



Digitale Transformation

## Schlaue Algorithmen an den Grenzen der Digitalisierung

Der Einfluß von Algorithmen auf Wirtschaft und Gesellschaft wächst, und bisherige Software kommt dabei an ihre Grenzen. Nötig sind künftig transparente Entscheidungen und eine partizipatorische Entwicklung.

**DER LEGENDÄRE SATZ** des Silicon-Valley-Urgesteins Marc Andreessen „Software is eating the world“ aus dem Jahr 2011 war prophetisch. Software dringt immer weiter vor. Prallen reale und digitale Welt unmittelbar aufeinander, ergeben sich für Softwareentwickler und Projektverantwortliche ganz neue Anforderungen. Mit der Realität hält auch das Chaos Einzug in die IT-Systeme. Die klassischen Ansätze der Informatik helfen nicht weiter. Entgegen aller aktuellen

Euphorie gibt es Grenzen der Digitalen Transformation.

Entscheidet ein Algorithmus, wer einen Kredit oder eine Wohnung bekommt, verbergen sich in ihm Vorstellungen über den optimalen Zustand der Welt. Welche Parameter die Entwickler heranziehen und wie sie welchen Faktor bewerten, können Außenstehende nicht nachvollziehen. Das führt schnell zu Fehlentwicklungen. Der Digitalen Transformation sollten daher Grenzen gesetzt werden.

### Zwischen Realität und Modell

Methoden und Technologien des Software Engineerings haben sich in den vergangenen Jahrzehnten weiterentwickelt. Eine Grundlage blieb dabei erhalten: Die Entwickler gehen einem geschlossenen Modell aus. Alles, was das System verwalten, berechnen oder erzeugen soll, schlägt sich in Artefakten nieder. Zu den Informationen gehören Merkmale über Dinge und Menschen (sogenannte Objekte), die im Anwendungskontext relevant sind. Das können Auslastung, Wartungszustand, Vertragsinhalte, Kundendaten oder Kontostände sein. Andere Merkmale oder Objekte spielen bei der Modellbildung und im Anwendungskontext keine Rolle. So entsteht eine Trennlinie zwischen dem im Informationssystem berücksichtigten Ausschnitt und dem Rest der Welt.

Lange war dies eine feste Grenze: Auf der einen Seite die Realität, auf der anderen Seite das Modell. Die Experten konnten exakt definieren, was ins Modell gehört und was nicht. Mit dieser Gewissheit bauten sie Softwaresysteme, optimierten Abläufe und schufen die Grundlage für neue Services und Produkte. Jetzt brechen Informationssysteme aus der Modellwelt aus. Ob Internet der Dinge, Cyber-Physical Systems, Chatbots oder datengetriebene Systeme: Sie alle sind Indikatoren für die Digitalisierung unserer Lebenswirklichkeit. Unternehmen nutzen die zugrundeliegenden Algorithmen nicht mehr nur dazu, Maschinen zu steuern und Bestandskunden zu verwalten. Software spielt künftig auch bei der Einsatzplanung von Wartungstechnikern, der Suche nach einem Partner oder bei der Entscheidungsfindung im politischen Prozess eine Rolle. Aufgaben, die deutlich über das hinausgehen, was die Systeme und ihre Entwickler bisher leisten mussten.

Bei sozio-technischen Systemen ist es mit der Planbarkeit schnell vorbei. Wie der Umgang mit Chatbots zeigt, haben Menschen eine diebische

Freude daran, diese Interaktionssysteme an ihre Grenzen zu führen. Die Möglichkeiten, ein solches System zu torpedieren, sind für Trolle fast unbegrenzt. Damit kommt der Anspruch eines Chatbots, menschliche Kommunikation täuschend echt nachzuahmen, schnell an seine Grenzen. Deswegen sollte die Perspektive eines Trolls zum Testen solcher Systeme dazugehören.

Chatbots sind ein Beispiel, wo die Modellbildung mit all ihren definierten Strukturen und Abläufen hart auf die echte Welt mit allen ihrem unvorhersehbaren Chaos prallt. Entscheiden statt Modellgrenzen und verwalteter Objekte handelnde Subjekte über den Erfolg eines Informationssystems, kommen die bisherigen Ansätze der Softwareentwicklung an ihre Grenzen.

### **Komplexere Modelle stellen keine Lösung dar**

Das über Jahre erprobte Standardvorgehen der Informatiker „Modell aufbauen, von allem anderen abstrahieren und dann nur noch damit weiterarbeiten“ reicht künftig nicht mehr aus. Die Annahme hinter einem Modell ist stets, dass es die Wirklichkeit hinreichend detailliert abbildet. Je enger aber die physische und die digitale Welt zusammenwachsen, desto weniger trifft das zu. Erste Erfahrungen, mit Cyber-Physischen Systemen zeigen, dass es Informatikern Probleme bereitet, mit dieser Tatsache umzugehen. Fast reflexartig bauen sie komplexere Modelle, um die Realität detaillierter abzubilden.

So entstehen Systeme, die immer noch eine Ausnahme mehr erfassen. Ihre Schöpfer führen sich nicht vor Augen, dass hinter dieser einen Ausnahme eine unendliche Vielfalt an Möglichkeiten steckt, die das System noch immer nicht berücksichtigt. Aktuell lassen sich zwei Entwicklungen beobachten: Einerseits gibt es Informationssysteme, deren Systemgrenzen an allen Ecken und Enden ausfransen. Beispiele dafür sind be-

triebswirtschaftliche Systeme (ERP/Enterprise Resource Planning) mit all ihren Funktionen. Andererseits gibt es Systeme, die sich gar nicht mehr bewegen und den Anschluss an die Digitalisierung verlieren. Sie verkommen zu langweiligen Backend-Lösungen.

Diese Diskrepanz zwischen den Modellen der Informatik und dem realen Leben zeigt die Grenzen der Digitalen Transformation auf. Es gibt Ideen, wie Experten dieses Problem in den Griff bekommen. Welchen Erfolg diese Ideen haben, steht bislang in den Sternen.

### **Von selbstlernenden Systemen bis hin zu Künstlicher Intelligenz:**

Algorithmen erkennen Muster in großen Datenmengen und sie lernen, indem sie Experten bei der Arbeit beobachten oder indem sie gegen sich selbst antreten. All das führt dazu, dass Systeme innerhalb ihrer Grenzen zu besseren Ergebnissen kommen. Beim Sprung über diese Grenze helfen diese Ansätze nicht. Das Unvorhersehbare lässt sich nicht trainieren. Auf Basis hunderttausender Bilder können Entwickler einem Algorithmus beibringen, Katzen von Hunden zu unterscheiden. Ein einziges Bild einer Maus sorgt dafür, dass das System nicht mehr funktioniert.

Experten suchen die Lösung im Konzept der starken Künstlichen Intelligenz. Dahinter steckt die Idee eines Systems, dessen intellektuellen Fertigkeiten mit der eines Menschen vergleichbar sind oder diese sogar übertreffen. Eine starke künstliche Intelligenz handelt nicht mehr nur reaktiv, sondern auch aus eigenem Antrieb. In der Realität gibt es allerdings keine starke Künstliche Intelligenz. Bisher kamen die Forscher noch nicht einmal in die Nähe eines Systems mit solchen Fähigkeiten. Daher dürfte diese Diskussion auf absehbare Zeit eher Philosophen als Informatiker beschäftigen.

Der erste Schritt im Hier und Jetzt sollte sein, dass die Experten verste-

hen, dass ein Teil der realen Welt immer außerhalb des Informationssystems bleiben wird. Ihnen muss klar sein, dass hinter der beobachtbaren Unordnung mehr Ausnahmen als Regeln stecken. Ein schmerzhafter Lernprozess. Das Gefühl der Allmacht, das Entwickler angesichts ihrer Möglichkeiten in den von ihnen geschaffenen Systemen bisher hatten, wird ersetzt durch Respekt und Demut vor dem Unbekannten.

### **Die Modelle können die Realität kaum mehr erfassen**

Die Realität lässt sich nicht hinreichend vollständig modellieren: Mit dieser Geisteshaltung gilt es nun, neue Systeme an der Grenze zwischen realer und digitaler Welt zu entwerfen. Dabei sollten die Experten nicht mit dem Ideal einer allumfassenden Lösung in den Entwicklungsprozess gehen, sondern mit dem aus der Lean-Startup-Bewegung bekannten Konzept des Minimum Viable Product. Dabei handelt es sich um die erste minimal funktionsfähige Variante eines Produkts oder einer Dienstleistung. Sie wird entwickelt, um den Kundenbedarf mit minimalem Aufwand zu decken. Während der praktischen Anwendung sammeln Entwickler Daten über Einsatzszenarien, Anwendungsfälle und Probleme. So können sie eingrenzen, was sich wie Digitalisieren lässt, und was nicht.

Gerade dieser letzte Teil der Erkenntnis – was sollte nicht digitalisiert werden oder was lässt sich einfach nicht digitalisieren – ist wichtig. Entwickler sparen viel Zeit und Geld, wenn sie sich auf die Themen konzentrieren, wo sich eine digitale Lösung lohnt. So können sie direkt im Entwurf der Systemgrundlagen die Systemgrenzen einziehen. Sie können Mechanismen einplanen, die greifen, wenn Ereignisse von jenseits des Erkenntnishorizontes unmittelbare Auswirkungen auf das System haben.

So lassen sich Modi entwickeln, die dann zum Einsatz kommen, wenn die

vorgedachten Lösungen nicht mehr weiter kommen. Ein Ansatz ist es beispielsweise, von vornherein gar kein autonom-agierendes System anzustreben. Die Entwickler konzentrieren sich auf ein System, das automatisch die Unterstützung eines menschlichen Entscheiders anfordert, wenn es nicht weiter kommt. So könnte eine Lieferdrohne eigenständig den Weg durch den Luftraum bis hin zum Auslieferungsort finden. Aber angesichts der – völlig unvorhersehbaren – Katze, die auf der Kiste liegt, in der das Paket deponiert werden soll, schaltet sie einen Piloten hinzu, der die Situation überblickt, und einmal kurz hupt. Die Grundidee dahinter: Wir wissen nicht, was alles passieren kann.

Viele Probleme sind erkannt, es liegen aber noch nicht alle Lösungen auf dem Tisch. Gleichzeitig schicken sich Algorithmen an, die reale Welt zu verändern. Denn je mehr Funktionen und Entscheidungen ihnen übertragen werden, desto stärker beeinflussen sie das Leben des Einzelnen und die Entwicklung der Gesellschaft. Mit noch nicht absehbaren Konsequenzen.

### Mit Algorithmen lässt sich schlecht diskutieren

Der Siegeszug der Algorithmen scheint unaufhaltsam zu sein. Egal vor welche Aufgabe die Experten sie auch stellen, irgendwann scheint die Leistungsfähigkeit der Maschinen die des Menschen zu erreichen oder gar zu übertreffen: Sie spielen besser Schach, Go und selbst Poker als wir. Sie erkennen den Inhalt von Bildern, sie verstehen das gesprochene Wort und übersetzen es auf Wunsch. Bei der Auswertung von medizinischen Aufnahmen zur Diagnose von Krankheiten nehmen sie es mit jeder medizinischen Koryphäe auf. Aktienfonds, die von Algorithmen geführt werden, schlagen regelmäßig die Performance von Fondsmanagern.

Berauscht von diesen Erfolgen schieben Forscher die Grenze des

Machbaren immer weiter – hinein in Bereiche, in denen die Entscheidungen ureigene menschliche Aspekte berühren: Warum sollte ein medizinisches System nur die Diagnose verbessern und nicht auch gleich den Operationsplan festlegen? So kann der Algorithmus mit dem Wissen über diagnostizierte Krankheiten, Überlebenswahrscheinlichkeiten der Patienten und den Fachkenntnissen der verfügbaren Mediziner sicherstellen, dass das optimale Ergebnis erzielt wird. Warum nur den Aktienfonds managen, wenn die Software doch auch Unternehmen optimal führen kann? Das mag noch reichlich weit hergeholt erscheinen. Aber vor zehn Jahren hat auch niemand erwartet, dass eines Tages autonome Autos durch Los Angeles fahren.

### Algorithmen entscheiden schon bald eigenständig

Softwaresysteme unterstützen nicht mehr nur, liefern die Datenbasis für Entscheidungen oder erarbeiten Handlungsalternativen, aus denen Menschen dann die geeignete Option auswählen. Sie entscheiden immer häufiger direkt, ob das Auto an der Kreuzung nach links oder rechts fährt, ob Aktie A oder B gekauft wird. In Zukunft wohl auch, wer operiert wird, wer entlassen wird, und wer bleiben darf. Die Basis der Entscheidungen ist oft unklar. Wir wissen nicht, welche Abfragen und Gewichtungen die Entwickler in ihre Systeme einbauen und wie die Ergebnisse zustande kommen.

Banken und Versicherungen müssen ihre Allgemeinen Geschäftsbedingungen veröffentlichen, also sollten sie ihren Kunden auch einen Blick auf ihre Algorithmen erlauben. Algorithmentransparenz ist eine neue Anforderung für die Softwareentwickler. Die Gesellschaft wird genau das von ihnen fordern.

Besondere Bedeutung kommt dabei der Entscheidung zu, wie effizient ein System arbeiten soll, und wie

sich die angestrebte Effizienz erreichen lässt. Bei sozio-technischen Systemen entscheidend: der Mensch und der Algorithmus. Entwickler sind sehr versiert darin, ihre Programme auf optimalen Ressourceneinsatz zu trimmen. Die Abläufe in der realen Welt lassen sich allerdings nur sehr eingeschränkt vorhersagen. Wann immer etwas auf dem Weg zum effizientesten Ergebnis stört, wird es eher der Mensch sein, der dafür die Zeche zahlt. Ein Beispiel für diese Entwicklung lässt jeden Tag auf den Straßen der Innenstädte beobachten.

### Höher, weiter, schneller hat als Ziel ausgedient

Paketzusteller sind nicht um ihren Job zu beneiden: Trotz Zeitdruck, Verkehrschaos und unvorhersehbaren Kundensituationen sollen sie einen guten Job machen. Empfänger erwarten, dass sie ihre Lieferung pünktlich bekommen, und dass der Bote schon eine Möglichkeit findet ihre Bestellung auszuliefern, auch wenn sie gar nicht zu Hause sind.

Die Paketauslieferung lässt sich als ein sozio-technisches System betrachten. In Versanddiensten übernimmt eine Software die Tourenplanung. Sie gibt dem Fahrer vor, wann er wo zu sein hat, damit er in der gegebenen Zeit möglichst viele Pakete zustellt. Die Komplexität der Realität klammern die Algorithmen aus, wenn sie eine Tour optimieren. Jede Baustelle, jeder Stau, jedes Paket, das auf der Terrasse abgelegt werden muss oder jeder Kunde, der zwei Kisten Wein in den vierten Stock geliefert bekommt, bringt die Abläufe aus dem Takt. Leidtragender ist der Auslieferungsfahrer, der entweder durch mehr Arbeit oder weniger Service versucht, das Arbeitspensum zu schaffen. Kurzfristig mag ein solches Verhalten für Unternehmen ökonomisch sinnvoll sein. Langfristig jedoch dürften die Auswirkungen auf die Motivation und Loyalität der Mitarbeiter sowie die abnehmende Kundenzufriedenheit zu schlechte-

ren betriebswirtschaftlichen Kennzahlen führen.

### Unvorhersehbare Störungen sind zur Realität geworden

Die Entwickler der Systeme für Tourenplanung müssen künftig mehr Demut walten lassen. Sie sollten sich schlicht die Tatsache bewusst machen, dass unvorhersehbare Situationen die Regel sind, und es ist langfristig nicht zum Ziel führt, diese Komplexität auf den Zusteller abzuwälzen. Würden sie bei der Entwicklung ihrer Systeme die Kundenzufriedenheit und die Anforderungen der Zusteller vor Augen haben, kämen sie zu anderen Lösungen.

Grundsätzlich können die Systeme den Paketboten bei der Bewältigung der Komplexität unterstützen. Denn er muss entscheiden, ob es sich lohnt, einen Stau zu umfahren. Statt vorgegebener Verhaltensweisen sollten die Entwickler dem Zusteller aber Freiräume für smartes Verhalten einräumen, die er dazu nutzen kann, seinen Service zu verbessern.

Mit zunehmender Erfahrung kennt der Zusteller die Besonderheiten seiner Touren. Mit jedem Mitarbeiter, der das Unternehmen verlässt, geht dieses Wissen verloren. Eine Schnittstelle zwischen Auslieferungsboten und System könnte hier helfen. Ein Zusteller kann beispielsweise jede Information, die er für relevant hält, über Spracheingabe erfassen. Die Algorithmen bereiten sorgen dafür, dass diese Informationen allen Kollegen bei Bedarf zur Verfügung stehen.

### Automatisierung und Effizienz kommen an ihre Grenzen

Am Beispiel der Paketzustellung lässt sich ein grundlegendes Problem bei der Entwicklung von sozio-technischen Systemen aufzeigen: Bisher werden diese Systeme von IT-Experten entwickelt, die durch die Automations- und Effizienzbrille blicken. Sie haben sich nie mit anderen Themen auseinandersetzen müssen. Aber an der Schnittstelle zwischen System

## Die Autoren



Foto: Institut für Systemforschung



Foto: adesso AG

Monika Gatzke verantwortet am Institut für Systemforschung der Informations-, Kommunikations- und Medientechnologie der Bergischen Universität Wuppertal. Competence Center for Cyber-Physical Systems. Prof. Dr. Volker Gruhn ist Aufsichtsratsvorsitzender der adesso AG und ist Inhaber des Lehrstuhls für Software Engineering an der Universität Duisburg-Essen. Seine Forschungsschwerpunkte liegen auf mobilen Anwendungen und der Digitalen Transformation.

und Realität steht jetzt ein Mensch mit all seinen Eigenschaften, Fehlern und Möglichkeiten. Allein mit dem Instrumentarium der IT werden Entwickler hier kaum die richtigen Antworten finden.

IT-Experten sind es gewohnt, Menschen als Objekte in ihren Systemen zu verwalten. Um im Beispiel oben zu bleiben: Der Paketfahrer hat eine Mitarbeiternummer, ein Stundenkonto und einen Arbeitsvertrag. Dass aber der Paketfahrer Hans Müller weiß, dass Kundin Lisa Meier am Dienstag nie zu erreichen ist, findet sich nirgendwo im System. Ein Designfehler, der zu Problemen führt.

### Partizipatorische Entwicklung wird zum neuen Paradigma

Zwischen den Versprechen der Digitalen Transformation und deren Einlösung liegt noch ein weiter Weg. Die oben geschilderten Fragen müssen beantwortet werden, wenn die Technologie ihre – wie wir überzeugt sind – positiven Wirkungen entfalten soll. Informatiker müssen sich hier und jetzt über Systemgrenzen Gedanken machen und sehr genau überlegen, welche Anforderungen ins System gehören und was außen vor bleiben sollte. Sie müssen weg von der reinen Objektperspektive und stärker

berücksichtigen, wie sie den Menschen als handelndes Subjekt unterstützen.

Informatiker müssen sich fragen, welche Normen sie ihren Handlungen zugrunde legen. Die gesamte Gesellschaft muss eine Idee davon entwickeln, wie eine Welt aussehen soll, in der Algorithmen in vielen Fällen die Rollen und Kompetenzen einnehmen, die bisher Menschen vorbehalten waren. Diese Herausforderung geht deutlich über die Informationstechnologie hinaus. Sie betrifft ethische, volkswirtschaftliche, betriebswirtschaftliche, gesellschaftliche, mathematische und informationelle Aspekte. Eine Software sollte all diese Aspekte unter einen Hut bringen.

In der Softwareentwicklung kommen künftig Methoden des partizipatorischen Designs zum Zuge. Bei klassischen Informationssystemen haben diese Ideen jahrzehntelang kaum eine Rolle gespielt. An den Grenzen smarterer Systeme können sie jedoch durchaus nützlich sein. Das Engineering smarterer Systeme wird zu einer interdisziplinären Aufgabe. Sie führt Interaktionsdesigner, Arbeitsgestalter, Statistiker, Informatiker und Domänenexperten und sogar Trolle zusammen. *if*