyse unterstützen, sind insbesondere KNIME und RapidMiner. Beide sind in Deutschland entstanden und erscheinen bei Gartners Technikbewertung stets im Quadranten der „Leaders“. RapidMiner bietet Datenanalyse ohne Programmierung – einfach durch drag&drop der Operatoren. Darüber hinaus bietet es den Benutzern Blaupausen für komplette Analyseprozesse und die automatische Fehlerkorrektur und Optimierung von diesen Prozessen (s. Abb.4).

Die Sammlung an kleineren Datensätzen, die früher zum Vergleich von Lernverfahren verwendet wurden, reicht bei Big Data nicht mehr aus, weil die Qualität der Lernergebnisse oft gerade von der Fülle und der Qualität der Daten abhängt. Als Ausweg im Bereich der Bilderkennung wurde für die Begriffshierarchie WordNet (z.B. Säugetier, Fleischfresser, Hund...) eine Sammlung von Bildern zu jedem Begriff angelegt, die

inzwischen mehr als 13 Millionen Bilder zu über 5000 Kategorien umfasst: ImageNet. Diese Daten geben die Vielfalt der Erscheinungsformen wieder und ermöglichen so hervorragende Lernergebnisse. Sehr große, öffentliche Datensätze sind für Deep Learning notwendig und machen Lernergebnisse vergleichbar. Für begrenzte Sachbereiche reichen weniger Daten aus. Zur Erkennung deutscher Verkehrszeichen gibt es einen Datensatz mit etwa 50.000 Bildern[8]. Da die Daten so wichtig sind, muss bei personenbezogenen Daten auf den Schutz der Privatsphäre geachtet werden. Privatsphäre erhaltende Analyseverfahren garantieren, dass eine Person nicht identifiziert werden kann (Stichwort: privacy by design).

**Anwendungen maschinellen Lernens**

Das maschinelle Lernen ist die Grundlage der digitalen Transformation. In Verbindung mit immer preiswerteren und zugleich leistungsstärkeren Sensoren und Prozessoren wird die Nutzung von Techniken des maschinellen Lernens in immer mehr Bereichen von Wissenschaft und Wirtschaft zum wettbewerbsentscheidenden Faktor.

Viele Wissenschaften stützen sich auf Daten. Die evidenzbasierte Medizin stützt sich auf Krankheitsverläufe, die Krebsforschung nutzt genetische Daten und die Pharmazie kann anhand von Molekülinteraktionsdaten neue Medikamente entwickeln. Die Physik liefert mit ihren Experimenten derartig viele Daten, dass sie ohne maschinelles Lernen gar nicht ausgewertet werden können.

Kommerzielle Anwendungen betrafen zunächst die Entscheidungsunterstützung durch beschreibende Datenanalyse, dann rückte die Vorhersage in den Vordergrund und heute kann das gelernte Modell oft schon direkt steuernd auf den Prozess angewandt werden, aus dem die Daten kommen.

Anwendungsfelder sind im Handel die Kundenpflege, das Marketing, Empfehlungen und die Vermittlung von Dienstleistungen; im Finanzwesen kommt die Prüfung auf Betrug und Geldwäsche hinzu; in Industrie 4.0 die vorausschauende Wartung, Anomalieerkennung und Qualitätskontrolle. Im Bereich der Telekommunikation ermöglicht die Vorhersage der Netzverfügbarkeit eine optimierte Zuweisung von Mobiltelefonaten auf die Zellen. Wenn z.B. anhand der Verbindungsdaten vorhergesagt werden kann, dass demnächst viele Nutzer die Zelle wechseln werden (s. Abb.5). Dies ist gerade bei Zügen notwendig, die mehrere hundert Menschen mit ihren Mobiltelefonen gleichzeitig durch die Netzzellen bringen.

**Probabilistische graphische Modelle für die Routenempfehlung**

Im Verkehr wird anhand von Messdaten der Verkehrsfluss festgestellt und es können Vorhersagen für die Nutzung von Straßen, Bus- oder Bahnlinien als Kanten und die Kreuzungen oder Haltestellen als Knoten eines Graphen dargestellt. Die Zustände sind dann die Anzahl Fahrzeuge oder Fahrgäste. Da die Zustände zeitabhängig sind, folgen die Graphen sich in aufeinander folgenden Zeitpunkten. Abb. 6 zeigt, wie jeder Knoten vom Zeitpunkt t mit dem entsprechenden Knoten und seinen Nachbarn zum Zeitpunkt t+1 verbunden ist.

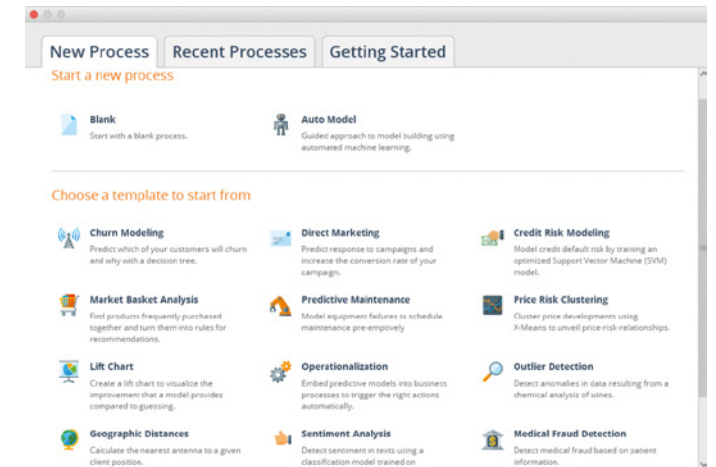


Abb. 4: RapidMiner Startbildschirm bietet eine Auswahl an kompletten Analyseprozessen als Blaupause an, die leicht an die eigene Anwendung anzupassen ist.

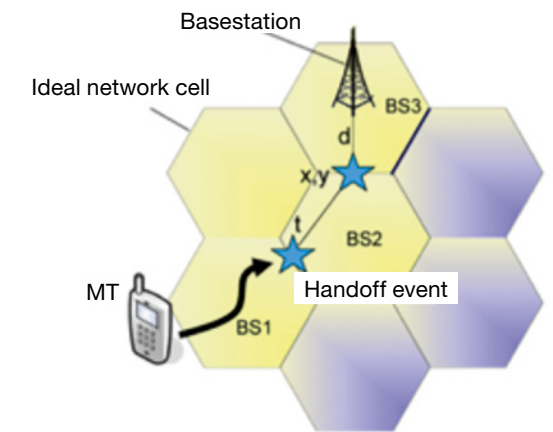


Abb.5: Der Weg eines Mobiltelefons durch die Netzzellen.

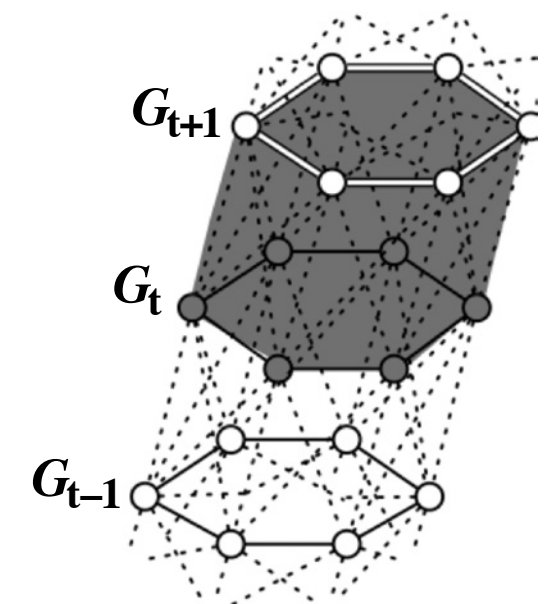


Abb. 6: Ein Spatio-Temporal Random Field (STRF) mit 3 Zeitschichten.

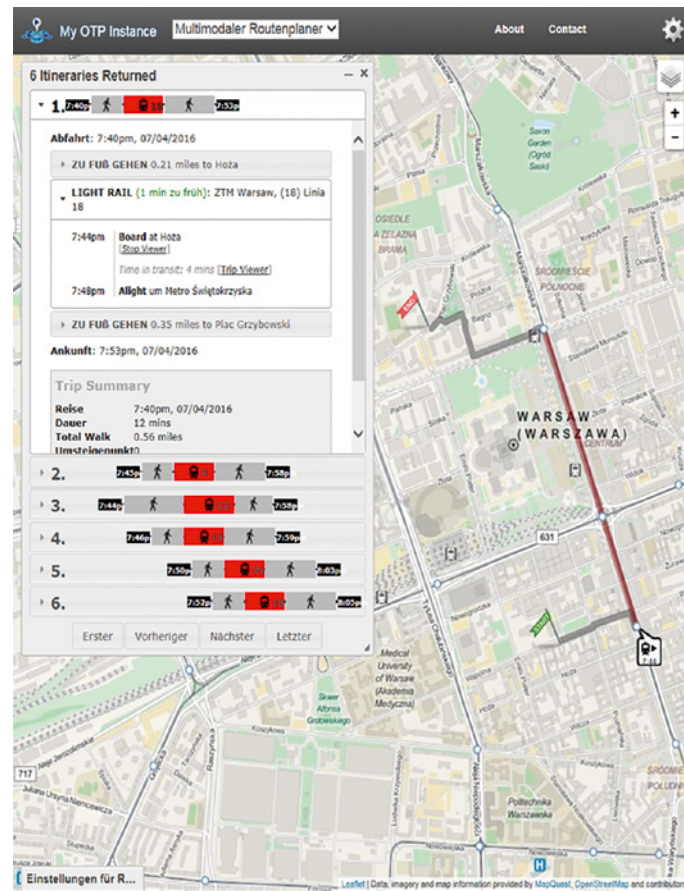


Abb. 7: Routenempfehlung von der grünen zur roten Fahne.



### Prof. Katharina Morik

Prof. Katharina Morik richtete 1991 an der TU Dortmund den Lehrstuhl für Künstliche Intelligenz ein mit dem Fokus auf maschinellem Lernen und Data Mining.

Sie warb 2011 den Sonderforschungsbereich 876 „Informationsgewinnung durch Analyse unter Ressourcenbeschränkung“ ein, dessen Sprecherin sie ist. 13 Projekte, 20 Professorinnen und Professoren sowie etwa 50 Doktoranden forschen im SFB 876 an Ressourcen-schonender Datenanalyse.

2015 wurde sie in die Akademie der Technikwissenschaften, acatech, aufgenommen, 2016 in die Nordrhein-Westfälische Akademie der Wissenschaften und der Künste.

Sie ist eine der AG-Leiterinnen in der BMBF-Plattform „Lernende Systeme“. Sie leitet mit Prof. Wrobel das Kompetenzzentrum für maschinelles Lernen Rhein Ruhr.

Dieses Modell der Spatio-Temporal Random Fields (STRF)[9] kann effizient trainiert werden, denn die Verkehrsflüsse ändern sich nicht sprunghaft, sodass nur echte Zustandsänderungen in der Berechnung der Wahrscheinlichkeiten berücksichtigt werden. Obendrein werden die Lernschritte parallel berechnet. Im Rahmen des EU-Projektes Insight wurden die Straßen von Dublin mit den Verkehrsmessungen von 966 Sensoren in den Straßen als Graph repräsentiert und jeder Tag durch 48 Zeitebenen, es wurden also die Messungen von 30 Minuten zu einer aggregiert. Dann wurde für jeden Wochentag und besondere Feiertage je ein Modell gelernt. Dieses sagt nun für eine Teilmenge von bekannten Zuständen die wahrscheinlichsten Zustände aller anderen voraus. So kann man an das Modell unterschiedliche Fragen stellen, z.B. „Wenn die Kreuzung A in Richtung B an einem Freitag zum Zeitpunkt  $t$  voll ist, welche anderen Kreuzungen haben eine hohe Wahrscheinlichkeit für Stau an einem späteren Zeitpunkt  $t+h$ ?“ Man muss sich für das Lernen nicht auf einen Ziel- oder Ausgangsort festlegen. Fasst man nun die gelernten Wahrscheinlichkeiten als Kosten auf, können sie an den OpenTrip Planner übergeben werden, der gemäß der Kosten die optimale Route findet[10]. In dem EU-Projekt VaVel wird der Ansatz auf Warschau übertragen, wo auch Straßen- und U-Bahnen einbezogen werden, sodass die Route multimodal geplant wird. Abb. 7 zeigt die Ansicht der Routenplanung anhand gelernter realzeitlicher Verkehrsvorhersage. Eine der sechs möglichen Verbindungen zwischen dem Startort (grüne Fahne) und dem Ziel (rote Fahne) ist ausgewählt.

Die Einbettung in Routenempfehlungen schlägt alternative Routen vor. Aktuell wird daran gearbeitet, verschiedene Alternativen an die Verkehrsteilnehmer so zu verteilen, dass nicht auch die Ausweichempfehlungen überlastet werden.

### Maschinelles Lernen für die Qualitätskontrolle

Üblicherweise wird erst produziert und dann die Qualität der Produkte geprüft. Eine realzeitliche Qualitätsvorhersage schon während des Produktionsprozesses kann rechtzeitig den Prozess beenden oder bestimmte Produktionsparameter ändern. Maschinelles Lernen sorgt so dafür, dass Ressourcen gespart und Kosten gesenkt werden.

Eines der Projekte im Sonderforschungsbereich 876[11] arbeitet an der Qualitätsvorhersage anhand von Prozessdaten. Ein Beispiel sind die Daten des Walzwerks der Deutschen Edelstahlwerke. Die Brammen sind zunächst im Brennherdofen, werden dann auf verschiedenen Stationen gewalzt und schließlich geschnitten. Erfasst werden Zeitreihen der Temperatur des Ofens und der Sensoren an den Walzstationen. Die Zeitreihen müssen bereinigt, teilweise ergänzt und aggregiert werden. Da die Wahl der richtigen Attribute meist über den Erfolg des maschinellen Lernens entscheidet, bietet RapidMiner viele Methoden zur Merkmalsextraktion an. In dieser Anwendung wurden automatisch 60 000 Merkmale erzeugt und zu 2170 Merkmalen aggregiert, aus denen die lernende Merkmalsselektion dann 218 Attribute auswählte. Die für das Lernen geeignete Repräsentation wird also selbst automatisch gelernt.

Die Qualitätskontrolle folgt später für eine Menge an Stäben. Damit ist nicht wie bei üblichen Aufgaben des maschinellen Lernens die Objektidentität gegeben: Man weiß nicht, von welcher Position im Block ein Stab kommt, sondern nur den Anteil von

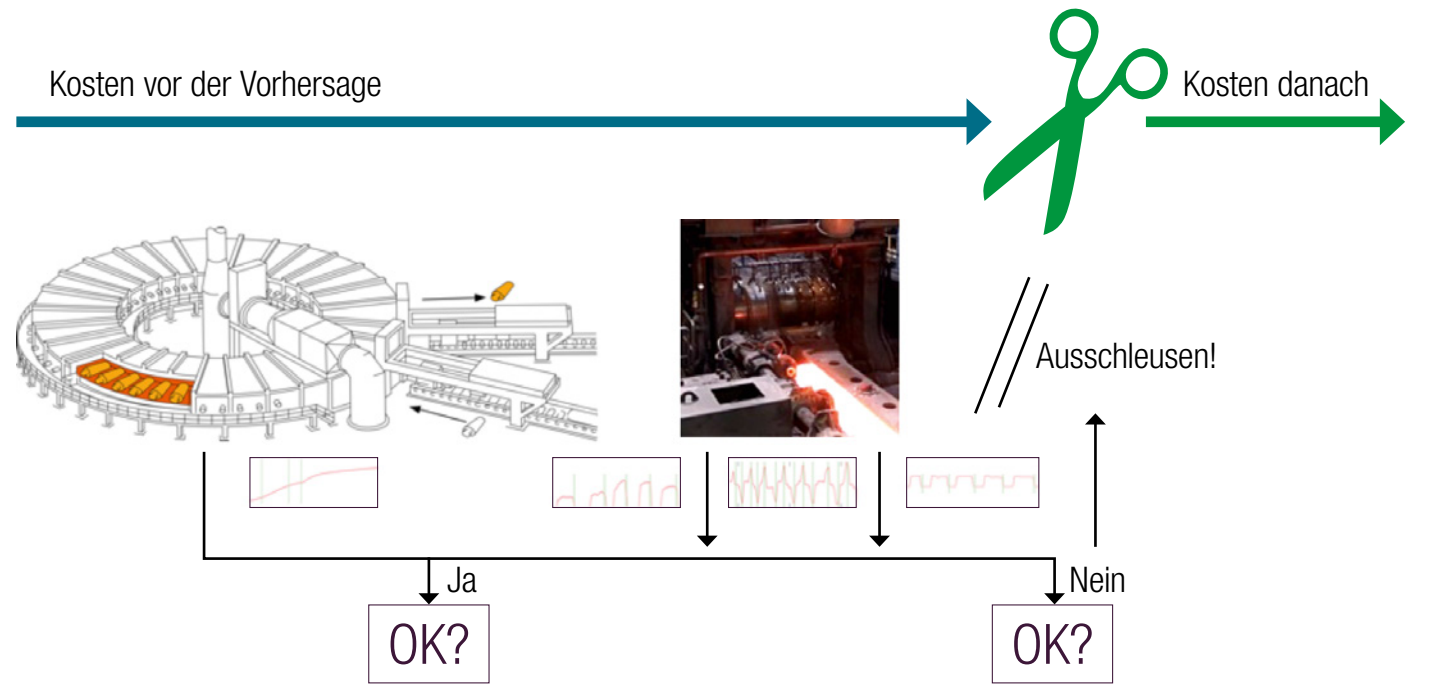


Abb. 8: Schematisches Bild der Qualitätskontrolle in einem Walzwerk, die realzeitlichen Vorhersagen wurden aus Daten gelernt.

hochwertigen (ok) und nicht so hochwertigen (not ok) Stäben. Die neue Methode des Learning from Label Proportions wurde deshalb entwickelt[12]. Sie gruppiert alle Beobachtungen nach Ähnlichkeit und weist dann den Gruppen Klassen so zu, dass sich die selben Klassenverhältnisse ergeben wie bei der Qualitätskontrolle. Verwendet man dabei Gewichte für die Attribute, ergeben sich sehr gute Vorhersagen.

Bei jeder Station wird anhand der aktuellen Prozessdaten vorhergesagt, ob am Ende die gewünschte Qualität erreicht wird. Da die meisten Stäbe eine sehr gute Qualität haben, hatte auch die Vorhersage der guten Stäbe (ok) einen extrem geringen Fehler von nur 1%. Die richtig als „not ok“ vorhergesagten waren 3% aller Stäbe. Sie vorzeitig auszuschleusen kann einen erheblichen wirtschaftlichen Vorteil bedeuten.

Aktuelle Arbeiten integrieren Simulation und maschinelles Lernen und beschäftigen sich mit Methoden für die kuratierte Sammlung von Datenströmen.

### Zusammenfassung und Trends

Die Entwicklung des maschinellen Lernens kann in drei Phasen gegliedert werden:

- 1980: Die von Mensch und Maschine gemeinsame Modellierung anhand weniger, oft eigens für die Analyse erhobener Daten (z.B. im Excel-Format) hatte den Vorteil, dass die Modelle verständlich sind. In der Form skalieren die Verfahren aber nicht für große Datenmengen.
- 1995: Die direkte Nutzung einer relationalen Datenbank für die Modellierung brachte unüberwachte Lernverfahren, die einfachere Modelle liefern. Da die Daten für andere Zwecke gespeichert wurden, wurden Privatheit erhaltende Verfahren entwickelt.
- 2013: Big Data werden verteilt gespeichert und verarbeitet.

Neue Rechnerarchitekturen und neue Lernverfahren kommen zusammen, um Energie- und Speicherverbrauch bei angemessener Vorhersagegüte zu minimieren.

Der Wert der Daten dominiert die Bedeutung der Modellierung. Die Massendaten sind für Menschen ohne Unterstützung der Datenanalyse nicht mehr zu verstehen. Aktuelle Forschung beschäftigt sich daher mit Methoden, verständliche Information aus Daten zu gewinnen. Dabei wird der Energie- und Speicherverbrauch durch die Speicherung und Analyse der Daten in Bezug gesetzt zu der Vorhersagegüte und dem Nutzen der gelernten Modelle. Neue Anwendungspotenziale ergeben sich daraus, dass hoch effiziente Lernverfahren direkt in kleine Geräte (Mobiltelefone, Sensoren aller Art, elektronische Frachtbriefe, Teleskope, ...) integriert werden, sodass direkt vor Ort und zu jeder Zeit die Information vorhanden ist, die für intelligentes Handeln nötig ist.

Referenzen: [1] Vinton Cerf im Interview ZEIT online 25.3.2017 [2] Katharina Morik, Stefan Wrobel, Jörg-Uwe Kietz, Werner Emde „Knowledge Acquisition and Machine Learning - Theory, Methods, and Applications“ Academic Press 1993 [3] Pedro Domingos, Geoff Hulton „Mining high-speed data streams“ KDD 2000 [4] Zentrale Werke zu Kernmethoden stammen übrigens auch aus Deutschland: Bernhard Schölkopf, Klaus-Robert Müller und Alex Smola sind hier zu nennen. [5] Thorsten Joachims „Text Categorization with Support Vector Machines: Learning with Many Relevant Features“ ECML 1998 [6] Erich Schubert, Jörg Sander, Martin Ester, Hans Peter Kriegel, Xiaowei Xu „DBSCAN Revisited, Revisited: Why and How You Should (Still) Use DBSCAN“ ACM Trans. Database Syst. 42, 3, 2017 [7] Nico Piatkowski, Sangkyun Lee, Katharina Morik „Integer undirected graphical models for resource-constrained systems“ Neurocomputing 2016 [8] Johannes Stalkamp, Marc Schlipfing, Jan Salmen, Christian Igel „Man vs. Computer: Benchmarking machine learning algorithms for traffic sign recognition“ Neural Networks 2012 [9] Nico Piatkowski, Sangkyun Lee, Katharina Morik „Spatio-Temporal Random Fields: Compressible Representation and Distributed Estimation“ Machine Learning Journal 2013 [10] Christian Bockermann, Thomas Liebig, Katharina Morik, Nico Piatkowski „Dynamic Route Planning with Real-Time Traffic Predictions“ Information Systems 2017 [11] <https://sf876.tu-dortmund.de/SPP/sf876-b3.html> [12] Marco Stolpe, Hendrik Blom, Katharina Morik „Sustainable Industrial Processes by Embedded Real-Time Quality Prediction“ in: Lässig, Kersting, Morik (eds) Computational Sustainability, 2016

# Reinforcement Learning

## am Beispiel Schach

Thomy Phan

Im Reinforcement Learning (RL) lernen Agenten selbstständig Entscheidungen zu treffen, um komplexe Aufgaben zu lösen. In diesem Beitrag werden die Grundlagen und Herausforderungen von RL am Beispiel Schach erklärt.

### 1. Motivation

Die Vision autonome Systeme zu erschaffen, die selbstständig lernen herausfordernde Aufgaben in verschiedenen Bereichen zu bewältigen wie z.B. autonomes Autofahren, Anomalieerkennung in hochdynamischen Umgebungen usw., existierte bereits, bevor es den Computer überhaupt gab.

Intelligente Systeme zu entwickeln, die autonom Entscheidungen treffen können, ist eine große Herausforderung, bei der viele wichtige Aspekte und Anforderungen berücksichtigt werden müssen wie u.a. die Sicherheit, die Nachvollziehbarkeit der Entscheidungen und mögliche Reaktionen auf unerwartete Ereignisse. Dies erfordert adaptive Lösungen, die mit konventionellen Software Engineering Methoden nicht zufriedenstellend gelöst werden können, da manuell programmierte Systeme zur Laufzeit nicht auf Änderungen reagieren können. Eine Anpassung solcher manuell programmierten Systeme ist oft aufwendig und fehleranfällig.

Die genannten Herausforderungen werden üblicherweise mit Modellen der Entscheidungstheorie wie zum Beispiel mit *Markov Entscheidungsprozessen* (englisch: *Markov Decision Process*, kurz: *MDP*) formalisiert, in denen ein Agent oder Roboter eine Lösungsstrategie für ein bestimmtes Problem finden muss. Im *Reinforcement Learning (RL)* werden durch den Agenten verschiedene Lösungsansätze ausprobiert und evaluiert, um MDPs zu lösen. In diesem Beitrag werden die theoretischen Grundlagen des RL erklärt und am Beispiel Schach veranschaulicht. Es wird zuerst auf die Formulierung von MDPs eingegangen. Anschließend werden Ansätze vorgestellt, mit denen MDPs optimal bzw. annäherungsweise optimal gelöst werden können.

Zum Abschluss wird auf weitere praxisrelevante Herausforderungen eingegangen, die mit einem MDP nicht abgebildet werden können.

### 2. Markov Entscheidungsprozesse

In der Entscheidungstheorie werden viele Probleme als *Markov Entscheidungsprozess* oder *Markov Decision Process (MDP)* formuliert. Ein MDP ist durch ein 4-Tupel  $M = \langle \mathcal{S}, \mathcal{A}, \mathcal{T}, \mathcal{R} \rangle$  definiert, wobei:

- $\mathcal{S}$  eine Menge von Zuständen,
- $\mathcal{A}$  eine Menge von Aktionen,
- $\mathcal{T} : \mathcal{S} \times \mathcal{A} \times \mathcal{S} \rightarrow [0; 1]$  eine Funktion, die die Wahrscheinlichkeit beschreibt einen Folgezustand  $s_{t+1}$  zu erreichen, wenn man eine Aktion  $a_t$  im Zustand  $s_t$  zum Zeitpunkt  $t$  ausführt und
- $\mathcal{R} : \mathcal{S} \rightarrow \mathbb{R}$  die skalare Belohnungs- oder Rewardfunktion ist.

Im Schach wird  $\mathcal{S}$  durch alle möglichen Kombinationen aller Spielpositionen beschrieben.  $\mathcal{A}$  entspricht der Menge aller gültigen Spielzüge in Abhängigkeit vom aktuellen Zustand. Die Zustandsübergangsfunktion  $\mathcal{T}$  wird durch die Spielstrategie des Gegenspielers beschrieben. Die Rewardfunktion  $\mathcal{R}$  liefert den Wert 1, wenn der Agent die Partie gewinnt, und -1, wenn das Spiel verloren wird. Ein Unentschieden oder Patt sowie jeder Spielzug, der nicht unmittelbar das Spiel beendet, liefert einen Reward von 0. Somit sind beim Schach die meisten Züge nicht unmittelbar relevant. Es entscheidet sich erst am Ende des Spiels, ob überhaupt ein Reward ungleich null vergeben wird. Dies ist genau dann der Fall, wenn das Spiel von einem Spieler gewonnen wird.

Das Ziel ist eine optimale Spielstrategie oder *Policy*  $\pi : \mathcal{S} \rightarrow \mathcal{A}$  zu finden, die für jeden Zustand in  $\mathcal{S}$  eine Aktion aus  $\mathcal{A}$  vorschreibt, die mit der größten Wahrscheinlichkeit zum Sieg führt. Dabei sollte  $\pi$  den *Wert* bzw. den zu *erwartenden, kumulativen Reward* für jeden Zustand maximieren. Die Evaluierungsfunktion oder *Value Function*  $V^\pi : \mathcal{S} \rightarrow \mathbb{R}$  beschreibt diesen Wert für jeden Zustand  $s_t \in \mathcal{S}$  gegeben einer Policy  $\pi$ .

$$V^\pi(s_t) = \max_{a_t \in \mathcal{A}} Q^\pi(s_t, a_t)$$

wobei die Q-Funktion  $Q^\pi : \mathcal{S} \times \mathcal{A} \rightarrow \mathbb{R}$  den Wert einer Aktion  $a_t \in \mathcal{A}$  im Zustand  $s_t \in \mathcal{S}$  definiert:

$$Q^\pi(s_t, a_t) = \mathcal{R}(s_t, a_t) + \gamma \sum_{s_{t+1} \in \mathcal{S}} \mathcal{T}(s_{t+1}|s_t, a_t) V^\pi(s_{t+1})$$

$\gamma \in [0; 1]$  ist ein Faktor, um zukünftige Rewards schwächer zu gewichten. Das bedeutet beispielsweise, dass ein schneller Sieg einen höheren Wert liefert, als ein Sieg mit sehr vielen Spielzügen. Bezogen auf das Schachspiel, wird also eine Strategie gesucht, die für jeden Zustand  $s_t \in \mathcal{S}$  eine Aktion  $a_t \in \mathcal{A}$  vorschreibt, die die Gewinnchance maximiert bzw. die Chance einer Niederlage minimiert.

### 3. Reinforcement Learning

#### 3.1 Optimale Lösungen

Um die optimale Strategie zu finden, muss der gesamte Zustandsraum des MDPs betrachtet werden, um  $\pi$  und  $V^\pi$  bzw.  $Q^\pi$  zu berechnen. Dafür existieren Verfahren wie *Policy Iteration* oder *Value Iteration*, die ausgehend von einer beliebigen Policy oder Value Function iterativ die optimale Policy annähern.

Im Folgenden soll *Value Iteration* näher erklärt werden. Eine zufällig gewählte, initiale Value Function  $V^0$  wird mit folgender Iterationsvorschrift laufend verbessert:

$$V^{n+1}(s_t) = \max_{a_t \in \mathcal{A}} \{ \mathcal{R}(s_t, a_t) + \gamma \sum_{s_{t+1} \in \mathcal{S}} \mathcal{T}(s_{t+1}|s_t, a_t) V^n(s_{t+1}) \}$$

Laut dem *Optimalitätsprinzip von Bellman (1957)* konvergiert diese Iterationsvorschrift gegen die optimale Value Function  $V^*$ . Damit können die optimale Q-Funktion  $Q^*(s_t, a_t) = \mathcal{R}(s_t, a_t) + \gamma \sum_{s_{t+1} \in \mathcal{S}} \mathcal{T}(s_{t+1}|s_t, a_t) V^*(s_{t+1})$  und die optimale Policy  $\pi^*(s_t) = \operatorname{argmax}_{a_t \in \mathcal{A}} Q^*(s_t, a_t)$  hergeleitet werden.

Bezogen auf das Schachspiel müsste eine Tabelle mit  $\binom{64}{2} \approx 1,8$  Trillionen Einträgen verwendet werden, die für alle möglichen Spielpositionen  $s_t \in \mathcal{S}$  einen Wert  $V^n(s_t)$  zuordnet.

#### 3.2 Approximierte Lösungen

In der Praxis sind optimale Verfahren nicht anwendbar, da der Zustandsraum  $\mathcal{S}$  und Aktionsraum  $\mathcal{A}$  vieler Probleme zu groß sind, um Informationen über jeden Zustand zu sammeln und zu speichern.

Darum wird aktuell versucht  $\pi^*$ ,  $V^*$  und/oder  $Q^*$  mit *Machine Learning* Ansätzen zu approximieren. Anstelle die optimale Policy  $\pi^*$  für das Schachspiel zu berechnen, kann eine Funktionsapproximation (z.B. mit Deep Learning) gelernt werden, die die optimalen (Q-)Werte oder Aktionswahrscheinlichkeiten für jeden Zustand  $s_t \in \mathcal{S}$  schätzt.

Für das Schachspiel kann die Value Function basierend auf Daten von bereits gespielten Partien approximiert werden, wobei für jeden Spielzug ein Erfahrungstupel  $e_t = \langle s_t, a_t, s_{t+1}, r_t \rangle$  erzeugt wird, bei dem  $s_t \in \mathcal{S}$  die Positionen auf dem Schachbrett,  $a_t \in \mathcal{A}$  der ausgeführte Spielzug,  $s_{t+1} \in \mathcal{S}$  die Folgepositionen nach Ausführen von  $a_t$  und  $r_t = \mathcal{R}(s_t, a_t)$  das skalare Rewardsignal ist. Diese Tupel können z.B. für die Approximation  $\hat{V}$  von  $V^*$  verwendet werden, indem eine Regression auf Daten der Form  $\langle x, y \rangle$  ausgeführt wird, wobei  $x = s_t \in \mathcal{S}$  und  $y = \hat{V}(s_t) = r_t + \gamma \hat{V}(s_{t+1})$ .

Durch iteratives Spielen, Evaluieren und Anpassen sollte sich die Approximation verbessern und sich der optimalen Spielstrategie annähern. Die Qualität der Approximation hängt von der Menge der Daten (die erzeugten Erfahrungstupel) bzw. von der Anzahl gespielter Partien und der Parameterisierung des Approximators (z.B. der Architektur eines neuronalen Netzes) ab.

Im Dezember 2017 veröffentlichte das Unternehmen DeepMind eine Reinforcement Learning Methode namens *AlphaZero*, womit mithilfe von Deep Learning und Baumsuchverfahren eine optimale Policy Approximation gelernt werden kann, welche strategische Brettspiele wie Schach, Shogi und Go meistert. Die Trainingsdaten wurden ausschließlich mit Self-Play-Runden erzeugt, bei denen *AlphaZero* gegen sich selbst spielte.

### 4. Weitere Herausforderungen

Reinforcement Learning eignet sich, um MDP-Probleme wie z.B. Schach zu lösen. Bei einem MDP wird immer angenommen, dass die Zustände (z.B. die Spielpositionen auf einem Schachbrett) vollständig beobachtbar sind und dass die Dynamik innerhalb eines MDPs stationär ist, d.h. die Zustandsübergangsverteilung  $\mathcal{T}(s_{t+1}|s_t, a_t)$  mit  $s_t, s_{t+1} \in \mathcal{S}$  und  $a_t \in \mathcal{A}$  ändert sich nicht. Zudem wird nur von einem einzelnen Agenten ausgegangen, der Entscheidungen basierend auf dem MDP trifft, indem er in verschiedenen Situationen Aktionen oder Spielzüge gemäß einer Policy auswählt. Diese Annahmen sind stark idealisiert und treffen in vielen realen Problemen nicht zu. Zum Beispiel sind viele Probleme aufgrund eingeschränkter Sensorik und Rauschen nur partiell beobachtbar. Es müssen also Methoden angewendet werden, die Policies basierend auf der lokalen Wahrnehmung von Agenten bestimmen können, ohne den tatsächlichen Zustand zu kennen. In der Entscheidungstheorie gibt es dazu ein erweitertes Modell, welches als *Partially Observable MDP (POMDP)* bezeichnet wird.

Eine weitere Herausforderung besteht, wenn sich mehr als nur ein (lernender) Agent im System befindet. In solchen Multi-Agentensystemen, wo sich alle Agenten autonom verhalten und anpassen können, tritt das Problem der *Nicht-Stationarität* auf. Das bedeutet, dass alle Agenten gegenseitig versuchen, sich an die aktuelle Policy der anderen anzupassen. Da diese Anpassung gleichzeitig erfolgt, können suboptimale Policies gelernt werden, da die Anpassung immer basierend auf einer veralteten Policy der anderen Agenten erfolgt. Für Multi-Agentensysteme gibt es mehrere verschiedene Modellierungsmöglichkeiten. Für kooperative Multi-Agentensysteme, in denen alle Agenten versuchen ein gemeinsames Ziel zu erreichen, gibt es die Erweiterung von MDPs zu *Multi-Agent MDPs (MMDPs)* bzw. zu *dezentralen MDPs/POMDPs (Dec-POMDPs)*. Systeme, in denen die Agenten selbstinteressiert agieren, können mit Modellen aus der Spieltheorie formuliert werden.



**Thomy Phan**

Thomy Phan promoviert an der LMU München am Lehrstuhl für Mobile und Verteilte Systeme mit dem Fokus auf Künstliche Intelligenz. Davor war der studierte Informatiker als Softwareentwickler tätig und verbrachte einen Forschungsaufenthalt mit dem Schwerpunkt Data Mining an der Yale University.

Foto: Privat

# 1.1 ALLGEMEIN

## 1.1.1 Kritische Auseinandersetzung

### Von der Information zur Wertschöpfung mit Machine Learning

Jede industrielle Revolution wirft ihre Fragen auf, denn erst das macht sie zur Revolution. Das Zeitalter der digitalen Industrialisierung, die wir heute durchleben, stellt diesbezüglich keine Ausnahme dar. Wir erleben, wie sie über ihre konkrete Anwendung in Industrie und Wirtschaft hinaus unseren Alltag transformiert. Sie verändert die Art, wie wir unsere Berufe ausüben, wie wir miteinander und mit Maschinen interagieren. Sie stellt uns Fragen der Datensicherheit, wie wir mit unseren Daten umgehen und wer davon profitiert. Und sie fragt uns, wie wir ihre Technologien nutzen, um unseren Alltag und unsere Jobs effizienter zu gestalten, wo sie uns unterstützen und entlasten kann.

Künstliche Intelligenz (KI) ist dabei ein Gebiet, das besonders starke Emotionen hervorruft. Die Potentiale von KI sind ohne Frage groß, jedoch hat das Aufgreifen des Themas durch die Populärkultur dazu beigetragen, teils angstbesetzte Zukunftsszenarien heraufzubeschwören, die zu einem schon fast verkrampften Umgang mit der Technologie führen. Gleichzeitig werden Pilotprojekte präsentiert, die beeindruckende und kreative, aber nicht notwendigerweise praxisreife Anwendungen für KI demonstrieren. Das alles hat durchaus das Potential, zu einiger Verwirrung zu führen und Berührungsgängste zu schüren.

Dabei könnte man das Thema genauso gut von der anderen Seite betrachten und im Kleinen anfangen. Machine Learning (ML) ist ein Aspekt von KI, der ganz pragmatisch zeigt, wo die Technologie heute schon und ganz konkret ein großer Gewinn sein und enorm zur Wertschöpfung beitragen kann.

Maschinelles Lernen bedeutet, dass Programmierer nicht mehr alle Eventualitäten der Anwendung eines Systems bedenken und basierend darauf jeden einzelnen Arbeitsschritt einer Maschine codieren müssen. Stattdessen programmieren sie Lernmethoden. So werden Maschinen in die Lage versetzt, selbstständig Wissen aus Erfahrungen aufzubauen. Sie erkennen automatisch Muster und Korrelationen in großen Mengen von Daten und leiten daraus Regeln und letztendlich auch Vorhersagen ab. Die Maschine führt

dadurch ihre Arbeitsschritte in einer komplexen Umwelt immer besser aus.

Was braucht es dazu? Die Antwort liegt auf der Hand: Informationen.

Sämtliche Daten müssen entlang der Wertschöpfungskette gesammelt, integriert und analysiert werden. Idealerweise geschieht dies auf einer zentralen Business-Plattform, welche relevante Informationen aus allen Teilen der Wertschöpfungskette bündelt und die passenden Tools zur Auswertung bereitstellt. Bei einer Plattformnutzung in der Cloud entfallen zudem aufwändige IT-Infrastrukturinstallationen, welche die Analyse großer Datenmengen erfordern würde.

Die Chancen von ML werden anhand von Predictive Maintenance besonders deutlich. Auf Basis der Regeln, die eine Maschine gelernt hat, ist sie in der Lage, abweichende Statusmeldungen zu erkennen, noch bevor sich ein Defekt ankündigt. Je größer die Datenbank von Ausfällen angelegt ist, welche der Maschine zum „Lernen“ gefüttert wurden, desto genauer kann sie den Defektablauf berechnen und den optimalen Wartungszeitpunkt bestimmen. Letztendlich werden so die Prozessabläufe optimiert und die Effizienz der Produktion gesteigert.

Die Bild- und Spracherkennung sind neben Themen wie Programmiersprachen oder Algorithmen die wichtigsten Funktionen von ML. Die Bilderkennung kommt nicht nur bei Google zum Einsatz, wenn eine Suchanfrage auf Basis eines Fotos gestartet wird. Mit demselben Mechanismus lernen autonome Fahrzeuge, Verkehrsschilder selbst bei hoher Fahrtgeschwindigkeit zu erkennen und in der Konsequenz ihr Fahrverhalten anzupassen.

In der Produktionshalle hilft die Analyse von Bildern, fehlerhafte oder falsch eingefärbte Komponenten auf Fließbändern zu erkennen. Auch hier werden die Analysen umso präziser, je mehr Bilder solcher fehlerhaften Teile das System bereits kennt. Im Marketing bietet die Sprachsteuerung neue Möglichkeiten für die Interaktion mit Kunden, insbesondere bei standardisierten Abläufen wie Anfragen im Call Center.

Doch ML schafft nicht nur Chancen zur Effizienzsteigerung. Die Technologie hat das Potential, völlig neue Geschäftsmodelle zu ermöglichen. Die Auswertung und Aufbereitung von Daten schafft sogenannte smarte Produkte, die ihre „Intelligenz“ aus einem großen Erfahrungsschatz an Daten schöpfen. Beispielsweise berechnen Mobilitätsdienstleister auf den User zugeschnittene, optimierte Reiserouten, welche die Präferenzen für bestimmte Wege und Fortbewegungsmittel berücksichtigen. Diese Geschäftsmodelle entfer-

nen sich immer weiter vom klassischen Produkt und konzentrieren sich stattdessen darauf, dem Nutzer in Echtzeit maßgeschneiderte Erfahrungen zu bieten und letztlich positive Erlebnisse.

Trotz des disruptiven Potentials von ML wird anhand der Anwendungsbeispiele deutlich, dass man nicht das eigene Geschäftsmodell neu erfinden muss, um die Möglichkeiten von ML und KI gewinnbringend für sich zu nutzen. Die Digitalisierung und ihre Potentiale entfalten sich auch und erst recht in einer Implementierung in kleinen Schritten. ML bietet zahlreiche Möglichkeiten, schon heute mit der Optimierung von Produktions- und anderen Prozessen zu beginnen.

Klaus Löckel

### ML – Wofür brauchen wir das überhaupt?

Die Themen Künstliche Intelligenz und Machine Learning haben in den letzten Jahren einen neuen Aufschwung erlebt. Enorme Fortschritte im Bereich der Rechenleistung, die Veröffentlichung von Forschungsergebnissen durch große Konzerne und das rasante Wachstum frei verfügbarer Open Source Bibliotheken haben aus den einst akademischen und bei Unternehmen beschäftigten Forschern vorbehaltenen, eher abstrakt wirkenden Modellen massentaugliche Werkzeuge gemacht. Ich möchte das Thema in diesem Post aus der Sicht eines deutschen KI-Startups im Bereich Einkauf bzw. Supply Chain Management beleuchten. Dabei werde ich weniger auf fachliche Details eingehen, sondern eher auf die fundamentalen Auswirkungen, die der KI-/ML-Boom mit sich bringen wird.

Nun werden Worte wie „Standardabweichung“ oder „Lineare Regression“ bei dem einen oder anderen Leser ohnehin eher unangenehme Erinnerungen an längst vergangene Statistik-Vorlesungen wecken. Und tatsächlich ist der Schritt von der klassischen Statistik hin zum Maschinellen Lernen ein nicht allzu großer. Der wesentlichste liegt in meinen Augen in der Herangehensweise und Zielsetzung. Erstere konzentriert sich vornehmlich darauf, einen zugrundeliegenden Prozess vollständig zu analysieren, zu verstehen und (theoretisch) zu modellieren, bevor die Frage gestellt wird, wie man diese Erkenntnisse umsetzen kann. Im Bereich des Maschinellen Lernens dagegen erinnert vieles eher an den wilden Westen der Statistik. Beinahe täglich werden neue Erkenntnisse in irgendeinem Unterbereich veröffentlicht, entstehen neue Modelle und Bibliotheken. In den meisten Fällen wird versucht, real existierende Probleme zu lösen – natürlich leicht abstrahiert, um wissenschaftlichen Standards zu genügen und eine Vergleichbarkeit mit

anderen Arbeiten zu gewährleisten. Es werden verschiedenste Modelle, Optimierungsalgorithmen und Parameterkombinationen getestet, um schließlich die beste Konstellation zu finden. Anschließend wird die Frage gestellt, warum manche Ansätze besser funktionieren, als andere.

Das mag für einige Menschen – insbesondere im akademischen Bereich – unbefriedigend sein, für uns als KI-Startup ist das jedoch eine der wichtigsten Voraussetzungen. Anders als noch vor einigen Jahren wird ein Großteil der Forschungsartikel frei veröffentlicht, sodass keine teuren Zeitschriften-Abos nötig sind, um sich dieses Wissen anzueignen. Forschungsergebnisse werden zudem auch deutlich niedrigschwelliger in Form von Blogposts oder auch nur Forenbeiträgen publiziert. Diese Öffnung für die breite Masse hat die aktuelle Entwicklung überhaupt erst möglich gemacht, denn auch wenn einige Beiträge und Autoren mit Bedacht konsumiert werden sollten: Ohne die unzähligen Softwareentwickler, Hobbyprogrammierer und anderweitig Interessierten wäre der Wissensschatz, von dem jeder profitiert, der in diesem Feld tätig ist, nicht ansatzweise so groß. Dies gilt insbesondere auch für die phantastische Bibliotheken (insbesondere in Python), mit denen die aktuell besten Modelle nachgebaut oder sogar direkt angewendet werden können.

All das führt zu einer „Demokratisierung“ dieser Technologien, so wie sie bereits zuvor in anderen Bereichen stattgefunden hat. Noch in den 1960er Jahren war die Nutzung von Computern eine überaus schwierige, kostenintensive Angelegenheit und die klügsten Köpfe der Welt waren nötig, um überhaupt einen zu betreiben. Der technische Fortschritt und die einsetzenden Kostenvorteile machten den PC massentauglich und lösten damit eine Revolution aus. Auch damals hatten viele Menschen Berührungsgängste. Neben einer mentalen Umstellung erforderte der Umgang mit den neuen Geräten auch eine gewisse Lernbereitschaft, da deren „Denkweise“ erst einmal verstanden und angenommen werden musste. Heute machen sich die meisten Menschen bei der Nutzung – zumindest solange alles fehlerfrei funktioniert – keine großartigen Gedanken mehr. Mit einem Klick werden E-Mails und Chat-Nachrichten verschickt, Daten in das ERP-System eingepflegt oder Excel-Tabellen befüllt. Die wenigsten verbinden mit dem Computer oder dem Smartphone eine angsteinflößende, bedrohliche Technologie.

Ähnlich wird es sich mit der Künstlichen Intelligenz – beziehungsweise dem, was im Allgemeinen darunter subsumiert wird – verhalten. Die meisten Menschen werden niemals ein



Klaus Löckel,  
Managing Director  
EuroCentral,  
Dassault Systèmes



Alexander Geibig,  
Data Scientist,  
scoutbee GmbH



entsprechendes Programm schreiben, genauso wenig, wie sie bisher Grafik-, Textverarbeitungs- oder Buchhaltungsprogramme geschrieben haben. Es wird weiterhin eine Spezialisierung stattfinden und für die meisten Probleme wird es maßgeschneiderte Produkte und Dienstleistungen geben, so wie auch wir sie entwickeln. Die Frage die sich hinsichtlich des Einsatzes Künstlicher Intelligenz stellen wird, ist daher nicht “Ja-oder-Nein”, sondern lediglich “Make-or-Buy”. Sofern KI nicht die Kernkompetenz eines Unternehmens ist, wird die Entscheidung bei den meisten Problemen auf “Buy” fallen, da die Entwicklung einer marktreifen, funktionierenden und Nutzen generierenden Lösung – trotz aller Euphorie angesichts der jüngsten Entwicklung – alles andere als trivial ist.

Denn ja, Sie brauchen die Spezialisten, die Mathe-Freaks und Programmierer-Nerds, die Geeks, die Dorks, die dort weitermachen, wo es über die oft erwähnten 30 Zeilen Code für ein Deep Learning Modell mit Keras hinausgeht. Die Anzahl der benötigten Mitarbeiter steigt überproportional mit der Komplexität des Gesamtsystems, da die Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Komponenten wachsen und mit zunehmender Skalierung der Daten- und Nutzerzahl selbst Kleinigkeiten zu echten Herausforderungen werden, die bei der Entwicklung eines Prototypen noch selbstverständlich erscheinen.

Aufgrund der Skaleneffekte, die insbesondere im IT-Sektor mit der Spezialisierung einhergehen, wird sich die eigenständige Entwicklung für die meisten Unternehmen nicht lohnen. Stattdessen sollten sie – und natürlich auch ihre Mitarbeiter – derartige Technologien als Werkzeuge betrachten. Ja, in manchen Fällen mag es sinnvoll sein, seinen eigenen druckluftbetriebenen Schraubendreher zu entwickeln. Für den Großteil der Fälle ist das Produkt eines darauf spezialisierten Unternehmens jedoch besser und billiger als die Eigenentwicklung und für den Anwender ist es nur wichtig, zu wissen, wie er mit dem Werkzeug richtig umgehen muss. Maßgeschneiderte KI-Lösungen sind ein wertvolles Hilfsmittel, das in wenigen Jahren so alltäglich sein wird, wie heute Excel zu öffnen und eine Tabelle zu erstellen – und in vielen Fällen noch einfacher. Alleine das Bewusstsein für die enormen Vorteile, die solche Dienste mit sich bringen, sowie die Bereitschaft, eine Off-The-Shelf Lösung einer Eigenproduktion vorzuziehen, sind noch nicht überall vorhanden – wengleich sich beides dank der Omnipräsenz des Themas bereits deutlich gewandelt hat.

Wir bei scoutbee können innerhalb weniger Minuten mehr Firmen analysieren, als ein

einzelner Einkäufer in seinem ganzen Leben. Dabei führen wir grundsätzlich alle Schritte durch, die dieser bisher auch durchläuft. Wir grenzen die Menge interessanter Unternehmen ein und gleichen ab, wer das gewünschte Produkt auch tatsächlich produzieren kann. Außerdem überprüfen wir Qualitätsstandards sowie die Verlässlichkeit des Unternehmens und können anschließend den gesamten Verhandlungs- und Bietprozess über unsere Plattform abwickeln. Bei jedem dieser Schritte nutzen wir enorme Mengen an Daten aus verschiedensten Quellen, die strukturiert, gesäubert und aggregiert werden müssen, um sie überhaupt nutzen zu können. Danach erfolgen mehrere Stufen, in denen sie weiter transformiert und analysiert werden, bevor letztendlich die für den Kunden eigentlich relevante Frage beantwortet werden kann: Welcher Lieferant ist der richtige für mich?

Auch wenn die Tragweite all dieser Entwicklungen für die meisten Menschen heute noch nicht vollständig absehbar ist, fürchten viele um ihren Arbeitsplatz. Und ja, vermutlich werden viele Aufgaben, die heute noch von Menschen erledigt werden, bald von “intelligenten” Computerprogrammen erledigt werden. Doch wird das das Ende menschlicher Arbeit bedeuten? Lassen Sie mich diese Frage mit einer Gegenfrage beantworten: Hat die Einführung des Computers menschliche Arbeit überflüssig gemacht? Oder die Einführung der Dampfmaschine?

Die Antwort ist ein eindeutiges “Nein, aber...”. Die Menschen – oder besser die Menschheit – muss sich weiterentwickeln und den Veränderungen anpassen. Genauso, wie in heutigen Wissensgesellschaften jeder Mensch lesen lernt, muss künftig jeder in der Lage sein, moderne Technologien wie spezialisierte Suchmaschinen effektiv zu nutzen oder die von ihm produzierten Daten so zu gestalten, dass diese möglichst problemlos weiterverarbeitet werden können. In einem Punkt sind wir uns jedoch sicher: KIs werden auf absehbare Zeit nicht kreativ arbeiten und denken können. Dies bleibt (zunächst) dem Menschen vorbehalten, weshalb sich Arbeitnehmer künftig mehr auf “kreative Aufgaben”, wie beispielsweise die finale Auswahl eines Lieferanten fokussieren können. Eher repetitive und oftmals extrem zeitaufwändige Aufgaben, wie das Durchleuchten globaler Märkte nach potentiellen Lieferanten, werden dagegen von der Maschine übernommen. Die Frage ist dabei nicht ob dies stattfindet, sondern ob schon dieses oder erst nächstes Jahr.

Eine Verweigerung mag kurzfristig der bequemere Weg sein, weil man sich nicht mit einer komplizierten Materie auseinandersetzen

muss, oder weil man eine Technologie abwehrt, die sonst die Frage aufwerfen würde, warum man überhaupt bezahlt wird. Mittelfristig wird diese Einstellung jedoch zu unangenehmen Konsequenzen führen. Persönliche, weil man irgendwann möglicherweise nicht mehr Schritt halten kann mit Mitbewerbern. Unternehmerische, weil die Produktivität der Konkurrenz steigt, während man selbst es “macht wie man es schon immer gemacht hat”. Gesellschaftliche, weil andere Länder auf der Welt sich einen kaum einholbaren Vorsprung erarbeitet haben und sich so die wirtschaftlichen Kräfteverhältnisse verschieben.

Wenn Sie sich nun in Ihre Statistik-Vorlesung zurückversetzen, so erinnern Sie sich sicherlich an einen Satz, der mit einer Wahrscheinlichkeit von 99,99 % in jedem Semester mindestens einmal gefallen ist: “Wofür brauchen wir das überhaupt?”. Heute ist die Antwort klarer als je zuvor:

Um die Welt zu verändern! Alexander Geibig

### KI lohnt sich das?

“Internet, lohnt sich das?” Leicht argwöhnisch zielt diese Überschrift das Titelblatt eines Magazins aus den 90er Jahren. Zu finden ist es an der Wand der Räumlichkeiten des CDTMs, einer der erfolgreichsten Münchner Brutstätten für innovative Geschäftsideen, wo es die Gründer von morgen daran erinnern soll nicht jede Expertenmeinung auf die Goldwaage zu legen.

Genau wie damals zu den Anfangszeiten des Internets kämpfen auch heute viele Unternehmen damit, den neuesten Stern am Buzzword-Himmel für sich greifbar zu machen - diesmal den der Künstlichen Intelligenz (KI). Doch obwohl es vielen schwer fällt den richtigen Use-Case oder die beste Anwendung der KI bei sich festzumachen, werden trotzdem nahezu keine Stimmen laut, die die Zukunftsfähigkeit der Technologie grundsätzlich in Frage stellen. Im Gegenteil: oft landet die menschliche Vorstellungskraft bei dem Thema doch allzu schnell am anderen Extrem der Wirksamkeitsstudie. Statt unbedeutender Nichtrelevanz finden wir Dystopien von über-intelligenten Maschinen vor, die das Joch der menschlichen Erfinder abwerfen und nach der Weltherrschaft greifen. Klar, wer Ray Kurzweil’s Bücher liest oder Elon Musk auf Twitter folgt kommt an der bevorstehenden Singularität (dem Zeitpunkt zu dem intelligente Maschinen sich selbst verbessern können) nicht vorbei. Und wer nur kurz seine Assoziationsmaschine anwirft findet sich ohne große Anstrengung (und je nach Generation) wieder bei HAL 9000, Stanley Kubrick’s meuterndem Bordcomputer, Sonny, dem träumenden Roboter aus Will Smith’s “I, Robot”

oder einer der Geschichten der Netflix-Show “Black Mirror”, wo “sentient code” regelmässig die Hauptrolle spielt.

Die Fantasie, mit der wir der Künstlichen Intelligenz heutzutage begegnen, liegt letztlich aber nicht nur an der kreativen Kost, die Hollywood uns regelmäßig serviert, sondern auch an den verblüffend lebensnahen Anwendungsbeispielen, die dem aufmerksamen Beobachter in letzter Zeit in immer kürzer werdenden Abständen vor die Füße fallen.

Ein Beispiel: wer die letzte Google I/O, die Entwicklerkonferenz des Suchgiganten, Revue passieren lässt, dem bleibt vor allem eins in Erinnerung: Google Duplex, eine Künstliche Intelligenz, die ganz ohne menschliche Hilfe bei beliebigen Restaurants anrufen und alleine Termine vereinbaren kann - menschliches Ähm und Sprechpausen inklusive. Vom berüchtigten “uncanny valley” keine Spur.

Und auch wenn der Einwand des KI-Experten berechtigt ist, dass die nötigen KI-Modelle auf höchst spezialisierten Datensätzen für genau diese Anwendung trainiert worden sind und wir von KI-Systemen, die bedenkenlos beliebige Telefonunterhaltungen simulieren können, noch weit entfernt sind, sollte sich doch spätestens jetzt jeder Unternehmer, Mittelständler oder Großkonzern fragen: “KI, lohnt sich das?”

### Daten sind das neue Öl

Während Andrew Ng, einer der Pioniere des maschinellen Lernens, gerne den Spruch “AI is the new electricity” anführt, muss jede Überlegung zu dieser Fragestellung doch erst mit dem sprichwörtlichen neuen Öl beginnen: den Daten. Hat ein Unternehmen ausreichend Daten, dann lohnt sich meistens auch die KI.

Dazu ein kurzer Ausflug in die deutsche KI-Startup-Szene nach Köln und nach Berlin, zu DeepL und EyeEm. DeepL bietet Übersetzungsdienste an, EyeEm agiert als Content-Plattform die Fotografen mit Corporates verbindet. Beide haben im letzten Jahr Schlagzeilen damit gemacht, dass sie als kleines Startup die Forschungslabore von Google, Facebook, Microsoft und co. in einer ihrer Kerndisziplinen schlagen konnten: DeepL in “Machine Translation” und EyeEm in “Image Recognition”. Wie kann das sein? Haben sie bessere KI-Talente als Facebook zu sich lotsen können? Schwer vorstellbar. Haben sie mehr Rechenleistung als Google im Büro stehen? Wohl kaum. Beide ziehen nämlich ihren Vorteil daraus, auf deutlich bessere Datensätze als die GAFAM-Riesen zurückgreifen zu können. DeepL ist ein Spin-Off von Linguee, dem altbekannten Online-Wörterbuch, das über



**Timon Ruban,**  
Geschäftsführer,  
Luminovo.ai

Jahre einen riesigen Datensatz hochqualitativer Übersetzungen aufbauen konnte. EyeEm hat das Glück, dass sie auf ein einzigartiges Netzwerk von Fotografen zurückgreifen können, die alle hoch motiviert sind und sicherstellen, dass ihre Fotos mit dem richtigen Schlagwort versehen werden und somit bei relevanten Suchen an der richtigen Stelle auftauchen.

### Das Build-or-Buy Dilemma

Nun hat nicht jeder das Vergnügen, auf seinen Servern die weltweit besten Datensätze für eine bestimmte Anwendung zur Verfügung zu haben. Wenn man aber strategisch darüber nachdenken will, was künstliche Intelligenz für sein Unternehmen bedeutet oder auch nur die für sich richtige Anwendung identifizieren will, beginnt und endet der Gedankenprozess doch mit der Frage, welche Daten man bei sich angesammelt hat. Einen Denkanstoß zur KI-Strategie geben Philipp Gerbert und Sebastian Steinhäuser vom BCG Henderson Institut in einer differenzierten Analyse des "Build-or-Buy Dilemmas". Sobald man den passenden Use-Case gefunden hat steht man vor der Entscheidung: Soll man die nötigen KI-Dienstleistungen oder Produkte von außer Haus dazukaufen oder versuchen, die AI-Expertise und Algorithmen intern aufzubauen? Im Kern finden sich auch hier die Antworten in Ihren Daten. Hat man Zugang zu einem Datensatz, der sich durch Quantität oder Qualität von Datensätzen bei ähnlichen Wettbewerbern absetzt, heißt es diesen strategischen Vorteil zu nutzen. Marschrichtung: selber bauen. Fehlt dieser "differentiated data access" sollte man lieber darüber nachdenken, gezielt KI-Services von externen Anbietern einzukaufen.

"KI, lohnt sich das?" Wenn Sie noch keine Antwort haben ist es unerlässlich, sich diese Frage zu stellen. Wer weiß wie lange es noch dauert bis man auch das Titelblatt zum Thema KI an der Wand im CDTM antreffen kann. Timon Ruban

## 1.1.2 Vision

### Machine Learning ist auf dem Vormarsch

Maschine Learning (ML) und Künstliche Intelligenz (KI) sind Schlüsseltechnologien, die aktuell ganz oben auf der Agenda der Unternehmen stehen. Viele mittelständische und große Firmen stehen bereits in den Startlöchern: Sie wollen KI-Technologien einsetzen und sich so einen Vorsprung im Wettbewerb sichern – und zwar so schnell wie möglich. Ob Machine Learning und Deep Learning, ob Natural Language Processing

oder Robotic Process Automation (RPA): Es gilt, die viel beschworene Vision in die Realität zu bringen. Denn trotz des großen Potenzials der Technologien reagieren viele Firmen noch zurückhaltend - insbesondere kleinere Betriebe. Das hat die neue Studie „Machine Learning / Deep Learning 2018“ vom IT-Marktbeobachter IDG Research Services gezeigt.

Zeitgemäße digitale Lösungen helfen Unternehmen, Prozesse zu verschlanken und neue Strategien voranzutreiben. Aktuelle Technologien sind zum Beispiel Dialogsysteme und Chatbots – intelligente Maschinen, die Sprache verstehen und schriftlich oder mündlich mit einem Nutzer in Echtzeit kommunizieren können. Um die Effektivität der angebotenen Dienste zu erhöhen, bedienen sich Chatbots der Funktionen von Natural Language Processing und Understanding, für die datengetriebene Kundenbindung setzen sie vor allem auf Machine Learning-Tools.

Die fortschrittlichste Stufe von Machine Learning besteht in Prediction und Prescription – die Vorhersage von Verhalten bzw. Ereignissen für die Zukunft sowie ein Verständnis für die ausschlaggebenden Gründe. So können beispielsweise Bankmitarbeiter feststellen, mit welcher Wahrscheinlichkeit Kunden in Verzug geraten könnten und geeignete Maßnahmen ergreifen.

Empfehlungssysteme arbeiten mit einer intelligenten Filterung von Informationen: Ähnlichkeiten zwischen Benutzern und Angeboten werden ermittelt und Vorschläge generiert, die den Vorlieben des Endanwenders entsprechen. So können Einkaufserlebnis und Kundenbindung effektiv gesteigert werden. Technisch wird dabei die Datenverarbeitungsebene von Advanced Analytics bereitgestellt, mittels AI gesteuert und mit Hilfe von Machine-Learning-Techniken aufgebaut.

### Geschäftsprozesse optimieren mit datengetriebenen Robotern

Es ist möglich, mithilfe datengetriebener, selbstlernender Roboter einen auf Self-Learning-Technologien und künstlicher Intelligenz basierenden Automatisierungsprozess zur Steigerung der Produktivität und Effizienz von Geschäftsprozessen zu entwickeln. Geschäftsprozesse, die Robotik und Machine-Learning-Techniken verknüpfen, erleichtern die Integration der Automatisierung in organisatorische Abläufe. So kann ein Roboter beispielsweise kurzfristig anstehende Operationen mit Unterstützung von Machine Learning effizient ausführen – hochrelevant für viele Geschäftsprozesse in der Industrie.

Hierzu gehören auch Instrumente der Robotic Process Automation (RPA) und der Intelligent

Process Automation (IPA). Dank „intelligenter“ Technologien, die sich von der Automatisierung regelmäßig wiederkehrender Aufgaben hin zu neuen Paradigmen entwickeln und auf Machine Learning basieren, sorgt die IPA letztendlich auch für eine Optimierung der RPA. Auf diese Weise entwickeln datengetriebene Roboter neue Fähigkeiten, treffen Entscheidungen und geben Feedback.

Die Kombination von RPA, KI und ML dient zudem dazu, die Menschen auch kognitiv zu entlasten. RPA ist ein hervorragendes Instrument für repetitive Aufgaben. Durch die Kombination von KI und ML können „Sisyphusarbeiten“ wie z.B. die Überprüfung und Analyse von Verträgen enorm erleichtert und potenzielle Fehlerquellen minimiert werden. Diese Tools kommen vermehrt in Bereichen zum Einsatz, in denen viele Daten zu analysieren sind. Hierzu zählen etwa die Versicherungsbranche, die Finanzindustrie sowie die Bereiche Logistik und Automotive. So kann beispielsweise in der Automobilindustrie die Entwicklung und Vorhersage der Verkaufszahlen eines bestimmten Modells viel leichter errechnet werden – auch unter Berücksichtigung der jeweiligen volkswirtschaftlichen Dynamik. Die großen Datenmengen, die hierfür benötigt werden und nach bestimmten Faktoren auszuwerten sind, lassen sich von einem Algorithmus weitaus besser bearbeiten als von einem Menschen. Der Algorithmus ist systematischer und schneller. Der Mensch nutzt anschließend seinerseits die Resultate, um fundierte strategische Entscheidungen zu treffen. Diese Kombination ist ideal, denn es ergänzen sich typisch menschliche Kompetenzen mit den Fähigkeiten künstlicher Intelligenz.

Für die Erkennung von Bildern und Videos eignen sich innovative Deep Learning-Techniken. Diese auf neuronalen Netzwerken basierenden Techniken lassen Erkennungssysteme zu, mit denen sich bestimmte Objekte und Eigenschaften in Videos/Bildern identifizieren und darüber hinaus sogar Gesichtsausdrücke interpretieren lassen. Konkrete Beispiele sind die Stimmungs-erkennung in der Kundenbetreuung, eine visuelle Überprüfung auf Unregelmäßigkeiten sowie das Zählen von Objekten.

Zur Umsetzung ambitionierter Projekte gehören neben adäquaten Lösungen auch entsprechende Service- und Beratungsleistungen insbesondere in den Bereichen Systemintegration, Big Data, Cloud Computing und Internet of Things (IoT). So können Unternehmen eine Roadmap zu ihren Zielen definieren – von der Digitalisierung und Optimierung bestehender Prozesse bis zur Erschließung neuer Services und der Entwicklung innovativer Geschäftsmodelle. Guiscardo Pin

### Menschen sind anders. Roboter auch.

Künstliche Intelligenz (KI) gestaltet immer größere Teile unserer digitalen Umgebung: Suchmaschinen, Spam-Filter und Produktempfehlungen haben heute vielleicht schon mehr für uns entschieden als wir selbst. Mit der Selbstverständlichkeit automatisch lernender Algorithmen wächst auch die öffentliche Skepsis, sollte sie es denn in die eigene Filter-Blase geschafft haben: Eine Bitkom-Studie zeigt, dass Menschen den Nutzen von KI durchaus anerkennen, aber sich gleichzeitig vor Missbrauch ihrer Daten (wahrscheinlich mittelbar durch Menschen) und Entmündigung (unmittelbar durch die Maschine) fürchten. Auch der Gedanke an eine übermächtige Superintelligenz schüchtert einige ein. Wieder andere graust es vor schlechtem Service durch KI, was aus meiner Sicht aber eher eine Ur-Angst der Dienstleistungsgesellschaft als ein digitales Phänomen sein dürfte.

KI gilt also nur als eingeschränkt vertrauenswürdig. Kontroverse Diskussionen umkreisen die Frage, ob das Potential der Technologie überhaupt das empfundene Risiko rechtfertigt: Oft gelten künstliche Intelligenzen als „eigentlich dumm“, obwohl sie in teils komplexen Tasks nachweislich besser sind als Menschen, und der Google Assistant dürfte mit seinem Allgemeinwissen bereits in der Grundschule mithalten. Gemeinhin gilt künstliche Intelligenz außerdem als gänzlich unkreativ; KI-Anwendungen für Malerei, Musik-Komposition oder das Schreiben fiktionaler Texte werden abgewertet, weil sie auch nur aus von Menschen erstellten Daten lernen.

Dieses Image-Problem der KI als gehypter, unzuverlässiger Hochstapler hat drei zentrale Ursachen, die sich in Alltagsbegegnungen mit der Technologie zeigen:

- KI-Antworten erscheinen Nutzern manchmal absurd und nicht nachvollziehbar.
- KI-Antworten sind nicht immer reproduzierbar; auch wenn die Umstände identisch erscheinen, gibt die KI oft unterschiedliche Antworten (typische Nutzer-Reaktion: „Jetzt macht es das nicht mehr! Eben ging’s doch noch!“).
- KIs lösen manchmal für Menschen trivial erscheinende Aufgaben gar nicht – das lässt sie in gewisser Weise besonders tollpatschig wirken.

### Roboter als Tollpatsch

Die verbreitete KI-Tollpatschigkeit beschreibt Moravecs Paradox. Die Dinge, die uns Menschen am leichtesten fallen, machen wir meist unterbewusst – und müssen sie typischerweise sehr lange und sehr oft üben, bevor sie uns als Gewohn-



**Guiscardo Pin,**  
Geschäftsführer,  
Executive Partner,  
Reply AG



**Dr. Michaela Regneri,**  
Produktmanagerin  
BI Analytics,  
OTTO Group

heit ohne bewussten Aufwand gelingen. Dazu gehören zum Beispiel die Fähigkeiten aufrecht zu gehen, zu sprechen oder Fehlermeldungen innerhalb von Millisekunden wegzuklicken. Die für Menschen normale Methode zu lernen kann hier von der KI nicht übernommen werden: Es würde erfordern, alles durch Nachahmung zu lernen und jahrelang Menschen zu imitieren. Hier gibt es zwar erste Ansätze für das Lernen durch Imitation, aber es ist nicht die Entwicklungsweise, die wir aktuell von einer KI erwarten. Weder geben wir ihr die Zeit, noch mögen wir den Gedanken an einen Robo-Schatten.

### KI wirkt unergründlich

Verunsicherung und Vertrauensprobleme gegenüber künstlicher Intelligenz entstehen vor allem, weil viele moderne Algorithmen selbst für KI-Experten kaum erklärbar sind (erklärbare KI ist eine eigene Forschungsrichtung). Ein Paradebeispiel war AlphaGo (Googles automatischer Go-Spieler), dessen überlegene Züge auf GO-Profis völlig befremdlich wirkten, aber letzten Endes souverän gegen sie gewannen. Hier war die Leistung der KI also unstrittig – schließlich hat AlphaGo seinen menschlichen Gegner sichtbar besiegt. So indiskutabel sind die Leistungen anderer KI-Algorithmen oftmals nicht.

### Viele Daten, viel Zufall

Künstliche Intelligenzen haben keine Gedächtnisprobleme. Das gibt ihnen auch die Möglichkeit, aus einer Unmenge von Daten zu lernen, wie man Go! oder Civilization spielt, und wie man Katzen auf Bildern erkennt (theoretisch fehlt zu einer akzeptablen Hochkultur also nur noch Starcraft und guter Kaffee).

Das heißt aber auch, dass sie theoretisch eine riesige Auswahl an möglichen Antworten parat haben, unter denen sie sich für die beste entscheiden müssen. Für viele Anwendungen gibt es aber kein eindeutig bestes Ergebnis (anders als bei Katzen-Erkennung oder Go), sondern viele gute: Wenn wir uns von Produkt- oder Videoempfehlungen inspirieren lassen, gibt es viele gute Möglichkeiten. Auch bei Suchergebnissen möchte man vielleicht manche Dinge immer wiederfinden (wie Wikipedia-Artikel), aber die meisten anderen Ergebnisse sollen eine gute Mischung aus wichtig und aktuell sein. Varianz kann hier einfach durch Zufall entstehen – weil der Algorithmus zu viel Auswahl hat und zufällig entscheiden muss.

Menschen würden sich als Berater hinter der Ladentheke typischerweise anders verhalten: Sie hätten nicht nur weniger Optionen für eine Empfehlungsliste (wegen des eingeschränkten

Gedächtnisses), sie hätten vielleicht auch die Tendenz, bei gleichwertigen Optionen die altbewährte zu nehmen - ähnlich wie bei der Auswahl im Lieblingsrestaurant, wo man doch oft das gleiche isst. Maschinen bleiben nur bei einer Wahl, wenn es wirklich keine andere aktuell bessere oder gleich gute gibt.

Konsistenz dürfen wir von einer Maschine als Qualitätskriterium also nicht erwarten – diese zuverlässig wirkende, aber oft nicht optimale Entscheidungs-Art ist nur für uns Menschen typisch. Richtig zufällig entscheiden kann ein Mensch gar nicht (und oft auch nicht optimal) – die Maschine aber schon.

### Menschenähnlicher bedeutet nicht immer besser

Im Sinne der Erklärbarkeit von KI würden sich wahrscheinlich viele wohler fühlen, wenn man Ergebnisse von KI garantiert oder zumindest in einem gewissen Rahmen vorhersehen könnte. Insbesondere dann, wenn es um direkte Eingriffe ins Menschenwohl geht: Wenn beispielsweise IBMs Watson medizinische Diagnosen berechnet oder die Künstliche Intelligenz VALCRI Gerichtsurteile fällt.

Leider wirken auch scheinbar irrelevante Faktoren auf die Objektivität, selbst bei den professionellsten, unbestechlichsten Menschen: So geben Richter mildere Urteile nach dem Mittagessen, und Fehldiagnosen (ohnehin schon ein beängstigender Faktor in der Medizin) treten öfter auf, wenn der Patient aggressiv ist oder eine Frau.

Wenn man die KI jetzt möglichst menschenähnlich bauen möchte, produziert sie auch menschliche Vorurteile. Ein prominentes Beispiel ist Microsofts Chatbot Tay, der nach kürzester Zeit zum Rassisten und Sexisten wurde. Betroffen sind aber auch Algorithmen zur Bilderkennung oder Software zur Verbrecher-Identifikation.

Erwartet man von der Maschine möglichst menschenähnliche, konstante Entscheidungen, verschenkt man viel Potential. Eine Hauptarbeit in der KI-Entwicklung besteht deshalb darin, ein Qualitätsmaß für die KI-Ausgabe zu entwickeln, insbesondere, wenn es keine eindeutigen Kriterien gibt. Bei Diagnosen ist das End-Kriterium eindeutig: die richtige Krankheit, so sie ermittelbar ist. Für Produktempfehlungen könnten das Käufe, Klicks und ähnliches sein – für Gerichtsurteile oder Chatbots ist die Lösung weniger klar und erfordert hohe Sachkenntnis und viel Fingerspitzengefühl. Hierfür braucht es Menschen, die mit analytischem Know-How Empathie für Künstliche Intelligenzen entwickeln und die Unwägbarkeiten des Machine Learnings nicht nur spannend finden, sondern auch pragmatisch anpacken (suchen wir übrigens laufend).

### Chancen Nutzen – Bedenken ernst nehmen

Wenn wir KI nutzen wollen, müssen wir nicht warten, bis sie sich verhält wie ein Mensch, und wir sie so auch ganz genau verstehen. Wir müssen aber dringend nachdenken, worin sie gut sein soll (z.B. Go Spielen), und wie man das messen kann (z.B. durch Gewinnen), ohne unsere Fehler mit einzubauen. Oft findet man Antworten im eigentlichen Ziel der KI, beispielsweise der Generierung von Umsatz, Engagement, Kundenzufriedenheit oder schlicht Zeitersparnis. Auf otto.de überwachen wir die Qualität unserer automatisierten Produktempfehlungen unter anderem anhand von Klicks, die uns unmittelbar zurückmelden, ob die von der Maschine vorgeschlagenen Artikel für die Besucher unseres Shops tatsächlich relevant sind. So hilft uns KI, bei wachsendem Sortiment auf immer individuellere Kundenwünsche einzugehen, ohne dass wir den Algorithmen zu detailliert auf die Finger schauen müssen.

Hinzukommen können und sollten immer Regeln im Sinne eines Corporate Designs. Solche Regeln können sowohl die Objektivität fördern als auch ein individuelles Branding zum Ausdruck bringen: Bestimmte Daten wie Geschlecht oder Alter können zum Beispiel absichtlich ignoriert werden, oder ein Chatbot kann eine Corporate Language oder eine Persona verkörpern. Dann bekommt die objektiv messbare Qualität einen zum Unternehmen passenden Stil.

Sind diese durchaus anspruchsvollen Rahmenbedingungen gewährleistet, sollte man sich unbedingt trauen, die Fähigkeiten lernender Systeme zu nutzen: AlphaGo kann mittlerweile Go lernen, ohne ein einziges menschliches Spiel gesehen zu haben – einfach dadurch, dass es gegen sich selbst antritt, und anfänglich nur zufällige Züge macht. Das funktioniert, weil das Spiel klare Regeln hat, und es einfach ist, eine gute neue Taktik zu identifizieren, nämlich indem man gewinnt. Das System spielt nach ein paar Tagen Übung besser als jeder Mensch, wenn auch ganz anders.

Wenn uns dabei für manche Aufgaben kein gutes Messkriterium einfällt, hilft uns vielleicht auch bald eine Maschine weiter, die andere Maschinen beurteilen kann. Das könnte eine salomonische Maschine werden, die gerecht und unbestechlich ist. Und für fast alles andere können wir ruhig weiterhin weniger langweilige Maschinen haben, die sich mehr verhalten wie wir Menschen.

Dr. Michaela Regneri

### Business Cases & Machbarkeiten von Machine Learning

Aktuell ist das Thema Künstliche Intelligenz und damit insbesondere Machine Learning das am meisten diskutierte Thema im Bereich IT. Und im Bereich Machine Learning wiederum ist Deep Learning am spannendsten, d.h. das Multi-Layer-Lernen auf Basis von neuronalen Netzen.

Deep Learning unterstützt dabei sowohl das sogenannte Supervised Learning, bei dem ein Computersystem explizit angelernt wird (es werden dem System z.B. Bilder von Hunden und Katzen gezeigt, damit es die Tiere automatisch unterscheiden kann), als auch das sogenannte Unsupervised Learning, beim dem das Computersystem selbst Ähnlichkeiten entdeckt.

### Doch was macht man mit diesen Fähigkeiten? Wo ist der Business Case?

Hier gibt es – je nach Unternehmenstyp – unterschiedliche Ansätze. Der Ansatz von StartUps ist es in der Regel, mithilfe von Machine Learning einen grundsätzlich neuen Service anzubieten. Hier sind der Kreativität kaum Grenzen gesetzt. Entsprechend sind hier auch die Business Cases sehr unterschiedlich und ein Return on Invest wird häufig weit in die Zukunft verlagert. Bei etablierten Unternehmen treiben unserer Erfahrung nach zwei Aspekte den Einsatz von Machine Learning:

- Bessere Einsichten: d.h. das Unternehmen will mit Hilfe von Machine Learning existierende Daten besser analysieren und so seine Entscheidungen immer mehr auf der Basis von Daten fällen. Die automatische Bewertung von Kunden, Produkten oder Lieferanten zur Entscheidungsvorbereitung kann so realisiert werden.
- Effizientere Prozesse: d.h. das Unternehmen will mit Hilfe von Machine Learning einfache intellektuelle Prozesse automatisieren und so die Effizienz steigern. Hierzu gehören Chatbots, Voicebots und Mailbots sowie die automatische Vorbereitung einer Fallbearbeitung.

### Wann ist eine tolle Idee so gut, dass sich ein Projekt lohnt?

In etablierten Unternehmen muss dazu ein überzeugender Business Case gerechnet werden.

Beim Aspekt „Bessere Einsichten“ haben unsere Kunden vor allem folgende Faktoren im Business Case als wesentlich angesehen:

1. eine Erhöhung der Anzahl „guter“ Entscheidungen
2. eine Erhöhung der Wirkung „guter Entscheidungen“
3. eine Reduktion der Anzahl „schlechter“ Entscheidungen



Dr. Dirk Michelsen,  
Managing  
Consultant,  
IBM Watson Software & Services

4. eine Reduktion der Wirkung „schlechter“ Entscheidungen

Beim Aspekt „effizientere Prozesse“ wurden folgende Faktoren als treibend gesehen:

1. ein Reduktion der Anzahl menschlicher Tätigkeiten
2. eine Reduktion des Aufwandes menschlicher Tätigkeiten
3. eine Reduktion der Fehlerrate menschlicher Tätigkeiten

Einsätze von Machine Learning jenseits dieser Faktoren haben in etablierten Unternehmen mangels Finanzierung kaum eine Chance auf Umsetzung. Insofern ist unsere Empfehlung, durchaus kreativ über die Einsatzmöglichkeiten von Machine Learning nachzudenken, aber auf keinen Fall den Business Case aus den Augen zu verlieren.

**Was ist der dominante Faktor bei der Machbarkeit?**

Zur Machbarkeit von Machine Learning Projekten tragen drei Faktoren am meisten bei:

- die Verfügbarkeit von Daten
- die Verfügbarkeit von hinreichend performanter Hardware
- die Verfügbarkeit von hinreichend performanten Algorithmen

Aufgrund des Moore'schen Gesetzes und der Nutzung von Graphical Processing Units, d.h. von Graphikkarten für die notwendigen Berechnungen, ist der Besitz von hinreichend performanter Hardware meistens kein technisches, sondern eher ein ökonomisches Problem. Dank der Vielzahl von Open Source Projekten und Closed Source Produkten ist auch die Verfügbarkeit von performanten Algorithmen eher selten der Show-Stopper. Zudem stehen performante Algorithmen auf performanter Hardware mittlerweile von diversen Anbietern als Cloud-Service zur Verfügung, u.a. bei IBM.

Es bleibt die Verfügbarkeit von Daten als ein wesentlicher Faktor bei der Machbarkeit. Im Fall des Supervised Learning müssen hinreichend viele Datensätze annotiert, d.h. mit der menschlichen Bewertung (d.h. dieses Bild zeigt eine Katze, dieser Antrag zeigt einen Betrugsversuch, etc.), vorhanden sein. Im Fall des Unsupervised Learning müssen die Datensätze in hinreichender Menge und Qualität vorhanden sein, um selbständig Gemeinsamkeiten zu entdecken.

#### Zusammenfassung

Zusammenfassend heißt das, das Machine Learning-Projekte die höchste Erfolgchance haben, wenn es einerseits genügend Daten im Unternehmen für das Training der Machine-Learning-Mo-

delle gibt und andererseits sich ein Business Case auf Basis „besserer Entscheidungen“ oder „effizienter Prozesse“ rechnen lässt.

In einem Kreativ-Workshop zu den Einsatzmöglichkeiten von Machine Learning mit anschließender Bewertung nach Business Case und Verfügbarkeit der notwendigen Daten lassen sich interessante Ansätze relativ schnell ausloten.

Dr. Dirk Michelsen

## 1.1.3 Von Datenreichtum zu Wissen

### Daten sind der Treibstoff für künstliche Intelligenz

**Gezieltes Daten-Management ist die Basis, um künstliche Intelligenz strategisch einzusetzen**

Digitale Transformation ist eines der Schlagworte in jeder Branche. Beschrieben wird damit nichts anderes als ein signifikanter Wandel, der Unternehmen von Grund auf verändert. Keine Organisation kann sich der digitalen Transformation entziehen, wenn sie in den nächsten Jahren weiterhin erfolgreich am Markt bestehen will. Doch was gehört alles dazu? Zum einen müssen Prozesse und Abläufe im Unternehmen optimiert werden, zum anderen aber auch die Art der Arbeit. Nur so lassen sich neue Geschäftsmodelle entwickeln und Organisationen fit für die Zukunft machen. Teil dieser neuen Modelle und agilen Prozesse ist die Implementierung von künstlicher Intelligenz (KI) und Machine Learning.

Doch KI kann nur so gut unterstützen, wie die Daten, aus denen die Systeme ihre Erkenntnisse ziehen. Hier liegt die Crux: Unternehmen speichern eine Flut von Informationen, die häufig unstrukturiert oder sogar mehrfach abgelegt werden – und verlieren den Überblick darüber. Im Zeitalter der neuen EU-Datenschutzverordnung ist dies rein aus Security-Gründen bereits bedenklich. Darüber hinaus erhalten auch Mitarbeiter kein komplettes Bild, denn sie greifen meist nur auf die schnell auffindbaren Daten zu. Die mögliche Lösung hierfür ist ein KI-System in Kombination mit Master Data Management (MDM). MDM bietet eine einzige, umfassende Übersicht über die Daten. Mitarbeiter erhalten damit ein holistisches Bild aller vorhandenen Stammdaten. Das KI-System analysiert diese Informationen, zieht daraus entsprechende Erkenntnisse und gibt Teams erste Handlungsempfehlungen. So sind Führungskräfte in der Lage, informierte, strategische Entscheidungen

zu treffen und neue Geschäftsmodelle zu entwickeln. Informatica nennt dieses neue Zeitalter „Data 3.0“.

Doch was bedeutet dies genau für Unternehmen? Die Mehrheit der Organisationen sagt KI ein enormes Wachstum voraus und investiert in entsprechende Projekte – auch, wenn sie häufig nicht genau wissen, welches Ziel sie verfolgen. Was viele Firmen nicht realisieren: Die von den KI-Systemen zur Verfügung gestellten Erkenntnisse sind nur so gut wie die Daten, die sie analysieren. Ein Datenpool, der lückenhaft ist oder veraltete Informationen enthält, unterstützt Unternehmen nicht.

**Machine Learning und künstliche Intelligenz beschleunigen die Auslieferung von Daten**

Um wettbewerbsfähig zu bleiben, müssen Unternehmen ihre Datenbestände immer auf dem aktuellsten Stand halten und sie gleichzeitig auf Basis einer Vielzahl von Parametern analysieren können. Hier arbeiten Daten-Management- und KI-Anwendungen nahtlos zusammen und erlauben es Organisationen, die Informationen bestmöglich zu nutzen. Während sich traditionelle Herangehensweisen noch nicht genügend skalieren ließen, um die momentanen (und künftigen) Anforderungen zu erfüllen, sind End-to-End-Datenmanagement-Plattformen dazu in der Lage. Daten, Metadaten und Machine Learning- sowie KI-Lösungen arbeiten zusammen und liefern Anwendern die benötigten Informationen. So verbessern sie die Produktivität und Effizienz im gesamten Unternehmen.

Ein starkes Datenmanagement ist somit das Rückgrat eines Unternehmens und ermöglicht fundiertere, datenbasierte Entscheidungen. Dank Automation und leistungsfähigen KI-basierten Prozessen – von Data Discovery bis hin zu KI- und Machine Learning-Technologien – lassen sich außerdem Datenspitzen vorhersehen und eine Vielzahl von operativen Herausforderungen erkennen, analysieren, priorisieren und lösen.

Künstliche Intelligenz kann außerdem Aufgaben übernehmen, die Mitarbeiter nur mit hohem Zeitaufwand manuell durchführen können. Dazu gehören beispielsweise die Sichtung und Identifizierung großer Datenmengen – und das Erkennen von Mustern oder Anomalien innerhalb dieser Informationen.

KI ist in der Lage, einen vorausschauenden Betrieb zu gewährleisten, indem sie alle verfügbaren Daten analysiert und entsprechende Lösungsvorschläge entwickelt. Dies kann die künftige Wartung von Maschinen betreffen, aber auch die Optimierung einer Lieferkette. Basis dafür ist wiederum ein leistungsfähiges Daten-Management-System, das aktuelle Informationen zur Verfügung stellt. Daten sind ein wahrer Schatz für Unternehmen, sie sind sich aber häufig nicht sicher, wie sie diesen heben können. Die Kombination aus Daten-Management und künstlicher Intelligenz bildet eine leistungsfähige Lösung. Gleichzeitig gewährleistet das Zusammenspiel von Daten-Management und KI eine fundiertere Entscheidungsfindung für Unternehmen – und damit Wettbewerbsvorteile und den künftigen Geschäftserfolg.

Oliver Schröder

### Daten noch smarter erfassen: Supervised Machine Learning

Künstliche Intelligenz ist lange nicht mehr nur ein Trend, der in ferner Zukunft auf uns wartet. Laut Crisp-Studie „Machine Learning im Unternehmenseinsatz – Künstliche Intelligenz als Grundlage digitaler Transformationsprozesse“ gibt ein Fünftel der IT-Entscheider an, maschinelles Lernen bereits produktiv einzusetzen. Insgesamt 64 Prozent befassen sich mit diesem Themenkomplex. Die verlockenden Aussichten: Prozessoptimierung, Effizienzsteigerung und völlig neue Einblicke in Daten und Informationen, die dem eigenen Unternehmen einen Wettbewerbsvorteil verschaffen. Insbesondere in Bereichen, in denen noch viel manuelle Arbeit geleistet wird, wie beispielsweise bei der Erfassung von Aufträgen, Rechnungen und anderen Belegen, verbergen sich erhebliche Optimierungspotenziale. Ganz ohne aufwändige Einstiegsinvestitionen lassen sich diese Chancen mit Lösungen nutzen, in denen bereits intelligente Komponenten integriert sind. So beispielsweise in Epheso Transact, einem Tool für Smart Document Capture auf Basis von Supervised Machine Learning.

### Zusammenarbeit von Mensch und Maschine

Supervised Machine Learning ist eine besondere Form des maschinellen Lernens. Das Fundament dieser Technologie bildet ein intelligenter Algorithmus, der die Klassifizierung von Dokumenten managt und automatisch die entsprechende Zuordnung in unterschiedliche Kategorien vornimmt. Doch das geschieht nicht ausschließlich in Eigenregie, sondern mit menschlicher Unterstützung. Während der Implementierung des Systems wird die Lösung mit Hilfe von Beispieldokumenten durch einen Nutzer angelernt. So erfährt das Smart Document Capture Tool, welche Aspekte für die korrekte Zuordnung relevant sind und welche Ausprägungen entscheiden, um welche Art von Dokument es sich jeweils handelt. Im laufenden Betrieb geschieht die Klassifizierung dann weitgehend automatisch. In Sonderfällen oder kritischen Situationen unterstützt allerdings



Oliver Schröder,  
General Manager,  
Informatica DACH



Enno Lückel,  
Vice President  
EMEA,  
Epheso

wieder die menschliche Komponente: Kann die intelligente Technologie einmal nicht zweifelsfrei entscheiden, in welchen Bereich der einzelne Beleg gehört, legt sie den entsprechenden Fall einem Nutzer vor, der mit seinem Know-how unterstützt. Die neue Information speichert das System ab und lernt so kontinuierlich dazu. Auf diese Weise verringert sich der Aufwand für die Mitarbeiter stetig und das Tool übernimmt die Routine-Aufgabe der Dokumentenklassifizierung zuverlässig, korrekt und in Sekundenschnelle.

**Synergie unterschiedlicher Intelligenzen nutzen**  
Entgegen der Befürchtung, künstliche Intelligenz würde menschliche Arbeitsplätze gefährden, setzt Supervised Machine Learning auf die Synergien, die durch die Kombination von Mensch und Maschine entstehen können. Das System arbeitet extrem schnell, ist jederzeit leistungsfähig und stellt nahezu unbegrenzt Ressourcen bereit. All das geschieht flexibel aus der Cloud und belastet so nicht einmal die interne IT-Infrastruktur des Unternehmens. Aufgrund der klar festgelegten Algorithmen ist die Fehleranfälligkeit sehr gering, es gibt keinerlei Abweichungen von den vorgegebenen Prozessen und auch keine Ablenkungen durch andere Aufgaben oder eilige spontane Projekte. Mit diesen Eigenschaften kann die Maschine ihre menschlichen Kollegen ideal entlasten und sie von aufwändigen Arbeiten entbinden, die effizient und einwandfrei erledigt werden müssen, jedoch keine besonderen Fähigkeiten voraussetzen. Der Human-Faktor kommt immer dann ins Spiel, wenn fachliches Know-how und Kontext-Wissen gefragt sind. Nutzer müssen dort unterstützen, wo immer die Technologie nicht weiterkommt, und können sich in der restlichen Zeit auf taktische und strategische Themen konzentrieren, wo ihre Fähigkeiten dringend gebraucht werden. Dank der Synergie aus menschlicher und maschineller Intelligenz profitiert das Unternehmen von optimalen Ergebnissen und wertvollen Wettbewerbsvorteilen.

**Geschäftsergebnisse nachweislich verbessern**  
Business Intelligence ist heute mehr denn je bares Geld wert. Je transparenter das eigene Unternehmen wird, je mehr Informationen bereitstehen und je detaillierter die Verantwortlichen relevante Daten auswerten können, umso besser lässt sich dieser Wissensschatz nutzen, um die eigene Strategie zukunftssicher zu gestalten. Dank Supervised Machine Learning im Document-Capture-Prozess lässt sich die Genauigkeit in der Dokumentenklassifizierung nach einer nur zweitägigen Anlernphase nachweislich um bis zu 92 Prozent steigern. Darüber hinaus entstehen auch Vorteile

in Anbetracht der DSGVO: Schlanke, effiziente Prozesse sorgen für maximale Transparenz im gesamten Unternehmen. Das schafft die ideale Voraussetzung, um jederzeit genaue Kenntnis über die vorgehaltenen Daten nachweisen zu können und dazu in der Lage zu sein, auf Wunsch gezielt Informationen herauszugeben oder zu löschen. Durch den Wegfall papierbasierter Prozesse und händischer Informationserfassung steigt außerdem die Produktivität um bis zu 400 Prozent. So ergeben sich umfassende Möglichkeiten für Betriebe unterschiedlichster Branchen – vom Finanzsektor über Versicherungen und öffentliche Verwaltung bis hin zum Gesundheitswesen sowie in der Buchhaltung und Rechnungsverarbeitung. Jedes Unternehmen, das viele Belege verarbeiten muss, profitiert von Supervised Machine Learning im Bereich Smart Document Capture.

Enno Lückel

**Data Analytics und Maschinelles Lernen professionalisieren**

Big Data und komplexe statistische Analysemethoden stehen branchenübergreifend im Fokus. Auch viele Unternehmen, die nicht zu den Digital Natives der Firmenwelt zählen, wie etwa Versicherer, investieren erhebliche Summen in Initiativen im Bereich Data Analytics und Maschinelles Lernen (ML). In der Anfangsphase ging es darum, Anwendungsfälle für Analytics-Lösungen entlang der Wertschöpfungskette der Versicherung aufzuspüren. Jetzt ist es wichtig, die Aktivitäten systematisch zu professionalisieren, um daraus nachhaltig den größtmöglichen Nutzen zu ziehen.

Obwohl sie nicht zum Kreis der Digital-Native-Unternehmen gehören, haben die meisten Versicherer bereits erhebliche Summen in Data Analytics- und ML-Initiativen investiert. Denn sie haben erkannt: Nur so kann die Assekuranz künftige Herausforderungen wie ein sich veränderndes Kundenverhalten, neue regulatorische Anforderungen, hohe Lohnkosten und zunehmenden Wettbewerb durch InsurTech-Startups erfolgreich bewältigen. Laut einer Umfrage von McKinsey aus dem Jahr 2016 investieren Lebens- und Nichtlebensversicherer weltweit jährlich bis zu 80 Millionen US-Dollar in Data Analytics.[1] Heute ist Data Analytics ein fester Bestandteil der Wertschöpfungskette der Assekuranz. Viele Versicherer, vor allem kleine und mittlere Unternehmen, haben allerdings noch Probleme, ihre Lösungen zu skalieren.

Im Versicherungssektor untersuchten die meisten Unternehmen zunächst im Explorationsmodus, welchen Wert Data Analytics und ML für sie birgt. In dieser Phase werden verschiedene Anwendungsfälle entlang der Wertschöpfungsket-

te erprobt. Dazu werden neue Teams gebildet und externe Partner eingebunden. First Mover waren dabei in der Regel die Unternehmen, die in einem datenreichen Umfeld agieren. Krankenversicherer verfügen beispielsweise über eine Fülle von personenbezogenen Daten zu Diagnose, Behandlung und verschriebenen Medikamenten. Auch bei Munich Re wurde 2010 das erste Analytics Team im Geschäftsbereich Gesundheit ins Leben gerufen, welches den Mehrwert fortgeschrittener statistischer Modelle für das Medical Management oder Leistungsprüfung nachweisen konnte. Die Abbildung 1 zeigt wichtige Meilensteine der Nutzung von Data Analytics in der Versicherungswirtschaft.

Viele Versicherer stehen jetzt vor der Herausforderung, das Potenzial ihrer Data Analytics- und ML-Initiativen vollständig auszuschöpfen. Beispielsweise lassen sich die bereits vorhandenen IT-Systeme oft nicht schnell genug an neue Infrastruktur-Anforderungen in Bezug auf Datenspeicherung und -verarbeitung sowie massive parallele Rechenleistung anpassen. Auch die Datenqualität lässt in Bezug auf Vollständigkeit, Fragmentierung oder Governance noch zu wünschen übrig. Zudem mangelt es an Fachkräften, die mit hoch entwickelten Analysemodellen umgehen können. Häufig münden die durch Analysen gewonnenen Erkenntnisse nicht in entsprechende Maßnahmen oder Prozessänderungen. Die anfängliche Abkopplung vom Produktivbetrieb in der Explorationsphase hat außerdem zu erheblichem technischen Nachholbedarf geführt, was die produktionsreife Umsetzung der Lösungen angeht. Die Analyselösungen kommen daher nicht immer im Echtbetrieb zum Einsatz.

Jetzt ist die Assekuranz an einem Punkt angelangt, an dem umsichtige Strategien für die Professionalisierung von Data Analytics- und ML-Initiativen gefragt sind, damit diese im Unternehmen ihre Wirkung entfalten können. Die Neugier und Agilität aus der Explorationsphase darf dabei aber nicht völlig verloren gehen. Versicherer sollten sich also Gedanken machen, wie

sie ihre Erkenntnisse aus den Anwendungsfällen und Prototypen der Anfangsphase so umsetzen, dass sie nachhaltig profitieren. In einer Data und Analytics Strategie sollten unter anderem für die folgenden sechs Kernelemente unternehmensspezifische Antworten gefunden werden:

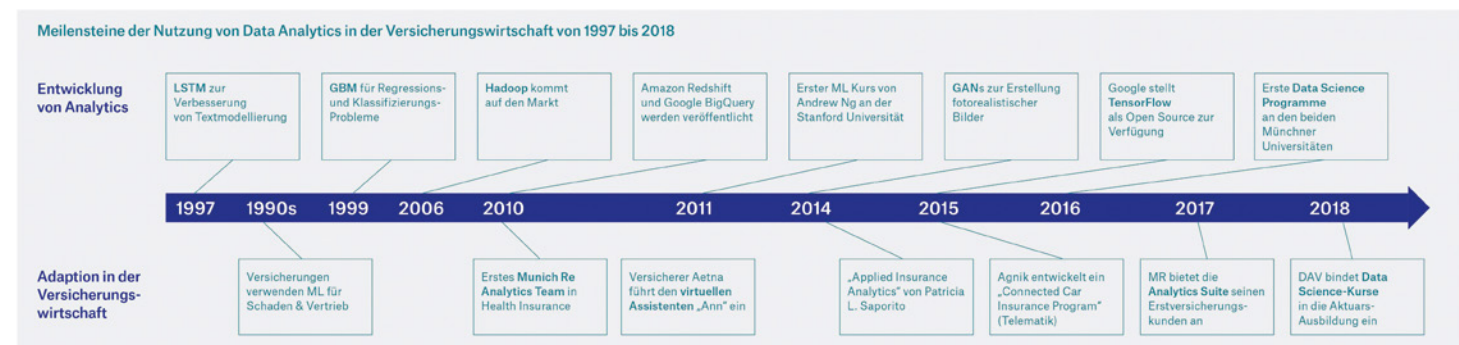


**Abbildung 2: Professionalisierung von Data Analytics- und KI-Initiativen. Bei der Entwicklung von Strategien zur Professionalisierung von Data Analytics- und ML-Initiativen sollten Versicherer mindestens sechs Kernelemente berücksichtigen.**

Erstens sind skalierbare Organisationsstrukturen erforderlich. Dies betrifft sowohl die zunehmende Aufteilung der Zuständigkeiten als auch einen geeigneten Dezentralisierungsgrad der Analytics-Aktivitäten. Ersteres spiegelt sich in neuen Anforderungsprofilen wie Machine Learning Engineer, Data Privacy Expert oder Visual Data Scientist wieder, aber auch in fachlichen Spezialisierungen wie Forensic Analytics Experts oder Digital Sales Analytics Consultants. Die Versicherer müssen eine effektive Organisation dieser Zuständigkeiten gewährleisten, wobei auch das Zusammenspiel mit anderen Funktionen in den Geschäftseinheiten, der Rechtsabteilung oder der



**Dr. Matthias Duschl, Data Analytics Consultant, Munich Re**



**Abbildung 1: Meilensteine der Nutzung von Data Analytics in der Versicherungswirtschaft**

IT zu berücksichtigen ist. Die optimale Mischung aus zentralen und dezentralen Einheiten muss für jedes Versicherungsunternehmen separat bestimmt werden und hängt unter anderem von der Unternehmensgröße, der Geschäftssparte und den gewachsenen Strukturen ab. Ein mit entsprechenden Befugnissen ausgestatteter Chief Data Officer oder Chief Analytics Officer stellt einheitliche Qualitätsstandards und eine kohärente Datenarchitektur sicher.

Zweitens benötigt jedes Versicherungsunternehmen ein Mindestmaß an Analytics Fähigkeiten, um Analytics Projekte entweder selbst durchführen oder, im Falle einer Outsourcing Strategie, zumindest betreuen zu können. Dies bedingt einerseits, dass gerade im Recruiting dieser in der Versicherungswirtschaft neuen Skills eine Qualitätssicherung erfolgen muss. Munich Re hat bereits 2011 einheitliche Assessment Center für die Messung dieser Fähigkeiten eingeführt, um die Qualität von Data Scientist Bewerbern weltweit sicherstellen zu können. Neben der Rekrutierung neuer Mitarbeiter wird ein differenziertes Weiterbildungskonzept zum Ausbau der Data-Analytics-Fähigkeiten im Unternehmen immer wichtiger – nicht zuletzt auch deshalb, weil Experten auf dem Arbeitsmarkt Mangelware sind. Gerade die bestehenden Aktuarien stehen aufgrund ihres mathematischen Hintergrunds im Fokus.

Drittens müssen Methoden eingesetzt werden, die zu produktionsreifen Data-Science-Lösungen führen. Dabei ist der gesamte Lebenszyklus der Analytics-Modelle zu berücksichtigen. Während der Explorationsphase konzentrierten sich vielen Unternehmen auf die Modellentwicklung. Statistisch fundierte Modelle müssen auch im Ziel-IT-System implementiert, die Ergebnisse industrialisierter Modelle überwacht und die Modelle kontinuierlich weiterentwickelt werden. Bei einer zunehmenden Zahl von Modellen im Produktivbetrieb ist die Verwendung eines geeigneten Tool-gestützten Model Management Framework zu empfehlen. Diese Produktionssicht wirkt sich auch darauf aus, wie neue Modelle entwickelt werden. So gilt es einen Trade-offs zwischen der Komplexität und Vorhersagekraft eines Modells auf der einen Seite und den Generalisierungseigenschaften, der Implementierbarkeit, Interpretierbarkeit und Transparenz auf der anderen Seite abzuwägen. Dies ist insbesondere vor dem Hintergrund der neuen DSGVO für personenbezogene Daten sowie in traditionell stark regulierten Branchen wie dem Versicherungswesen relevant.

Viertens: Daten gelten gemeinhin als wertvoller Rohstoff: daher haben im Prinzip alle Versicherungsunternehmen ein Interesse an der Sammlung und Speicherung relevanter Daten und Informati-

onen. Hierbei bedarf es unterschiedlicher Ansätze, um das systematische Auffinden, die Strukturierung (v.a. von unstrukturierten Daten) sowie den unternehmensweiten Zugang zu diesen Daten sicherzustellen. Die durch den unternehmensweiten Zugang erfolgte „Demokratisierung“ kann selbstverständlich nur auf der Basis klarer Regeln erfolgen, um die Einhaltung interner aber auch gesetzlicher Rahmenbedingungen sicherzustellen.

Fünftens müssen Prozesse durchgängig betrachtet und angepasst werden. Bei einem Anwendungsfall für einen Betrugs-Score sollte man beispielsweise nicht nur die Maximierung der Vorhersagekraft im Blick haben, sondern auch die Schadenregulierungsprozesse berücksichtigen. Die statistisch abgeleiteten Betrugs-Scores müssen in (entsprechend angepasste) Prozesse zur Automatisierung von Entscheidungen eingebettet werden. Diese Entscheidungen werden von Experten überprüft und granular gespeichert, um die analytischen Modelle kontinuierlich zu verbessern. Bei dieser Data-to-Action-Sichtweise stehen der Geschäftswert und die Prozesse im Mittelpunkt. Da maschinelles Lernen zunehmend standardisiert wird – immer mehr Softwarelösungen bieten automatisierte Workflows vom Feature Engineering, Modelltraining bis zur Modellauswahl an – wird es möglich, bei Analytics-Projekten den Fokus verstärkt auf durchgängige Implementierung und Geschäftsprozessänderungen zu legen.

Schließlich ist auch die Kultur ein wesentlicher Faktor, wenn es darum geht, im Unternehmen eine „insight-getriebene“, das heißt im Wesentlichen auf Daten und Analyseergebnissen basierende Entscheidungsfindung („Management by Data“) zu etablieren. Neben der Demokratisierung der Daten und einem umfassenden Weiterbildungskonzept zum Thema Analytics spielt hier die Unterstützung durch die Unternehmensführung eine entscheidende Rolle. Solange sich die Unternehmen noch im Explorationsmodus befinden und den Geschäftswert ihrer Data Analytics-Initiativen nicht voll ausschöpfen, scheint es bei Versicherern noch Widerstände zu geben. Deshalb ist es wichtig, die Lücken bei der Professionalisierung von Data Analytics rasch zu schließen, um diesen Kulturwandel zu legitimieren. Versicherungsunternehmen benötigen also eine klare Maßnahmenkatalog, um den Buy-In der Mitarbeiter und Führungskräfte sicherzustellen. Hierzu kann einerseits eine Aufklärungs- und Kommunikationsstrategie gehören, andererseits kann aber auch die Vergabe von „Daten“-Zielen eine intensivere Beschäftigung mit dem Themenkomplex sicherstellen.

Dr. Matthias Duschl

Referenzen: [1] <https://www.mckinsey.com/industries/financial-services/our-insights/raising-returns-on-analytics-investments-in-insurance>

### Text Analytics: 10 Datenschätze, die Algorithmen heben können

Ob E-Mails, Online-Kommentare oder Vertragstexte – sehr viele Datenschätze und Informationen liegen auch heute noch lediglich in Form unstrukturierter Texte vor. Dies weckt bei vielen Unternehmen den Wunsch nach einer automatisierten Auswertung, wie sie bei strukturierten Informationen, beispielsweise in Data Warehouses, selbstverständlich ist.

Wem es gelingt, Text automatisiert zu analysieren, dem stehen viele Türen offen. Im Folgenden wird der Begriff Text Analytics erklärt und ein Überblick über 10 fachliche Anwendungsbeispiele gegeben, die aktuell besonders viel Anklang in der Wirtschaft finden.

#### Das Potenzial, Texte automatisiert zu verarbeiten, zu interpretieren und zu analysieren ist im Jahr 2018 riesig.

Folgende typische Szenarien aus dem Unternehmensalltag werden einigen bekannt vorkommen: 300 Kundenservice-Anfragen pro Tag, jede einzelne muss manuell kategorisiert werden. 70.000 Verträge ohne automatisiertes Ablagesystem. 1.000 Online-Reviews zum Produkt müssen für die Einkaufsverhandlung alle der Reihe nachgelesen werden. 30 Leserkommentare pro Minute in der eigenen Online Community und der Community Manager entdeckt die dringendsten eher per Zufall.

Fortgeschrittene Arten der Textanalyse helfen, bisher manuell durchgeführte, zeitaufwändige und fehlerbehaftete Prozesse der manuellen Massentextverarbeitung effizienter zu gestalten. Außerdem bieten sie jede Menge Potenzial, Kosten einzusparen, sich einen Wettbewerbsvorsprung durch neues Wissen zu erarbeiten – und die Nerven der eigenen Mitarbeiter zu schonen.

Was versteht man unter dem Begriff Text Analytics  
Hinter dem Begriff Text Analytics, oft auch als Text Mining bezeichnet, versteht man die Verar-

beitung unstrukturierter Daten mit Algorithmen. Dahinter verbirgt sich eine große Vielfalt an Methoden und Technologien. Immer geht es darum, relevante Informationen aus einer großen Menge von Textdokumenten abzuleiten. Grob lässt sich das in drei Bereiche aufteilen:

1. Textstatistik: Worthäufigkeiten auswerten. – Aussagen über einzelne Dokumente sind ebenso möglich wie solche über Textmengen.
2. Unüberwachtes Machine Learning: Strukturierung einer Textmenge. – Aussagen über Gesamtstruktur der Dokumentenmenge.
3. Überwachtes Machine Learning: Training eines Algorithmus auf Kategorien und anschließende Kategorisierung der Dokumente. – Aussagen über einzelne Dokumente möglich wie auch über die Verteilung im gesamten Textarchiv.

#### Potenzial für das eigene Geschäft identifizieren

Der Einsatz von Text Analytics ist heute gut erprobt, um im Produktivbetrieb von Unternehmen eingesetzt zu werden. Dieser verbreitet sich insbesondere in letzter Zeit sehr stark dank konzeptioneller Fortschritte im Bereich der künstlichen Intelligenz, speziell beim Machine Learning, durch die allgemeine Verfügbarkeit von Texten mit hoher Qualität (z.B. Wikipedia) und hochoptimierter Open Source Algorithmen. Früher war zum Beispiel die Bestimmung, in welcher Sprache ein Dokument geschrieben war, für Computer kaum lösbar. Heute ist das dank neuer Klassifikationsmethoden und umfangreich trainierter Modelle kein Problem mehr.

Abhängig von den Zielen sind passende Methoden zu wählen. So kann man die Sprache eines Dokuments mit Hilfe der Klassifikation herausfinden. Im Weiteren werden die einzelnen Bereiche der Text Analytics mit Beispielen belegt.

#### 1. Textstatistik: Kurz & knapp

Methoden aus der Textstatistik arbeiten mit den einzelnen Worten in den Texten. Dadurch wer-



Stephanie Fischer, Mitgründerin/Product Owner für Text Analytics Services, datanizing GmbH



Abbildung 1: Text Analytics Bereiche. Quelle: datanizing GmbH

©datanizing GmbH

den große Textmengen greifbar. So kann man sich schnell einen Überblick über große Textmengen verschaffen.

#### Beispielfragen, die mit Textstatistik beantwortet werden können

- Welche Worte verwendet die Community häufig?
- Welche Trends zeichnen sich ab?
- Wie gut ist dieser Text lesbar (Lesbarkeitsindex)?
- Welche Merkmale (z.B. Farben) befinden sich in den Produktbeschreibungen (Entity Extraction)?

#### 2. Unüberwachtes Machine Learning: Kurz & knapp

Unüberwachte Machine Learning Verfahren strukturieren Textmengen selbständig und machen so Zusammenhänge und Muster sichtbar, die ein Mensch nur mit sehr hohem Aufwand oder gar nicht erkennen könnte. Außerdem kann durch sogenannte Feature Extraktion Wissen aus einzelnen Texten automatisiert extrahiert werden, z.B. semantische und syntaktische Zusammenhänge. Durch Dimensionality Reduction werden Besonderheiten der einzelnen Texte erkannt, indem der Algorithmus die gesamte Textmenge mit einbezieht und auszeichnende Unterschiede ermittelt.

#### Beispielfragen, die mit unüberwachtem Machine Learning beantwortet werden können

- Was ist die organische Struktur meines Dokumentenarchivs?
- Welche Worte fassen einzelne Texte im Kontext meines gesamten Archivs am besten zusammen (Dimensionality Reduction)?

#### 3. Überwachtes Machine Learning: Kurz & knapp

Für das überwachte Lernen werden kategorisierte Texte benötigt, deren Klassifikationsschema man gerne auf neue Texte anwenden möchte. Man muss zu Beginn also selbst wissen, nach was man klassifizieren möchte. Oft muss man dafür ein sogenanntes Trainingsset zuerst manuell klassifizieren, das heißt jedem einzelnen Text wird händisch die passende Kategorie zugewiesen. Der Algorithmus lernt die Logik innerhalb dieses Trainingssets. Anschließend wendet er diese erlernte Logik auf neue Texte an. Neue Texte werden so in bekannte Kategorien automatisiert einsortiert.

#### Beispielfragen, die mit überwachtem Machine Learning beantwortet werden können

- Beinhaltet diese Kundenemail eine Beschwerde?
- In welcher Sprache wurde dieser Text verfasst?
- Wieviel Aggressivität ist in diesem Kommentar enthalten?
- In welche Ablage gehört dieses Dokument?

#### Bei Machine Learning muss auch die Organisation weiter lernen

Der volle Mehrwert von Innovationen wie Machine Learning entfaltet sich erst dann, wenn das lernende System verantwortungsvoll in der Organisation verankert wird: planvolle, schrittweise Implementierung, ein effektives Change Management und Weiterbildung sind hier entscheidend, um die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zur Nutzung des neuen Systems zu befähigen sowie von allen Vorteilen des neuen Systems zu profitieren. Dazu müssen die Auswirkungen des Machine Learnings auf Belegschaft, Kunden, Zulieferer und die Organisation an sich betrachtet und mit den Unternehmenswerten in Einklang gebracht werden.

#### Zusammenfassung der Potenziale von Text Analytics

Text Analytics kann in fast jedem Unternehmen helfen, den täglichen Geschäftsbetrieb zu optimieren. Der manuelle Leseaufwand kann so verringert werden, unternehmensintern und -extern vorhandene Textfluten können erschlossen und als Quellen für eigene datenbasierte Unternehmensentscheidungen effizient genutzt werden. Das ist mittlerweile nicht mehr nur den großen Internetkonzernen wie Google, Facebook und Amazon vorbehalten, sondern kann schnell und effizient auch bei kleineren Unternehmen eingeführt werden.

Die hier erklärten 10 Beispielfragen sollen dazu inspirieren, mit Text Analytics zu beginnen. Denn eines ist klar: die kommerzielle Nutzung von Text Analytics steht noch am Anfang.

Es gilt jetzt zu starten, denn mit der Nutzung von Text Analytics für das eigene Unternehmen ist es wie mit der Digitalisierung generell: Wer darauf wartet, bis sie von selbst kommt, verpasst die Chance neue Geschäftsfelder zu entwickeln, Kundenzufriedenheit zu steigern, sich Kostenvorteile zu sichern und als Vorreiter der Konkurrenz einen Schritt voraus zu sein. Stephanie Fischer

## 1.2 ML IN DER PRAXIS

### 1.2.1 Datenschutz und rechtlicher Rahmen

#### KI und Machine Learning: Warum wir mit dem Datenschutz von heute die Zukunft verspielen

Maschinelles Lernen – ein System lernt aus Erfahrung und kann das Gelernte schließlich auf weitere Fälle anwenden. Im Bereich der Künstlichen Intelligenz (KI) heißt diese Erfahrung: Daten. KI braucht Daten in großen Mengen, um zu lernen und immer besser zu funktionieren. Je mehr Daten die Technik zum Üben hat, desto besser werden die Ergebnisse. Sie kann Muster erkennen und so eigenständig Lösungen für Probleme finden.

Das Thema „Daten“ ist gerade bei uns in Deutschland traditionell ein ambivalentes. Auf der einen Seite nutzen wir ohne große Sorgen Facebook und WhatsApp, schauen YouTube-Videos oder spielen Online-Games. Auf der anderen Seite dürfen Ämter und Behörden vorhandene Daten nicht ohne weiteres untereinander austauschen – zum Nachteil der Bürger. So kommt es, dass ich der Behörde das Geburtsdatum meines Kindes im Zweifel mehrfach mitteilen muss – je nachdem, ob ich eine Geburtsurkunde oder Elterngeld beantrage oder es in der Kita anmelden möchte. Der Datenschutz wird groß geschrieben, das ist durchaus ein Standortvorteil. Aktuell sorgt jedoch die Umsetzung der Datenschutzgrundverordnung (DSGVO) für große Unsicherheit. Unternehmen, Einrichtungen, Institute und Privatpersonen wissen oft nicht so recht: Was darf ich eigentlich? Vielfach ist man erstmal vorsichtig. Oder anders ausgedrückt: Besonders datensparsam.

Datensparsamkeit gilt gesellschaftlich als wichtige Tugend. In der Forschung schadet sie jedoch dem Fortschritt – vor allem im Bereich der Künstlichen Intelligenz! KI muss, um vernünftig zu lernen und arbeiten zu können, so viele Informationen wie nötig, verschlüsseln, speichern und weiterverarbeiten. In einigen Bereichen sammeln Großforschungsgeräte kontinuierlich gigantische

Mengen an Daten. Big Data, Informationsverarbeitung und Datenspeicherung sind Bereiche mit exponentiell wachsender Bedeutung. Sie stellen uns vor große Herausforderungen, beispielsweise Anforderungen an Infrastruktur.

Daher plädiere ich für einen Paradigmenwechsel. Wir müssen keine Daten schützen, wir müssen Menschen schützen. Im Kern sollte nicht die Frage stehen: Welche Daten erheben wir? Sondern: Was passiert mit den Daten? Welche Bürgerrechte können betroffen sein? Darüber hinaus müssen wir aufzeigen: Wie nutzen die Daten und ihre Verarbeitung uns als Individuum ganz konkret? Und welchen Nutzen bringen sie der Gesellschaft?

Ich bin fest davon überzeugt: Damit Staat unsere Daten wirksam schützen kann, brauchen wir eigene Datenbanken und Speicherorte in Deutschland. Das ist zum einen eine politische, aber auch eine technische Frage. Sie zu lösen ist enorm wichtig für die datenbasierte Forschung. Bei uns vor Ort – in Deutschland und Europa – muss Forschung mit großen Datenmengen möglich sein. Die Datensicherheit muss hier bei uns gewährleistet werden können. Wir müssen Anonymisierung und Zugriffsrechte klar regeln.

Wir stehen aber auch vor der Frage: Woher bekommen wir die Daten, mit denen die KI lernen kann? Die USA beispielsweise können auf eine umfassende Menge an Konsumentendaten zurückgreifen – und sie scheuen nicht davor, mit diesen Daten zu arbeiten, um in Forschung und Wissenschaft voran zu kommen. Bei uns in Deutschland gäbe es beispielsweise ein großes Potential an Verkehrs- oder Gesundheitsdaten. Gerade die Medizindaten wären – selbstverständlich anonymisiert und sicher verwendet – kombiniert mit KI ein großer Fortschritt. Um wirklich erfolgreich Gesundheitsforschung betreiben zu können, benötigen wir allerdings auch Daten gesunder Menschen. Und im Bereich der Anwendung, ist dann vor allem die Relevanz der Daten entscheidend.

Ich plädiere dafür, dass wir politisch dafür sorgen, dass die Forschung die Daten, die wir in Deutschland haben, für unseren gemeinsamen Fortschritt nutzen kann. Es ist dann eine gesetzgeberische Aufgabe, Anonymität und Verfügbarkeit von Daten zu gewährleisten, so dass in Wissenschaft und Forschung ein ergebnisoffener Umgang mit Daten möglich ist. In diesem Zusammenhang müssen wir natürlich dringend über ethische Fragen reden. Im Koalitionsvertrag haben CDU/CSU und SPD vereinbart, zeitnah eine Daten-Ethikkommission einzusetzen, die Regierung und Parlament innerhalb eines Jahres einen Entwicklungsrahmen für Datenpolitik, den



Andreas Steier,  
Mitglied des  
Deutschen Bundestages (CDU),  
Deutscher  
Bundestag

Umgang mit Algorithmen, künstlicher Intelligenz und digitalen Innovationen vorschlägt. Die Klärung datenethischer Fragen kann gesellschaftliche Konflikte im Bereich der Datenpolitik auflösen und Unsicherheiten abbauen.

Warum ist das alles wichtig? Maschinelles Lernen und die Forschung an Künstlicher Intelligenz sind kein Selbstzweck. Überall auf der Welt – in den USA und China, in Frankreich und Israel – forschen kluge Köpfe an der Frage, wie man gesellschaftliches Zusammenleben und wirtschaftlichen Fortschritt durch KI verbessern kann. Dabei geht es um wichtige Zukunftsthemen, wie Gesundheitsversorgung, Energie, Mobilität und vieles mehr. Der Einsatz von KI wird auf immer mehr Themengebieten den Wettbewerb entscheiden. Sie ist unverzichtbar für Innovationen.

Wichtig ist nicht nur, dass wir Künstliche Intelligenz nutzen können, sondern dass wir sie mit gestalten. Denn wenn wir das verschlafen, entstehen die Arbeitsplätze der Zukunft nicht in Deutschland, sondern in den USA, China, Frankreich oder Israel. Maschinelles Lernen ist ein Feld, das sich aktuell rasch entwickelt. Wenn wir nicht aufpassen, nur eben anderswo. Noch haben wir es in der Hand.

Andreas Steier

## Machine Learning – Rahmenbedingungen und wo muss das Recht helfen?

### 1. Chancen und Anforderungen an eine exponentielle Veränderung

Machine Learning – der etwas konkretere Begriff für „künstliche Intelligenz“ – wird die kommenden Jahre wie kein anderes Technologie-Thema prägen. Digitale Assistenten wie Amazon Alexa, Google Assistant, selbstlernende und selbstausführende Spiele wie AlphaGo, autonome Systeme wie selbstfahrende Fahrzeuge und Transportdrohnen sind die unmittelbar sichtbaren Zukunftsbilder. Diese Beispiele sind aber nur ein Anfang. Schon jetzt sind exponentiell ansteigende Veränderungen zu erkennen, wie wir kommunizieren, arbeiten und unser Leben gestalten.

Alle Szenarien beruhen maßgeblich auf der Ansammlung und Auswertung großer Datenmengen (Big Data und Korrelation). Sie können ihre enorme Durchschlagkraft durch Skalierung entfalten, wenn sie möglichst schnell – nicht nur im Verbraucherumfeld – eine hohe Kunden- und Nutzerakzeptanz erzielen. Die Einbettung in verlässliche rechtliche Rahmenbedingungen ist dafür unverzichtbar.

Die folgenden Themen sind dazu eng miteinander verknüpft: (i) Datensouveränität (einschließlich vertraglicher Regelwerke zum Datenaustausch) und der Schutz von Betriebs-

und Geschäftsgeheimnissen; (ii) Datenschutz und die Nutzung pseudonymisierter Daten im Einklang mit der DSGVO; (iii) Datensicherheit und der Schutz vor Cyberrisiken; sowie (iv) die Haftung der Betreiber selbstlernender Systeme und die Versicherbarkeit der Ausfall- und Fehlsteuerungsrisiken. Der folgende Beitrag kann diese Aspekte nur skizzieren – die eigentliche Diskussion geht viel tiefer und steht in vielen Fragen überhaupt erst am Anfang.

### 2. Big Data, Datensouveränität und Geschäftsgeheimnisse – Axiome des Machine Learning

Wenn jedes Machine Learning auf der laufenden Verbesserung der eingesetzten Algorithmen beruht, geht dies nur durch Zuführung großer Datenmengen. Das Erfassen, Verdichten und Auswerten steht im Fokus. Die Diskussion darüber, „wem die Daten gehören“ – also die Frage nach einem ausschließlichen Zuweisungsgehalt an Daten – ist inzwischen weitgehend überwunden. Das Ergebnis: Es gibt kein zivilrechtliches „Dateneigentum“ (Daten sind keine bewegliche Sache, wie für §§ 90, 903 BGB erforderlich) und es ist nicht sinnvoll, eine Zuweisung von Ausschließlichkeitsrechten in die eine oder andere Richtung (beim Datenproduzenten oder anderen Akteuren) gesetzlich festzulegen.

Vielmehr ist Datensouveränität über die Vertragsgestaltung zwischen den am Datenaustausch Beteiligten zu realisieren. Die EU Kommission sieht dabei, dass der Datenzugang zum Teil erst eröffnet werden muss, um die „Data Economy“ in Gang zu setzen. Aus der Wettbewerbssicht verfolgt sie aber keinen vorschnellen regulatorischen Ansatz. Bisher geht es ihr um das Postulat des „Free Flow of Data“ einschließlich eines Abbaus des Geo-Blocking, sowie Grundüberlegungen zur Datenportabilität. Möglicherweise treten noch Musterverträge über Datenaustausch hinzu, um bei Marktungleichgewichten behilflich zu sein („fair contract terms“) – neben den Vorgaben zu Open Data der öffentlichen Hand.

Die andere Hürde für den unternehmensübergreifenden Datenaustausch liegt in der Sorge der Unternehmen, das „Innerste nach außen zu kehren“ und auslesbar zu werden. Hier steht mit der Umsetzung der Trade Secrets Richtlinie (EU 2016/943) eine gewichtige Veränderung gegenüber dem bisherigen Schutz der Betriebs- und Geschäftsgeheimnisse (§17 UWG) bevor. Nach derzeitigem Stand eines Referentenentwurfs ist ein Spezialgesetz vorgesehen: Schutzgegenstand sind Informationen von wirtschaftlichem Wert, weil sie geheim sind (was Rohdaten als solchen nicht unbedingt „anzusehen“ ist),

und die der Geheimnisträger durch besondere Schutzvorkehrungen geheim gehalten hat. Für Machine Learning dürfte daraus folgen, dass der wirtschaftliche Wert aus der Geheimhaltung der relevanten Datenmengen vorab existieren und diese Geheimhaltungsbedürftigkeit durch besondere Schutzvorkehrungen abgesichert sein muss. Das Ergebnis des Machine-Learning kann dann – sowohl was die verarbeiteten Datenmengen als auch den Algorithmus selber betrifft – selber wieder dem Geheimnisschutz unterliegen, wenn die Schutzvoraussetzungen erfüllt werden. Wichtig ist zu wissen: Anders als bei der DSGVO könnte es erhebliche nationale Unterschieden in der Umsetzung der Richtlinie geben.

### 3. Datenschutz und Pseudonyme Datennutzung – Lösungsansätze nach der DSGVO

Auch wenn Machine Learning in vielen Fällen ohne personenbezogene Daten auskommt, gilt spätestens seit der DSGVO: Keine Datenverarbeitung ohne Prüfung des Datenschutzes! Allein bei anonymisierten Daten findet die DSGVO keine Anwendung. Dafür ist der irreversible Entzug aller Identifikationsmerkmale erforderlich, woran die Art. 29 Gruppe schon 2014 hohe Anforderungen gestellt hat. Außerdem gilt in Zeiten von Big Data: Was heute anonym ist, kann schon morgen durch Korrelationen den Personenbezug aufweisen.

Aufgrund des weiten Begriffs personenbezogener Daten (der auch die IP Adresse des Nutzers erfassen kann) unterliegt der Verantwortliche – also das die Daten erhebende und verarbeitende Unternehmen – einer Vielzahl von Pflichten: Er muss seine Verarbeitung dokumentieren und ggf. die Folgen abschätzen, die Betroffenen informieren, für technische Datensicherheit sorgen, sowie bei Sicherheitspannen die Behörden und ggf. auch die betroffenen Personen informieren.

Eine erhebliche Herausforderung stellt die Zweckbindung dar: Änderungen der Datennutzung sind nur in engen Grenzen zulässig, so dass die Verknüpfung unterschiedlicher Datenquellen beim Machine Learning an Grenzen stößt. Die DSGVO bietet mit der Pseudonymisierung immerhin eine interessante Erleichterung. Zwar hängt viel an der weiteren Konkretisierung durch die Datenschutzbehörden und den europäischen Datenschutzausschuss – beispielsweise auch in Zusammenhang mit Verhaltensrichtlinien (Codes of Conduct). Schon jetzt ist aber abzusehen, dass pseudonyme Datenverarbeitung – einschließlich zugehöriger Verschlüsselungstechniken – größere Flexibilität für das Machine Learning schafft.

Klar ist, dass der hohe Bußgeldrahmen der DSGVO (bis zu 4% des Jahresumsatzes des Verantwortlichen, ggf. auch als Konzernumsatz) es zwingend erfordert, Machine Learning datenschutzkonform zu planen.

### 4. Datensicherheit und Schutz vor Cyber-Risiken

Die Datensicherheit ist ein kritischer Faktor des Machine Learning. Jedes Unternehmen muss die Sicherheit personenbezogener Daten durch geeignete technische und organisatorische Maßnahmen gewährleisten. Die Vertraulichkeit, Integrität, Verfügbarkeit und Belastbarkeit sind wesentliche Zielvorgaben der DSGVO – bis hin zur datenschutzkonformen Technikgestaltung („privacy by design“), wie sie gerade beim Machine Learning um Tragen kommen kann. Kommt es zu Datenpannen, muss der Verantwortliche die Aufsichtsbehörde anders als bisher nicht nur bei bestimmten Datenkategorien (wie etwa Konto- oder Gesundheitsdaten), sondern grundsätzlich über jede Datenpanne informieren, die ein Risiko für die Rechte der Betroffenen begründet – und zwar innerhalb von 72 Stunden nach Kenntnis! Allein daraus folgen erhebliche Anforderungen an die entsprechenden Prozesse bis hin zur Schulung des Management, mit den Reputationsrisiken umzugehen.

Bei etlichen Sicherheitspannen greifen neben der DSGVO auch Benachrichtigungspflichten an das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) nach dem IT-Sicherheitsgesetz (ITSiG). Adressaten sind die Betreiber kritischer Infrastrukturen (KRITIS). Wer zu den KRITIS Unternehmen gehört, ist in Rechtsverordnungen näher beschrieben. Dazu gehören u.a. auch Betreiber von Digitaldiensten. Zudem können die Zulieferer (also z.B. nachgelagerte IT Dienstleister der KRITIS Unternehmen) von den Anforderungen betroffen sein. Wer also im Machine Learning unterwegs ist, muss sorgsam mit seinem Rohmaterial umgehen und darauf vorbereitet sein, dass es zu Sicherheitspannen kommen kann.

### 5. Haftungsrisiken für autonome Systeme und Versicherung?

Während die Haftung für IT Risiken sogar ein Thema unmittelbar für den Vorstand bzw. die Geschäftsführung darstellen kann (soweit es um Risiken für den Fortbestand des Unternehmens geht, § 91 Abs. 2 AktG)), steht die Diskussion über die zivilrechtliche Haftung für die Ergebnisse des Machine Learning noch am Anfang.

Die Maßstäbe der Produzentenhaftung und Produkthaftung (einschließlich entsprechender Produktbeobachtungspflichten) geben zwar hilfreiche Orientierung, wenn maschinensteuernde



Dr. Alexander Duisberg, Partner, Bird & Bird LLP



Algorithmen sich selbständig weiterentwickeln und unvorhergesehene Ergebnisse erzeugen. Über die Anforderung an das sorgfältige Testen von autonomen Systemen, die auf Machine Learning beruhen, stößt man aber schnell auf ungeklärte Fragen: Ab wann muss der Betreiber eingreifen, wenn der Algorithmus genau wie vorgesehen funktioniert, aber zu den „falschen Ergebnissen“ führt, die sich in Rechtsverletzungen niederschlagen? Wie lässt sich produktionsrechtlich der maßgebliche Stand der Technik beschreiben, wenn die Ergebnisse des Machine Learning erst nach Inverkehrbringen entstehen und per Definition nicht oder nur zum Teil vorhersehbar sind? Wie muss ein autonomes System konstruiert werden, dass es sich bei Gefährdungen anderer von selber abstellt bzw. diese Gefährdungen erkennt? Bei einem autonomen Fahrzeug mag die Antwort noch relativ leicht zu finden sein – bei vernetzten Robotern anderer Art nicht mehr ohne Weiteres. Dabei steht der Zielkonflikt im Raum zwischen dem unverzichtbaren Schutz von Rechtsgütern Dritter und der Vermeidung innovationshemmender Überregulierung.

Bislang ist es eine Wunschvorstellung, dass man über Versicherungslösungen leicht helfen könnte. Denn auch die Versicherer müssen die Risiken zunächst bewerten und stehen derzeit vor denselben Fragen. Ob für bestimmte Konstellationen des Machine Learning eine Verlagerung von der Verursacherhaftung hin zu einer Gefährdungshaftung sinnvoll sein könnte (ähnlich der Haftung des Fahrzeughalters), ist noch zu diskutieren und ggf. zu regeln. Bis dahin kann man haftungsseitig nur empfehlen, Machine Learning in gut abgrenzbaren Bereichen einzusetzen, sorgfältig zu erproben und seine Auswirkungen und möglichen Gefährdungspotenziale laufend zu beobachten.

## 6. Fazit

Machine Learning verspricht enormes Innovationspotenzial und führt zu grundlegender Veränderung, wie wir kommunizieren, arbeiten und Neues entwickeln. Neben vertraglichen Regelungen über die Datennutzung und den Schutz von Geschäftsgeheimnissen sind die datenschutzrechtlichen Herausforderungen beachtlich und am ehesten über die Verwendung anonymer oder pseudonymisierter Datenmengen in den Griff zu bekommen. Aber auch die Cyber-Risiken und daraus folgenden Compliance-Anforderungen sind nicht zu unterschätzen. Für die eigentlichen Haftungsfragen, wie man mit den Ergebnissen des Machine Learning und etwaigen Gefahren für Dritte umgeht, sind derzeit mehr Fragen offen, als es Antworten gibt. Die Versicherbar-

keit der Risiken erscheint für klar begrenzbare Anwendungsbereiche ein wesentlicher Erfolgsfaktor. Ob hierzu neue, ggf. branchenspezifisch aufzusetzende Regeln einer Gefährdungshaftung helfen können, ist erst zu diskutieren.

Dr. Alexander Duisberg

## 1.2.2 Die Mensch-Maschinen-Schnittstelle

### KI hält Einzug in den Unternehmensalltag

Wer von künstlicher Intelligenz und maschinellem Lernen spricht, sorgt bei vielen Menschen noch immer für Stirnrunzeln und auch Bedenken. Das liegt unter anderem daran, dass häufig konkrete und alltägliche Beispiele fehlen und stattdessen zahlreiche dystopische Zukunftsszenarien skizziert werden. Keine Frage: Künstliche Intelligenz ist eine mächtige Entwicklung, die auch kritisch diskutiert werden muss. Dabei hilft es aber auch anzusehen, wie KI heute schon einen wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Mehrwert leistet.

Dabei geht es nicht darum, den Menschen zu ersetzen. KI soll den Menschen vor allem dort sinnvoll ergänzen, wo das menschliche Gehirn an seine Grenzen stößt. Denn die große Menge an Daten, die für die Entwicklung von KI dient, könnten wir Menschen gar nicht verarbeiten, insbesondere nicht in Echtzeit. Beispiele für die Unterstützung durch KI finden sich demnach in fast allen Lebensbereichen. Denken wir z.B. an die Medizin: Ein erfahrener Radiologe hat vielleicht schon tausende Röntgenbilder gesehen, kann sich aber nicht mehr an jedes erinnern. KI kann das – und auf Basis dieser Daten und des daraus Gelernten Auffälligkeiten in Sekunden ermitteln. Die Bewertung des Ergebnisses liegt aber weiterhin beim Arzt, ebenso wie die Kommunikation mit dem Patienten – und das ist auch wichtig. In der Wirtschaft kann KI zum Beispiel wiederkehrende Störungen in Produktionsabläufen erkennen, intelligent darauf reagieren und sogar Probleme vorhersagen.

Telefónica Deutschland beschäftigt sich mit der Technologie im Bereich „Business Analytics & Artificial Intelligence“ seit vielen Jahren. Mein Team und ich versuchen dabei, die Geschichten hinter den Daten besser zu greifen und daraus Möglichkeiten für Verbesserungen abzuleiten.

Wir als interne Beratungseinheit schaffen damit die Voraussetzung, dass Telefónica Deutschland datenbasiert die Kundenbedürfnisse in der digitalen Welt besser verstehen und bedienen kann. Lösungen auf Basis von maschinellem Lernen und der Echtzeitverarbeitung von Daten spielen dabei eine immer größere Rolle.

Die Basis für diese Entwicklungen bilden Daten, die im Regelbetrieb von Telefónica Deutschland täglich milliardenfach anfallen. Mit Hilfe von KI können aus diesen Daten völlig neue Erkenntnisse gewonnen werden, die aufgrund ihrer Komplexität vorher nicht möglich gewesen wären.

Aktuell setzt Telefónica Deutschland sowohl intern für seine Mitarbeiter, als auch extern für seine Kunden mehrere Tools ein, die auf künstlicher Intelligenz beruhen und maschinelles Lernen unterstützen.

Im Februar 2018 wurde bspw. AURA gestartet, ein virtueller Sprachassistent auf Basis von KI, der die Interaktion zwischen Kunden und dem Unternehmen vereinfachen soll. Über unsere eigenen Kanäle sowie über einige Plattformen von Drittanbietern wie Facebook Messenger sollen Kunden in Zukunft kommunizieren können. AURA lernt die Bedürfnisse der Kunden kennen und ermöglicht somit individuelle Services von Telefónica Deutschland.

Ein weiteres Beispiel ist der Einsatz von KI bei der automatisierten technischen Diagnose und Überwachung unseres Mobilfunknetzes. So können wir mittels unserer Deep Learning Plattform Anomalien im Mobilfunknetz erkennen, diese bewerten und durch Predictive Maintenance voraussagen, wann und wo ein Defekt zu erwarten ist. Das erleichtert die Wartung und Optimierung des Netzes vor allem auch für die Techniker im Außendienst, die noch gezielter Maßnahmen einleiten und Fehler beheben können – teilweise noch bevor sie überhaupt auftreten.

Für die KI-unterstützte Analyse von sozialen Kanälen und klassischen Medien nutzen wir Sprach- und Bilderkennung. Dabei beschränken wir uns nicht auf die reine Textanalyse, sondern können beispielsweise auch erkennen, wenn unser Logo in einem Artikel verwendet wird. Dafür analysieren wir in Echtzeit mehrere Tausend Online-Plattformen, darunter klassische Medien, soziale Netzwerke, Foren und Blogs. Wir verstehen so besser und schneller, was unsere rund 45 Mio. Kunden und auch der Markt über uns in welchem Kontext im öffentlichen Raum sagen und können zeitnah auf ihre Bedürfnisse und Kritik reagieren.

Auch die Mitarbeiter können in ihrer Arbeit von KI profitieren. Das „Digital Brain“ ist ein

internes Know-how-Netzwerk für die Mitarbeiter auf Basis von KI, das Experten und Wissen im Unternehmen miteinander verbindet. Mitarbeiter können Fragen stellen und das Digital Brain findet unabhängig von Hierarchie oder Bereich den richtigen Ansprechpartner bzw. Spezialisten. Mit jeder gestellten Frage lernt das System dazu und wird mit der Zeit immer besser.

Ein weiteres Beispiel wie KI das digitale Arbeiten verändert, ist unser Analytical Insights Center (AIC), welches den Mitarbeitern ermöglicht, das Wissen aus Unternehmens-, Markt- und Wettbewerbsdaten als Basis ihrer täglichen Arbeit zu nutzen. Inzwischen werden signifikante Teile dieses Wissens durch Künstliche Intelligenz, d.h. auf Basis von Machine Learning und Cognitive Computing automatisiert und in Echtzeit generiert bzw. mittels Recommendation Engines und Bots zur Verfügung gestellt.

All diese Beispiele zeigen auf, dass künstliche Intelligenz die menschliche Intelligenz keinesfalls ersetzen soll, sondern als Unterstützung dient. Das Arbeiten wird effizienter, einfacher und sowohl Mitarbeiter als auch Kunden finden schneller die gesuchten Lösungen. Dabei muss nicht jeder Mensch bis ins kleinste Detail verstehen, wie KI und maschinelles Lernen funktionieren, aber schon heute und in Zukunft mit den Endprodukten umgehen können. Auch der offene Umgang mit den Technologien hilft dabei, Berührungsängste mit der Technologie zu nehmen und mit den Mitarbeitern dazu im Austausch zu bleiben.

Darüber hinaus stellt sich Telefónica nicht nur der gesellschaftlichen Debatte über KI, sondern gestaltet sie aktiv mit. Diskussionen über Ethik und Verantwortung mit Daten werden regelmäßig im Telefónica Basecamp in Berlin abgehalten. Hier werden Zukunftsthemen mit Experten aus Politik, Wirtschaft und Gesellschaft beleuchtet.

Thorsten Kühlmeyer

## Machine Learning und die Versicherung der Zukunft

### Warum ändert Machine Learning (Maschinelles Lernen) unser tägliches Leben erst jetzt?

Über die letzten Jahre konnten wir einen Quantensprung in der Qualität und Verfügbarkeit von im Alltag genutzten Technologien erleben. Ob virtuelle persönliche Assistenten, fahrerlose Autos oder Technologien, die Simultanübersetzung in Echtzeit bequem über Smartphone-Apps ermöglichen, Machine Learning und sein großer Bruder Artificial Intelligence (künstliche Intelligenz) stellen den Kern dieser technischen Revolution dar.

Machine Learning basiert auf Algorithmen,



Thorsten Kühlmeyer,  
Bereichsleiter  
Business Analytics  
& Artificial  
Intelligence,  
Telefónica  
Deutschland



Dr. Gemma Garriga,  
Global Head, AI &  
Advanced Business  
Analytics,  
Allianz SE

die mithilfe großer Datenmengen lernen, Aufgaben auszuführen, ohne dass vorab bestimmte Regeln vorgegeben werden. Beispielsweise kann Machine Learning Kunden bestimmte Empfehlungen beim Online Shopping, basierend auf deren letzten Einkäufen im Einzelhandel, vorschlagen. Im Finanzdienstleistungsbereich können intelligente Maschinen zur Verwaltung von Anlagen oder der Identifikation von zukünftigen Trends genutzt werden. Sie erfüllen diese Aufgaben dabei in Echtzeit und effizienter als Menschen. Die bemerkenswerteste Tatsache an der Vielzahl von Anwendungen ist, dass die mit solchen Algorithmen ausgestatteten Maschinen mithilfe einer großen Menge an Trainingsdaten selbstständig erkennen, welche Regeln und Muster in den Daten für eine erfolgreiche Vorhersage relevant und hilfreich sind.

Die im Machine Learning verwendeten Algorithmen sind nicht neu. Seitdem das erste neurale Netzwerk 1951 von Marvin Minsky und Dean Edmonds [1] entwickelt wurde, nutzen Menschen Maschinen um komplexe Problemstellungen zu lösen. Warum also hat diese Technologie erst jetzt so einen einschlägigen Einfluss auf unser Leben? Der drastische Fortschritt ist wesentlich durch wachsende Rechenleistungen mithilfe sogenannter Graphic Processing Units (GPUs) und großer Datenmengen, die im Zeitalter der Digitalisierung erhoben werden, möglich. Diese Trends treffen auf Cloud Computing und Application Programming Interfaces (APIs), die technische Kommunikationsprotokolle darstellen, um vor-trainierte Machine Learning Modelle für jeden verfügbar zu machen. Zusammengefasst kann man sagen, dass erst in den letzten Jahren genug Daten zur Verfügung stehen, die kombiniert mit der nötigen Rechenleistung die Nutzung dieser intelligenten Algorithmen in einer neuen Art ermöglichen. Die Verbesserung der Rechenleistung lässt sich auf Moores Gesetz zurückführen, das eher ein historischer Trend als ein Gesetz ist und besagt, dass sich die Rechenleistung aufgrund technischen Fortschritts alle zwei Jahre verdoppelt.

#### Welche Rolle spielt Machine Learning für die Versicherungsbranche?

Mit der zunehmenden Verbreitung von Machine Learning integrieren Unternehmen diese Technologien immer stärker in ihre Prozesse. Das Ziel dieser Bemühungen ist die Entwicklung wertstiftender, kundenorientierter Serviceleistungen und Produkte, die einfach, bequem, jederzeit und überall individualisiert verfügbar sind. Gleichzeitig sollen Datenschutz und die Privatsphäre des Kunden sichergestellt werden.

Allianz treibt die Digitalisierung voran und nutzt Machine Learning, um neuartige und durchgängig digitale Versicherungsprodukte zu entwickeln („Digital-By-Default Insurance“). Daten und fortgeschrittene Analysemethoden („Advanced Analytics“) sind in jedem Schritt der digitalen Wertschöpfungskette der Versicherungsbranche verankert. Sie verbessern die interne Produktivität und ermöglichen kundenzentrierte und innovative Produkte.

#### Kundenerlebnis und Versicherungsabschluss

Der Abschluss einer Versicherung ist einfacher und schneller. Machine Learning Algorithmen ermöglichen einen zeitsparenden Abschluss durch die Beantwortung einer minimalen Anzahl an Fragen. In der Entscheidungsphase helfen intelligente und digitale Assistenten (sogenannte „Bots“), den optimalen Versicherungsschutz zusammenzustellen und empfehlen personalisierte Produktbündel, die genau auf die Bedürfnisse des Kunden zugeschnitten sind.

#### Produktdesign

Das Versicherungsgeschäft entwickelt sich weg von den traditionellen Versicherungen mit fester Laufzeit hin zu dynamischeren und nutzungs-basierten Versicherungen. Beispielsweise könnte eine Kraftfahrtversicherung in Zukunft ein nutzungs-basiertes Produkt innerhalb eines Ökosystems sein statt eines Vertrages mit jährlicher Laufzeit. Solche neuen Produkte sind modularer und neue Versicherungsbausteine können leicht hinzugefügt oder entfernt werden. Der Kunde hat die Kontrolle und kann den Versicherungsschutz einfach und jederzeit an seine Bedürfnisse anpassen.

#### Underwriting und Risikobewertung

Der manuelle Prozess der Risikobewertung erfolgt durch Machine Learning in Echtzeit. Wenn kontextuelle Informationen und Kundendaten zur Verfügung stehen, können potentieller Betrug und zukünftige Verluste sogar vor Versicherungsabschluss entdeckt werden. Eine solche dynamische und datenbasierte Risikobewertung ermöglicht es dem Kunden mit seinem Verhalten und seinen Gewohnheiten die Versicherungsprämie aktiv zu beeinflussen.

#### Schaden- und Policenmanagement

Machine Learning Algorithmen automatisieren und verbessern nachhaltig die Effizienz interner Versicherungsprozesse. Deep Learning kann beispielsweise durch Bild- und Stimmungs-erkennung die Schadensbewertung vereinfachen und beschleunigen. Die automatische Vorhersage der

Reparaturkosten sowie die vereinfachte Kontaktaufnahme mit geeigneten Reparaturanbietern für den Endkunden verbessern die Serviceleistung, die Produktivität und letztendlich die Zufriedenheit der Kunden. Die verbesserte Genauigkeit neuer Algorithmen zur Erkennung von Versicherungsbetrug hilft bei der Priorisierung von Versicherungsfällen und somit beim Erhalt eines gesunden Kundenportfolios und, für den Endkunden wichtig, niedrigerer Preise.

#### Kontinuierlicher Kundenservice

Das Motto „vereinfachen, Service ermöglichen und vorbeugen“ ist in neuen Versicherungsprodukten, die auf künstlicher Intelligenz basieren, fest verankert. Mit diesen Technologien können Kundendaten überwacht werden und auf Risiken und schädliche Gewohnheiten der Kunden aufmerksam gemacht werden. Die Überwachung persönlicher Risiken mit der Hilfe von Machine Learning bringt die Risikoprävention einen Schritt weiter. Negative Entwicklungen können früh erkannt werden und Verhaltensänderungen unterstützt werden, um potentielle Verluste vorzubeugen. Die Daten des Internet der Dinge (auf Englisch: The Internet of Things) bieten Machine Learning die Möglichkeit, größere Einblicke in das Kundenverhalten zu bekommen und gleichzeitig das enorme Potential der personalisierten Präventionshilfe auszuschöpfen.

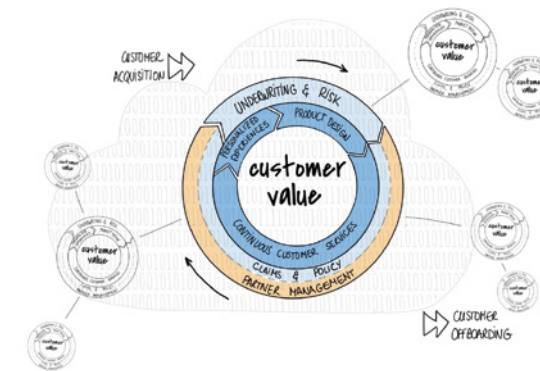


Abbildung 1: Optimierung des Kundennutzens durch die Verwendung kundenspezifischer Daten im Rahmen der neuen Wertschöpfungskette in der Versicherungsbranche.

#### Wie wird Machine Learning in der Versicherungsbranche eingesetzt?

Daten und Analysemethoden sind essentiell für die Umsetzung strategischer Ziele der Transformation der Versicherungsbranche. Allianz verankert Daten in der DNA und vergibt Technologien eine wichtige Schlüsselfunktion in diesem Prozess. Agile und funktionsübergreifende Teams vereinen Talente mit Business- und Technologie-

hintergründen und arbeiten zusammen mit dem Endkunden an den Lösungen der Zukunft. In der ganzen Wertschöpfungskette ist die Einhaltung von Ethik- und Datensicherheitsstandards per Design für die Produkte und Servicedienstleistungen der künstlichen Intelligenz sichergestellt. Die neue Datenschutzgrundverordnung (DSGVO) garantiert dem Kunden den vollen Besitz seiner Daten, während Regulatoren und Unternehmen weiterhin Modelle überarbeiten und Transparenz und Verantwortung sicherstellen. Mensch und Maschine werden weiterhin zusammenarbeiten, um die Herausforderung der Risikoprävention in unserer Gesellschaft durch eine Kombination aus Technologie, Sicherheit und einen Fokus auf den Kunden zu lösen.

Dr. Gemma Garriga

Referenzen: [1] SNARC: Neural network computer by Marvin Minsky and Dean Edmonds, 1951

#### Mit Künstlicher Intelligenz zum kundenzentrierten Unternehmen – Warum KI und ML eine hohe Datenqualität benötigen

Dass Daten, und vor allem Kundendaten, im Zeitalter der Digitalisierung erfolgskritisch für Unternehmen sind, ist unbestritten. Denn bei der Digitalisierung geht es vor allem darum, sich zu einer daten-getriebenen oder daten-gesteuerten Organisation zu transformieren – und konsequent an Kundenbedürfnissen auszurichten. Im ersten Schritt passierte diese digitale Umwälzung durch den Einsatz von Big-Data-Analytics-Technologien. Mit ihnen war es für Unternehmen erstmals möglich, datenbasierte Entscheidungen zu treffen und diese Daten wertschöpfend in Geschäftsprozesse einzubinden.

In einem weiteren, neuen Entwicklungsschritt der Transformation hin zu einer daten-gesteuerten Organisation kommen nun jedoch deutlich intelligentere Algorithmen zum Einsatz. Mit ihnen ist es möglich, vielfach komplexere Datenanalysen als bisher vorzunehmen und sogenannte Machine-Learning-(ML) Systeme zu trainieren und „anzulernen“. So können diese Systeme später selbstständig Muster und Gesetzmäßigkeiten in großen Datenmengen erkennen und autonom Entscheidungen treffen: etwa wenn es um das Nutzerverhalten, die mögliche Marktentwicklung, wahrscheinliche Kundenabwanderung (Churn Prediction) oder die Produktnutzung geht. Jeder fünfte Entscheider aus der DACH-Region sieht daher laut Beratungs- und Analystenhauses Crisp Research [1] Machine Learning als eine der Kerntechnologien auf dem Weg hin zu einem vollständig digitalen Unternehmen.

### Unternehmen setzen maschinelles Lernen vor allem für Kundenbindung ein

Aktuell setzen Unternehmen ML-basierte Initiativen vor allem im Bereich der Kundenbindung und zur Verbesserung der Customer Journey ein. So erwarten sich 73 Prozent vom Einsatz von ML-Technologien eine höhere Kundenzufriedenheit. Zudem glauben 65 Prozent, dass sie so die Abwanderung von Kunden reduzieren können. [2]

Doch wollen Unternehmen ML-basierte Initiativen aufsetzen, müssen sie zwei grundsätzlichen Herausforderungen begegnen. Zum einen müssen sie die Vielzahligen Kundendaten, die intern im Unternehmen und in den unterschiedlichsten Datentöpfen verteilt sind sowie die Informationen aus externen Quellen wie Social-Media sammeln und zusammenführen. Zum zweiten sind die sehr unterschiedlichen Arten von Kundendaten, die in Form von Chat-Verläufen, E-Mail-Verkehr, Kalenderdaten, Social-Media-Kommentaren, Bildern, Tweets vorliegen, einheitlich aufzubereiten. Eine konsistente Aufbereitung all dieser Daten (Data Preparation) ist deshalb notwendig, um eine solide Datengrundlage für das ML-System zu schaffen.



Markus Gallenberger, Vice President/Vorstand Digital Analytics & Optimization, Uniserv/BitKOM e. V.

### ML-Systeme können nur bei qualitativ hochwertigen Kundendaten lernen

Denn Unternehmen müssen bedenken, dass die Grundlage jedes Machine-Learning-Systems Datenmengen sind, anhand derer ML-Systeme trainiert werden. Damit das System nicht falsch lernt und irrtümliche Prognosen erstellt, ist es also kritisch, dass die zugrundeliegende Datenbasis nahezu fehlerfrei ist. Vor dem Hintergrund, dass Unternehmen aktuell vorrangig in ML-basierten Kundenbindungs-Initiativen investieren, kommt den Kundendaten damit eine hohe Relevanz zu. Diese müssen für das ML-System daher so aufbereitet werden, dass sie aktuell, korrekt und umfassend sind – und Fehler bereits vorab ausgemerzt werden. Potenzielle Fehlerquellen sind etwa falsche Schreibweisen, Dubletten, veraltete Daten und semantische Probleme. Hierbei ist der erwähnte Aspekt Data Preparation essenziell. Die Aufgabe von Data Preparation ist es, konsistente Daten in geeigneter Form für Analysezwecke zu liefern. Laut Analystenhaus BARC sagen 60 Prozent der Unternehmen, die Data Preparation bereits einsetzen, dass sie so in der Lage sind, bessere datenbasierte Geschäftsentscheidungen zu treffen[3]. Diese besseren Geschäftsentscheidungen sind nicht zuletzt Grundlage für weiteres nachhaltiges Wachstum. Nachhaltiges Wachstum im Zeitalter der Digitalisierung begründet sich also auf dem Ausleben der eigenen unternehmeri-

schen Kreativität auf Basis eines soliden Datenfundaments.

### Alle verfügbaren Kundendaten müssen für das ML-System zusammengeführt werden

Dennoch gilt es nicht nur, eine hohe Qualität der Kunden sicherzustellen. Alle verfügbaren Kundendaten müssen auch zusammengeführt werden. Dies betrifft vor allem Stamm- und Bewegungsdaten, die in Unternehmen naturgemäß in mehreren Systemen verteilt liegen – seien es etwa Systeme wie CRM-, Ticketing-, ERP-Lösung oder Call-Center-Anwendungen. Doch aufgrund der oftmals sehr heterogenen Systemlandschaften ist es Unternehmen kaum möglich, die in den unterschiedlichen Systemen verwalteten Kundendaten zusammenzuführen und für das ML-System verfügbar zu machen. 84 Prozent der Unternehmen sehen in der Konsolidierung der Daten für eine 360-Grad-Sicht (Golden Profile) auf den Kunden noch Optimierungspotenzial[4]. Aus diesem Grund brauchen Unternehmen eine Lösungs- und Prozessmethodik, die alle Kundendaten – Adressdaten, Kaufverhalten, Kaufhistorie, Vorlieben und die Spuren, die der Kunde im Internet und den sozialen Medien hinterlässt – aus all ihren einzelnen Unternehmenssystemen zusammenführt, ohne Silohaltung und Redundanzen.

### Data Preparation kann automatisiert werden

Die notwendige Datenaufbereitung lässt sich zumindest teilautomatisieren. So können Unternehmen über die Lösungs- und Prozessmethodik „Ground Truth“ ein verlässliches Gesamtbild aller Kundendaten erhalten. Der Ground Truth kombiniert alle kundenbezogenen Stamm- und Bewegungsdaten, wie Kundencharakteristiken und Kunden-Verhaltensdaten. Außerdem führt er diese Informationen aus allen verfügbaren Unternehmenssystemen, wie ERP und CRM, einheitlich zusammen. So erhalten Unternehmen einen organisationsweit einheitlichen qualitätsgesicherten Datensatz zu jedem Kunden – und schaffen die benötigte Grundlage für das ML-System.

### Schlechte Daten, schlechte unternehmerische Entscheidungen

Maschinelles Lernen bringt also schlussendlich nur dann den besten Nutzen und die beste Erfolgsquote, wenn die Datenbasis, die man ihr zum Lernen zur Verfügung stellt, auch qualitativ hochwertig ist. Je korrekter eine Datenbasis ist, umso besser wird ein Algorithmus daraus seine Schlüsse ziehen. Ist die Datenbasis jedoch schlecht, beantwortet das System Fragestellungen entsprechend falsch und daraus von Unternehmensentscheidern abgeleitete Handlungsoptionen wären

fatal. Aus diesem Grund müssen Daten über ihren gesamten Lebenszyklus hinweg gepflegt, geschützt und überwacht werden. Nur so können ML-Systeme ihr volles Potenzial entfalten.

### Wie gut pflegen Unternehmen ihre digitalen Kundenbeziehungen

Wie umfassend Unternehmen für die Herausforderungen gewappnet sind, um mit ihren digitalen Kunden zu interagieren, kann eine Selbstevaluation zeigen. Der Arbeitskreis „Digital Analytics and Optimization“ im Verband BITKOM e. V. hat für Unternehmen den „Digital Analytics & Optimization Maturity Index“ (DAOMI) entwickelt. Ein Self-Assessment kann in 30 Minuten durchgeführt werden. Der Test gibt Auskunft über den eigenen digitalen Reifegrad und bietet die Möglichkeit, sich mit anderen Unternehmen zu vergleichen.

Markus Gallenberger

Referenzen: [1] Crisp Research, Januar 2017, „Machine Learning im Unternehmenssinsatz“ [2] Capgemini, 2017, „Turning AI into concrete value“ Link: <https://www.capgemini.com/at-de/news/kuenstliche-intelligenz-sorgt-fuer-mehr-jobs-und-stei-gende-umsaetze/> [3] BARC, 2017, „Data Preparation – Refining Raw Data into Value“. Link: <https://barc.de/Artikel/infografik-data-preparation-im-fachbereich> [4] Uniserv, 2018, „Trendstudie Kundendatenmanagement“, Link: <https://www.uniserv.com/unternehmen/blog/detail/article/ergebnisse-der-trendstudie-kundendatenmanagement-2018/>

### Maschinelles Lernen für Normalsterbliche

Jeder Mensch steht täglich vor der Notwendigkeit, Entscheidungen zu treffen. In der Regel beruhen diese auf persönlichen Erfahrungen und Informationen aus unterschiedlichen Quellen. Die zur Lösung einer bestimmten Problemstellung benötigten Informationen passen für gewöhnlich ins Gehirn des jeweiligen Menschen; er strukturiert sie je nach Typ in geistigen Skizzen, in einer Kladde, einer Mind Map oder sonstigen Aufzeichnungen. In der Wirtschaft sieht das anders aus: Allein die schiere Menge der erforderlichen Daten sprengt oft die Speicherkapazität eines Unternehmens. Um clevere Entscheidungen im wirtschaftlichen Kontext zu treffen, müssen also zunächst ausreichend große Datenspeicher geschaffen werden. Die große Herausforderung bei der Datensammlung besteht darin, sich mit diversen internen und externen Datenquellen sowie -formaten auseinanderzusetzen. Erst nach dem Finden einer Struktur analysieren Anwender die Datenfülle.

### Moderne Software als Hilfe

Vor Jahrzehnten basierte die automatisierte Entscheidungsfindung großer Unternehmen auf den ersten Computern mit einer einfachen Tabellenkalkulationssoftware, die bei der Datenanalyse half. Hochspezialisierte Software für spezielle

Anforderungen in bestimmten Bereichen lieferte zwar bessere Ergebnisse bei höherer Geschwindigkeit, engte aber den Fokus der Anwendungsgebiete stark ein. Ein weiteres Problem stellte die unzureichende Verfügbarkeit geschulter Programmierer dar; neben guten Programmierkenntnissen brauchten die Profis zusätzlich ein ausgeprägtes Verständnis für das jeweilige Geschäftsfeld. Eine Kombination aus beiden Fähigkeiten zu finden, gestaltete sich lange Zeit als schwierig – bis heute. An ein komplettes Team aus Programmier-Experten, das diese Fähigkeiten bündelt und gleichzeitig effizient arbeitet, war schlichtweg nicht zu denken.

Heutzutage greifen Unternehmen zu Open Source, Closed Source und Cloud-basierten Softwareprodukten, die Analysierende bei ihren täglichen Aufgaben unterstützen. Diese Lösungen vereinen einfache Funktionen und moderne, intuitiv benutzbare Schnittstellen für Datenerfassung und Modellbildung. Folglich sehen sich mehr Mitarbeiter in der Lage, Hypothesen zu verifizieren und Modelle mittlerer Komplexität zu erstellen, ohne Softwareentwickler oder Programmierer hinzuziehen zu müssen. Der überwiegende Teil dieser Lösungen entstand in den letzten Jahren. Erst seitdem können Unternehmen ihre eigenen Daten mit Hilfe interner Ressourcen untersuchen. Dies schmälert jedoch nicht den Wert von IT-Abteilungen und externen Anbietern im Bereich der Datenanalyse und der Modellierung von Entwicklungsszenarien.

### Sprudelnde Quellen

Mittlerweile nutzen viele Unternehmen eigene interne Systeme zur Datenerfassung und -verarbeitung. Die Daten fließen aus unterschiedlichen Quellen zusammen und werden in roher oder bereinigter Form gespeichert. Häufig reichen die bereinigten Daten allerdings nicht aus oder aber sie sind nicht ohne weiteres verfügbar. In manchen Fällen rechtfertigen Kurzfristigkeit oder eine große Bedeutung der Untersuchung sogar die Verwendung unbereinigter Rohdaten. Datenwissenschaftliche Systeme bieten für die Datenaufbereitung einfache Methoden zum Daten-Upload aus allen verfügbaren Quellen. Dabei spielt es keine Rolle, ob die Informationen aus einer Datenbank, einer nicht-relationalen Datenbank, einer Datei in einem gemeinsamen Laufwerk oder einer vorläufigen Datenverarbeitung stammen. Letzteres beschreibt eine Vielzahl von Prozessen wie beispielsweise das Ausfüllen von leeren Datenzeilen oder das Zusammenführen von Tabellen. Viele dieser Funktionalitäten finden stellen RapidMiner, H2O und DataRobot bereit.



Rafael Zubairov, Senior Architect, DataArt

### Kriterien für Softwarelösungen

Datenerfassung und -bereinigung frisst mit einem Anteil von 80 Prozent am gesamten Datenanalyse-Prozess den Großteil der Gesamtzeit. Folgende Prozesse sind genauso wichtig, aber weniger zeitintensiv: Feature-Engineering, Modellauswahl und Feinabstimmung. Sie zeigen sich teilweise schon automatisiert. Die Machine-Learning-Plattform DataRobot oder Bibliothekssysteme von AutoML helfen zusätzlich bei der Datenanalyse. Bei der Wahl des richtigen Dienstprogramms kommt neben Funktionalität auch der Umfang des Einsatzgebiets, Kompatibilität mit vorhandenen Softwarelösungen und der Zugriffsmöglichkeit auf verschiedene Datenebenen Bedeutung zu. Ein attraktive Benutzeroberfläche, die Fähigkeit zum Betrieb agiler Datenwissenschaft und der Austausch von Ergebnissen innerhalb des Teams zählen zu weiteren Auswahl Faktoren.

Programme wie die Data-Mining-Softwares zum Analysieren großer Datenbestände RapidMiner, WEKA oder H2O eignen sich beispielsweise sowohl in Cloud- als auch in lokalen Szenarien, während Lösungen wie DataRobot dafür eine andere Lizenzoption erfordern. Interaktive Notebooks wie Apache Zeppelin und Spark bieten zwar höhere Flexibilität, erfordern aber mehr Aufwand bei der Installation und Bereitstellung.

Mit den meisten Tools gestaltet sich die Erstellung maschineller Lern- und Datenmodelle relativ einfach. Beispielsweise bietet H2O eine interaktive Arbeitsmappe mit Erläuterungen zu jedem Modell, Ad-hoc-Vorschläge und eine ausführliche Dokumentation; jeden Schritt der Datenverarbeitung und Modellierung stellt die Lösung dar. RapidMiner hingegen visualisiert via Datenfluss-Graphen einzelne Schritte wie Datenverarbeitung und Modellberechnung als Boxen mit konfigurierbaren Eigenschaften relativ zur Aktion.

Spätestens mit diesen Tools greifen nicht mehr nur Datenwissenschaftler und Softwareentwickler auf maschinelles Lernen zu. Die heutzutage existierende Vielzahl von Werkzeugen macht die fortschrittliche Technologie auch Normalsterblichen zugänglich.

Rafael Zubairov

mer Innovation. Gerade im Bereich der Mobilität beobachten wir rasante Entwicklungen, deren Rückschläge wie Erfolge.

Autonome Innovation beschreibt die von Maschinen, Robotern und künstlicher Intelligenz unterstützte bzw. übernommene Innovation. Sie ist ein weiterer Schritt die Art des Innovierens neu zu denken! Nach Open Innovation - der Öffnung des Innovationsprozesses und dem Aufbau von Inkubatoren und Acceleratoren für die Zusammenarbeit mit innovativen Startups geht es in Zukunft verstärkt um die Nutzung und den Einsatz von Künstlicher Intelligenz (KI).

### Künstliche Intelligenz als Revolution der Innovation

Schon in meiner Kindheit war ich vom Gedanken fasziniert, dass Mensch und Roboter gemeinsam an kniffligen Herausforderungen arbeiten. Als Star Wars-Fan faszinierte mich, dass R2-D2, Luke Skywalker, C-3PO, Obi-Wan/Ben Kenobi beste Freunde sind. Diese damals rein fiktive und dennoch so „natürlich“ erscheinende Kollaboration von Mensch und Maschine scheint mithilfe von Künstlicher Intelligenz zumindest in Teilen bald wahr zu werden. Aus Utopie wird (be)greifbare Realität. Schon jetzt kann man Alexa, Siri oder Cortana nach dem Wetter fragen, bei ihnen Pizza bestellen oder banale Fragen beantwortet bekommen. In den Werbevideos von Boston Dynamics gibt es Roboter, die aus dem Stand einen Salto schlagen können. Das mache der ungeübte Sportler einmal nach. Besser nicht, wenn sie nicht gerade Hochleistungsturner sind!

In einer Zeit zunehmender Digitalisierung stellt sich die Frage, wie sich Künstliche Intelligenz und Roboter für das Innovieren einsetzen lassen. - Natürlich ist nicht davon auszugehen, dass die gemeinsame Innovation auf Anhieb so gut und reibungslos wie bei Star Wars klappt, und trotzdem gibt es bereits jetzt viele einzelne Aufgaben, die durch die Nutzung von KI verbessert, beschleunigt oder sogar teilautonom von Robotern erledigt werden können. Wer hat schon Lust, tagelang in Archiven oder auf Datenbanken nach beispielweise Patenten zu suchen oder in Social Media Foren und im Internet nach bestimmten Trends und Kundenbedürfnissen Ausschau zu halten? Wäre es nicht schön, Alexa zu bitten, mir alle relevanten Patente zu zeigen, die das Thema E-Mobilität mit Fahrrädern umfasst oder die Frage zu stellen, welche Anforderungen Hippster beim Kauf oder Leihen von Elektrofahrzeugen haben? Was deren Lieblingsausrüstung ist und welche Probleme am häufigsten bei der derzeitigen Nutzung auftreten? Dass es sich hierbei um eine echte Vision, und nicht um eine

utopische Fata Morgana, handelt, wird beim Herunterbrechen der autonomen Innovation auf die notwendigen spezifischen Aufgaben sofort klar. Stellen wir uns einen einfachen Innovationsprozess vor, so sind die Themen Bedürfnisidentifikation, Trendscouting, Technologie-Scouting und -Management, Ideengenerierung und -evaluation, Konzeptgenerierung, Prototypenbau und -verprobung sofort präsent. Im Wesentlichen geht es beim Innovieren meist darum, genügend Verständnis aufzubauen, Information zu suchen, Lösungen zu generieren, diese zu testen und dann abhängig vom Ergebnis anzupassen und zu modifizieren. Obwohl es dabei zweifellos eine große Kreativität braucht, ist „Kleinteiliges“ im Innovationsprozess klar strukturierbar und oftmals sind dies sogar geradezu stupide Aufgaben, welche bald von intelligenten Maschinen unterstützt werden könnten. Wie man diese Potentiale ausloten kann, was nun möglich und (nicht nur für höherschlagende Forscherherzen) sinnvoll ist, ist natürlich wie bei allen KI Projekten im Moment davon abhängig, welche Daten denn in welcher Güte vorhanden sind, wie gut beziehungsweise schlecht die derzeitigen Prozesse und best practice Vorgehensweisen sind und welches Nutzenpotential sich in der Anwendung ergibt.

Um dies zuverlässig herauszufinden, reicht es auch beim autonomen bzw. teilautonomen Innovieren nicht aus, rein konzeptionell zu forschen, vielmehr braucht es Prototypen und kleinere Experimente ähnlich wie beim autonomen Fahren, um sich der Thematik zu nähern. Aufgrund der hohen Flopraten, dem Risiko, den mit der Innovation verbundenen Kosten und Aufwänden sowie der rasanten Geschwindigkeit von Innovation, ist es jedoch allemal spannend und erfolgsversprechend, diese Experimente zu wagen. Nur wenn man beginnt, sich auf die Nutzung von KI im Innovationsprozess einzulassen, wird einem plötzlich bewusst, dass Maschinen künftig nicht nur in der Lage sein werden, stupide Dinge zu erledigen, sondern sogar die Fähigkeiten aufbauen könnten, kreative, bisher so dachte man dem Menschen vorbehaltenen Innovationsaufgaben zu bewältigen; bis hin zur Generierung von neuen Lösungen. Dies ist zumindest dann ganz einfach möglich, wenn es sich beim Innovieren um die neue Anordnung oder die Rekombination wie von Schumpeter beschriebener bestehender Elemente handelt. Wenn die Lösungsmöglichkeiten dann noch automatisch mit den noch nicht befriedigten Bedürfnissen und Wünschen der Konsumenten verknüpft werden können, lassen sich nicht nur automatisch Ideen generieren, sondern diese auch mit den Bedürfnissen abgleichen und somit auch auf deren gestifteten Nutzen und Bedarf über-

prüfen. In der Wissenschaft spricht man auch von der Überprüfung von need solution pairs.

Natürlich ist dies nur ein kurzer Einblick in eine neue, jedoch faszinierende Welt des künftigen Innovierens. Wie eine kurze Umfrage im Rahmen der Handelsblatt KI Konferenz in München zeigte, kann sich ein Großteil vorstellen, KI zu nutzen, wobei es ein enormes Gap gibt, denn die wenigsten setzen Artificial Intelligence für das Innovieren bereits ein. Schlussendlich scheitert es derzeit an den aktuell hohen Kosten und den noch oft mangelnden Ressourcen und Fähigkeiten innerhalb eines Unternehmens. Jedoch lassen sich Experimente, wie bereits angesprochen, mit relativ begrenzten Mitteln im 5-stelligen Bereich antesten. Die Handelsblatt-Studie zeigt, dass Manager und Experten sich in den nächsten 10-15 Jahren einen riesigen Schub innerhalb des autonomen Innovierens versprechen und das Thema hiermit auch auf der Landkarte von Innovationsmanagern, AI Experten und Management Berücksichtigung finden und verortet sein muss.

Prof. Dr. Johann Füller

### 5 Beispiele, wie der Einzelhandel von Künstlicher Intelligenz profitiert

Eine der größten Herausforderung des stationären Einzelhandels ist der Schwund von Waren und Inventar. Abhilfe bieten Kamerasysteme, die die Überwachung von Räumen übernehmen und mit Künstlicher Intelligenz (KI) das Verhalten der Personen an Kassen sowie in Verkaufsräumen und Lagern analysieren.

Diebstahl durch Kunden und Mitarbeiter, Fehler des Kassenspersonals, Etikettenbetrug sowie Transport- und Lagerschäden verursachen jährlich einen Milliarden Schaden. Das EHI Retail Institute beziffert die Inventurdifferenzen in Deutschland für 2016 auf rund vier Milliarden Euro. In ihrer Studie „Inventurdifferenzen 2017“ sind auf Ladendiebstahl durch Kunden rund 2,2 Milliarden Euro zurückzuführen. Die durchschnittliche Inventurdifferenz beträgt rund ein Prozent vom Umsatz. Zusammen mit Investitionen in Diebstahlschutz in Höhe von rund 1,3 Milliarden gehen dem Einzelhandel rund 5,3 Milliarden Euro Gewinn jährlich verloren.

Moderne Überwachungssysteme mit KI-Funktionen können diese Situation im Einzelhandel verbessern. Fünf Anwendungsbeispiele zeigen, wie sich die Verluste reduzieren lassen:

#### 1. Am POS, Scanner-Kassen und Bedienfehler

Immer wieder kommt es vor, dass Produkte nicht eingescannt werden und der Mitarbeiter an der Kasse dies nicht bemerkt. Manchmal kann der Scanner ein Etikett nicht richtig lesen; durch



Prof. Dr. Johann Füller, Stiftungsprofessor, Vorstand, Wirtschaftskammer Tirol

## 1.2.3 Autonome Systeme

### Autonomous Innovation. Zukunftsmusik oder bereits vernehmbare Sinfonie?

Wenn wir über die Zukunft der Innovation sprechen, beschäftigen wir uns vermehrt mit autonom-

die Handeingabe kommt es zu Eingabefehlern. Videoüberwachung mit KI-basierten Analysemethoden wertet das Geschehen am POS (Point of Sale) blitzschnell aus und gibt eine Warnung an das Kassen- oder Aufsichtspersonal. Elektronische Registrierkassen lassen sich auch mit dem Überwachungssystem verbinden, um Unregelmäßigkeiten am POS zu erfassen, auszuwerten und zu dokumentieren.

## 2. Im Einkaufswagen verbleibende Waren

Ein Kunde unterlässt aus Versehen oder vorsätzlich, Produkte aus dem Einkaufswagen zu nehmen und auf das Förderband zu legen. KI-basierte Videoüberwachungssysteme mit Bildverarbeitungs- und Erkennungsalgorithmen registrieren blitzschnell, wenn Waren im Wagen verbleiben und geben ein Signal an das Kassenpersonal oder die Aufsicht.

## 3. Durch Weitergabe von Waren an Freunde und Familie

Alleine 800 Millionen Euro Verlust muss der Einzelhandel laut EHI wegen Mitarbeiterdiebstahls hinnehmen; hinzukommen 300 Millionen Euro durch Servicemitarbeiter. Teilweise manipulieren Freunde oder Familienmitglieder mit Wissen des Kassenpersonals Barcodes, sie stapeln Waren auf dem Förderband so geschickt, dass sie einfach vom Scanner übersehen werden. Innovative Videokameras mit KI-basierten Algorithmen analysieren das POS-Geschehen und geben eine Warnung an das Management, Dies ist dadurch in der Lage, die Mitarbeiter des Betrugs zugunsten ihrer Angehörigen zu überführen.

## 4. Durch Betrug

Etikettenbetrug ist auch in Zeiten der Barcodes auf den Produkten eine beliebte Betrugsmasche. Vor allem bei den aufkommenden Selbstbedienungskassen fällt dies nur auf, wenn ein Mitarbeiter die Kassen ständig beobachtet. Gleiches gilt für Waren, die ohne zu scannen in der Tüte landen. Solche Verhaltensweisen sind mit typischen Handlungsabläufen verbunden. Innovative Videoüberwachung identifiziert solche Muster und löst in wenigen Sekunden eine Meldung an das Kassenpersonal aus. Eine Beobachtung durch Mitarbeiter an den Selbstbedienungskassen wird überflüssig.

## 5. Durch falsche Absatzplanung

640 Millionen Euro Inventurdifferenz gehen auf das Konto organisatorischer Mängel, berichtet das EHI. Vor allem bei Frischeprodukten können Fehlplanungen zu erheblichen Schäden führen; immerhin haben sie einen Umsatzanteil

von bis zu 44 Prozent im deutschen Handel. Bei Bestellmengen über der Nachfrage landen die Produkte im besten Falle bei einer Tafel oder aber werden weggeschmissen. Bei einer Automatisierung der Bestellungen durch KI-Algorithmen lässt sich der Bestand an Frischeprodukten optimieren. Solche Algorithmen beziehen neben historischen Werten auch ihre „gelernten“ Beobachtungen ein und können so für jeden einzelnen Laden die optimalen Bestellmengen ermitteln.

## Supermarkt der Zukunft braucht kein Kassenpersonal

AI-basierte Videoüberwachung kann aber noch viel mehr. Das Start-up Standard Cognition stellte 2017 eine innovative AI-Anwendung auf Basis der Mindtree-Lösungen vor, die das Kassenpersonal überflüssig machen könnte. Die Anwendung befindet sich in der Beta-Testphase. Die Kunden nutzen eine Smartphone-App, über die sie beim Betreten eines Supermarktes erfasst werden. Sie nehmen Ware aus den Regalen und dabei beobachtet sie eine Kamera. Die entnommenen Produkte werden automatisch erfasst und registriert. Der Kunde kann problemlos Ware zurückstellen, die dann storniert wird. Am Ende geht der Käufer aus dem Laden, ohne einen Zahlungsprozess zu durchlaufen. Über die App und eine elektronische Geldbörse wird der Einkauf dokumentiert und abgebucht. Sollte ein Kunde versuchen, die Kameraerfassung bei der Produktentnahme zu verhindern, erfolgt ein Hinweis an die Mitarbeiter. Sie werden dann an eine reguläre Kasse umgeleitet.

Mindtree bietet eine KI-basierte und hardwareunabhängige Videoüberwachungsplattform, die den Einzelhandel dabei unterstützt, seine Inventurdifferenzen nachhaltig zu reduzieren.

Ralf Reich

## Trading mit Künstlicher Intelligenz

Jeder Trader möchte natürlich seinen finanziellen Erfolg maximieren. Jedoch unterliegt das eingesetzte Kapital auch immer einem gewissen Risiko. Dass diese Risiken von Unternehmen-übernahmen, politischer Entwicklung oder Rohstoffpreisen abhängen, ist allgemein bekannt. Eine Einflussgröße wird allerdings weitgehend ignoriert: die sogenannten emotionalen Verzerrungen. Darunter versteht man die Wirkung emotionaler Entscheidungen, beispielsweise das Erreichen psychologischer Werte bei Indizes oder einer Massenbewegung bei Gewinnmitnahmen. Während IT-Systeme mit den genau quantifizierbaren Größen kein Problem haben, ist die Prognose von Verzerrungen schwer – bis jetzt. Hier kann nun die künstliche Intelligenz punkten.

## Verzerrungen richtig verstehen

Kaum ein Trader handelt rein nach Fakten. Fast jeder verlässt sich auch auf seine Intuition. Dadurch können Trends entstehen, die eine akkumulierende Wirkung entfalten. Beispielsweise entstehen so Massenbewegungen, deren Ursache unbekannt bleibt. Dazu zählen beispielsweise Panikverkäufe oder ein Rush auf bestimmte Werte. Beides sind Selbstläufer, die sich mit der Zeit verstärken – auch wenn Informationen vorliegen, die diese Bewegungen nicht stützen.

Ein Beispiel für eine Verzerrung ist der Dispositionseffekt, bei dem Trader sich entschließen, Aktien mit stetig steigendem Wert zu verkaufen, und Aktien, deren Kurs fällt, bis zu einem erneuten Wertanstieg zu behalten. Beide Entwicklungen sind jedoch relativ stabil, wie sowohl Statistiken als auch praktische Erfahrung zeigen. Deswegen ist das aus dem Dispositionseffekt resultierende Handeln kontraproduktiv. Dazu forschten Ryan Garvey, von der Duquesne University, Antony Murphy von der University of Oxford und Fei Wu von der Shanghai Jiao Tong University den Einfluss der letzten Entwicklungen auf künftige Handelsentscheidungen professioneller Trader an der Nasdaq-Börse in New York. Das Ergebnis in ihrer Studie „Do Losses Linger? Evidence from Proprietary Stock Traders“ war eindeutig. Kam es am Anfang des Handelstages zu einer finanziellen Einbuße, neigten Trader zu einem wesentlich aggressiveren Handel am Nachmittag, um das erzielte Minus vor dem Handelsschluss wieder auszugleichen. Weitere Verzerrungen resultierten aus überzogenem Selbstvertrauen der Marktteilnehmer, die sich von ihren Gefühlen leiten ließen. Besonders nicht-professionelle Trader halten an ihren langjährigen Derivaten-Portfolios fest und passen sie nicht regelmäßig an die veränderte Marktsituation an.

## Bessere IT-Unterstützung im Handel

Fast 90 Prozent aller Transaktionen werden im Handel durch Algorithmen im hochfrequenten Trading realisiert. Die Entscheidung für Kauf oder Verkauf von Finanzinstrumenten wird hier IT-gestützt in kürzester Zeit von entsprechenden Tools gefällt. Systeme, die sich auf künstliche Intelligenz stützen, erkennen den idealen Handelszeitpunkt in der Zukunft und berechnen Verzerrungen mit ein. Viele Fonds setzen bereits auf maschinelles Lernen. Beispielsweise entwickelte der Informatiker Babak Hodjat, der auch den Grundstein für Apples Siri legte, einen vollständig von KI verwalteten Hedge-Fond. „Mich beunruhigt es wesentlich mehr, sich auf menschliche Intuition zu verlassen, als sich auf

das zu verlassen, was Daten und Statistiken offenbaren“, sagte Hodjat in einem Interview mit dem Finanz-Magazin Bloomberg. Diese KI hat nun auch Eingang in mobilen Trading-Plattformen gefunden. Diese analysieren das Trading-Verhalten, erkennen mögliche Verzerrungen und geben ihrem Benutzer eine Empfehlung aus, dass Risiken bestehen könnten. Mit der Zeit interagiert der Benutzer auf eine andere Weise mit der App und nimmt diese Benachrichtigungen in seine Entscheidungsbasis mit auf. Für einen besseren Umgang mit der KI führen verschiedene Hersteller Bildungsangebote und Schulungen im Finanzsektor an. So werden Trader mit der Zeit routinierter und können ihre Emotionen besser kontrollieren.

## KI wappnen

Natürlich arbeitet künstliche Intelligenz im Gegensatz zu den Menschen rein faktenbasiert, sammelt und analysiert große Datenmengen in Echtzeit, wodurch sie ideal zum Einsatz im Trading wird. Dennoch – auch sie wird vom Menschen erstellt. Mit entsprechenden Kontrollinstanzen kann man diesem Risiko jedoch gut begegnen. In der Vergangenheit waren IT-gestützte Systeme für untypische Bewegungen auf der Börse verantwortlich. Wenn die IT-Entwickler ihre Systeme künftig gegen diese Einflüsse sichern, können Trader wesentlich effizienter und effektiver agieren.

Ivan Gowan

## Sicherheit nicht in die Hand von Automaten legen

### Warum künstliche Intelligenz nützlich, aber kein Allheilmittel ist

Kaum eine Diskussion über IT-Trends ohne das Thema künstliche Intelligenz (KI): Von autonomen Fahrzeugen über intelligente Chatbots bis hin zu smarter Cybersecurity wird die Zukunft in rosigen Bildern gemalt – während Probleme kaum zur Sprache kommen. Machine Learning oder künstliche neuronale Netze werden gewiss vieles verändern, doch eine Lösung für alle Probleme sind sie keineswegs. Erhalten solche Systeme zu viel Macht, könnte das sogar verheerende Folgen haben.

2017 hatte der Markt rund um künstliche Intelligenz einen Wert von rund 16 Milliarden US-Dollar. 2025 soll dessen Volumen laut Prognosen von MarketsandMarkets auf 190 Milliarden US-Dollar ansteigen. Das allein zeigt, welche immensen Erwartungen an die Technologie gestellt werden. Doch bleibt eine wichtige Erkenntnis auf der Strecke: Auch KI ist nur eine Technik, die neben vielen Vorteilen auch Feh-



Ralf Reich,  
Head of Continental  
Europe, Mindtree



Ivan Gowan,  
CEO, Capital.com

ler und Grenzen hat. Sie wird daher auch nicht alle unsere Probleme lösen – gut möglich, dass sogar ganz neue entstehen. Gerade in sicherheitskritischen Bereichen muss ganz klar festgelegt werden, an welche Schalter die KI ran darf und welche ihr verwehrt bleiben.

Das hat insbesondere zwei Ursachen: Einerseits ihre doppelte Rolle als Tool, das gleichermaßen von den Guten wie von den Bösen eingesetzt werden kann. Andererseits ihre undurchsichtigen Entscheidungsprozesse, die aufgrund ihrer Blackbox-Architektur immer einen gewissen Unsicherheitsfaktor darstellen. Denn von einer KI getroffene Entscheidungen sind von ihrer Entstehung her nicht zurückzufolgeln. Horrorszenarien, wie sie der verstorbene Astrophysiker Stephen Hawking oder der Tech-Guru Elon Musk verlautbarten, sind eher unwahrscheinlich. Man sollte allerdings einen realistischen Blick bewahren und sich den Vor- sowie Nachteilen bewusst sein. Dann kann die Technologie auch in der Cybersicherheit einen sinnvollen Beitrag leisten.

#### Ein Schleier des Nichtwissens

Computerprogramme agieren traditionell nach fest vorgegebenen Mustern, je nachdem welche Regeln für ihre Algorithmen aufgestellt wurden. In diesem Rahmen ist ihre Entscheidungsfindung stark eingeschränkt, aber auch klar vorhersehbar. Künstliche neuronale Netze sind dagegen bereits in ihrem Aufbau wesentlich komplexer. Eine Schicht von digitalen „Neuronen“ verarbeitet die ihnen zugeführten Informationen und leitet das Ergebnis an die nächste Schicht, die wiederum neue Schlüsse zieht. Der Vorgang kann hunderte Schichten umfassen – am Ende steht ein Ergebnis, das auf Tangens-, Sinus- und Cosinus-Berechnungen basiert und zudem von der Gewichtung der einzelnen Neuronen abhängt. Allein der Vorgang ist bereits überaus kompliziert. Hinzu kommt, dass diejenigen, die ein solches System nutzen, in der Regel nicht die gleichen sind, die es entworfen haben – so sind ihnen weder dessen Grenzen noch dessen Möglichkeiten bekannt. Und wie und weshalb ein bestimmtes Ergebnis zustande kam, ist demzufolge für sie auch nicht mehr nachvollziehbar.

Warum sollten wichtige, sicherheitskritische Entscheidungen einem System überlassen werden, deren Entstehungsprozess unbekannt ist? Da man sich hierbei ähnlich John Rawls Theorie in einem Schleier des Nichtwissens wiederfindet, ist es besser, kein allzu großes Risiko einzugehen. Denn selbst eine KI kann zu Vorurteilen neigen. Während die Benachteiligung dunkelhäutiger Frauen bei einer Misswahl sicher unangenehm aber noch eher unkritisch für die

Sicherheit erscheint, können vorurteilsbehaftete Entscheidungen bei der Strafverfolgung gefährliche Konsequenzen haben: Wer der KI nach die „falsche“ Hautfarbe hat oder aus der „falschen“ Wohngegend kommt, gerät in den Fokus der Justiz, ohne etwas begangen zu haben. So ist ein offensichtlich rassistisch agierender Algorithmus keineswegs eine objektive Instanz. Auch in unseren Breitengraden findet bereits das sogenannte Predictive Policing statt – und macht Fehler. Wegen eines solchen Schleiers des Nichtwissens dürfen kritische Entscheidungen erst gar nicht in die Hände einer künstlichen Intelligenz gelangen.

#### Maschine gegen Maschine

Eine zweite Gefahr KI blauäugig für die Cybersecurity zu nutzen, liegt darin, dass Technologie immer von beiden Seiten genutzt werden kann – Sicherheitsteams auf der einen und Hacker auf der anderen Seite. So weist auch der gemeinsam von 26 Wissenschaftlern verfasste Bericht „The Malicious Use of Artificial Intelligence“ auf diese Gefahren der Technologie hin. Das bereits stattfindende Wettrüsten in der IT-Sicherheit würde ganz neue Dimensionen erreichen: Nicht nur IT-Experten stünden sich dann gegenüber – auch deren KI-Systeme würden sich erbittert bekämpfen. Erhielten diese dann womöglich noch freie Hand, wäre die Dynamik der Folgen überhaupt nicht absehbar.

Denkbar wäre etwa eine Hacker-KI, die die hauseigene KI in die Irre führt: Mit einem einfachen Trick wie einer virtuellen Brille könnte diese beispielsweise die Gesichtserkennung der Mitarbeiter manipulieren – und damit womöglich den Einlass verwehren. Ebenfalls möglich wäre eine KI, die in einer bereits kompromittierten Umgebung zum Einsatz kommt und diesen Zustand als „normal“ einstuft. Sie dürfte dann probieren, im Rahmen ihrer Möglichkeiten den Status Quo irgendwie zu erhalten. So könnte selbst das interne Sicherheitsteam bei dem Versuch, Änderungen am System vorzunehmen, als Feind eingestuft werden. Und da keine Organisation absolut sicher sein kann, nicht bereits gehackt worden zu sein, ist mit toxischen Infrastrukturen jederzeit zu rechnen.

#### Zauberlehrlinge in der IT-Sicherheit

Es gehört eigentlich zur traurigen Realität der IT-Security, dass die beiden Ursachen für die meisten Probleme seit etlichen Jahren wohlbekannt sind. So sorgt ein unzureichendes Patch-Management dafür, dass Lücken nicht zur rechten Zeit geschlossen werden. Daneben offenbart wieder einmal der aktuelle Verizon Data Breach Investigations Report 2018, dass ge-

stohlene Zugangsdaten (Passwörter) mit weitem Abstand die Hauptursache für Kompromittierungen darstellen. Man kann es nicht oft genug wiederholen: Passwörter waren schon immer unsicher und werden in Zukunft sogar immer unsicherer. Sie sind häufig leicht zu erraten, wie das Hasso-Plattner-Institut für 2017 anhand der Lieblingspasswörter der Deutschen wieder eindrucksvoll bestätigte, oder sie sind für wenige Dollar im Darkweb zu kaufen – samt E-Mail-Adresse und Benutzername. Nicht zuletzt verraten User leichtfertig ihre Passwörter mittels Social Engineering. Glücklicherweise haben einige Anbieter – darunter etwa E-Mail-Betreiber wie Gmail oder Yahoo sowie Social-Media-Portale wie Facebook oder Twitter – die Gefahr mittlerweile erkannt und bieten ihren Kunden eine Zwei-Faktor-Authentifizierung (2FA) an.

Würden jedoch Formen der Multi-Faktor-Authentifizierung (MFA) endlich flächendeckend und zwingend zum Einsatz kommen, könnten damit bereits die meisten Datenlecks verhindert werden: Es ist deutlich schwieriger, einen weiteren Faktor zu knacken, der beispielsweise in Form eines Hardware- oder Softwaretokens nur im Besitz des autorisierten Nutzers ist. Stattdessen wird versucht, mittels populär-klingender Technologien wie KI ein Problem zu lösen, das längst ohne große Schwierigkeiten mit bewährten Methoden behoben werden könnte. So nehmen einige die Gefahr in Kauf – gleich Goethes Zauberlehrling – die Geister, die sie riefen, womöglich nicht mehr los zu werden.

#### Der Mensch hat die Leitung, die KI assistiert

Neben den Problemen und Schwierigkeiten, die aus dem schlecht durchdachten Gebrauch von künstlicher Intelligenz entstehen, gibt es absolut sinnvolle und kluge Anwendungsmöglichkeiten der Technologie. Als Hilfsmittel kann sie hervorragende Dienste leisten. Die Analyse großer Datenmengen ist beispielsweise ein Bereich, den schlaue Algorithmen besser erledigen als jeder Mensch. Nur am Ende sollten wieder Experten aus Fleisch und Blut die Entscheidung treffen, wie die Ergebnisse der Analyse zu bewerten sind. Auch im Kampf gegen Viren, Malware oder andere Cyberschädlinge kann die Technologie wertvolle Unterstützung bieten, indem sie Gefahren erkennt und wichtige Hinweise liefert.

Als Assistenzsysteme leisten KI-Lösungen auch in vielen anderen Bereichen beeindruckende Arbeit: vom Autopilot im Flugzeug über die Spurhaltung beim PKW bis hin zu Zelluntersuchungen in der Medizin. Solange jedoch Unbekannte wie die Blackbox-Problematik nicht gelöst sind, Algorithmen aus ungefilterten Daten

Diskriminierung lernen und bereits minimale Abweichungen zu völlig falschen Einschätzungen führen, sollten Menschen das Steuerrad nicht aus der Hand geben. Im Zweifelsfall ist der gesunde Menschenverstand zusammen mit dem Bauchgefühl ein besserer Ratgeber als ein seelenloser Algorithmus, der uns noch nicht einmal verraten kann, weshalb er zu einer bestimmten Einschätzung gekommen ist.

Dr. Amir Alsbih

## 1.2.4 ML im Zeitalter der Industrie 4.0

### Traditionelle Fertigung und Maschinelles Lernen wachsen bei Bosch zusammen

Ob Backofen, Waschmaschine oder Lüfter in Ihrem Badezimmer: Die Zeiten, in denen unsere Haushaltsgeräte blind Befehlen folgten – einschalten, schneller, langsamer, wärmer, kälter, ausschalten – sind vorbei. Inzwischen helfen Sensoren Haushaltsgeräten dabei selbst zu „entscheiden“, wie viel Waschmittel die Waschmaschine benötigt oder bei welcher Luftfeuchtigkeit der Lüfter seine Arbeit verrichtet.

Was unsereins im Haushalt gerade noch so überblicken kann, würde das menschliche Gehirn im Industriesektor vor unlösbare Aufgaben stellen. Wo die Komplexität der Datenverarbeitung steigt und allein mit dem Faktor Mensch nicht mehr zu bewältigen ist, kommen Künstliche Intelligenz (KI) und Maschinelles Lernen (ML) ins Spiel.

Künstliche Intelligenz bedeutet vereinfacht: Maschinen erheben nicht mehr nur Daten über angebundene Sensoren, auf deren Grundlage der Mensch dann Entscheidungen trifft. Nein, im KI-Zeitalter werten Maschinen selbst unzählige Daten aus Sensoren und Kameras aus, suchen nach Mustern aus bereits erhobenen Daten und treffen auf dieser Grundlage Entscheidungen. In diesem Kontext ist es besonders wichtig Fehlentscheidungen zu vermeiden. Während ein falsch übersetztes Wort üblicherweise keine gravierende Konsequenz nach sich zieht, kann eine falsche Interpretation des Fußgängerverhaltens unter Umständen ein Leben kosten. Die Robustheit der Vorhersagen ist deshalb von besonderer Bedeutung.

Computer sind inzwischen in der Lage, komplexe Zusammenhänge im System zu erkennen, die der Mensch nicht mehr überblicken kann. Das Potential dieser Entwicklung ist enorm. Mit Hilfe von KI lernen Autos ohne Fahrer zu



Dr. Amir Alsbih,  
CEO,  
KeyIdentity GmbH

fahren, „smart factorys“ geben Wartungsarbeiten in Auftrag noch bevor etwas kaputt geht und Sprach- oder Chatbots erleichtern die Kommunikation von Mensch zu Maschine. Es wird deutlich: Künstliche Intelligenz ist mehr als nur ein Technologie-Trend, KI ist ein Gamechanger.

Das haben wir bei Bosch erkannt. Unser 1886 als „Werkstätte für Feinmechanik und Elektrotechnik“ gegründetes Unternehmen hat sich zu einem weltumspannenden Industriekonzern entwickelt, gerade weil Qualitätsarbeit und Mut zu Innovationen immer oberster Anspruch waren. Kein Wunder also, dass Bosch auch beim Thema Künstliche Intelligenz und Maschinelles Lernen eine Vorreiterrolle einnimmt. Zu diesem Zweck wurde Anfang 2017 das Bosch Center for Artificial Intelligence, kurz BCAI, aus der Taufe gehoben. Für Bosch ist KI eine Schlüsseltechnologie der Zukunft.

#### Die Maschine „trainiert“ sich selbst

Im BCAI arbeiten derzeit etwa 120 Naturwissenschaftler sowie Ingenieure daran, Bosch zu einem führenden Unternehmen im Bereich Maschinelles Lernen und Künstliche Intelligenz zu machen. Bis 2021 soll sich die Zahl der Mitarbeiter an den Standorten Bangalore, Sunnyvale und Renningen vervielfachen. Schließlich hat Bosch-Chef Volkmar Denner die Devise ausgegeben, möglichst jedes Produkt IoT-fähig zu machen. Dabei soll Maschinelles Lernen eine zentrale Rolle einnehmen. IoT steht für „internet of things“, zu Deutsch Internet der Dinge, und meint die Vernetzung von Kühlschränken, Waschmaschine & Co. Im Vordergrund steht der Mehrwert, der damit generiert werden kann.

Ein Beispiel: Auf den ersten Blick erscheint es nicht zielführend einen Akkuschauber mit einem Internetanschluss auszustatten. Beim genaueren Hinsehen offenbaren sich aber hilfreiche Anwendungen: So könnte der Benutzer vorzeitig über einen drohenden Defekt informiert werden, welcher sich durch eine einfache Wartung verhindern ließe. Prinzipiell ist das natürlich auch ohne eine Verbindung zum Internet realisierbar, in diesem Fall würde man aber auf den „Erfahrungsschatz“ anderer Akkuschauber verzichten und somit an Genauigkeit verlieren. Beim Thema KI kommt es darauf an, genau zu erklären, wofür sie eingesetzt wird und welchen Nutzen sie hat. Bosch forscht an KI, die sicher, robust und erklärbar ist.

Bisher „trainierten“ Entwickler die Computer, in dem Sie ihnen Algorithmen einspeisten. Jetzt „trainieren“ sich die Computer selbst. Für dieses Training werden Daten benötigt. Um das Beispiel des autonomen Fahrens aufzugreifen: Soll

das Fahrzeug zuverlässig Fußgänger erkennen, braucht es eine ausreichende Menge an Beispielen. Da sich Menschen üblicherweise nicht gleichen, wird eine große Menge an Daten benötigt um dem Computer beibringen zu können, was einen Menschen optisch ausmacht. Während das Erkennen von Personen mittlerweile gut funktioniert, ist das Vorhersagen der Absichten der erkannten Fußgänger noch mit Hürden verbunden. In diesem Fall mangelt es nicht nur an eindeutig „gelabelten“ d.h. gekennzeichneten Daten, auch die Qualität der Daten ist aktuell nicht ausreichend hoch.

Die Datenqualität ist entscheidend für die Leistung, die am Ende vom Algorithmus erwartet werden kann. Qualität heißt zum einen, dass die Daten mit einem eindeutigen und richtigen Label versehen wurden. Zum anderen heißt es, dass die Merkmale, welche extrahiert werden sollen, in diesen Daten enthalten sein müssen.

Um es bildlich zu machen: Es ist nicht zielführend, einen Algorithmus mit einem Datensatz zu trainieren, welcher ausschließlich Beispiele von handgeschriebenen Zahlen enthält, wenn das eigentliche Ziel ist, Buchstaben zu erkennen. Beim autonomen Fahrzeug bedeutet dies, dass die Daten idealerweise alle erdenklichen Interaktionen zwischen Fußgängern und Fahrzeugen enthalten. Zusätzlich wird jedoch auch die Intention des Fußgängers als „Label“ benötigt. Dieses Label mit einem bestimmten Zeitfenster einer Videosequenz zu verknüpfen um daraus die Intention abzuleiten, ist die Herausforderung.

Wie zuvor erwähnt, ist der Sinn der Vernetzung von autonomen Fahrzeugen naheliegend: Das Fahrzeug lernt nicht nur aus eigenen Erfahrungen, sondern auch aus denen aller vernetzten Fahrzeuge. Dieser Vorteil lässt sich auf viele andere Beispiele übertragen, ist aber nicht der einzige Vorteil, den die Vernetzung bietet. Durch vernetzte Lieferketten weiß die „smart factory“ heutzutage, wann sich welches benötigte Bauteil wo befindet und wann es geliefert wird. Durch die bessere Planbarkeit lässt sich der Lagerbestand deutlich verkleinern, die Kosten sinken. Zusätzlich muss eine neue Maschine nicht umständlich programmiert werden. Einfach anschließen und mit der Cloud vernetzen, schon ist sie arbeitsfähig. Das Zauberwort bei Bosch heißt „Plug & Produce“ und soll in Zukunft weitere Effizienzsteigerungen bringen, daran wird zusammen mit der Tochter Bosch Rexroth AG intensiv gearbeitet.

#### Fünf Säulen des Bosch Center for Artificial Intelligence

Diesen und vielen anderen Projekten widmen

sich unsere KI-Experten an den drei Standorten des Bosch Center for Artificial Intelligence in Baden-Württemberg, Kalifornien und Südindien. Die Arbeit des BCAI verteilt sich auf fünf Säulen: Research, Consulting, Service, Enabling und Marketing. Der Bereich Research widmet sich aufwändigen Forschungsprojekten, die eine große strategische Gewichtung besitzen. Ziel ist es, Alleinstellungsmerkmale für Bosch zu erarbeiten, um in der zukünftigen Wettbewerbssituation bestehen zu können. Schließlich gehen wir davon aus, dass in Zukunft eine Differenzierung entweder über die Menge und Qualität der Daten oder über Methoden notwendig sein wird.

Für direkten Kontakt mit unseren (internen) Kunden sind die Consulting- und Service-Teams zuständig. Im Gegensatz zu den Research-Kollegen sollen sie möglichst zeitnah konkrete Ergebnisse generieren. Im Kern bedeutet das: Probleme verstehen, Anwendbarkeit der State-of-the-Art KI-Methoden evaluieren, Lösungsvorschläge erarbeiten und letztendlich im Feld einsetzen. Zusätzlich konzentrieren sich diese Teams darauf, Plattformen zu etablieren. Weil Bosch ein Unternehmen mit enormer Fertigungskompetenz ist, wird derzeit eine Plattform etabliert, die unseren Ingenieuren einen gebündelten Zugang zu einer breiten Palette an ML-Anwendungen ermöglicht. Die meisten erarbeiteten Lösungen sollen in dieser Plattform ein Zuhause finden und auch von „Nicht-Experten“ bedienbar sein. Um diese Plattform mit Daten zu versorgen, werden viele Fertigungslinien mit zusätzlichen Sensoren versehen. Die Ziele sind dabei klar: Konsequenter Daten sammeln, um bei gleichbleibender, hoher Qualität Kosten zu senken. Drohende Probleme sollen erkannt und idealerweise behoben werden, bevor die Produktionslinie stillsteht. Und sollte ein Stillstand tatsächlich unvermeidbar sein, gewinnt man Vorlaufzeit.

Um innerhalb der Bosch-Gruppe ein Verständnis dafür zu schaffen, welche Probleme sich für eine Lösung mittels KI eignen und um aktiv Wissen auf diesem Gebiet zu transportieren, gibt es das Enabling-Team. Die KI-Experten bieten beispielsweise Grundlagen-Kurse für Mitarbeiter an, bei denen die Kollegen Code-Beispiele erhalten um einfachere Probleme zu lösen.

Für die Sichtbarkeit des BCAI im und außerhalb des Konzerns ist das Marketing-Team zuständig. Dazu gehört auch, Skepsis und Vorbehalte der Mitarbeiter gegenüber lernenden Verfahren abzubauen. Zentral ist dabei die Überzeugung, dass technologischer Fortschritt und gesellschaftliche Verantwortung Hand in Hand gehen.

**Ein Algorithmus für besseres Pflanzenwachstum**  
Welches Potential Maschinelles Lernen haben kann, macht beispielhaft das Projekt Plantect in Japan zur Steigerung von landwirtschaftlichem Ertrag deutlich. Bosch hat dort ein System aus Sensoren und Software entwickelt, mit dem Pflanzenkrankheiten in Gewächshäusern mit einer Wahrscheinlichkeit von 92 Prozent vorhergesagt werden können. Die Sensoren erfassen Luftfeuchtigkeit, Licht, Temperatur und Kohlenstoffdioxid-Gehalt, der Kunde kann sie bequem über sein Smartphone oder am PC abrufen. Darüber hinaus analysiert der im Bosch Center für Artificial Intelligence entwickelte Algorithmus das Verhältnis der Faktoren zueinander, vergleicht es mit vorhandenen Daten und trifft Vorhersagen zu möglichen Erkrankungen der Pflanzen im Gewächshaus. Noch ist das System auf Tomaten ausgelegt. In naher Zukunft soll Plantect aber auch den Ertrag bei Erdbeeren, Gurken, Zierpflanzen und anderen Gewächsen erhöhen.

Damir Shakirov

#### Mit Maschinellern Lernen zur Fabrik der Zukunft

E-Mails schreiben, Termine organisieren und die Heimelektronik steuern – smarte Sprachassistenten machen das möglich. Beim Arzt sichert künstliche Intelligenz Diagnosen ab. Die Stadt Mannheim setzt auf selbstlernende Algorithmen, um auf Videoaufnahmen verdächtiges Verhalten und Gefahren zu erkennen: Beispiele einer Studie von PricewaterhouseCoopers (PWC) aus dem März 2018 zeigen, was heute mit künstlicher Intelligenz (KI, englisch AI) und maschinellem Lernen möglich ist – und was noch möglich sein wird. So geht die Unternehmensberatung davon aus, dass künstliche Intelligenz den Weg für neue Betriebs- und Geschäftsmodelle gerade erst ebnet. „Bestehende Wertschöpfungsketten werden sich durch AI verändern, ebenso wie neue Geschäftsmodelle und Märkte entstehen“, schreiben die PWC-Experten Wilfried Meyer und Hendrik Reese.

Denn: Langfristig erfolgreich sind Unternehmen nur, wenn sie das volle Potential von KI entlang ihrer digitalisierten Wertschöpfungsketten ausschöpfen. So erwarten 72 Prozent der von PWC befragten Firmenlenker, dass künstliche Intelligenz der Geschäftsvorteil der Zukunft sein wird. Wie das heute praktisch aussehen kann, zeigt T-Systems mit Next Generation Maintenance. Einer Lösung, die maschinelles Lernen im industriellen Kontext anwendet und deutlich macht, wie KI die Produktivität im Vergleich zu Wettbewerbern entscheidend steigern kann: Denn mit Hilfe von maschinellen Lernverfahren aus



Damir Shakirov,  
AI-Consultant,  
Bosch Center  
for Artificial  
Intelligence

der KI werden Ausfälle von Produktionsanlagen erkannt, die Ursachen für Defekte bestimmt und Ersatzteile und Servicetechniker bestellt. Und zwar Tage im Voraus.

#### Produkte verbessern, Kundenzufriedenheit steigern

In einer Ende 2017 von Strategieberatung Frenus und T-Systems durchgeführten Marktstudie gaben 70 Prozent der Unternehmen an, bei ungeplanten Produktionsstillständen schwer in Verzug zu geraten. Jedes Zweite berichtet von Qualitätsproblemen. Mehr als 300 Leiter von Produktions-, Logistikabteilungen, Warenwirtschaft, Instandhaltung und Quality wurden für die Studie befragt. Die Idee hinter Next Generation Maintenance geht dabei über das reine Vorhersagen von Maschinenausfällen hinaus. Die Ende-zu-Ende-Lösung bringt Produzenten, Kunden und Anlagenhersteller an einen Tisch. So können die Fabriken die kontinuierlichen Datenanalysen beispielsweise nutzen, um die Qualität ihrer Erzeugnisse weiterzuentwickeln. Oder die Hersteller des Fertigungsequipments lernen, wie sie die Lebensdauer ihrer Produktionsmaschinen erhöhen können. Fertigungsverfahren lassen sich simulieren und vorab absichern. Oder Augmented und Virtual Reality-Anwendungen in die Wartungsroutinen der Servicetechniker integrieren, damit die 3D-Brille den Mitarbeiter zur Maschine lotst und ihm dort assistiert.



Hon.-Prof. Dr. Dipl.-Inf. Karlheinz Blank, Innovations- & Portfolio-Manager, Global Delivery Center Sales & Aftersales Solutions, T-SYSTEMS INTERNATIONAL GMBH

#### Industrielle Wartung 4.0

Das Konzept hinter Next Generation Maintenance ist für die Betreiber von Maschinen und Anlagen aus zwei Perspektiven besonders interessant: Zum einen, um Reparatur- und Stillstandzeiten zu verkürzen, Service- und Betriebskosten zu reduzieren und Umsätze zu steigern. Denn: Höher verfügbare Anlagen lassen sich auch höher auslasten. Zum anderen aber auch, weil der Instandhaltung eine Schlüsselrolle für die Industrie 4.0 zukommt: Eine repräsentative Umfrage von Ernst & Young aus dem Jahr 2017 zeigt, dass sich Industrie 4.0 bis dato eher schleppend durchsetzt, da Budget und Know-how fehlen, fokussieren sich die Unternehmen auf Teilbereiche. Die vorausschauende Wartung von Maschinen (Predictive Maintenance) gilt dabei als das Industrie 4.0-Konzept mit dem größten Wachstumspotential, wie die PWC-Studie „Digitale Factories 2020“ aus dem Jahr 2017 zeigt: Setzen aktuell nur 28 Prozent der Industrieunternehmen Predictive Maintenance-Lösungen ein, sollen es innerhalb der nächsten fünf Jahren 66 Prozent werden.

#### Um Anlagen verfügbar zu halten, sind drei Methoden in der Industrie gängig:

- Bei der periodisch vorbeugenden Wartung tauschen die Unternehmen Verschleißteile nach festgelegten Zeitintervallen aus. Haben beispielsweise Zahnriemen, Schläuche oder Achsen ihre errechnete Lebensdauer erreicht, rücken Techniker an. Aber: Erst an der Maschine erkennen die Mitarbeiter auch, ob ein Austausch wirklich nötig ist. Das macht Servicearbeiten ineffizient.
- Die zustandsorientierte Wartung setzt auf Sensordaten, um genauer zu bestimmen, wann eine Reparatur nötig ist. Ob Temperatur, Druck oder Geschwindigkeit – die Sensoren kontrollieren einzelne Parameter. Durch die Anwendung von Regeln und Wenn-Dann-Beziehungen lassen sich Reparaturbedarfe präzise ableiten. Weicht ein Betriebsparameter in bestimmten Konstellationen vom Sollwert ab, kann das auf einen Defekt hinweisen.
- Datenanalysen wiederum sind in der Lage, nicht nur einzelne, sondern viele Maschinenparameter aus dem laufenden Betrieb in Echtzeit zu analysieren. Über die heute verfügbaren modernen Cloud-Lösungen verarbeiten Unternehmen Daten schnell und kostengünstig. Kombiniert mit den Möglichkeiten des maschinellen Lernens erschließen sich Fabriken ganz neue Auswertungs- und Nutzenpotentiale: Selbstlernende Algorithmen spüren versteckte Muster in den Datenströmen auf und erkennen verbundene, vielschichtige Wirkzusammenhänge.

#### Lernende Software

Maschinelles Lernen beschreibt als KI-Teilbereich die Fähigkeit von Software, sich auf Basis ihrer bisherigen Interaktionen mit der Umwelt selbst anzupassen und zu verbessern. Heißt konkret: Wie der Mensch durch Erfahrung lernt und sein Verhalten verändert, verhält sich auch ein solcher Programmcode. Wenden Fabriken intelligente Softwarebausteine auf ihre Produktionsanlagen an, sind diese in der Lage, in großen Datenbergen die Verhaltensmuster von Maschinen zu analysieren. Ausfälle einzelner Bauteile lassen sich dann voraussagen, Störungen und Ursachen im vornherein erkennen. Unternehmen planen Servicearbeiten mit Vorlauf ein.

Bei Next Generation Maintenance setzt T-Systems auf Roboter-Prozess-Automatisierung, kurz RPA. Sogenannte RPA-Bots kommen beispielsweise auch überall dort zum Einsatz, wo Mitarbeiter im Büro von Routineaufgaben entlastet

werden sollen. Denn je standardisierter Aufgaben sind und je häufiger sie anfallen, desto seltener sind dafür Menschen erforderlich. Softwareroboter können dann beispielsweise Rechnungen und Überweisungen schreiben, Stammdaten pflegen. Oder die Datenströme aus einer Fabrik in Echtzeit analysieren.

Vor dem Einsatz im Fertigungsbetrieb ist ein Training mit historischen Daten nötig. Das heißt: Die RPA-Bots lernen, wie sie den Gesundheitszustand der Produktionsanlagen erkennen und bewerten können. Über diese Datensätze trainieren sie ihre Fähigkeit, Zusammenhänge zwischen Maschinenparametern und zurückliegenden Ausfällen zu identifizieren. Später wenden die Algorithmen dieses Wissen im laufenden Betrieb an, um Probleme vorausschauend zu erkennen. Über diese Erkenntnisse werden ihre Prognosen kontinuierlich präziser.

#### Beispiel Autoproduktion: Ausfälle 6 Tage im Voraus erkennen

Die Lösung von T-Systems kommt bereits in der Automobilproduktion zum Einsatz. Das Ziel: Die Wartung von Schweißrobotern zu optimieren. Denn fällt ein Roboter ungeplant aus, steht die komplette PKW-Produktion still. Mit den selbstlernenden RPA-Bots ist ein Automobilhersteller in der Lage, nicht nur ausfallende Roboter bis zu sechs Tage im Voraus zu identifizieren, sondern auch die Ursachen für den Defekt zu erkennen. Der Vorteil: Ersatzteile lassen sich passend zum Bedarf bestellen und Servicetechniker genau dann anfordern, wann Wartung auch wirklich erforderlich ist. Reparaturen an den Schweißrobotern lassen sich rechtzeitig einplanen, so dass die Produktion stets ungehindert weiterläuft.

#### Physische Arbeiten und menschliche Fertigkeiten automatisieren

Das Beispiel zeigt: Mit Next Generation Maintenance lässt sich die Kluft zwischen ambitionierter Industrie 4.0-Strategie und rascher Umsetzung schließen. Denn wo sich Unternehmen auf dem Weg zur intelligenten Fabrik bis dato nur auf Teilbereiche konzentrieren, verlangt die vierte industrielle Revolution nach radikalen Umwälzungen: Die selbst lernende, sich selbst organisierende Fabrik wird nur Realität, wenn Unternehmen Technologien wie maschinelles Lernen durchgängig entlang ihrer gesamten digitalisierten Wertschöpfungsketten anwenden, wie die Unternehmensberater von PWC sagen. Wird die Industrie 4.0 Realität, so erwartet der Digitalverband Bitkom bis 2025 etwa 78 Milliarden Euro mehr Bruttowertschöpfung am Standort Deutschland.

Was maschinelles Lernen und KI betrifft, so geht PWC davon aus, dass die Technologie im Jahr 2030 so reif sein wird, auch physische Arbeiten und menschliche Fertigkeiten automatisieren zu können – und das dann in dynamischen Umgebungen, die neue Anpassungs- und Lernstrategien der Algorithmen erforderlich machen werden. So sollen sich dann beispielsweise vollkommene autonom fahrende öffentliche Verkehrsmittel auf unseren Straßen bewegen.

Hon.-Prof. Dr. Dipl.-Inf. Karlheinz Blank

## 1.2.5 Der Einsatz in der Wirtschaft

### So wird Machine Learning in Unternehmen eingesetzt

Das Potential von Machine Learning ist riesig: schon heute wird die Technologie in vielen Unternehmen eingesetzt und funktioniert dabei oft so gut, dass den Nutzern ihre Anwesenheit gar nicht auffällt. Von Chatbots über den automatisierten Posteingang bis zum digitalen Werkzeug für Handwerker - wir zeigen einige aktuelle Anwendungsbeispiele.

Beim Thema künstliche Intelligenz und Machine Learning herrscht an vielen Stellen eine gewisse Verwirrung, deshalb macht es Sinn, die wichtigsten Begriffe kurz zu erklären: Zunächst kann man künstliche Intelligenz in zwei Ausprägungen unterscheiden, starke künstliche Intelligenz (strong AI, general AI oder Superintelligenz) und schwache künstliche Intelligenz (weak oder narrow AI). Schwache künstliche Intelligenz (KI) wirkt auf einen eng definierten Anwendungsbereich, beispielsweise eine automatisierte Bilderkennung. Die Entwicklung einer starken Intelligenz ist hingegen bis jetzt noch nicht gelungen. Diese Superintelligenz mit tendenziell universellen Fähigkeiten würde nicht mehr nur reaktiv handeln, sondern auch aus eigenem Antrieb und damit dem Menschen stärker ähneln als jede bekannte Maschine.

### Machine Learning treibt künstliche Intelligenz voran

Eines der faszinierendsten Teilgebiete von künstlicher Intelligenz ist Machine Learning. Mit Hilfe von Algorithmen zur Analyse von Daten werden Muster und Zusammenhänge sichtbar gemacht und Prognosen möglich. Anders als klassische Software, die Stück für Stück programmiert wird, lernt die Maschine im Training durch Testdaten und durch den Gebrauch von großen



Datenmengen im Produktivbetrieb. Eine der großen Stärken ist die Analyse von unstrukturierten Daten, die bis dato sehr schwer verarbeitbar sind.

Einen Meilenstein erreichte die KI-Entwicklung im Oktober 2017. Das von der Google-Tochter Alphabet geschaffene AlphaGo Zero schlug in internen Tests seine Vorgängerversionen im Strategiespiel Go. Diese hatten zuvor den besten menschlichen Spieler im Go geschlagen, was bis dahin auch für unmöglich gehalten wurde. Das Revolutionäre: AlphaGo Zero hat sich das Spiel selbst beigebracht, ohne dass es mit existierenden Spielzügen und Techniken gefüttert wurde wie vorherige künstlichen Intelligenzen. Nur die Spielregeln wurden vorgeben - sämtliche Taktiken erlernte AlphaGo Zero eigenständig, indem es millionenfach gegen sich selbst spielte.

Deep Learning mit Hilfe von künstlichen neuronalen Netzen ist eine besonders effektive Methode von Machine Learning und die bedeutendste Zukunftstechnologie im Bereich künstliche Intelligenz.

#### Enorme Einsatzmöglichkeiten von Machine Learning in Unternehmen

Aktuelle Anwendungsbereiche von Machine Learning (ML) sind die Optimierung von Geschäftsprozessen und die Automatisierung von redundanten und damit leicht standardisierbaren Aufgaben. Was sich relativ technisch anhört, bietet enormes Potential für die Geschäftsentwicklung, aber auch für Mitarbeiter und Kunden.

Sehr weit entwickelt sind heute schon Chatbots, die Kundenanfragen automatisiert beantworten oder weiterleiten können und sich während dieses Prozesses selbstständig weiterentwickeln. Auch die vollständige Automatisierung aller Inbound-Kanäle eines Unternehmens gehört zu Machine Learning-Dienstleistungen, die progressive Digitalagenturen anbieten.

Die Herausforderung: in großen Unternehmen gibt es oft einen zentralen Posteingang, bei dem sämtliche Dokumente eingehen und dann manuell an die entsprechenden Sachbearbeiter zugestellt werden. Prinzipiell gilt das nicht nur für die klassischen Postsendungen, sondern auch für E-Mails oder Social Media-Posts. Der manuelle Aufwand ist enorm. Machine Learning kann aus der vergangenen manuellen Klassifizierung zu lernen und diese automatisch auf neu eingehende, unstrukturierte oder gar handschriftliche Dokumente anzuwenden. Dadurch können Dokumente innerhalb von wenigen Millisekunden automatisiert an den richtigen Ansprechpartner delegiert werden.

#### Handwerker werden mit ML zu Produktexperten

Ein anderes Beispiel: die optische Erkennung von Objekten wie Produkten auf Fotos, Videos oder dem Livebild eines Smartphones. Für einen unserer Kunden haben wir eine mobile App entwickelt, welche Bad-Keramiken per Smartphone erkennt und so Installateuren und Handwerkern hilft, das passende Produkt für die örtlichen Gegebenheiten zu finden. Dadurch werden Fehlbestellungen von Ersatzprodukten und Ersatzteilen beim Hersteller minimiert.

#### Externe Beratung hilft bei ersten Schritten

Gerade wenn Unternehmen noch nicht sehr viel Erfahrung mit Machine Learning haben, ist die Zusammenarbeit mit externen Experten ratsam. Schon sind im Vorfeld von KI-Projekten sind nämlich potentielle Bottlenecks identifizierbar und zu erschließen, welche Projekte wirklich umsetzbar sind. Zu den Bottlenecks gehören oftmals die Rechenleistung, die Verfügbarkeit von hochwertigen Daten und die Wahl der richtigen Software. Was viele Unternehmen unterschätzen - für die Umsetzung müssen auch intern die Weichen gestellt werden, beispielsweise für eine intensive Zusammenarbeit zwischen einzelnen Abteilungen und einer innovationsfreundlichen Gesamtkultur.

Die Beispiele zeigen: Machine Learning ist schon heute Teil von vielen Unternehmen und läuft oftmals im Hintergrund, oftmals ohne dass Mitarbeiter und Kunden es wahrnehmen. Der Nutzen ist enorm, so dass ich auch schon kurzfristig mit einer weiteren und starken Verbreitung der Technologie rechne. Darüber hinaus erzeugt Machine Learning aus sich heraus eine eigene Dynamik, da durch ihren Einsatz weitere Potentiale in Unternehmen deutlich werden. Pascal Reddig



Pascal Reddig,  
Geschäftsführer,  
TWT Business  
Solutions GmbH

Marcus Raitner arbeitet als Agile Transformation Agent und Agile Coach bei der BMW Group IT. In seinem Blog „Führung erfahren!“ schreibt er seit 2010 über die Themen Führung, Agilität, Digitalisierung und vieles mehr.



## Die agile Transformation in der Sackgasse

Wer Spotify kopiert oder irgendeine andere Blaupause einer agilen Organisation einfach umsetzt, macht einen grundsätzlichen Fehler. Nicht weil die Modelle schlecht wären, sondern weil die von oben angeordnete Umsetzung eines von wenigen Managern, Experten oder Beratern ausgewählten oder erdachten Modells einer agilen Organisation dem ganz wesentlichen Prinzip der Selbstorganisation widerspricht. Modelle agiler Organisationen sind prinzipiell emergent in dem Sinne, dass sie aus der Zusammenarbeit von selbstorganisierten Teams in Richtung einer gemeinsamen Vision entstehen und sich ständig weiterentwickeln. Darum ist es entscheidend für eine nachhaltige agile Transformation, den Druck kurzfristige Erfolge zu liefern auszuhalten und den Menschen empathisch und vertrauensvoll den Raum und die Zeit zu geben, gemeinsam zu lernen und zu wachsen. So verlockend Blaupausen auch erscheinen und so schön actionistisch ihre Einführung im großen Stil auch aussehen mag, so sicher führt genau das die agile Transformation in eine Sackgasse.

Die wesentliche und wichtigste Einheit in agilen Organisationen ist das selbstorganisierte Team. So steht es explizit in den Prinzipien hinter dem agilen Manifest. Und diese Autonomie der Teams ist auch das zentrale Element bei Spotify. Das Modell von Spotify ist aus genau diesem zentralen Prinzip entstanden und ist genau deswegen erfolgreich. Selbstorganisation ist der Schlüssel, aber auch die Herausforderung. Für die Transformation einer hierarchischen Organisation in eine agile Organisation von selbstorganisierten Teams sowieso, aber auch und noch immer für Spotify: „Was ist das Beste an der Arbeit bei Spotify? Was ist die größte Herausforderung bei Spotify? Die Antwort auf beide Fragen ist die gleiche: Autonomie.“ (Joakim Sundén)

Selbstorganisation mit einem einzigen Team oder mit wenigen Teams ist keine Kunst. Schwierig wird es erst, wenn die Zahl der Teams zunimmt. Das wurde es übrigens auch für Spotify, wo die Entwicklungsmannschaft von 2010 bis 2013 von 10 auf 300 Menschen stark zunahm. Und genau da entstand auch dieses Spotify-Modell, das nun so ger-

ne kopiert wird. Es entstand aber noch etwas anderes. Es entstand mit „Agile à la Spotify“ eine Beschreibung dessen, was genau agil bei Spotify bedeutet und was nicht. Und dort heißt es gleich zu Beginn zum Thema kontinuierliche Verbesserung: „Teil meiner Arbeit bei Spotify ist es, nach Wegen zur kontinuierlichen Verbesserung zu suchen, für mich persönlich genauso wie für die gesamte Organisation.“

Die Verantwortung für das Spotify-Modell liegt also ganz klar bei denen, die damit und darin arbeiten müssen. Jeder arbeitet kontinuierlich auch daran die Organisation bei Spotify besser zu machen. Das ist die logische und notwendige Konsequenz aus dem Prinzip der selbstorganisierten Teams. Zwar ist jede Form von Strukturierung der Zusammenarbeit der vielen Teams eine Einschränkung der Freiheit des einzelnen Teams. Diese ist aber notwendig, um gemeinsam die Organisation und ihr Produkt erfolgreich zu machen. Die Freiheit des Einzelnen endet eben dort, wo die Freiheit des Anderen beginnt. Der feine aber entscheidende Unterschied ist es, dass sich diese Einschränkungen der Freiheit des einzelnen Teams aus der Zusammenarbeit der Teams ergeben und von diesen selbst entschieden werden und den Teams genau das zugestanden und zugetraut wird.

Die Management- und Führungsaufgabe in der agilen Transformation lautet also nicht, das beste Modell einer agilen Organisation auszuwählen oder ein eigenes zu konzipieren und das dann auszurollen. Das verletzt nämlich ganz massiv das zentrale Prinzip der Selbstorganisation und hält die Menschen und Teams genau dort abhängig, wo sie eigentlich autonom und selbstverantwortlich agieren sollten. Die eigentliche Führungsaufgabe ist es vielmehr einen Rahmen zu schaffen, in dem ein solches Organisationsmodell nach und nach aus der Zusammenarbeit von selbstorganisierten Teams entsteht. Das ist ein gemeinsamer Lernprozess der sich durch Blaupausen nicht abkürzen lässt. Wer es trotzdem versucht, führt dann eben nur ein neues Organisationsmodell ein und eine Transformation durch, agil ist dann aber weder das eine noch das andere.

Dr. Marcus Raitner

Foto: Privat

# 2. QUANTUM COMPUTING (QC)

Quantencomputing bietet eine völlig neuartige Möglichkeit, komplexe Berechnungen sehr viel schneller und oftmals überhaupt erst auf praktische Weise durchzuführen.

Diese bahnbrechende Entwicklung, die in den letzten Jahren große Sprünge in der Praxis erlebt hat, geht auf zwei wissenschaftliche Revolutionen des frühen 20. Jahrhunderts zurück. Die erste Revolution wurde um 1930 durch die radikal neuartige Theorie der Quantenmechanik ausgelöst, die unsere Auffassung von Realität drastisch verändert hat. Die zweite wissenschaftliche Revolution erfolgte in den 1940er-Jahren, indem die Grundlagen für den Bau erster programmierbarer Computer gelegt wurden, welche die Basis aller Rechentechnik ist, wie wir sie heute von Smartphones bis Großrechner kennen. In den letzten zwei Jahrzehnten wurden diese beiden Wissenschaften zusammengeführt und es entstand der interdisziplinäre Zweig des Quantencomputings.

Quantencomputer sind Rechenmaschinen, welche die Effekte der Quantenmechanik verwenden. Dies beinhaltet die Fähigkeit, mehrere Zustände gleichzeitig zu besitzen (Superposition), mit einer Operation viele Zustände gleichzeitig zu verändern (Verschränkung) sowie unwahrscheinliche Lösungen zielstrebig zu erreichen (Tunneling). Neben universellen Quantencomputern spielen sogenannte Quantenannealer eine immens wichtige Rolle, da sie besonders dafür konzipiert sind, Optimierungsprobleme zu lösen.

In dieser Ausgabe erwarten Sie Artikel rund um das Thema Quantencomputing. Die Themen fokussieren technische Hintergründe, mögliche Anwendungsfälle sowie visionäre Gedanken.

## INHALT

	Dr. Sebastian Feld, Thomas Gabor   Become Quantum Ready!	67
	Thomas Strohm, Dr. Robert Rölver   Quantencomputing und andere Quantentechnologien	71
	Dr. Thomas Ayrat   Quantum Computing – ein Blick unter die Haube: Weshalb hardwareorientierte Quanten-Softwareentwicklung von so großer Bedeutung ist	77
<b>2.1</b>	<b>ALLGEMEIN</b>	
	Jana Eschweiler   The Next Big Thing: der Quantencomputer	80
	Alexander Eser   Quantum Computing & Industrielle Optimierungsprobleme: Quantum Computing – Ein Segen für die Industrie?	81
<b>2.2</b>	<b>VISION</b>	
	Dr. Imre Koncsik   Reverse Feedback Technologie des Lebendigen?	83
<b>2.3</b>	<b>ANWENDUNG</b>	
	Alexander Eser   Cloud Computing – Computation as a Service	84

# Become Quantum Ready!

Dr. Sebastian Feld, Thomas Gabor

Quantencomputer machen sich auf, die Welt zu verändern! Ihre Funktionsweise birgt großes Potenzial, ist aber bisweilen nicht sehr intuitiv. Doch anhand anschaulicher Beispiele lässt sich auch für die Welt des Quantum Computing ein Gespür entwickeln. Dieses wird zur Notwendigkeit, wenn die Disruption durch den Einsatz von Quantencomputern beginnt.

## 1. Motivation

Digitale Geschäftsmodelle hängen oft an speziellem Wissen über das eigene Produkt. Durch globale Verfügbarkeit über das Internet treten digitale Unternehmen meist in Konkurrenz mit Unternehmen aus aller Welt. Und viele Mitbewerber können eine Auswahl an Musik-Streams anbieten oder eine Navigation durch die Rush Hour oder sogar eine Cloud-Lösung für Berechnungen in einer Smart Factory.

Die Differenzierung auf dem Markt der Zukunft erfolgt über die spezielle Auslegung und aktuelle Anpassung auf den Kunden: Welche Musik will meine Kundin jetzt am liebsten hören? Welche Route führt am schnellsten durch die Staus? Oder wie arbeiten die Produktionsmaschinen am effizientesten zusammen?

Der Mathematiker nennt diese Fragen Optimierungsprobleme. Und die Welt ist voll davon. Wenn LKWs beladen werden, wenn Flugzeuge auf Gates verteilt werden oder wenn moderne Verkehrsführung geplant wird: Jedes Mal versuchen wir, ein Optimierungsproblem zu lösen.

Der Informatiker beschäftigt sich dann mit den Algorithmen, die das möglichst gut und möglichst schnell schaffen. Doch die Theorie sagt uns: Für viele hoch relevante Probleme besteht wenig Hoffnung mit allen bekannten Methoden. Diese Probleme haben von sich aus eine zu hohe Komplexität. Klassische Computer können hier zwar meist eine passable Lösung approximieren, aber auch das kostet oft viel Rechenleistung und ist oft schwer parallelisierbar. Spezielle Hardware (wie Digital Annealer) kann momentan zu einem Geschwindigkeitsschub führen, leidet jedoch aus Prinzip an denselben Schwächen wie der Standardrechner aus dem nächsten Rechenzentrum.

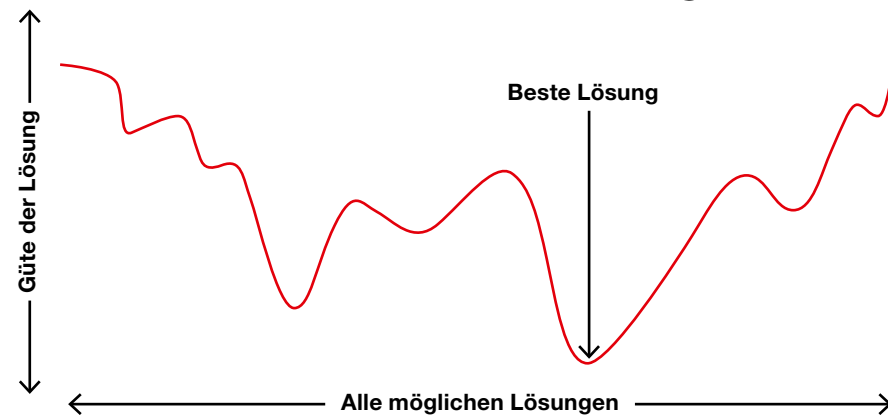
## 2. Quantum Speedup

Darum liegt die Hoffnung hier auf einer neuartigen Herangehensweise: Quantencomputer nutzen fundamental andere Methoden zur Berechnung von Ergebnissen, indem sie Phänomene der Quantenmechanik ausnutzen, die für unsere Intuition zunächst seltsam wirken können. (Keine Sorge, den ersten Quantenphysikern ging es genauso!) Durch die Nutzung dieser Effekte verspricht man sich für viele Anwendungsfälle eine deutliche Steigerung der effektiven Rechenleistung, einen sogenannten Quantum Speedup.

Doch wie funktioniert dies? Der erste wichtige Effekt in der Quantenwelt ist die Superposition. Während ein klassisches Bit nur einen der beiden Zustände 0 oder 1 annehmen kann, kann ein Qubit (kurz für quantum bit) beide Zustände 0 und 1 gleichzeitig annehmen – zumindest so lange niemand zu genau nachsieht. Man könnte sagen, das Universum reagiert bei Quanten erst auf Nachfrage. Fragt man jedoch nicht nach, bleiben beide Optionen eine Möglichkeit und es kann auf beiden Zuständen 0 und 1 gleichzeitig gerechnet werden. Man spart sich so natürlich, einmal die Option 0 und dann nochmal die Option 1 nacheinander durchzugehen. Populär geworden ist dieser Effekt durch die Metapher von Schrödingers Katze. Wichtig ist hier, wie die Superposition aufgelöst wird: Sobald wir nachmessen, also beim Universum nachfragen, ob unser Qubit nun 0 oder 1 ist, entscheidet sich das Universum für eine dieser Varianten und bleibt dabei. Wir können nicht mehr rekonstruieren, wie der Zustand vor dem Messen ausgesehen hat.

Der zweite wichtige Effekt nennt sich Verschränkung und basiert auf der Superposition. Wir starten also mit zwei Qubits,

## Quantum Annealing



**Abbildung 1: Darstellung einer Lösungslandschaft.** Auf der horizontalen Achse stellen wir uns vor, dass alle möglichen Lösungen (also bspw. alle Konfigurationen von Einfamilienhäusern) nacheinander aufgereiht werden können. Auf der vertikalen Achse tragen wir dann für jede Lösung ihre Güte an, wobei niedrige Werte besser sind. Was sich daraus ergibt, ist eine komplexe Landschaft mit Bergen und Tälern, wobei die beste Lösung der niedrigste Punkt in dieser Landschaft ist.

deren genauen Zustand wir noch nicht nachgemessen haben. Wir können dennoch auf ihnen rechnen: Dabei verschieben wir die Wahrscheinlichkeit, dass sich das Qubit im Zustand 0 oder 1 befindet, in eine Richtung. Ein Beispiel: Wir wollen die kürzeste Fahr-Route zur gegenüberliegenden Seite des Häuserblocks vor uns berechnen. Dazu können wir zuerst links und dann rechts abbiegen, oder eben zuerst rechts und dann links. Beides sind valide Lösungen dieses Optimierungsproblems. Aber rechts und dann rechts fahren würde uns völlig in die falsche Richtung schicken. Wenn wir nun die Lösung mit einem Quantencomputer berechnen, könnten wir (bevor wir messen) eine Superposition der beiden Lösungen als Ergebnis bekommen. Zum Speichern nutzen wir zwei Qubits und so könnte „01“ für „links, dann rechts“ und „10“ für die Lösung „rechts, dann links“ stehen. Wenn wir nun zunächst nur das erste Qubit messen, könnte uns das Universum sowohl eine 0 als auch eine 1 nennen, da beide Möglichkeiten eine Lösung darstellen. Sobald wir das erste Qubit aber gemessen haben, wüssten wir sofort, dass das zweite Qubit das genaue Gegenteil ist. Tatsächlich befindet sich dann nach der Messung des ersten Qubits auch das zweite Qubit nicht mehr in einer Superposition. Man könnte sagen, das Universum merkt sich die Abhängigkeiten zwischen den Qubits, auch wenn wir deren Werte noch gar nicht nachgefragt haben. Diesen Zustand der Abhängigkeit nennt man dann Verschränkung. Und er bleibt unabhängig von räumlicher Nähe oder Distanz erhalten. Einstein nannte den Effekt deshalb zweifelnd „spukhafte Fernwirkung“.

### 3. Quantum Annealing

Als Beispiel für die grundlegenden Quanteneffekte haben wir nun schon ein kleines Optimierungsproblem besprochen, nämlich das Finden einer Fahr-Route. Tatsächlich sind Quantenmaschinen für solche Aufgaben besonders geeignet. Eine spezielle Technik namens Quantum Annealing ist sogar nur auf die Lösung von Optimierungsproblemen spezialisiert.

Stellen wir uns hierfür den Bau eines Einfamilienhauses vor. Wir haben ein bestimmtes Budget, das wir ausgeben können. Nun gibt es eine große Anzahl an Entscheidungen, die wir treffen können: Wie viele Zimmer soll es geben? Wird ein Kamin benötigt oder nicht? Wie soll die Ausstattung der Küche aussehen? Und sollen die Rollläden händisch zu bedienen sein oder automatisch oder vielleicht gar nicht existieren? Für jede dieser Fragestellungen gibt es zahlreiche mögliche Entscheidungen und einige getroffene Entscheidungen bedingen auch weitere Fragen. Nun wird unter den scheinbar unendlich vielen Möglichkeiten diejenige Konstellation gesucht, die uns am besten gefällt. Diese Konstellation nennen wir die optimale Lösung bezogen auf die gegebene Fragestellung. Die optimale Lösung und alle weiteren Lösungen können wir uns als einen Ort innerhalb einer hügeligen Landschaft vorstellen. Je tiefer dieser Ort liegt, desto besser die Lösung. Im Gegensatz zu Tälern repräsentieren Orte auf Bergen schlechte Lösungen. Die Frage ist nun, wie wir das tiefste Tal in dieser durchaus riesengroßen Landschaft finden. Denn wenn man sich durch das Gelände bewegt und in einem Tal umringt von Bergen steht, dann kann man schwer erkennen, dass man sich im tiefsten Tal befindet.

Quantum Annealing ist nun eine Technik, mit der genau dieses Problem angegangen werden kann. Wir versuchen die optimale Lösung zu finden und verwenden dabei einen weiteren Quanteneffekt, nämlich das Tunneling. Wie bereits beschrieben kann es beim Durchwandern der Landschaft passieren, dass man in einem Tal landet, das allerdings nicht das tiefste Tal ist. Wir haben eine gute Lösung gefunden, aber eben nicht die beste Lösung. Nun muss der Algorithmus schaffen, dass wir aus dem Tal herausklettern, um weiter die Ortschaft zu erkunden. Das Verlassen des Tals kann durchaus mit viel Kraftaufwand verbunden sein, sodass es in der Tat so ist, dass viele Algorithmen in diesem sogenannten lokalen Minimum stecken bleiben. Quantum Annealing ist nun mittels des Tunnelings in der Lage,

Berge zu überwinden, nicht indem geklettert wird, sondern indem ein Tunnel gegraben wird. Für ein Quantum ist dieser Tunnel viel einfacher zu nehmen, als über die Spitze des Berges zu wandern. Auf der anderen Seite kann die Suche nach einem besseren Tal fortgesetzt werden.

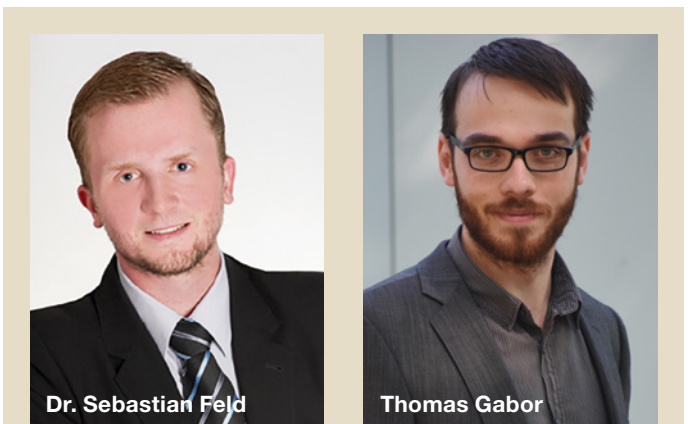
Nach dieser sehr bildlichen Erklärung der Funktionsweise eines Quantum Annealers stellt sich natürlich die Frage, wie wir ein Optimierungsproblem auf eine solche Maschine transportiert bekommen. Dazu muss das Problem in eine bestimmte Form gebracht werden, die sogenannte Quadratic Unconstrained Binary Optimization, kurz QUBO. Diese Formulierung, oder besser Denkweise, wollen wir auch anhand eines konkreten Beispiels erklären:

Angenommen wir sind der Betreiber eines Flughafens und möchten die ankommenden Flugzeuge am besten auf die Gates verteilen. Und nehmen wir an, unser Flughafen hat nur zwei Gates (A und B) und wird auch nur von zwei Flugzeugen angefliegen (1 und 2). Dies ist natürlich ein viel zu kleines Beispiel, soll aber die Funktionsweise erläutern. Darüber hinaus gibt es unterschiedliche Anforderungen, nämlich: Am liebsten soll das grüne Flugzeug 1 am grünen Gate A landen und entsprechend das blaue Flugzeug 2 am blauen Gate B. Eine weitere Anforderung ist, dass es keine Unfälle geben soll, also das Anlegen von zwei Flugzeugen an einem Gate soll verhindert werden. Nun gibt es mehrere Konstellationen, wie die Flugzeuge an die Gates gelotst werden können. Flugzeug 1 an Gate A und Flugzeug 2 an Gate B (beste Lösung), Flugzeug 1 an Gate B und Flugzeug 2 an Gate A (gute Lösung). Ferner gibt es die Möglichkeiten, dass Flugzeug 1 an Gate A und auch Flugzeug 2 an Gate A ankommt oder eben beide Flugzeuge an Gate B. Diese sollen schlechte Lösungen sein.

Nun wird eine sogenannte QUBO-Matrix ausgefüllt, in der die gegebenen Sachverhalte eingetragen werden. Der Clou ist dann, dass mittels Quantum Annealing die beste Lösung ermittelt werden kann. Das Befüllen der Matrix würde wie folgt verlaufen: Angenommen Flugzeug 1 parkt an Gate A; diesen Zustand finden wir generell super und belegen ihn mit einem niedrigen Wert wie -2 (zur Erinnerung: Das Tal ist die beste Lösung). Wenn dem so ist, wenn also Flugzeug 1 an Gate A parkt, dann kann nicht gleichzeitig auch Flugzeug 1 an Gate B sein. Das ist unmöglich und wird mit einem hohen Wert wie etwa +5 bestraft. Immer noch gegeben die Annahme, dass sich Flugzeug 1 an Gate A befindet, so darf Flugzeug 2 sich nicht auch an Gate A befinden. Auch dieser Zustand wird mit einem hohen Wert wie +5 bestraft. Zuletzt ist unter der Annahme, dass Flugzeug 1 sich an Gate A befindet die Möglichkeit gegeben, dass Flugzeug 2 sich an Gate B befindet. Dieser Zustand ist generell gut und wird mit dem Wert -2 belohnt. Nun können wir annehmen, dass der Zustand eintritt, dass Flugzeug 1 an Gate B landet. Dieser Zustand ist nicht katastrophal, auch nicht super, sondern gut. Von daher wird ein niedriger Wert von -1 vergeben. Gegeben diese Annahme, dann ist es möglich, dass sich Flugzeug 2 an Gate A begibt. Ebenso ist dies in Ordnung und wird mit -1 belohnt. Wenn bei der Annahme, dass sich Flugzeug 1 an Gate B befindet, die Tatsache hinzukommt, dass Flugzeug 2 sich ebenfalls an Gate B befindet, so ist dies ein Unfall und zu vermeiden. Es wird der Wert +5 vergeben. Die dritte Zeile vertritt die Annahme, dass Flugzeug 2 an Gate A

landet, was in Ordnung ist (-1). Wenn diese Annahme wahr ist, dann kann Flugzeug 2 sich nicht auch gleichzeitig an Gate B befinden (+5). Schließlich ist es möglich, dass Flugzeug 2 sich an Gate B befindet, was sehr gut ist (-2).

Eine Quantum Annealing Hardware kann nun diese Formulierung entgegennehmen und diejenige Konstellation von Flugzeugen und Gates herausfinden, die am günstigsten ist. Ein klassischer Algorithmus müsste alle möglichen Gesamtzuordnungen durchgehen, von „kein Flugzeug landet irgendwo“ =  $\emptyset$  über „beide Flugzeuge landen an Gate A“ = {1A, 1B} und mehr bis zur besten Lösung „Flugzeug 1 an Gate A und Flugzeug 2 an Gate B“ = {1A, 2B}, was relativ viel Zeit benötigt. Der Quantum Annealer ermittelt aus der Matrix sofort die Gesamtzuordnung {1A, 2B} mit dem niedrigsten kombinierten Wert in der Matrix, was gleichzeitig dem tiefsten Tal der Lösungslandschaft und somit der besten Lösung entspricht. Die Aufgabe eines Programmierers ist es nun, das Problem der realen Welt korrekt in ein QUBO zu überführen.



**Dr. Sebastian Feld**

Dr. Sebastian Feld ist Postdoc und Habilitand am Lehrstuhl für Mobile und Verteilte Systeme der Ludwig-Maximilians-Universität in München. Seit Anfang 2013 arbeitet er an der LMU und forscht in den Bereichen Routenplanung, Zeitreihenanalyse und raumbezogene Trajektorien. Derzeit liegt sein Hauptaugenmerk auf der Formulierung von Optimierungsproblemen aus der Mobilitäts- und Luftfahrtbranche, um diese auf Quantum Annealing Hardware zu lösen. Außerdem leitet er das Quantum Applications and Research Lab (QAR-Lab), wobei er mit seiner Expertise im Bereich Quantum Computing zwischen Partnern in Industrie und Wissenschaft vermittelt.

**Thomas Gabor**

Thomas Gabor ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Mobile und Verteilte Systeme der Ludwig-Maximilians-Universität München. Dort arbeitet er seit 2015 an Algorithmen zur Lösung von Optimierungsproblemen, auch für die speziellen Anforderungen im industriellen Einsatz. Die Verknüpfung von den Optimierungsprozessen, die der künstlichen Intelligenz zugrunde liegen, und den Möglichkeiten des Quantum Computing ist dabei ein besonderer Schwerpunkt. Innerhalb des Quantum Applications and Research Lab (QAR-Lab) bringt er diese Expertise in Industrieprojekten, Forschung und Lehre ein.

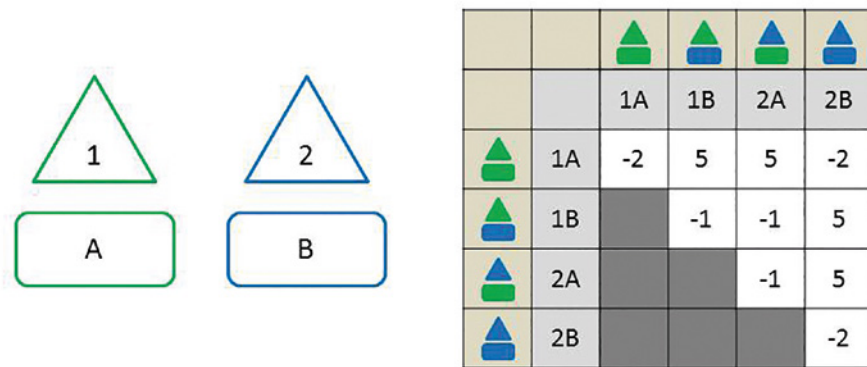


Abbildung 2: Ein Beispiel für ein sehr kleines QUBO-Problem. Die Grafik links symbolisiert die ideale Gesamtzuordnung von Flugzeugen (Dreiecke) auf Gates (abgerundete Rechtecke). In der Tabelle rechts tragen wir für jede paarweise Kombination an einzelnen Zuordnungen eine Güte ein (kleine Werte sind besser). Ein Quantum Annealer kann aus dieser Matrix über Einzelzuordnungen sofort die beste Gesamtzuordnung herleiten.

#### 4. Quantum Gate Model

Neben der seit etwa 2010 kommerziell verfügbaren Quantum Annealing Hardware existiert zudem eine weitere Klasse an Quantencomputern, nämlich die, die auf dem sogenannten Quantum Gate Model basieren. Diese Quantencomputer, oft auch universelle Quantencomputer genannt, arbeiten recht ähnlich zu herkömmlichen Rechnern mit klassischer Rechnerarchitektur in dem Sinne, dass es Eingaben, Operationen und Ausgaben gibt. Bei den zuvor beschriebenen Quantum Annealern hingegen wird lediglich ein Problem als QUBO definiert und einmalig nach der besten Lösung gesucht. Im Quantum Gate Model werden dagegen wie bei klassischen Computern Folgen von Operationen abgearbeitet, wobei die Operationen aber Quanteneffekte verwenden. Durch die Superposition kann ein Quantencomputer sehr viele Zustände oder Möglichkeiten gleichzeitig betrachten und durch die Verschränkung kann eine einzige Operation sehr viele Zustände oder Möglichkeiten gleichzeitig verarbeiten. Diese Kombination verschafft einen sehr mächtigen Vorteil, aber auch einen Nachteil: Solche Maschinen sind schwer herzustellen, sodass diese eher einen Forschungsgegenstand darstellen und zunächst im Laborbetrieb verwendet werden.

#### 5. Diskussion

Das Thema Quantum Computing ist aus vielerlei Hinsicht ein enorm spannendes Thema. Zum einen treten wir in die Fußstapfen vieler bahnbrechender Forscher aus den Bereichen Mathematik und Physik, wie etwa Max Planck, Albert Einstein, Niels Bohr und weiteren. Zum anderen erleben wir nahezu wöchentlich die neuesten physikalischen und technischen Errungenschaften, die sich um die Quanteneffekte kümmern, die schwer herzustellen und zu kontrollieren sind. Schließlich gibt es viele neuartige Algorithmen

seitens der Theoretiker und Mathematiker, die komplett neuartig durchdacht sein müssen, um die speziellen Quanteneffekte auszunutzen. Und genau das bringt die Informatik ins Spiel. Die Informatiker müssen einerseits gewisse physikalische Effekte verstehen, aber gewisse andere Begebenheiten abstrahieren und gegebenenfalls ignorieren. Darüber hinaus müssen die Informatiker mit den enormen Einschränkungen zurechtkommen, die bei der Verwendung von Quantencomputern bestehen. Ein Quantum Annealer kann exakt nur Probleme in einer QUBO-Form lösen, ein Rechner im Quantum Gate Model kann derzeit nur auf eine niedrige zweistellige Anzahl an Qubits zugreifen. Die Technik befindet sich noch in den Kinderschuhen und die Verwendung der Hardware fühlt sich oft wie eine Zeitreise in die Steinzeit an. Jedoch eine Steinzeit, in der es Laserschwerter gibt.

Deshalb ist genau jetzt die richtige Zeit, sich mit dieser zukunftsweisenden Technologie auseinanderzusetzen! Unternehmen müssen in sich gehen und genau analysieren, wo es Anwendungsfälle gibt, die sich aus schweren Optimierungsproblemen zusammensetzen. Die Mitarbeiter müssen sich auf die Verwendung von Quantencomputern vorbereiten und es muss eine Bereitschaft entwickelt werden, in dieser neuartigen Weise zu denken. Dabei ist die Vernetzung zwischen verschiedenen Firmen und Branchen ebenso wichtig wie die Zusammenarbeit von Industrie und Wissenschaft. Ein Pilotprojekt ist das Quantum Applications and Research Lab (QAR-Lab) an der LMU München. Hier bringen wir unsere Erfahrung in der Umsetzung von QUBO-Problemen mit den Domänenexperten aus Industrie und Wissenschaft zusammen, um frühzeitig Lösungen zu entwickeln, die mit der Quantenrevolution wachsen können. Das große Ziel ist, sich heute schon für die Zukunft zu rüsten. Das bedeutet: Become Quantum Ready!

Foto: Privat

# Quantencomputing und andere Quantentechnologien

Thomas Strohm, Dr. Robert Rölver

#### Was sind Quantentechnologien?

Die Entwicklung der Quantentheorie wurde Ende der 1920er-Jahren abgeschlossen. Auf dieser Basis entstand in den 1930er-Jahren die Theorie der Halbleiter. Nochmals ein Jahrzehnt später wurde der erste Transistor gebaut. Und mit der Erfindung des integrierten Schaltkreises wurde schließlich der Grundstein für die Mikroelektronik-Industrie gelegt. Die Chiphersteller schafften es, etwa alle zwei Jahre die Leistungsfähigkeit eines Mikroprozessors zu verdoppeln. All dies wäre ohne die Quantentheorie nicht möglich gewesen. Ein anderes Beispiel ist der von Einstein entdeckte Quanteneffekt der stimulierten Lichtemission, der zum Laser geführt hat. Ohne den Laser wären eine schnelle optische Datenübertragung und damit unser heutiges Internet nicht möglich. Mittels der Quantentheorie haben wir gelernt, wie mikroskopische Systeme (Atom, Photon etc.) und auch viele bis damals unverstandene makroskopischen Systeme (Halbleiter, Laser, Supraleitung etc.) funktionieren.

Diese erste Quantenrevolution, die mit dem Abschluss der Quantentheorie begann, ist dadurch gekennzeichnet, dass wir dieses theoretische Wissen über makroskopische Systeme in die Praxis umgesetzt haben und beispielsweise auf der Basis von Halbleitern elektronische Bauelemente herstellen und immer weiter verbessern.

Momentan stecken wir inmitten der zweiten Quantenrevolution. Diese ist dadurch gekennzeichnet, dass wir nun auch einzelne mikroskopische Systeme manipulieren können. In den 1970er-Jahren hat man es (zuerst in Deutschland) geschafft, einzelne Ionen im Vakuum zu isolieren und später deren Zustand zu manipulieren. Auf dieser Basis kann man etwa einen Quantencomputer bauen und durch Manipulation einzelner Photonen in der Quantenkryptographie geheime Schlüssel zur

sicheren Kommunikation erstellen. Im Gegensatz zu den Dingen unserer Erfahrungswelt sind zwei Atome desselben Typs exakt gleich aufgebaut. Konstruiert man auf dieser Basis Sensoren, also Quantensensoren, so hat man eine ideale Reproduzierbarkeit, ohne z. B. dem Einfluss von Fertigungstoleranzen oder der Bauteilalterung zu unterliegen. Manche der Eigenschaften von Atomen hängen stark von ihrer Umgebung ab, sie stellen eine ideale Basis zum Bau von Sensoren dar. Andere Eigenschaften wiederum hängen praktisch gar nicht von der Umgebung ab und eignen sich, Standards zu implementieren. Das prominenteste Beispiel sind Atomuhren, welche inzwischen so genau sind, dass sie in den fast 15 Milliarden Jahren seit dem Entstehen des Universums weniger als eine Sekunde Laufzeitfehler hätten.

Die Quantentechnologien werden in vier Bereiche eingeteilt: (a) Quantencomputing, (b) Quantensimulation, (c) Quantenkommunikation mit dem Hauptbereich Quantenkryptographie und (d) Quantensensorik und -metrologie. In diesem Artikel werden wir die Bereiche Quantencomputing, Quantensensorik und Quantenkryptographie diskutieren.

#### Quantencomputing

##### Anwendungen

Quantencomputer können bestimmte Probleme lösen, die mit unseren heutigen Computern („klassischen Computern“) nicht lösbar sind. Das bekannteste dieser Probleme ist sicherlich das Knacken von asymmetrischen Verschlüsselungsverfahren. Die Verfahren, mit denen zwischen zwei Kommunikationspartnern im Internet gemeinsame geheime Schlüssel erzeugt werden (was beispielsweise der Internet-Browser macht, wenn der Link mit <https://> beginnt), können durch einen Quantencomputer geeigneter Größe geknackt, die Schlüssel bestimmt und damit der

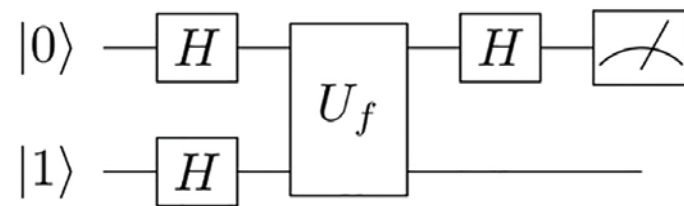


Abbildung 1: Deutsch-Algorithmus.

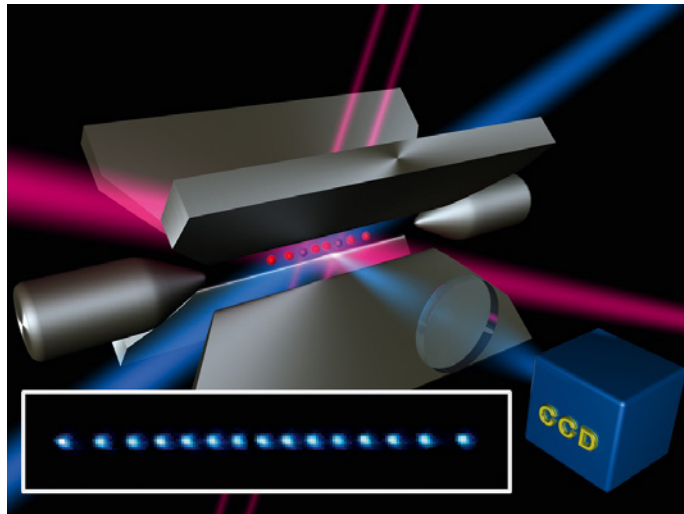


Abbildung 2: Eine Kette von Ionen in einer Ionenfalle. Unten sieht man die fluoreszierenden Ionen, aufgenommen mit einer CCD-Kamera. Verwendung mit freundlicher Erlaubnis der Universität Innsbruck / AQT.

Datenverkehr entschlüsselt werden. Für diese Anwendung werden allerdings sehr leistungsfähige Quantencomputer benötigt, die frühestens in einem Jahrzehnt verfügbar sein werden.

Zu den Anwendungen zählt zunächst die Materialsimulation bzw. Quantenchemie. In der Materialsimulation werden die Eigenschaften von Materialien berechnet (ggf. von Materialien, die erst im Computer entstehen). Dieses Problem kann von einem klassischen Computer nur in sehr beschränkter Art und Weise durchgeführt werden, während ein Quantencomputer in dieser Disziplin glänzen wird. Experten gehen davon aus, dass in einem Jahrzehnt mittels Quantencomputern zielgerichtet Materialien mit gewünschten Eigenschaften (z.B. für den Einsatz in neuartigen Batterien) entwickelt werden können. Ähnliches ist Gegenstand der Quantenchemie, wo es darum geht, die Eigenschaften von Molekülen und den Ablauf von chemischen Reaktionen zu simulieren. Gelingt dies, könnte es u. a. für die Entwicklung von Katalysatoren oder Medikamenten weitreichende Konsequenzen haben. Ein Beispiel, das in Publikationen von Wissenschaftlern für die Allgemeinheit gerne angeführt wird, ist das Haber-Bosch-Verfahren. Mit diesem Verfahren wird aus atmosphärischem Stickstoff und Wasserstoff Ammoniak synthetisiert, woraus dann u. a. Düngemittel entsteht. Etwa zwei Prozent des weltweiten gewerblichen Energiebedarfs geht auf das Konto des Haber-Bosch-Verfahrens. Experten hoffen, dass man

mittels der Quantenchemie einen neuen Katalysator entwickeln kann, mit dem die Ammoniaksynthese wesentlich energieeffizienter wäre. Das wäre den hohen Entwicklungsaufwand eines Quantencomputers definitiv wert.

Eine weitere vielversprechende Klasse von Anwendungen ist die der Optimierung. Optimierungsprobleme sind allgegenwärtig, u. a. in der Produktentwicklung. Andere Beispiele kommen aus den Bereichen Verkehr (Verkehrsflussplanung), Medizin (die Erforschung der Proteinfaltung, die für das Verständnis der Krebsentstehung wichtig ist) und Fertigung (Verbesserung der Effizienz von Fertigungsprozessen).

Last but not least sieht man auch Anwendungen in der künstlichen Intelligenz, wo z. B. das Lernen beschleunigt werden könnte.

### Quantencomputer

Seit einigen Jahren gibt es mit Nachdruck betriebene Aktivitäten, um Quantencomputer zu bauen. Insbesondere große Konzerne wie IBM und Google sind engagiert, aber auch Start-ups und akademische Institute. Die Herausforderungen sind sehr groß. Man erwartet aber, dass man in fünf Jahren schon einfachere, aber für klassische Computer nicht mehr lösbare Aufgaben auf dann vorhandenen rudimentären Quantencomputern lösen können wird. Quantencomputer werden in absehbarer Zeit sehr groß sein. Rechenzeit auf solchen wird wohl als Dienstleistung von Rechenzentren angeboten werden.

### Funktionsweise von Quantencomputern

Im Gegensatz zu einem klassischen Computer, der Daten in Form von Bits speichert und verarbeitet, verwendet der Quantencomputer Quantenbits oder Qubits. Das Bit repräsentiert eine Informationseinheit und kann einen von zwei Werten speichern: 0 oder 1. Das Qubit dagegen kann zusätzlich zu 0 und 1 auch jede beliebige Überlagerung (Superposition; eine Art von Kombination) von 0 und 1 speichern. Sein Zustand besteht dann aus einer Überlagerung von 0 und 1. Das Qubit kann die Werte 0 und 1 also gleichzeitig darstellen - genauso wie sich in der Quantenwelt ein Elektron an zwei Orten gleichzeitig befinden kann. Damit sind die Möglichkeiten der Quantenwelt aber noch nicht erschöpft. Der Zustand eines Quantenregisters aus mehreren Qubits kann auch aus einer Verschränkung bestehen. Dann kann man nur noch der Kombination aus den Qubits einen Zustand zuschreiben, nicht aber jedem einzelnen Qubit. Bei zwei Qubits kann der Zustand aus einer Überlagerung aus „beide Qubits sind 0“ und „beide Qubits sind 1“ bestehen. Misst man dann den Wert des einen Qubits ist das Resultat komplett zufällig. Das andere Qubit hat dann aber genau denselben Wert (man redet von Quantenkorrelationen). Die Menge der möglichen Zustände ist bei einem Quantenregister wesentlich größer als bei einem klassischen Bit-Register. Sie wächst exponentiell mit jedem weiteren Qubit, aber nur linear für ein Bit-Register bei einem zusätzlichen Bit. Umgangssprachlich erklärt mag sich all das etwas nebulös anfühlen, in der Mathematik und der Interpretation der Quantentheorie sind diese Konzepte aber eindeutig definiert.

Ein klassischer Computer rechnet dadurch, dass er digitale Operationen (Logikgatter) auf die Daten anwendet. Dies ist bei einem Quantencomputer ähnlich. Dort handelt es sich um lineare und reversible Operationen (Quantengatter), die die oben genannten Eigenschaften der Zustände von Quantenregistern respektieren.

Aufgrund der Überlagerung lassen sich viele verschiedene Werte in einem Quantenregister gleichzeitig speichern. Da die durch Quantengatter realisierten Operationen linear sind, werden die Logikoperationen (oder Berechnungen) auf allen gespeicherten Werten gleichzeitig ausgeführt. Nach der Operation enthält das Quantenregister die Ergebnisse der Berechnungen für alle Werte gleichzeitig. Dies nennt man Quantenparallelität, sie stellt einen wichtigen Grund dafür dar, dass Quantencomputer bei bestimmten Aufgaben wesentlich („exponentiell“) schneller sind als klassische Computer, die Verschränkung ist ein weiterer. Um an das Resultat der Rechnung zu kommen, müssen wir aber noch eine Messung des Quantenregisters durchführen. Und bei dieser Messung resultiert genau eines der Ergebnisse der Berechnung. Man kann beispielsweise den Sinus  $\sin(\omega x)$  zu einer bestimmten Frequenz  $\omega$  für alle ganzen Zahlen  $x$  zwischen 0 und 1023 gleichzeitig berechnen. Bei der Messung erhält man aber genau einen der Sinuswerte – um welchen es sich handelt, ist komplett zufällig. Letztendlich berechnet man also den Sinuswert einer der Zahlen von 0 bis 1023 und kann nicht herausfinden, um welche Zahl  $x$  es sich handelt. Das klingt zugegebenermaßen ernüchternd, ist aber glücklicherweise nicht das letzte Wort in dieser Sache. Man kann nämlich in vielen Fällen nach der Operation eine weitere Operation durchführen, die zu einem sicheren Ergebnis führt, das wichtige Fragen beantwortet. Im Beispiel wäre die Operation eine Quantenfouriertransformation, die die Frequenz  $\omega$  der Sinusfunktion liefert.

Ein ganz einfaches Beispiel ist der Deutsch-Algorithmus (siehe Abbildung 1). Hier ist eine Funktion  $f$  mit zwei möglichen Argumenten 0 und 1 und zwei möglichen Funktionswerten 0 und 1 in Form eines Orakels (Black-Box-Operation)  $U_f$  gegeben. Es ist herauszufinden, ob die Funktion konstant ( $f(0)=f(1)$ ) oder nicht-konstant ( $f(0)\neq f(1)$ ) ist. Mit einem klassischen Computer muss man die Funktion zweimal aufrufen, um die beiden Funktionswerte zu berechnen. Mit einem Quantencomputer werden beide Funktionswerte parallel berechnet und das Ergebnis vor der Messung entsprechend manipuliert.

Die Abbildung zeigt den Deutsch-Algorithmus in der Standardnotation. Die Zeit fließt von links nach rechts. Bei der Berechnung werden zwei Qubits verwendet, von denen eins auf den Wert 0 und das andere auf den Wert 1 initialisiert wird (ganz links). Dann wird auf jedes der Qubits ein Hadamard-Gatter  $H$  angewandt. Danach kommt das Gatter  $U_f$ , das die Funktion  $f$  implementiert und dann ein weiteres Hadamard-Gatter auf das obere der Qubits. Am Schluss wird eine Messung am oberen Qubit vorgenommen. Lautet das Resultat 0, so ist  $f$  konstant, andernfalls nichtkonstant.

Wichtige Kenngrößen von Quantencomputern sind die Anzahl der Qubits, deren Qualität und Vernetzung. Unter der Qualität versteht man hauptsächlich die Kohärenzzeit, das ist die mittlere Dauer, während der sie ihre Information halten können. Reale Qubits haben immer eine endliche Kohärenzzeit, die im Vergleich zur Laufzeit wichtiger Algorithmen klein ist. Daher benötigt man eine aktive Fehlerkorrektur, bei der viele Qubits gruppiert werden, um dann ein fehlerkorrigiertes logisches Qubit darzustellen. Je nach Anwendung benötigt man eine Größenordnung von 1.000 oder 10.000 Qubits für ein logisches Qubit.

Man kann zeigen, dass Quantencomputer mit weniger als etwa 50 Qubits von den größten klassischen Computern simuliert

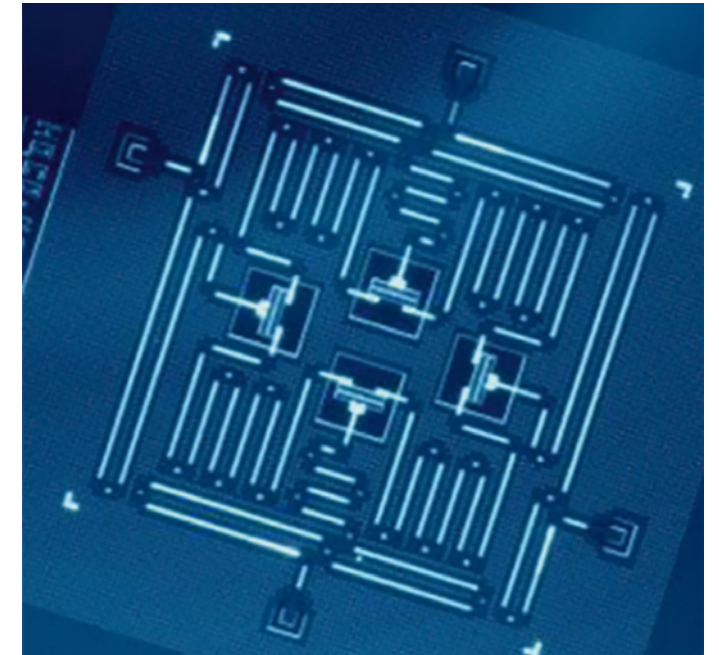


Abbildung 3: Vier supraleitende Qubits auf einem IBM-Chip. Abbildung von Gambetta et al (DOI:10.1038/s41534-016-0004-0) unter Creative-Commons-Lizenz „CC BY 4.0“.

werden können, größere aber nicht mehr. Quantencomputer mit mehr als 50 Qubits (guter Qualität und Vernetzung) haben dann bei den erwähnten Anwendungen einen klaren Geschwindigkeitsvorteil, der sich mit jedem zusätzlichen Qubit verdoppelt. Bei den 50 Qubits spricht man von der Grenze des Quantenvorteils (quantum advantage oder auch supremacy).

### Implementierung von Quantencomputern

Es gibt mehrere Technologien, um Qubits zu implementieren. Die derzeit dominierenden sind Ionen in Ionenfallen und supraleitende Qubits.

Ionenfallen (siehe Abbildung 2) sind Kombinationen aus elektrischen und magnetischen Feldern im Vakuum, mit denen einzelne Ionen (elektrisch geladene Atome) eingefangen werden können. An diesen Ionen können dann Experimente vorgenommen werden. Normalerweise sind diese Fallen „linear“ und mehrere Ionen ordnen sich automatisch zu einer Kette an. Atome haben ein diskretes Energiespektrum, d. h. sie können nur bestimmte Energien annehmen (daher kommt das „Quant“ in der Quantentheorie). Genau diese Eigenschaft wird ausgenutzt, um die Zustände des Qubits darzustellen. Für die 0 benutzt man z. B. den Zustand mit der niedrigsten und für die 1 den mit der nächsthöheren Energie. Das Atom kann sich gleichzeitig im Zustand mit der niedrigsten und dem der nächsthöheren Energie befinden. Der Zustand kann verändert werden, indem man einen sehr kurzen und schwachen Laserimpuls einstrahlt, und mit einer ähnlichen Technik nimmt man auch die Messung vor. Um Verschränkungszustände mehrerer Ionen herzustellen, versetzt man die Ionenkette in eine Schwingung.

In einem Supraleiter (das sind bestimmte Materialien wie Aluminium oder Niob bei sehr tiefen Temperaturen) sind Cooper-Paare, Paare aus Elektronen, die relevanten Ladungsträger. Supraleitende Qubits (siehe Abbildung 3) bestehen im

einfachsten Fall aus einer supraleitenden Insel, die über einen Tunnelkontakt mit einem supraleitenden Reservoir verbunden sind. Durch diesen Tunnelkontakt können Cooper-Paare vom Reservoir auf die Insel hüpfen und zurück. Diese Systeme haben wie das oben diskutierte Ion ein diskretes Energiespektrum. In einer speziellen Realisierung wird die 0 durch  $n$  Cooper-Paare und die 1 durch  $n+1$  Cooper-Paare auf der Insel dargestellt. Auch hier sind gleichzeitig  $n$  und  $n+1$  Cooper-Paare auf der Insel möglich. Der Zustand wird verändert, indem man einen kurzen schwachen Mikrowellenpuls über einen Mikrowellenleiter zum Qubit schickt. Ebenfalls mit Mikrowellen wird der Zustand eines Qubits gemessen. Zwei Qubits können über einen diese verbindenden Resonator in einen Verschränkungszustand gebracht werden.

Die größten momentan existierenden Quantencomputer (IBM, Google) verfügen über eine Größenordnung von 50 Qubits, allerdings von relativ schlechter Qualität und Vernetzung. Man erwartet aber, dass bis 2019 der Quantenvorteil gezeigt wird. Es wird eine Aufgabe gelöst werden, die ein klassischer Computer in vertretbarer Zeit nicht mehr lösen kann.

### Bosch und Quantencomputing

Bosch ist auf einigen der Gebiete aktiv, auf denen das Quantencomputing neue Möglichkeiten eröffnen wird. Die Firma fokussiert sich im Moment aber weniger auf die Hardware-Entwicklung als darauf, Verständnis für diese neue Technologie zu entwickeln und herauszufinden, wie und in welchen für Bosch relevanten Domänen Quantencomputer in Zukunft sinnvoll eingesetzt werden könnten. Dabei legen wir den Schwerpunkt auf die Themen Materialsimulation und Optimierung und arbeiten mit mehreren internationalen Partnern zusammen.



**Thomas Strohm**

Studium der Physik in Karlsruhe und Madrid, Promotion am MPI in Stuttgart. Seit 1999 bei Bosch. Über 10 Jahre Erfahrung in SW-Engineering, Architektur von SW-Systemen, Kompetenzentwicklung. Seit 2012 im Bereich Quantentechnologien, u.a. aktiv in der Koordination des EU-Quanten-Flaggschiffs.

**Dr. Robert Rölver**

Studium der Elektrotechnik an der RWTH Aachen und 2007 Promotion in Aachen zum Thema Quantentopf-Solarzellen. Seit 2009 bei Bosch, seit 2011 verantwortlich für das Technologiescouting im Bereich Quanten- und Nanotechnologie.

### Quantensensoren

#### Neue Messprinzipien unterstützen Hirnforscher und Neurochirurgen

Neurologische Erkrankungen des Gehirns sind verbreitet. Seien es Erkrankungen, die sich überwiegend im Alter manifestieren (z. B. Parkinson oder Alzheimer) oder solche, die jede Altersklasse treffen können (z. B. Epilepsie). Beiden gemein sind Fehlfunktionen im Gehirn, genauer gesagt in der Kommunikation zwischen den Neuronen. In der Erforschung, Behandlung und Diagnostik solcher neurologischer Erkrankungen sind bildgebende Verfahren, die ortsaufgelöst neurologische Aktivität abbilden können, ein sehr probates Hilfsmittel. Damit kann man sehr genau Ort und Ursache dieser Erkrankungen erkennen und verstehen. Um etwa bestimmte Formen von Epilepsie zu behandeln, gibt es die Möglichkeit, das den Epilepsie-Anfall auslösende Hirnareal chirurgisch zu entfernen. Die Herausforderung dabei ist, bei dieser Operation nicht mehr neurologisches Gewebe als notwendig zu entfernen, um nicht andere wichtige Hirnareale in Mitleidenschaft zu ziehen. Je genauer die Lokalisierung des betroffenen Areals, desto geringer das Risiko von Komplikationen und Schäden nach einem solchen Eingriff.

Eine Entwicklung im Bereich der Quantensensorik, die die bildgebende und ortsaufgelöste Messung neuronaler Aktivität im Gehirn in Zukunft deutlich verbessern könnte, ist die Forschung an ultraempfindlichen Magnetsensoren, die auf Stickstoff-Fehlstellen-Zentren (NV-Zentren, nach engl. nitrogen-vacancy centers) in Diamant basieren und in der Magnetoenzephalografie (MEG) eingesetzt werden könnten. Darunter versteht man die orts- und zeitaufgelöste Messung neuronaler Aktivität anhand der Magnetfelder, die bei der Kommunikation (dem sogenannten Feuern) von Neuronen entstehen. Der bei diesem Feuern erzeugte Stromfluss führt zu einem sehr schwachen Magnetfeld, das heute nur mit supraleitenden Magnetsensoren (SQUIDS) messbar ist. Die Räume, in denen die Messung stattfindet, müssen speziell gegen Störmagnetfelder abgeschirmt werden. Zudem müssen SQUIDS mit flüssigem Helium auf etwa  $-269$  °C gekühlt werden. In Deutschland sind zurzeit nur wenige Spezialkliniken und Forschungszentren mit MEG-Systemen ausgestattet. Daher wird diese Methode heute nur sehr selten und auch nicht flächendeckend in der medizinischen Versorgung eingesetzt.

Auf NV-Zentren basierende Quantensensoren hätten gegenüber ihrer supraleitenden Konkurrenz mehrere Vorteile. Der erste und wichtigste: Sie funktionieren bei Raumtemperatur (Zimmertemperatur). Dadurch entfällt ein aufwendiges Kühlsystem und die Messanordnung könnte als tragbarer Helm ausgeführt werden. Eine starre Körperhaltung, bei der der Kopf ruhig in die fest installierte Sensoranordnung gesteckt werden muss, ist nicht mehr notwendig. Des Weiteren ist aufgrund der thermischen Isolierung, die die tiefgekühlten SQUID-Sensoren umgibt, der Abstand zwischen dem Hirn als Signalquelle und dem Sensor relativ groß. Das neuronale Signal kommt daher am Sensor deutlich abgeschwächt an. Erste Messungen mit alternativen Quantensensoren, die keine thermische Isolierung benötigen, haben gezeigt, dass allein durch den geringeren Abstand die Signalstärke der feuernden Neuronen am Sensor um das Zehnfache ansteigt, was die Messauflösung deutlich verbessert. Selbst wenn die erste Generation miniaturisierter Quantensensoren, welche gerade entwickelt wird, nicht ganz die Empfindlichkeit von SQUIDS

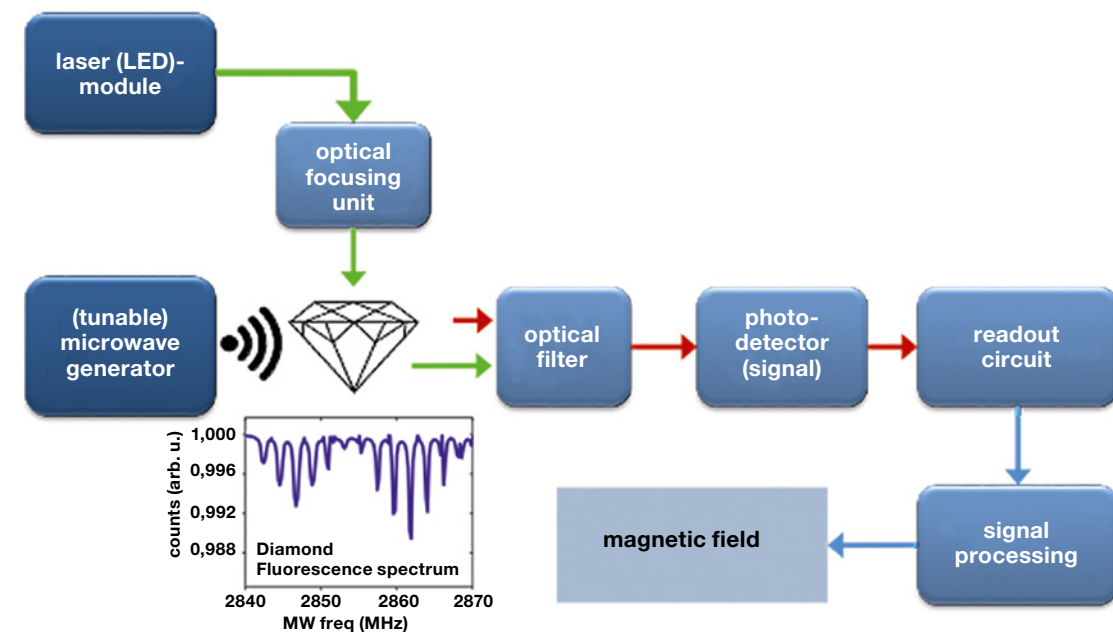


Abbildung 4: Systematischer Aufbau eines Magnetfeldsensors basierend auf NV-Zentren in Diamant.

erreichen sollte, ergibt sich dennoch aufgrund des geringen Abstands ein Empfindlichkeitsvorteil. Schließlich haben Sensoren basierend auf NV-Zentren gegenüber SQUIDS den Vorteil, dass sie trotz der Präsenz von magnetischen Hintergrundfeldern wie dem Erdmagnetfeld ihre Empfindlichkeit behalten. Die bei heutigen auf SQUIDS basierten MEG-Systemen notwendige Abschirmung des Erdmagnetfelds und anderer magnetischer Streufelder könnte in Zukunft entfallen.

Zusammen mit Zeiss als Medizintechnik-Partner und weltweit führenden Quantensensorik-Forschern der Universitäten Ulm, Stuttgart und Mainz ist Bosch an dem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Verbundprojekt BrainQSens beteiligt. Im Rahmen dieses Verbundprojektes soll ein tragbares und in normaler Umgebung bei Raumtemperatur nutzbares MEG-System entwickelt werden. Ein solches System würde nicht nur Hirnforscher, Neurologen und Neurochirurgen unterstützen, sondern könnte als alltagstaugliches System auf längere Sicht auch weitere Anwendungen wie z. B. Gehirn-Computer-Schnittstellen ermöglichen. Darüber hinaus engagiert sich Bosch auf EU-Ebene im Rahmen des Flaggschiff-Projekts zu Quantentechnologien in zwei weiteren Projekten – im Bereich Stromsensoren für E-Fahrzeuge und driftstabile Drehratensensoren für das autonome Fahren, die ab Oktober 2018 starten sollen.

#### Funktionsweise der neuartigen Quantensensoren basierend auf NV-Zentren in Diamant

NV-Zentren in Diamant könnten ein Teil der zweiten Quantenrevolution werden, da sie es ermöglichen, den Quanteneffekt der Zeeman-Aufspaltung atomarer Energieniveaus in Quantensystemen bei Raumtemperatur und für die Messung sehr kleiner Magnetfelder nutzbar zu machen, was eine große Bandbreite von Anwendungen ermöglicht.

Das Herzstück der Magnetfeldsensoren sind speziell präparierte Diamant-Kristalle, in die während des Kristallwachstums

gezielt Stickstoff-Atome eingebracht werden und welche sich bei anschließender Behandlung bei ca.  $800$  °C mit Kohlenstoff-Fehlstellen verbinden.

Diese NV-Zentren lassen sich durch Bestrahlung mit grünem Licht zum Leuchten bringen und zeigen eine rote Fluoreszenz. Physiker beschreiben diesen Prozess durch Energieniveaus, die zeigen, welche Energiezustände die äußeren Elektronen der im Diamant gebundenen Stickstoffatome einnehmen können: im NV-Zentrum können die Elektronen nur zu bestimmten Schwingungszuständen angeregt werden. Dies ist ähnlich wie bei einer Gitarre, bei der die spielbaren Töne von der Länge der Gitarrensaite abhängen. Beim NV-Zentrum entspricht der Resonanzraum nicht der Länge einer schwingenden Saite, sondern wird durch den Platz bestimmt, den der Diamantkristall dem Stickstoffatom überlässt.

Ähnlich wie bei der Gitarrensaite, bei der ein Ton durch den Anschlag angeregt wird, wird im NV-Zentrum durch grünes Licht ein Elektron vom Grundzustand in einen angeregten Zustand gehoben und der Diamant damit zum Leuchten gebracht. Wie die Gitarre besitzt nun das NV-Zentrum auch mehrere Saiten, die sogenannten Grundzustände. Durch Einstrahlung von Mikrowellen, deren Frequenz und damit Energie genau dem Abstand zwischen den vorhandenen Grundzuständen entspricht, werden die Elektronen des Stickstoffs in einen anderen Grundzustand gebracht. Es wird sozusagen die Gitarrensaite gewechselt, die dann beim Einstrahlen von grünem Licht angeschlagen wird. Der wichtige Unterschied zum vorhergehenden Fall ist, dass diese Gitarrensaite keinen hörbaren Ton erzeugt. Es wird also kein Licht nach Anregung dieses Grundzustandes erzeugt. Der energetische Abstand der Grundzustände hängt vom Magnetfeld ab. Durch Durchstimmen der Mikrowellenfrequenz, die den Wechsel von der einen auf die andere Gitarrenseite induziert, kann man den Abstand der Grundzustände und damit indirekt die Stärke des äußeren Magnetfeldes messen.

# Quantum Computing – ein Blick unter die Haube: Weshalb hardwareorientierte Quanten-Softwareentwicklung von so großer Bedeutung ist

Dr. Thomas Ayrat

Wird die Quantentechnologie in der Lage sein, Prozesse – wie den Erwartungen entsprechend – zu beschleunigen? Dies hängt maßgeblich davon ab, wie gut Quantenalgorithmen aus dem Lehrbuch mittels spezifischer Hardware-Modelle und -Simulationen an die noch unvollkommenen Quantengeräte angepasst werden können.

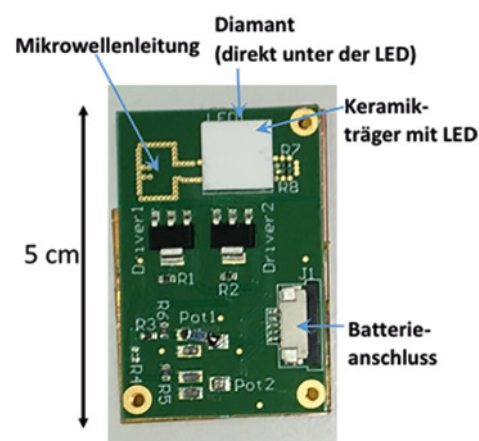


Abbildung 5: Bei Bosch entwickelter Prototyp.

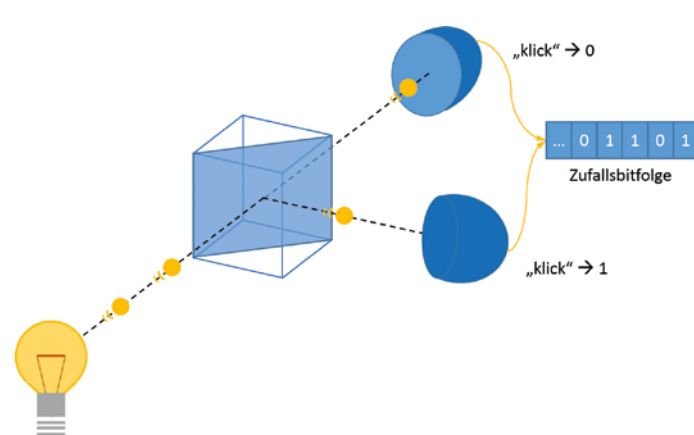


Abbildung 6: Prinzip eines Quantenzufallszahlengenerators.

## Quantenkryptographie

Zwei wichtige Anwendungen der Quantenkryptographie sind die Quantenschlüsselverteilung (Quantum Key Distribution, QKD) und Quantenzufallszahlengeneratoren.

### Quantenschlüsselverteilung

Mittels der Quantenschlüsselverteilung können zwei Parteien, Alice und Bob, einen gemeinsamen und geheimen Schlüssel etablieren, mit dem sie die folgende Kommunikation verschlüsseln können. Momentan wird diese Aufgabe mit den Mitteln der asymmetrischen Kryptographie (siehe oben) bewerkstelligt. Die Quantentechnologie liefert mit dem Werkzeug zum Knacken der Schlüssel (Quantencomputer) auch gleich das neue Werkzeug zur Schlüsselverteilung, das gegen Angriffe mittels Quantencomputer immun ist: die Quantenschlüsselverteilung.

Wir werden die Quantenschlüsselverteilung hier nicht näher erläutern. Bosch hat momentan keine Aktivitäten in diesem Feld.

### Quantenzufallszahlengenerator

Die Qualität der klassischen Verschlüsselung hängt stark von der Qualität der Zufallszahlen ab, die dabei benötigt werden. Zufallszahlen sind schlecht, wenn sie teilweise vorhergesagt werden können. Es gibt drei grundsätzlich verschiedene Arten um Zufallszahlen zu erstellen:

Zunächst mittels Pseudozufallszahlengeneratoren, das sind komplizierte Funktionen, die zufällig aussehende Zahlenfolgen liefern. Ein Computeralgorithmus, der eine zufällige Folge von Dezimalziffern liefern soll, könnte einfach die Zahl  $\pi$  in ihrer Dezimaldarstellung berechnen und dann einfach der Reihe nach die Ziffern ab der 593ten Stelle nach dem Komma ausgeben. Für den Nutzer dieses Zufallszahlengenerators werden die Ziffern zunächst zufällig erscheinen. Beschäftigt er sich eingehend damit, wird er aber feststellen, wie sie generiert wurden und kann ab diesem Moment die Ziffern mit absoluter Sicherheit vorhersagen.

Physikalische Prozesse liefern bessere Zufallszahlen. Wir

kennen das: Würfel, Roulette etc. Das Prinzip hier ist das Chaos. Stellt man eine Spielkarte senkrecht auf den Tisch, so wird sie nach rechts oder nach links fallen. Sobald der Anfangszustand beliebig wenig verändert wird (hängt z. B. etwas nach rechts), wird sich die Statistik der Ergebnisse drastisch ändern. Da der Anfangszustand nicht beliebig genau bekannt ist, hilft die Physik wenig dabei, das Ergebnis zu berechnen. Eine andere Methode fußt auf dem Effekt des Rauschens. Aus der analogen Fernsehwelt ist das noch bekannt. Sobald das Signal weg ist, zeigt der Fernseher ein zufälliges Muster, eben das Rauschen. Dies kann als Zufallszahlengenerator genutzt werden. Solche Prozesse sind aber anfällig für Manipulation und eben nur für praktische Zwecke nicht berechenbar.

In der Quantenphysik gibt es echten Zufall. Das Prinzip zeigt die Abbildung 6. Eine sehr schwache Lichtquelle erzeugt einzelne Photonen (Lichtteilchen). Diese fallen auf einen halbdurchlässigen Spiegel und werden entweder transmittiert oder reflektiert. Zwei Detektoren weisen dann nach, was tatsächlich passiert ist. Ob ein Photon transmittiert oder reflektiert wird, ist komplett unbestimmt. Dieses Experiment und ähnliche sind also eine ideale Basis für einen Zufallsgenerator, einen Quantenzufallszahlengenerator (QRNG).

Große und teure QRNGs gibt es seit etwa einem Jahrzehnt. Bosch hat das Ziel, einen sehr kleinen und günstigen QRNG zu entwickeln und wird dazu demnächst ein Projekt zusammen mit einigen europäischen Partnern starten.

### Fazit

Wir befinden uns inmitten der zweiten Quantenrevolution, die uns Quantum Computing und -simulation, Quantenkryptographie und Quantensensorik bringt. Diese Quantentechnologien werden zu komplett neuen Anwendungen und Produkten führen. Bosch engagiert sich als großer Technologiekonzern auf dem Gebiet, und zwar speziell bei den Quantensensoren, den Anwendungen von Quantencomputern und bei Quantenzufallszahlengeneratoren.

Fotos: Privat

Werden Hochleistungsrechner jemals den Quantensprung schaffen? Das Potenzial ist groß: Rein theoretisch könnten Quantencomputer die Prozesse in so unterschiedlichen Bereichen wie Chemie, Materialwissenschaft, Kryptografie und Data Science beträchtlich beschleunigen. Leider haben Quantengeräte inhärente Einschränkungen, die diesen Beschleunigungsprozess unterminieren oder sogar zunichtemachen können. Diese Einschränkungen müssen deshalb bei der Leistungsbeurteilung von Quantencomputern berücksichtigt werden, und sie lassen sich sogar nutzen, um die Leistung zu verbessern.

Quantencomputer sollten zunächst für die Lösung von Problemen in der Quantenphysik eingesetzt werden, beispielsweise um herauszufinden, wie sich Quantenteilchen wie Elektronen innerhalb eines Moleküls beim Synthetisieren eines neuen Medikaments verhalten. Forscher entdeckten überraschenderweise schon bald darauf mögliche Einsatzszenarien für die Lösung von Rechenproblemen, die nicht das Geringste mit der Quantenwelt zu tun hatten. Dies trifft beispielsweise auf die für Verschlüsselungssysteme essenzielle Faktorisierung großer Zahlen zu. Der Mathematiker Peter Shor zeigte auf, dass Rechenaufgaben mit einem hypothetischen Quantencomputer exponentiell schneller gelöst werden könnten als mit den besten gängigen Algorithmen.

### Quanteneigenschaften: exponentielle Leistungssteigerungen – unter Vorbehalt

Um zu verstehen, wie solche Steigerungen möglich sind, sehen wir uns ein zentrales Element des Shor-Algorithmus genauer an: die Fourier-Transformation. Shor reduzierte das Faktorisierungsproblem auf die Bestimmung der Periode einer Funktion, die sich wiederum mithilfe der Fourier-Transformation lösen lässt. Er schlug vor, eine Quantenversion der Fourier-Transformation zu verwenden – anstatt der sogenannten schnellen Fourier-Transformation (Fast Fourier Transform – FFT), dem schnellsten Fourier-Algorithmus auf einem klassischen Computersystem. Während die schnelle Fourier-Transformation etwa „ $P \times \log P$ “-Rechenoperationen für

ein Signal der Größe  $P$  („ $\log P$ “ bezeichnet den Logarithmus von  $P$ ) benötigt, kommt die Quanten-Variante mit nur „ $\log P \times \log P$ “ Rechenoperationen aus – eine exponentielle Beschleunigung.

Im Grunde basiert diese Beschleunigung auf zwei Quanteneigenschaften: der Superposition und der Verschränkung. Während sich die möglichen Zustände klassischer Bits auf 0 und 1 beschränken, kann ein Quantenbit (kurz Qubit) auch irgendwo dazwischen liegen, d. h. in einer linearen Kombination oder Superposition von 0 und 1, mit zwei (komplexen) Koeffizienten zur Quantifizierung ihres Stellenwerts. Ebenso können sich  $N$  Qubits in Superposition von allen möglichen klassischen Zuständen der  $N$ -Bits befinden. Für drei Qubits ergibt sich zum Beispiel eine Superposition von acht ( $=2^3$ ) Zuständen: 000, 001, 010, 011, 100, 101, 110 und 111. Ein Quantenzustand enthält demzufolge Informationen, die  $2^N$ -komplexen Zahlen entsprechen. Im Gegensatz zu klassischen Bits lässt der Gesamtzustand von  $N$  Quantenbits nicht auf den Zustand jedes einzelnen Bits schließen – eine Quanteneigenschaft, die Verschränkung genannt wird. Diese exotische Eigenschaft lässt sich auch andersherum einsetzen: Ein Signal, das  $P$  Zahlen enthält, kann durch exponentiell weniger Quantenbits, also  $\log P$  Qubits, beschrieben werden. Das gibt uns bereits einen Hinweis auf die Ursache der exponentiellen Beschleunigung: Während sich der klassische Algorithmus bei Daten einer bestimmten Größe anwenden lässt, manipuliert der Quantenalgorithmus exponentiell kleinere Daten.

Es ist jedoch nicht ohne Weiteres möglich, Nutzen aus diesen exponentiellen Geschwindigkeitsvorteilen zu ziehen. Denn Quantenzustände können nicht genauso einfach gemessen werden wie klassische Zustände. Eine Quantenmessung ist probabilistisch und destruktiv: Sie gibt nur einen der  $2^N$ -klassischen Zustände mit einer Wahrscheinlichkeit wieder, die proportional zur Quadratnorm ihres Koeffizienten ist, und projiziert (und reduziert somit) das Ausgangssignal automatisch auf seinen klassischen Zustand. Um alle Koeffizienten des Ausgangssignals zu erfassen und ein Histogramm der Zustandswahrscheinlichkeiten zu erhalten, müsste die

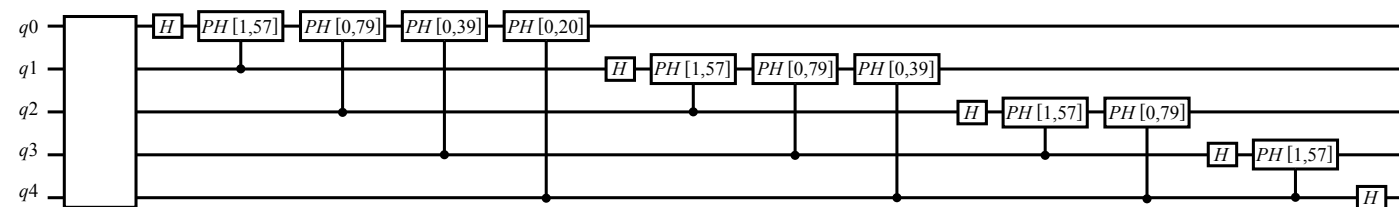


Abbildung 1: Quantenschaltkreis für die Quanten-Fourier-Transformation von fünf Qubits. Jede Linie stellt ein Qubit dar, jeder Kasten ein Quantengatter. Die Gatter werden fortlaufend von links nach rechts auf das Quantenregister angewendet.

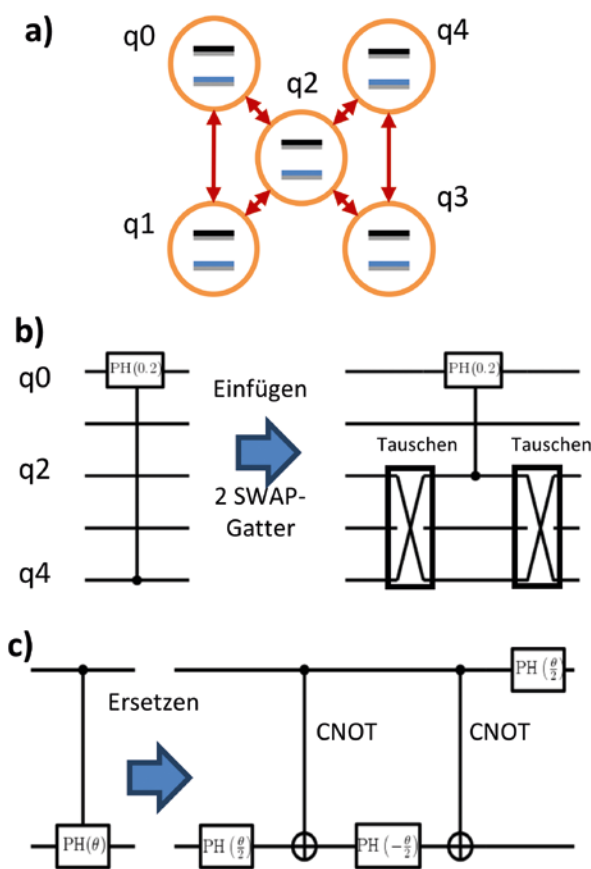


Abbildung 2: Hardware-Einschränkungen. a) Beispiel eines Layouts mit fünf Qubits (orange Kreise). Die roten Pfeile kennzeichnen ein Paar verbundener Qubits. b) Einfügen von SWAP-Gattern, um topologische Beschränkungen zu berücksichtigen. c) Ersetzen eines nicht mit der Hardware kompatiblen, kontrollierten Phasen-Gatters durch ein hardwarekompatibles Gatter (Phasen- und CNOT-Gatter).

Quanten-Fourier-Transformation deshalb viele Male durchgeführt werden. Dadurch würde der bereits erwähnte erzielte Vorteil stark verringert oder sogar aufgehoben. Um den exponentiellen Geschwindigkeitsvorteil zu nutzen, müssen Wissenschaftler im Bereich Quantum Computing deshalb intelligente Wege finden, um die im Register enthaltenen Quanteninformationen zu nutzen, ohne sie tatsächlich zu messen – oder ein Ausgangssignal konstruieren, das mit wenigen Messungen ausgelesen werden kann.

Diese Programmierbeschränkungen (sowie unzählige weitere kontraintuitive Regeln) weichen radikal von den klassischen Programmierparadigmen ab. Die Quanten-Softwareentwicklung benötigt deshalb geeignete Tools, um sich diese merkwürdigen Eigenschaften zunutze zu machen. Dieser Punkt trifft auch auf die grundlegende Umsetzung eines Quantenschaltkreises zu: Die Quantengatter wirken auf die Quantenbits ein und modifizieren so den Zustand des Quantenregisters. Diese Gatter unterscheiden sich von den klassischen Logikgattern: Sie müssen beispielsweise unitär sein, wodurch das Quantenbit nicht kopiert werden kann. Gemeinsam mit den Quantenmessungen bilden sie eine Sequenz, die als Quantenschaltkreis bezeichnet wird (Abb. 1). Dieser Punkt trifft jedoch auch auf höherer Ebene zu: Die meisten Quantenalgorithmen, wie beispielsweise der Shor-Algorithmus, bestehen aus eindeutigen Unterroutinen (z.B. der Quanten-Fourier-Transformation). Genau wie bei der klassischen Softwareentwicklung benötigen Wissenschaftler im Bereich Quantum Computing nicht nur Bibliotheken, die vorgefertigte Ausführungen allgemeiner Quantenroutinen zur Verfügung stellen, sondern auch höhere Programmiersprachen, um die Kombination und die mögliche Wiederholung unterschiedlicher Unterroutinen in einem vollständigen Algorithmus zu beschreiben.

Zu guter Letzt müssen Quantenentwickler, da es noch keine fehlerfreien Quantencomputer gibt, dazu in der Lage sein, das Verhalten neuer Quantenalgorithmen auf klassischen Computern zu testen. Nur so lässt sich gewährleisten, dass sie das gewünschte Ergebnis erzielen. So einfach sich das anhört, wird diese Aufgabe doch stark durch die exponentiellen ( $2^N$ ) Speicheranforderungen beim Speichern eines Quantenzustands auf einem klassischen Computer eingeschränkt.

**Zwei Herausforderungen: Quantenkompilierung und Hardware-Einschränkungen**

Experimentelle Quantengeräte enthalten eine ganze Reihe hardwarespezifischer Einschränkungen und Fehler. Die gerade genannten Tools sind deshalb wichtig, aber bei Weitem nicht ausreichend, um die tatsächliche Leistung eines Quantenalgorithmus zu bewerten und möglicherweise zu verbessern.

Hardware-Einschränkungen lassen sich mithilfe eines Prozesses namens Kompilierung in den Griff bekommen. Die physikalische Umsetzung eines Quantenprozessors besteht aus Matrizen von Quantenbits, die in einer oder zwei Dimensionen angeordnet sind, wobei jedes Qubit eine beschränkte Anzahl von Nachbarn hat

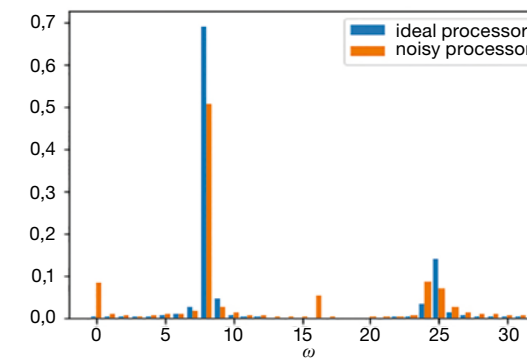
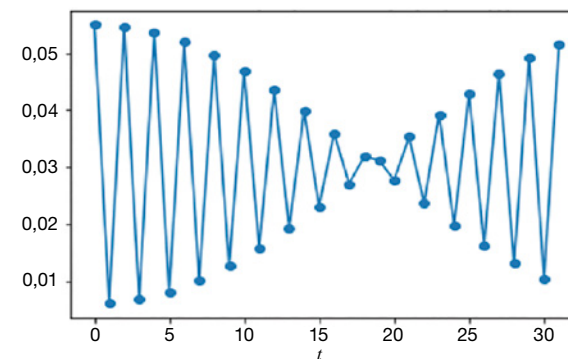


Abbildung 3: Beispiel einer Fourier-Transformation auf fünf Qubits (32 Punkte). Links: Eingangssignal (quadrierte Amplitude). Rechts: Ausgangssignal (quadrierte Amplitude) für einen idealen Prozessor (blau) und einen Prozessor mit topologischen und Gattersatz-Einschränkungen sowie Dekohärenz (orange). Quantenrauschen führt zu störenden Fourier-Spitzen.

(Abb. 2a). Bei den meisten Ausführungen können 2-Qubit-Gatter nur zwischen benachbarten Qubits angewendet werden. Lehrbuchmäßige Algorithmen wie die oben genannte Fourier-Transformation übersehen diese topologischen Einschränkungen gerne und wenden Gatter zwischen nicht benachbarten Qubits an. Ein Quantencompiler muss deshalb den lehrbuchmäßigen Quantenschaltkreis entsprechend umschreiben und die topologischen Einschränkungen berücksichtigen. Dies beinhaltet das Einfügen sogenannter SWAP-Gatter, die den internen Zustand zweier Qubits vertauschen (Abb. 2b). Und während lehrbuchmäßige Algorithmen eine große Anzahl unterschiedlicher Quantengatter enthalten, verfügt jedes Quantengerät aufgrund physikalischer Einschränkungen nur über eine limitierte Anzahl von Gattern. Der Quantenschaltkreis aus dem Lehrbuch muss in einen hardwarespezifischen Gattersatz übersetzt werden (Abb. 2c).

Das Umschreiben bringt Nachteile mit sich: Der Quantenschaltkreis und damit auch die Laufzeiten werden für gewöhnlich wesentlich länger, was zu einer vermehrten Anfälligkeit für Hardwarefehler führen kann. Die Kompilierung muss deshalb unter Einschränkungen optimiert werden, indem beispielsweise die Zahl der Gatter oder die Tiefe des Schaltkreises reduziert wird. Dies stellt an sich schon ein schwieriges Rechenproblem für klassische Computer dar. Es finden derzeit deshalb umfangreiche theoretische und numerische Anstrengungen statt, um effiziente, hardwarespezifische Optimierungsverfahren zu entwerfen.

Quantenzustände sind sehr störanfällig. Jede unerwünschte Wechselwirkung mit der Außenwelt kann die Quantenberechnung auf mehrere Arten stören. Dadurch verliert der Quantenzustand aufgrund eines Phänomens namens Dekohärenz allmählich seine Quantenartigkeit, oder die Gatter werden aufgrund unzureichender Kontrolle falsch angewendet. Diese Fehler werden auch als Quantenrauschen bezeichnet und reduzieren die Genauigkeit des Quantencomputers (Abb. 3). Diese Ergebnisse experimentell zu optimieren, ist zeit- und kostenintensiv. Mithilfe numerischer Simulationen lassen sich mehr Möglichkeiten untersuchen. Dafür muss zuerst eine brauchbare mathematische Beschreibung der Hardware erstellt werden, die dann auf einem klassischen Computer simuliert wird, um schließlich geeignete Optimierungs- oder Mitigationsstrategien zu entwickeln. Alle drei Schritte stellen schwierige Forschungsprobleme dar. Der erste Schritt besteht in der Identifizierung der relevanten Parameter, um eine bestimmte Art Quanten-Hardware so präzise und so einfach wie möglich zu charakterisieren. Der zweite Schritt ist die Simulation der

entsprechenden quantenmechanischen Gleichungen des Modells mit einem klassischen Computer. Dafür sind für gewöhnlich fortgeschrittene numerische Methoden wie die Monte-Carlo-Simulation erforderlich sowie umfassende klassische Computerressourcen.

Anhand eines Abgleichs zwischen den so erzielten numerischen Ergebnissen und den experimentellen Tatsachen kann schließlich ein realistisches Hardware-Modell erstellt werden. Dieses Modell kann dann für die Durchführung des dritten Schrittes eingesetzt werden: die Optimierung des Quantenschaltkreises. Lässt sich beispielsweise die „Qualität“ eines jeden Gatters einer bestimmten Hardware präzise bestimmen, kann ein Quantenschaltkreis kompiliert werden, der die maximale Anzahl qualitativ hochwertiger Gatter enthält. Ebenso kann für den Fall einer mit längerer Laufzeit zunehmenden Dekohärenz ein Schaltkreis kompiliert werden, bei dem die Gesamtlaufzeit des Schaltkreises reduziert wird.

Kurz zusammengefasst: Künftige Quantenprogrammierer müssen nicht nur dazu in der Lage sein, die Richtigkeit von Quantenalgorithmen in einem idealen, fehlerfreien Quantensimulator zu verifizieren. Sie müssen auch das entsprechende Quantenprogramm für eine bestimmte, normalerweise fehlerhafte Hardware simulieren und optimieren. Nur durch diesen Debugging-Prozess sowie durch grundlegende technologische Fortschritte bei den Geräten selbst können wir echte praktische Fortschritte im Bereich der Quantentechnologie erzielen.

**Dr. Thomas Ayril**

Dr. Thomas Ayril erhielt seinen PhD in Theoretischer Physik von der Ecole Polytechnique und dem CEA Saclay im Jahr 2015. Im Rahmen seines PhD und seiner darauf folgenden Postdoc-Berufung an die Rutgers University (New Jersey, USA) entwickelte er neue algorithmische und rechnerische Ansätze zum fermionischen Mehrkörperproblem und zu stark korrelierten Materialien. Er ist mittlerweile als Forschungsingenieur am Atos Quantum Lab in Paris tätig, wo er an physikalischen Modellen für Quanten-Hardware, numerischen Simulationen zur Reduzierung des Quantenrauschens sowie an praktischen Anwendungen des Quantum Computings arbeitet.

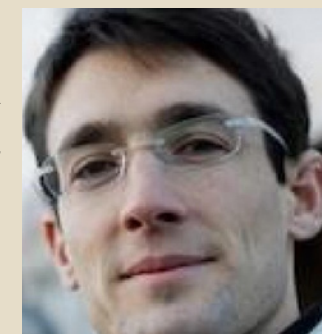


Foto: Privat



## 2.1 ALLGEMEIN

### The Next Big Thing: der Quantencomputer

Seit Jahrzehnten werden Quantencomputer hauptsächlich in der Theorie erforscht und sind ein Dauerthema unter IT-Enthusiasten. Sollten die Möglichkeiten ausschöpfbar werden, sind enorme Sprünge in der Rechenleistung zu erwarten, gerade in komplexen Bereichen. Durch die ersten kommerziell nutzbaren Quantenrechner hat das Thema enorm Fahrt aufgenommen, viele Unternehmen steigen in die Entwicklung ein. Die Technologie wird bereits als Service bereitgestellt und zur Erforschung konventioneller Fragestellungen genutzt. Bei den Anwendungsgebieten stehen momentan zwei Bereiche im Fokus: die Medizinbranche und die Kryptografie.

### Superposition und Quantenverschränkung machen den Unterschied

Ein konventioneller Digitalrechner basiert auf dem binären System und damit auf den Gesetzen der klassischen Physik. Der Quantencomputer hingegen beruht auf quantenmechanischen Prinzipien: dem Superpositionsprinzip und der Quantenverschränkung.

Während ein Bit des Digitalrechners nur zwischen den beiden Zuständen 1 und 0 definiert werden kann, nimmt ein Qubit im Quantenrechner aufgrund des Phänomens der Superposition mehrere Zustände gleichzeitig an. Es befindet sich so lange in diesem undefinierten Zustand, bis es gemessen wird und so einen eindeutigen Zustand annimmt.

Um die enorme potentielle Leistung des Rechners zu ermöglichen, wird das Phänomen der Quantenverschränkung genutzt. Quantenteilchen, die miteinander verbunden sind, reagieren auf den Status der anderen vernetzten Teilchen, sogar über tausende Kilometer Entfernung. Eine Messung an einem Teilchen ändert also auch den Status des verbundenen Teilchen. Die Herausforderung: Die Qubits sind sehr empfindlich und verlieren deshalb durch externe Einflüsse schnell ihren Zustand der Superposition. Die Kunst besteht also darin, möglichst viele Quantenteilchen zu verschränken und möglichst lange stabil zu halten.

### IBM und D-Wave mit führenden kommerziellen Anwendungen

In den letzten Jahren wurden große Fortschritte in der praktischen Umsetzung gemacht, führend auf dem Gebiet sind die Unternehmen IBM und D-Wave. 2016 hat IBM den weltweit ersten Quantencomputer in der Cloud für die Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Nutzer können sich über die IBM Cloud mit einem Quantensystem mit 16 Quantenbits (Qubits) verbinden. So können mit den einzelnen

Qubits Algorithmen und Experimente durchgeführt und Tutorials und Simulationen ausprobiert werden, um so die Möglichkeiten der Quantentechnologie zu testen. 2017 hat IBM einen 50 Qubit-Rechner gefertigt und getestet, der die Basis für die nächste Generation des Cloud Services bilden soll.

Das Unternehmen D-Wave hat bereits im Jahr 2011 einen kommerziellen Quantencomputer auf den Markt gebracht. Genau genommen stellt D-Wave allerdings keinen echten Quantenrechner her, weil das sogenannte Quantum-Annealing-Verfahren angewandt wird. Die Qubits in D-Waves Computern sind nicht lange genug stabil, um die Quantenzustände präzise zu manipulieren, was die eigentliche Mechanik bei der Technologie ist. Deshalb sind die Rechner auch potentiell nicht in der Lage, den begehrten Shor-Algorithmus auszuführen, der beispielsweise in der Lage wäre, die aktuellen Kryptografie-Standards zu knacken.

Mit Google, Microsoft und Intel haben weitere Unternehmen kommuniziert, dass sie an der Entwicklung eines eigenen Quantenrechners arbeiten.

### Healthcare-Branche in Vorreiterrolle

Die Medizin nimmt in der Gesamtbetrachtung der Geschäftswelt traditionell eine Sonderrolle ein. Einerseits trägt die Healthcare-Branche so viel zum Wohlergehen und der Entwicklung der Menschheit bei wie kaum ein anderer Bereich, andererseits sorgen große Medizin-Konzerne für hohe Investitionen in neue Technologien. Hinzu kommt eine enge Verknüpfung mit der Wissenschaft, woraus sich eine hohe Komplexität ergibt.

Deshalb nimmt die Medizin bei der Nutzung und Entwicklung innovativer Technologien oftmals eine Vorreiterrolle ein, was sich gerade im Bereich künstliche Intelligenz und Machine Learning beobachten lässt. Ähnliches ist also auch bei Quantum Computing zu erwarten, da die Technologie noch besser geeignet ist, komplexe Herausforderungen zu lösen.

### Personalisierte Medikamente als Vision

Ein wichtiges Feld ist die Erforschung von Krankheiten und die Entwicklung von Medikamenten, um diese zu bekämpfen. Hierzu müssen komplexe Wechselwirkungen zwischen Proteinen, Molekülen und chemischen Wirkstoffen analysiert werden, was sehr zeitintensiv ist. Ein stabiler und performanter Quantencomputer würde hier enorme Effizienzvorteile bringen. Sollte das gelingen, ist auch eine personalisierte Medizin möglich, die individualisierte Medikamente und Anwendungen ermöglicht. Eine solche Anwendung ist die Strahlentherapie auf individualisierter Ebene, die zwar schon durchgeführt wird, aber durch die aktuelle Rechenkapazität schnell an Grenzen gelangt. Die Herausforderung einer Strahlenbehandlung liegt in der feinen Abstimmung

der Parameter wie Dosierung, Intensität und Zielpunkt, um die Schaden an den geschädigten Zellen so hoch wie möglich zu halten, ohne gesunde Zellen zu beschädigen.

Das Wiener Unternehmen CMS versucht mit Hilfe eines Quantencomputers ein Messverfahren zu entwickeln, mit dem von Menschen ausgeatmete Luft genauer analysiert werden kann. So hat jede Krankheit und damit auch der Krebs, spezifische Stoffwechselprodukte, die sich in der Atemluft wieder finden. Allerdings sind sehr sensitive Messmethoden nötig, die bisher nur mit Quantencomputern realisiert werden können.

### Kann die Blockchain der Quantentechnologie widerstehen?

Ende 2017 gab es im Technologie- und Finanzsektor fast nur noch ein Thema: die Blockchain. Getrieben durch die enormen (Buch-) Wertzuwächse bei Kryptowährungen wie Bitcoin, Ethereum und Ripple fand die Technologie ihren Weg in die Massenmedien. Ein wichtiger Bestandteil der Technologie: um die Transaktionen auf der Blockchain zu schützen, werden kryptografische Verfahren wie RSA und Hashing eingesetzt, die auch vielen anderen digitalen Anwendungen State-of-the-Art sind.

Theoretisch sind diese Verfahren auch mit konventionellen Digitalcomputern zu knacken - allerdings ist der Aufwand immens und wirtschaftlich überhaupt nicht darstellbar. Das könnte sich mit der fortschreitenden Entwicklung von Quantencomputer schnell ändern. Das bedroht auch die Integrität der meisten Kryptowährungen, lediglich die IOTA Foundation, die hinter der IOTA-Technologie steht, behauptet die Währung sei auch sicher gegen Attacken mit Quantencomputern. Inwieweit das richtig ist oder es sich nur um einen geschickten Marketing-Trick handelt, lässt sich momentan schwer abschätzen.

Klar ist, dass schon seit an längerem der Entwicklung von quantenresistenten Kryptographieverfahren gearbeitet wird. Als ein Hoffnungsträger gilt die Quantenschlüsselverteilung. Sie soll beim Austausch von Informationen Quantenteilchen wie Photone verwenden, die nicht von Unbefugten manipuliert werden sollen, ohne sie zu zerstören.

An diesem Beispiel wird deutlich, dass die Quantencomputer-Technologie gebraucht wird, um sich gegen Quantencomputer-Attacken abzusichern. Insofern ist wohl davon auszugehen, dass die Verteidigungs- und Verschlüsselungstechnologien sich im Gleichschritt zum Quantencomputer entwickeln werden. Spätestens durch den Einstieg von Microsoft und Google in die Forschung und Entwicklung ist klar: das Thema Quantencomputer ist einer der großen Trends der nächsten Jahre und hat das Potential, die Entwicklung in zahlreichen Bereichen enorm zu beschleunigen.

Jana Eschweiler

### Quantum Computing & Industrielle Optimierungsprobleme (Quantum Computing – Ein Segen für die Industrie?)

Nachdem PCs immer ausgefeilter werden und es scheint, dass die großen Innovationen im Computersektor ausbleiben, gewinnt eine Entwicklung immer mehr an Bedeutung und verspricht die vermeintliche Stagnation aufzubrechen: Sogenannte Quantum Computer sollen in einigen Jahren die aktuell erreichbare Rechenleistung exponentiell erhöhen.

Große Techgiganten wie IBM oder auch Google sind momentan dabei, sich ein Wettrennen zu liefern. Die Frage lautet, wer es schafft den ersten sogenannten Quantum Computer zu bauen, der einen ernsthaften praktikablen Nutzen beisteuern kann.

Im Folgenden erfährst du, was Quantum Computer sind und welcher (industrielle) Nutzen in der Zukunft von diesen neuen technischen Errungenschaften zu erwarten sein wird.

### Was ist Quantum Computing?

In klassischen Computern, wie wir sie kennen, existieren die Bits, die kleinsten Elemente der zu verarbeitenden Informationen, in zwei voneinander getrennten Zuständen: 1 oder 0. Beim Quantum Computing hingegen wird die Fähigkeit subatomarer Partikel ausgenutzt, sich zur gleichen Zeit in mehr als einem Zustand befinden zu können.

Was das bedeutet: Quantum Systeme existieren zwar auch in den Zuständen 1 und 0, können aber zur gleichen Zeit in Kombination dieser zwei existieren, in sogenannter Superposition. Diese Systeme können so mehr und schneller Informationen verarbeiten als klassische Computersysteme.

Eine anschauliche Erklärung liefert Jim Clarke, der Leiter der Quantum Hardware Abteilung von Intel: Die binären Bit-erzeugenden Transistoren in klassischen Computern sind vergleichbar mit Münzen, die entweder mit dem Kopf oder mit der Zahl-Seite nach oben zeigen. Wenn die Münze sich aber im Kreis dreht, würde der geneigte Zuschauer davon sprechen, dass beide Seiten gleichzeitig zu sehen sind.



Das Bild der Münze verdeutlicht den Unterschied zwischen Qubits und den klassischen, binären Bits. (Quelle: Joey Kyber/ Pexels.com)



Alexander Eser,  
Co-Founder &  
Managing Director,  
Kaufberater.io



Jana Eschweiler,  
Director Marketing  
& Sales Communication,  
TWT Digital  
Group GmbH

Ein Qubit entspricht der sich drehenden Münze, bis sie zum Halt kommt und entweder auf der Kopf- oder Zahlseite landet, oder dem Zustand 1 oder 0.

Um zu verhindern oder es hinauszuzögern, dass Qubits zum Stillstand kommen, müssen sie zum Beispiel in einer sehr kalten Umgebung gehalten werden, bei der nicht nur die Temperatur sondern auch die Lautstärke und das elektrische Umfeld konstant bleiben müssen.

Qubits, die Kurzform der sogenannten Quantum Bits, können so mehr Informationen speichern, wobei sie dabei weniger Energie verbrauchen.

Um Qubits dazu zu bringen, die möglichen Zustände anzunehmen (0,1 und sämtliche Kombinationen), muss man zwei oder mehr Qubits dazu bringen, miteinander zu kommunizieren. Mit jedem Qubit, das einem System hinzugefügt wird, steigt die Rechenleistung.

### Wann ist mit Quantum Computern zu rechnen?

Google hat im Frühjahr 2017 bekannt gegeben, die Quantum Technologie bereits innerhalb der nächsten fünf Jahre salonfähig machen zu wollen. Dazu gab es ein Versprechen eines ersten Quantum Computers, der klassischen Computern überlegen sein sollte und das bis zum Jahresende.

Überholt wurde Google dabei aber von IBM. Der PC-Hersteller gab bereits im November 2017 bekannt, einen 50- Quantum Computer gebaut zu haben. Zu beachten ist aber, dass diese Errungenschaft von einem wirklich gebrauchsfähigen PC noch weit entfernt ist. Der Computer konnte das System im Quantum Zustand nicht länger als 90 Sekunden aufrechterhalten.

Andere, kleinere Startups arbeiten hingegen daran, diese Systeme immer stabiler zu machen und es könnte sein, dass eines von ihnen, beispielsweise Rigetti aus Californien es schaffen, als erstes einen kommerziellen Quantum PC zu konstruieren.

Tatsächlich wird es bis zum kommerziellen Quantum Computer aber wahrscheinlich noch eine Dekade brauchen- oder mehr. Gerade bis das Konzept bei den Endgeräten für den normalen Konsumenten ankommt, ist der Zeithorizont kaum abzusehen, wobei aktuelle Geräte für die Durchschnittsnutzung nahezu maximal optimiert sind.

### Industrielle Optimierung mithilfe des Quantum Computing

Dem Quantum System als nächstem großen Meilenstein werden einige, oft industrielle, Einsatzbereiche vorhergesagt, die überraschend weitreichend sind. Auch wenn es bis zum Einsatz in diesen Sektoren noch länger andauern kann, ist es interessant, das jeweilige Potential genauer zu betrachten. Im Folgenden einige Beispiele:

### Lieferkettenoptimierung

Quantum Computing wird in der Zukunft neue Möglichkeiten der Verkehrsoptimierung bereithalten. So ist zu erwarten, dass die hohe Rechenkraft dazu genutzt werden kann, Verkehrsrouten unter Einbezug verschiedenster Faktoren wie dem Wetter, der Uhrzeit und dem aktuellen Verkehr schnell und effizient zu optimieren, so wie es VW momentan in Peking mit Berechnungen des Verkehrsflusses testet.

Dies hat Folgen für Firmen, für die der Unternehmenserfolg signifikant von einer reibungslosen Lieferkette abhängt: Quantum Systeme, so wird es erwartet, werden es Unternehmen erlauben, schnell auf kleine und große Veränderungen in der Lieferkette zu reagieren.

### Auf der Suche nach den Primzahlen

Ein Beispiel für den Einsatz von Quantum Computern könnte die Suche nach großen Primzahlen sein. Jene sind besonders wichtig für Verschlüsselungen, die überall im Netz zur Anwendung kommen.

Das eröffnet auch die Gefahr des sogenannten „Quantum Hacking“, das es ermöglichen könnte, aktuelle Onlineverschlüsselungen problemlos zu knacken. Gleichzeitig könnten Quantum Computer-generierte Verschlüsselungen natürlich auch um einiges sicherer sein, als die von klassischen Computern erzeugte.

### Quantum Computing im Finanzsektor

Als einer der größten Nutznießer der Datenanalyse könnte der Finanzsektor besonders vom exponentiellen Anstieg der Rechenleistung durch Quantum Systeme profitieren. Mithilfe der Modellierungen durch klassische Computer ist es schon jetzt möglich Erträge zu erreichen, die über den Markterträgen liegen. So setzen beispielsweise Hedge Funds über alle Asset Klassen Computing ein, um Asset-Preise zu bestimmen und professionelle Glücksspieler verwenden Computermodelle, um den Ausgang eines Spiels wie Tennis, Fußball aber auch Pferderennen zu bestimmen, um durch Sportwetten Geld zu verdienen. Es wird erwartet, dass ein Quantumcomputer in Zukunft mehr und schnellere Risiko- und Gewinnsimulationen ausführen kann als klassische Computer- und das gleichzeitig.

Auch wenn die kommerzielle Nutzung im Finance momentan noch Zukunftsmusik ist, so wird in dem Bereich bereits experimentiert: So haben Wissenschaftler beispielsweise aufgezeigt, dass Quantum Computing positive Effekte auf die Möglichkeiten hat, von Fremdwährungskursschwankungen zu profitieren.

### Verbesserte Wettervorhersagen

Mit Quantum Prozessoren könnten Wettermodelle und -daten nicht nur viel schneller ausgewertet wer-

den. Stattdessen könnten die von Satelliten übermittelten Wetterdaten auch dazu genutzt werden, wiederkehrende Muster und Feinheiten zu erkennen, die mit klassischen Computern nicht auszufiltern sind.

Dies ist nicht nur praktisch für den täglichen Blick in den Kleiderschrank; die effizientere und aufschlussreiche Wetteranalyse kann dabei helfen, Naturkatastrophen schneller vorherzusagen und folglich frühere Evakuierungen und andere Vorsichtsmaßnahmen zu treffen.

Für andere Industrien wie der Landwirtschaft und ebenso dem Transportsektor, wird diese Entwicklung ebenso wichtige Vorteile bringen, da das Wetter für beide eine wichtige Variable in der (täglichen) Planung darstellt. So könnten beispielsweise Bewässerungscomputer an die Vorhersagen gekoppelt werden und Felder automatisch bewässern, wenn Regen ausbleibt.

### Fazit: Quantum Computing ist ein vielversprechendes Konzept, das interessante Lösungen verspricht

Dass Quantum Computer die klassischen Computer ersetzen werden, ist vorerst nicht zu erwarten. So sind die Schwierigkeiten darin, ein optimales Umfeld für die sensiblen Qubits zu erhalten, noch zu groß.

Nachdem die ersten Geräte gebaut werden, die den klassischen Geräten überlegen sind, wird es der nächste Schritt sein, diese Fortschritte bis hin zur Kommerzialisierung auszubauen.

Trotz allem: Quantum Computing, so zeigt es die Tatsache, dass viele Techgiganten wie Google oder IBM auf eigene Faust daran forschen, wird in der Zukunft wohl eine große Rolle spielen. Das liegt daran, dass die vielen Einsatzbereiche und Vorteile der exponentiell wachsenden Rechenkraft, von dem Supply Chain Management hin zur Wetterdatenverarbeitung schon jetzt absehbar sind und somit das Wettrennen um die Vorreiterrolle im Quantum Computing eröffnet ist.

Alexander Eser

## 2.2 VISION

### Reverse Feedback Technologie des Lebendigen?

Beim Quantum Computing geht es grundsätzlich um die instantane Speicherung und logarithmische Verarbeitung von Möglichkeiten bzw. von Daten. Daraus resultiert der entscheidende Gewinn hinsichtlich der Speichermöglichkeit und Rechengeschwindigkeit: mit N QuBits können 2N Möglichkeiten auf einer binären Basis dargestellt werden. So stellt ein klassisches Hopfield-Netz max. 0.14 n Muster dar; ein Quantenregister hingegen kann 2N Muster darstellen. Wird die Information verarbeitet, indem entsprechend komplexe Zustände durch Operatoren ineinander überführt werden, so vergeht nur eine

logarithmische Zeit ( $\log_2 N$ ). Ein Quantencomputer entspricht somit einem ultraschnellen Parallelrechner und ist daher auch in der Lage, NP-spezifische Probleme zu lösen.

Der nächste Schritt in der Entwicklung von Quantencomputern wurde kürzlich durch Intel vorgestellt: ein neuromorpher Chip mit 49-QuBits. Hier erfolgt eine Zustandsänderung der klassischen Netzwerkarchitektur in Abhängigkeit vom Quantenzustand. Daher gibt es ein reverses Feedback vom Quantenzustand auf den klassischen Zustand. Das imitiert die Funktionsweise des Gehirns, das u.U. auch einem zwei-Schichten-Netzwerk entspricht: einer quantischen sowie einer klassischen Schicht. Beide bilden komplexe Muster aus und kodieren in den Mustern Information. Beide beeinflussen sich gegenseitig.

Einen anderen Ansatz verfolgt das topologische Quantum Computing (Steve Simon). Hier wird mit Weltlinien in der Raumzeit gerechnet, die praktisch auf zwei Dimensionen beschränkt sind. Aktuell läuft die Suche nach entsprechenden physikalischen Substraten: beim Quanten-Hall-Effekt bewegt sich faktisch ein Elektron in einer 2-D-Ebene. Die Beschränkung auf zwei Dimensionen gewährleistet die Darstellung von Schleifen, die durch Wellenfunktionen beschrieben werden. Bei nicht-trivialen topologischen Quantenzuständen, die in Weltlinien realisiert sind und die binäre Zustände abbilden, hängt die Amplitude einer Wellenfunktion ausschließlich von der Topologie eines Quantenzustandes ab: werden zwei Quantenzustände ineinander anhand der Kaufman-Regeln überführt, etwa durch „Rühren“, und werden nicht-äquivalente topologische Deformationen erzeugt, so verändert das die Amplitude, was messbar ist. Jeder Änderung der Amplitude wiederum entspricht ein quantenmechanischer Operator und mit ihm die Lösung für ein mathematisches Problem, etwa der Berechnung der Kaufman-Invarianz, bei dem die Rechenzeit exponentiell steigt.

Was passiert jedoch, wenn die Basis eines Quantencomputers nicht mehr binär ist, d.h. nicht in Spin-zuständen o.ä. abgebildet wird? Das wird technisch derzeit nur indirekt in Form von Quantenregistern realisiert, die einer Kombination von binären Zuständen entsprechen. Eine direkte Abbildung komplexer Quantenzustände steht noch aus.

Wie könnte eine direkte Abbildung von komplexen Quantenzuständen aussehen? Seth Lloyd schlug vor, ein Photon durch eine Linse zu „dehnen“ und durch eine CD reflektieren zu lassen. Der Rebound des Photons von den binären Zuständen würde zu einer Kodierung des binären Musters der CD in der Wellenfunktion des Photons führen.

Was würde nun passieren, wenn anstelle der CD ein organisches Molekül in einem Quantenzustand „abgebildet“ bzw. kodiert wird? Das sollte sämtli-



Prof. Dr. Imre Koncsik, Professor für Systematische Theologie mit Schwerpunkt Natur- und Technikphilosophie, Phil.-Theol. Hochschule Benedikt XVI. Heiligenkreuz/Wien

che Möglichkeiten der Kombinatorik des Moleküls bzw. der Relationen zwischen den Atomen (i.S. von verfestigten Wechselwirkungen) erfassen. Technisch scheitert derzeit eine solche Abbildung an verschiedenen Faktoren, bes. am thermodynamischen Rauschen des Moleküls sowie der Zerstreuung des Photons oder von Photonen in verschiedene Raumrichtungen. Möglicherweise würde das Einlesen der Quanteninformation, die die Basis der molekularen Struktur bildet, durch eine holografische Einkodierung möglich sein – das wäre der reverse Prozess zu einer holografischen Dekodierung. Es geht um das Ein- und Auslesen von Quanteninformation und das Verständnis der gegenseitigen Veränderung des quantischen und klassischen Systems beim „Präparations- oder Messvorgang“ bzw. beim Agieren eines Operators auf das Quantensystem.

Sind organische Moleküle ein Quantencomputer, der eine geordnete, strukturierte Quanteninformation kodiert und verarbeitet? Ein Quantencomputer vermag verschiedene Möglichkeiten instantan zu „screenen“ und miteinander zu vergleichen. Das geschieht scheinbar auch etwa bei der Proteinfaltung: 2N verschiedene Möglichkeiten der Faltung (oder sonstige Möglichkeiten) können nicht durch klassisches Trial and Error „ausprobiert“ werden. Bei einer nichtbinären Basis gibt es sogar xN verschiedene Möglichkeiten!

Hier kann ein Quantensystem die Auswertung der Möglichkeiten übernehmen sowie die Kodierung einer Quanten-(An)-Ordnung, die sich makroskopisch auswirkt (up-scaling). Solche Überlegungen sind Gegenstand der Quantenbiologie. Sie beschäftigt sich mit mikroskopischen Quanteneffekten, die einen makroskopischen Effekt nach sich ziehen, etwa das Durchtunneln einer Wasserstoffbrückenbindung durch das Proton, von dessen Lage (weiter „rechts“ oder „links“) die makroskopische Basenpaarung abhängt. Die Quantenbiologie identifiziert also Quantum Dots: sie sind „Punkte“, an denen ein Quanteneffekt eine makroskopische Wirkung hinterlassen kann. Was an den Quantum Dots als Interface ansetzen würde, wäre ein Quantensystem, das eine komplexe Ordnung kodiert. Diese Ordnung wirkt dann zurück auf die klassische Morphologie.

Das wäre eine entscheidende Innovation gegenüber dem o.g. neuromorphen Chip von Intel. Der Unterschied betrifft das Quantensystem: vermutlich ist die Ordnung der Wechselwirkungen eines lebendigen biologischen Systems durch eine holistische Quanteninformations-Matrix bestimmt. Diese Quanteninformations-Matrix muss relativ stabil sein. Sie sollte unter noch zu erforschenden bestimmten Umständen emergieren, indem verschiedene Möglichkeiten in einer höherwertigen Meta-Möglichkeit integriert werden. Damit bestimmt ein komplexes Quantensystem das System der klassischen Wechselwirkungen.

An dieser Stelle wird der Begriff der „komplexen Information“ (CI = Complex Information) eingeführt, um die spezifischen Muster, die Wechselwirkungen komplexer Systeme kodieren, zu beschreiben. CI sollte in einem makroskopischen komplexen Quantensystem implementiert sein (MCQS = Macroscopic Complex Quantum System). MCQS ist das Netzwerk von miteinander verschränkten Quantum-Dots – aufgrund der Gefahr der Dekohärenz physikalisch realisiert durch das EM-Feld (Photonen) und evtl. durch den Raum (Weltlinien). MCQS führt einlaufende klassische Information zusammen (Speicherung von CI) und verarbeitet sie – möglicherweise durch eine nicht-binäre oder sogar nicht-algorithmische Transformation von CI-Quantenzuständen (Roger Penrose).

Um die damit angedeutete und derzeit fehlende Innovation im Quantum Computing zu erreichen, wäre es förderlich, wenn einem interdisziplinären Team die Möglichkeit eröffnet wäre, CI in MCQS zu entwickeln. Das würde die rechnerische und adaptive Leistung von Quantencomputern aufgrund der erhöhten Kombinationsmöglichkeiten signifikant verbessern. Damit wären die hier geäußerten Hypothesen in Form einer „Technologie des Lebendigen“ durch eine komplexe Reverse Feedback-Technologie verifiziert.

Prof. Dr. Imre Koncsik

## 2.3 ANWENDUNG

### Cloud Computing – Computation as a Service

Was ist Computation as a Service und Cloud Computing?

Computation as a Service, abgekürzt CaaS, ist das Mieten von auf virtuellen Maschinen basierende Server. Abgerechnet wird dabei pro Stunde basierend auf der Kapazität der virtuellen Maschinen – hauptsächlich CPU- und RAM-Größe, Funktionen der virtuellen Maschine, des Betriebssystems und der eingesetzten Software.

Der Begriff Cloud Computing bezieht sich auf die Bereitstellung von IT-Ressourcen und Anwendungen, die über das Internet abgerufen werden. Die Preise sind hierbei nutzungsabhängig. Cloud Computing bietet eine andere Möglichkeit zur Verwendung und zum Fernmanagement von Rechenressourcen. Es bezieht sich sowohl auf die Anwendung als Service über das Internet als auch auf die Systemsoftware im Rechenzentrum, welches diese Dienste bereitstellt. Die zur Verfügung gestellte Hardware und Software im Verbund wird als Cloud bezeichnet.

Computation as a Service ist also ein Teil des Cloud Computings, bei dem auf virtuellen Maschinen basierende Server an zum Beispiel Sie vermietet werden.

### Wie funktioniert Cloud Computing eigentlich?

Cloud Computing bietet eine Möglichkeit des Zugriffs auf Server, Speicher, Datenbanken und eine umfassende Palette von Anwendungsservices über das Internet. Cloud Computing-Anbieter betreiben und verwalten die mit dem Netzwerk verbundene Hardware, die für diese Anwendungsservices benötigt wird, wobei die Kunden die benötigten Ressourcen über eine Webanwendung bereitgestellt bekommen und nutzen.

### Was ist die Cloud?

Eine Cloud ist im Wesentlichen eine Klasse von Systemen, welche Remote-Benutzern IT-Ressourcen als Service bereitstellen.

Eine Cloud ist also ein großes Rechenzentrum, dessen Services einer oder mehreren Benutzergruppen über ein Netzwerk zur Verfügung stehen. Cloud Service Provider sind die Anbieter einer Cloud. Davon gibt es eine ganze Menge. Es gibt also nicht eine Cloud bzw. die Cloud, sondern es sind immer mehrere.

### Wie sicher sind Clouds?

Cloud Computing stellt Datenschutzprobleme dar, da der Service Provider jederzeit auf die Daten, welche sich in der Cloud befinden, zugreifen kann. Es könnten versehentlich oder sogar absichtlich Informationen verändert oder gar gelöscht werden. Außerdem können einige Cloud-Anbieter diese Informationen mit Dritten teilen, wenn dies aus rechtlichen Gründen erforderlich ist. Das ist in ihren Datenschutzrichtlinien festgelegt, denen Benutzer zustimmen müssen, bevor sie Cloud-Dienste verwenden.

Zu den Lösungen für den Datenschutz gehören aber Richtlinien und Rechtsvorschriften sowie die Entscheidung der Endnutzer, wie Daten gespeichert werden. Benutzer können Daten verschlüsseln, die in der Cloud verarbeitet oder gespeichert werden, um unbefugten Zugriff zu verhindern.

### Computation as a Service - Quantum Computing

Wir wollen immer effektiver, besser und schneller arbeiten und auch im Alltag sein. Auch unsere Maschinen passen sich daran an und entwickeln sich immer weiter und werden besser, zum Beispiel Quantencomputer.

### Was ist Quantum Computing überhaupt?

Das Quantum Computing, also ein Quantencomputer, arbeitet im Unterschied zum Digitalrechner nicht auf der Basis der Gesetze der klassischen Physik bzw. Informatik. Ein Quantencomputer ist ein Gerät, das Quantum Computing, eben Quantenberechnung, ausführt. Dabei arbeitet er auf der Basis quantenmechanischer Zustände, deren Verarbeitung nach quantenmechanischen Prinzipien erfolgt, wie die Phänomene Überlagerung und Verknüpfungen.

### Cloudbasiertes Quantum Computing

Cloud-basiertes Quantum Computing ist der Aufruf von Quantenemulatoren, Simulatoren oder Prozessoren durch die Cloud. Cloud-Dienste werden zunehmend als Methode für den Zugang zur Quantenverarbeitung betrachtet.

### Anwendung von Quantum Computing basierend auf Clouds

Cloud-basiertes Quanten-Computing wird in verschiedenen Zusammenhängen verwendet: Im Unterricht können Lehrkräfte Cloud-basiertes Quantum Computing einsetzen, um ihren Schülern zu helfen, die Quantenmechanik besser zu verstehen und Quantenalgorithmen zu testen. In der Forschung können Wissenschaftler quantenbasierte Quantenressourcen nutzen, um unter anderem Quanteninformationstheorien zu testen, Experimente durchzuführen, Architekturen zu vergleichen. In Spielen können Entwickler Cloud-basierte Quantenressourcen nutzen, um Quantenspiele zu entwickeln, um Menschen in Sachen Quantenkonzepten zu belehren.

### Vorteile- Gründe, warum man sich für Cloud Computing entscheiden sollte

**Variable Kosten:** Anstatt umfassend in Rechenzentren und (NAS-)Server zu investieren, bevor Sie wissen, wie Sie diese überhaupt nutzen werden, können Sie so arbeiten, dass Sie nur für die EDV-Ressourcen zahlen, die Sie tatsächlich nutzen.

**Geringe Nutzungskosten:** Bei Nutzung von Cloud Computing erreichen Sie niedrige variable Kosten, da Cloud-Lösungen von Hunderttausenden von Kunden genutzt werden und so die Preise gering gehalten werden können.

Keine Kosten für den Betrieb und die Wartung von Rechenzentren mehr

### Vorteile von Cloud basierten Quantum Computing

Forschern ist es gelungen, die Kraft des Quantencomputers mit der Sicherheit der Quantenkryptographie zu verbinden. Somit haben sie gezeigt, dass mit den Prinzipien der Quantenmechanik ein vollkommen sicheres Cloud Computing erreicht werden kann, welches bisher noch immer Datenschutzlücken vorwies.

### Fazit

Quantencomputer repräsentieren die nächste Generation von Computern. Mit Cloud Computing verarbeitet ein Unternehmen seine Daten effizienter und steigert so die Produktivität. Die Wartung ist viel billiger, oft kostenlos, sodass Zuverlässigkeit keine Sorgen mehr verursacht. Cloud Computing ermöglicht es den CEOs, sich auf den Betrieb ihres Unternehmens zu konzentrieren, während das cloudbasierte Quantum Computing für ausreichend Schutz und Sicherheit der Daten im Unternehmen sorgt.

Alexander Eser

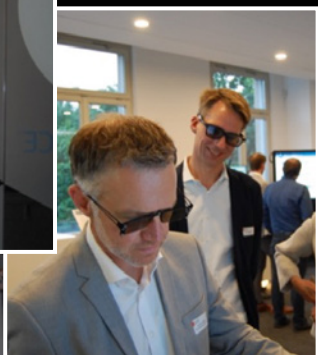


Alexander Eser,  
Co-Founder &  
Managing Director,  
Kaufberater.io

Michael Lichtenhaeler von Dassault Systèmes stellte den Besuchern das 3DEXPERIENCE Center vor.



Die Gäste der Digitalen Stadt hatten im 3DEXPERIENCE Center bei Dassault Systèmes die Möglichkeit, mit verschiedenen 3D-Modellen zu experimentieren.



Das Gewinner-Start-up Invenox entwickelt, produziert und vertreibt hochwertige Lithium-Ionen-Batteriespeichersysteme mit besserer Energiedichte für mehr Reichweite und höhere Betriebsdauer.



Die personalisierten Work-Outs von KERNWERK schafften es beim Rheinland-Pitch Finale auf den zweiten Platz. Auf dem Bild zu sehen Florian Petri, CEO Kernwerk.

Den dritten Platz beim Rheinland-Pitch Finale belegten Ready-made, die eine Sharing-Plattform für Designermöbel entwickelt haben.



## MÜNCHEN

### Digitale Stadt München e. V.

#### DigiTalk bei Dassault Systèmes

Am 17. Mai war DigiTalk bei Dassault Systèmes und die Mitglieder der Digitalen Stadt München waren in das 3DEXPERIENCE Center eingeladen. Dominic Kurtaz, CEO 3DEXCITE bei Dassault Systèmes, eröffnete den Abend mit einem kurzweiligen Impulsvortrag. Die Gäste hatten die Möglichkeit, das 3DEXPERIENCE Center selbst zu erkunden. Darunter war auch die 3DEXPERIENCE City mit der es möglich ist, Modelle von ganzen Städten zu bauen, die beispielsweise für die Stadtplanung eingesetzt werden können.

#### Feier zum 2. Geburtstag

Nach dem großen Erfolg der Geburtstagsfeier des Vereins im vergangenen Jahr, war eine Feier auch 2018 fest eingeplant. Allerdings ist der Verein in der Zwischenzeit von 63 Mitgliedern auf 97 Mitglieder angewachsen. Gefeiert wurde im Gründungslokal „Leib & Seele“. Die Feier war gleichzeitig auch die Jahreshauptversammlung, bei der die Vorstandswahl auf dem Programm stand.

#### DigiTalk am Information Security Hub

Am 2. Juli 2018 empfing Michael Zaddach, CIO Flughafen München, die Gäste der Digitalen Stadt München e.V. zum DigiTalk am Information Security Hub (ISH).

Am 31. Januar 2018 eröffnet legt das ISH neue Maßstäbe für zukünftige Trainings-Facilities im Bereich Information Security. Neben Security in Bezug auf den Flughafen München, der als kritische Infrastruktur besondere Standards erfüllen muss, verfolgt das Zentrum auch die Entwicklung von Lösungen für andere Industrien.

Mehr als 1.000 Besucher lockte das diesjährige Finale des Rheinland-Pitches am Dienstag, 26.06. zum Düsseldorfer Airport.



## DÜSSELDORF

### Digitale Stadt Düsseldorf e. V.

#### Rheinland-Pitch Finale 2018

Vier Start-ups präsentierten beim Finale des Rheinland-Pitch, dem größten Gründerwettbewerb dieser Art in Deutschland, den Zuschauern und einer hochkarätigen Expertenjury ihre Business-Ideen. Durchsetzen konnte sich am Ende Martin Hammer mit Invenox, einem Tech-Start-up, das Lithium-Ionen-Batteriespeichersysteme unter anderem für die Elektromobilität entwickelt. Den zweiten Platz besetzte das Team von Kernwerk, gefolgt von Readymade und Pozi Technologies.

#### DigiTalk bei der Stadtsparkasse Düsseldorf

Zu Gast beim DigiTalk bei der Stadtsparkasse Düsseldorf war Thomas Druyen, Autor der soeben erschienenen Studie „Die ultimative Herausforderung – über die Veränderungsfähigkeit der Deutschen“. In über zweitausend Interviews wurde der Status der Veränderungs- und Zukunftsfähigkeit in unserem Land abgefragt. Die Ergebnisse sind extrem widersprüchlich. Uns geht es sehr gut, aber wir haben Angst vor der Zukunft, wir haben noch nie über so viel Wissen verfügt, aber verstehen immer weniger und wir nutzen eine grandiose Digitalisierung, ohne ihrem riesigen Veränderungspotenzial Rechnung zu tragen. Beim DigiTalk gab Druyen hierzu einen Überblick.



Rund 300 Gäste waren im April zum DigiTalk in die Stadtsparkasse Düsseldorf gekommen.



Karin-Brigitte Göbel, Vorstandsvorsitzende der Stadtsparkasse Düsseldorf und Autor Prof. Dr. Thomas Druyen.

Mit dem ISH wurde eine einzigartige Trainings-Facility für IT-Security geschaffen, die eine ganzheitliche Ausbildung zukünftiger Experten ermöglicht.



Prof. Dr. Claudia Linnhoff-Popien, Vorstandsvorsitzende Digitale Stadt München, und Michael Zaddach, CIO Flughafen München, begrüßten die Gäste am ISH im Auditorium.

Bei der Geburtstagsfeier des Vereins kamen auch die neuesten Mitglieder zu Wort und erzählten, was sie dazu veranlasste, Mitglied der Digitalen Stadt München zu werden.

## Das Seerosengleichnis

Vor Kurzem poppte die Mail meines Freundes Helmut aus dem Silicon Valley auf. In der businessweek vom 21. Mai sei ein Artikel über den Stand der Künstlichen Intelligenz, den ich unbedingt lesen müsse. Darin ein Porträt über einen bedeutenden Paten der KI, Jürgen Schmidhuber.

Sofort fange ich an nachzulesen und lerne, dass Schmidhuber aus München stammt und auch hier studiert hat. Bereits mit 15 Jahren hat er die Vision, eine künstliche Intelligenz zu entwickeln, die den Menschen überlegen ist. Als Erwachsener arbeiten er und sein Team unermüdlich daran, das wahr zu machen. Heute nutzen Konzerne wie Google, Facebook und Amazon künstliche Intelligenz und generieren damit riesige Technik- und Marketing-Vorsprünge. Schmidhubers herausragende Entwicklung: das rückgekoppelte, neuronale Netzwerk, kurz RNN.

Ich stelle mir das System vor wie ein rotes Seil, das sich seinen Weg durch ein Labyrinth sucht. Ständig schlängelt es in Sackgassen, lernt daraus den Misserfolg und zieht sich wieder zurück zur letzten Kreuzung. Probiert einen neuen Weg, der funktioniert. Begreift das als Erfolg, merkt sich alles und wird immer klüger.

Auf dieser Basis kriert Schmidhuber einen Weltbestseller: das Long-Short-Term-Memory Netzwerk (LSTM). Ein Super-RNN, das z.B. mit exzellenten Übersetzungstexten aus verschiedenen Sprachen trainiert werden und damit bald der beste Übersetzer der Welt werden kann. Das alles fasziniert mich und für mich steht fest: Ich muss Schmidhuber kennenlernen.

Wenige Wochen später sitze ich ihm im Frühstücksraum eines gutbürgerlichen Hotels im Münchner Süden gegenüber. Er trägt weiß, kommt aber ohne seine legendäre Schiebermütze. Freundlich ist er, und nimmt sich Zeit. Wir sprechen darüber, dass die moderne Chip-Technik jetzt erstmals in der Menschheitsgeschichte so weit ist, mithilfe von LSTM

die Welt zu verändern. Ich frage ihn, ob ihm das nicht zu lange gedauert habe. Er lacht auf.

„Nein. Ich hatte immer Freude daran. Ich wusste ja, dass das eines Tages sichtbar wird. Es ist wie in einem Teich, in dem eine Seerose wächst. Jeden Tag verdoppelt sie ihr Volumen. Erst eine Blüte, dann zwei, dann vier und so weiter. Lange Zeit sieht man sie nicht, doch dann ist die Wasseroberfläche plötzlich voller Seerosen.“

Da ist sie, die exponentielle Entwicklung der Künstlichen Intelligenz, die in den streng steigenden, monotonen Modus wechselt. Eine Rakete auf dem direkten Weg zum Mars.

Und jetzt? Gerade hat das kleine Kölner Start-up Deepl mit schlauer KI den Megaplayer Google Translate überholt. Und die chronisch unflexible Siri von Apple hat nun den KI-Spezialisten von Google Translate an Bord. München ist mit Googles Anzeigen ihres KI-Assistenten plakatiert. Es herrscht Aufbruchstimmung.

Jedes Internetunternehmen, jeder Händler und Maschinenbauer wird blitzschnell auf die 5-zeiligen LSTM Codes aufschalten müssen. Die Technik wird menschenfreundlicher, klüger und schneller werden. Die LSTMs sind patentfrei. Es gibt sie kostenlos in Programmbibliotheken mit allen wichtigen Tutorials.

Es ist, wie er es sich als 15-Jähriger erträumt hat. Jürgen Schmidhubers Entwicklungen führen zu einer aktiven, kreativen, emotionalen und humanoiden KI. Oder wie er es in seinem Satz in dem businessweek Artikel zusammenfasst: „Mein Team plant, den Lauf der Menschheitsgeschichte zu ändern“. Bleibt zu hoffen, dass wir in Deutschland auch schon bereit sind, daraus etwas für die Menschheit zu machen.

Uwe Walter ist Storytelling- und Change-Experte für Medien- und Industrieunternehmen. Er berät so unterschiedliche Kunden wie YouTube-Stars, Start-ups, Blogger, Verlage, Radio- und Fernsehsender sowie Filmproduktionen. Seine Expertise: Wie generiere ich Reichweite durch zukunftsicheres Erzählen?

Foto: privat

## FACHBEIRAT



**Robert Blackburn**  
CEO Hoffmann Group



**Patric Fedlmeier**  
CIO Provinzial Rheinland



**Norbert Gaus**  
Executive VP SIEMENS



**Sandro Gaycken**  
Direktor ESMT



**Michaela Harlander**  
Vorstand Harlander-Stiftung



**Markus Heyn**  
GF BOSCH



**Martin Hofmann**  
CIO Volkswagen



**Manfred Klaus**  
Sprecher der GF Plan.Net



**Andrea Martin**  
CTO IBM



**Niko Mohr**  
Partner McKinsey



**Frank Rosenberger**  
Group Director TUI



**Joachim Schäfer**  
GF Messe Düsseldorf



**Ralf Schneider**  
CIO Allianz Group



**Stephan Schneider**  
Manager Vodafone



**Marc Schröder**  
GL MG RTL Deutschland



**Uwe Walter**  
Waltermedia



**Michael Zaddach**  
CIO Flughafen München

## DIGITALE WELT IM ABO

**DIGITALE WELT** im Abo: Die **DIGITALE WELT** kommt ganz bequem und portofrei nach Hause. Sichern Sie sich jetzt das Jahresabo für 78 €.

Haben Sie Interesse? Das eMagazin- oder Print-Abo gibt es unter [www.digitaleweltmagazin.de/abo](http://www.digitaleweltmagazin.de/abo) oder beim Abo-Service:  
Email: [abodigitalewelt@vogel.de](mailto:abodigitalewelt@vogel.de), Tel.: +49 931 4170-435

## IMPRESSUM

### VERLAG

Vogel Communications Group GmbH & Co. KG,  
Max-Planck-Str. 7/9, 97064 Würzburg, [www.vogel.de](http://www.vogel.de)

### Geschäftsführer

Matthias Bauer, Florian Fischer, Günter Schürger

### REDAKTION

**Chefredaktion** Claudia Linnhoff-Popien (V. i. S. d. P.)

**Chef vom Dienst** Marie Kiermeier

**Fachbeirat** Robert Blackburn, Patric Fedlmeier, Norbert Gaus, Sandro Gaycken, Michaela Harlander, Markus Heyn, Martin Hofmann, Manfred Klaus, Andrea Martin, Niko Mohr, Frank Rosenberger, Joachim Schäfer, Ralf Schneider, Stephan Schneider, Marc Schröder, Uwe Walter, Michael Zaddach

**Redaktion** Florentina Hofbauer

**Blog** Steffen Illium, Tanja Zecca

**Redaktionsassistentz** Kerstin Fischer, Katja Grenner

**Mitarbeiter dieser Ausgabe** Sebastian Feld, Thomas Gabor, Carsten Hahn, Thomy Phan, Kyrill Schmid

**Schlussredaktion** Barbara Haber

### ANFRAGEN AN DIE REDAKTION

[redaktion@digitaleweltmagazin.de](mailto:redaktion@digitaleweltmagazin.de)

### GRAFIK

**Layout** Stefan Stockinger, [www.stefanstockinger.com](http://www.stefanstockinger.com)

### ANZEIGEN

**Ansprechpartner** Tanja Zecca, Tel. +49 89 2180-9171,

E-Mail: [anzeigen@digitaleweltmagazin.de](mailto:anzeigen@digitaleweltmagazin.de)

Es gilt die gültige Preisliste, Informationen hierzu unter [www.digitaleweltmagazin.de/mediadaten](http://www.digitaleweltmagazin.de/mediadaten)

### HERSTELLUNG

ColorDruck Solutions GmbH,  
Gutenbergstraße 4, 69181 Leimen

### ABO-SERVICE

DataM-Services GmbH, Aboservice Digitale Welt, Franz-Horn-Str. 2, 97082 Würzburg, Tel. +49 931 4170-435

E-Mail: [abodigitalewelt@vogel.de](mailto:abodigitalewelt@vogel.de)

Digitale Welt erscheint einmal pro Quartal

### ABONNEMENT-PREISE

Jahres-Abo inklusive Versandkosten: Inland 78,00 €, Ausland 87,60 €; ermäßigtes Abo für Schüler, Studenten, Auszubildende: Inland 39,00 €

Der Bezug der Zeitschrift Digitale Welt ist im Mitglieds-Beitrag des Verbandes VOICE - Bundesverband der IT-Anwender e.V., Digitale Stadt München e.V. und Hannover IT e.V. enthalten.

### HERAUSGEBER

Prof. Dr. Claudia Linnhoff-Popien, Institut für Informatik, Ludwig-Maximilians-Universität München, Oettingenstr. 67, 80538 München, Tel. +49 89 2180-9153, [www.digitaleweltmagazin.de](http://www.digitaleweltmagazin.de)

### RECHTE

Dieses Magazin und alle in ihm enthaltenen Beiträge, Abbildungen, Entwürfe und Pläne sowie Darstellungen von Ideen sind urheberrechtlich geschützt. Mit Ausnahme der gesetzlich zugelassenen Fälle ist eine Verwertung einschließlich Nachdrucks ohne schriftliche Einwilligung des Herausgebers strafbar. Für unverlangt eingesandte Manuskripte und Bildmaterial übernehmen Redaktion und Verlag keine Haftung.

# CALL FOR CONTRIBUTION für den DIGITALE-WELT-Blog



Die nächste  
**DIGITALE WELT**  
erscheint am  
05.12.2018

Werden Sie Teil unserer hochkarätigen Autorenschaft und platzieren Sie Ihre Digitalthemen von morgen auf der Plattform von heute mit bislang **225.900\*** Klicks.

### UNSERE AKTUELLEN BLOG-RUBRIKEN:

- ✓ Machine Learning
- ✓ Quantum Computing
- ✓ Internet of Things
- ✓ Blockchain
- ✓ Cyber Security

### INTERESSE GEWECKT?

Dann melden Sie sich bei der **DIGITALE WELT** -Redaktion per E-Mail: [blog@digitaleweltmagazin.de](mailto:blog@digitaleweltmagazin.de) oder telefonisch unter der +49 89 2180 9171.

\*Unsere Beiträge wurden online unter [www.digitaleweltmagazin.de/blog](http://www.digitaleweltmagazin.de/blog) veröffentlicht und erzielten dabei die oben genannte Klickanzahl im Zeitraum 1. August 2017 – 6. August 2018.

## Wissen Sie, wer Sie beobachtet?



Verhindern Sie, dass Werbetreibende Ihr Online-Verhalten aufzeichnen und Sie mit aufdringlichen Anzeigen und Nachrichten verfolgen.

Jetzt €25 Rabattcode: **Augen25** auf [www.eBlocker.com/augen](http://www.eBlocker.com/augen) einlösen. Gültig bis 05.10.2018.

\*Gültig für eBlocker Pro und eBlocker Family. Die Barauszahlung des Gutschein-Gegenwertes und die Kombination mit anderen Preisnachlässen, Gutscheinen oder Rabatten sind ausgeschlossen. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.



# OPENMUNICH 2019

LMU Munich, Accenture and Red Hat are inviting you to the THIRD conference on New IT within the Open Source ecosystem **all day** on the **01.02.2019**.

### Throughout the day, you can expect:

- an exciting keynote,
- interesting presentations,
- technical workshops,
- exhibition booths with prizes to win & personal contacts

### You should consider attending OpenMunich 2019, if you are:

- an IT consultant
- a developer or technology architect
- an IT student or a teacher from an IT university/faculty
- or simply an IT enthusiast interested in the latest trends in Open Source and New IT

**OpenMunich 2019 has NO REGISTRATION FEE for participation at the conference.**

Language of the conference: English.

FIND MORE INFORMATION AT:  
**openmunich.eu**



# Sie kümmern sich um den Fortschritt Ihres Unternehmens, wir um ein Upgrade Ihrer Fachkommunikation!



*Ihr direkter Kontakt*

**Fabian Benkert**

Director Customer Development

sales@vogel.de

+49 931 418-2982

*Mit einem starken Partner kommunizieren Sie besser.*

Mit dem Publizieren herausragender Fachmedien für dynamische Branchen sind wir groß geworden. Deshalb sprechen wir die Sprache Ihrer Zielmärkte auf allen kommunikativen Ebenen und bieten Ihnen heute durch unser Agenturnetzwerk individuelle und zeitgemäße B2B-Kommunikationslösungen.

Lassen Sie uns wissen, wie wir Sie kommunikativ begeistern können.

