



Sebastian Stiller

Planet der Algorithmen

Ein Reiseführer

Knaus

Der Verlag weist ausdrücklich darauf hin, dass im Text enthaltene externe Links vom Verlag nur bis zum Zeitpunkt der Buchveröffentlichung eingesehen werden konnten. Auf spätere Veränderungen hat der Verlag keinerlei Einfluss. Eine Haftung für externe Links ist stets ausgeschlossen.



Verlagsgruppe Random House FSC® N001967
Das für dieses Buch verwendete FSC®-zertifizierte Papier
Lux Cream liefert Stora Enso, Finnland.

1. Auflage

Copyright © der Originalausgabe 2015
beim Albrecht Knaus Verlag, München,
in der Verlagsgruppe Random House GmbH
Redaktion und Illustrationen:
Meiken Endruweit, www.stapel-lauf.de
Satz: Buch-Werkstatt GmbH, Bad Aibling
Druck und Einband: CPI – Clausen & Bosse, Leck
Printed in Germany
ISBN 978-3-8135-0693-8

www.knaus-verlag.de

Für Gabi

Inhalt

Ein Reiseführer 9

1. Der Planet

Ganz in unserer Nähe, ob mit Smartphone oder
Telefonbuch 13

2. Was ist das überhaupt: ein Algorithmus?

Kleine Schritte, große Vielfalt 46

3. Wissenswertes über die algorithmische Schwerkraft

Komplexität als Grenze des Schlussfolgerns 84

4. Westlich der Gravitation

Auf der Jagd nach Informationen 113

5. Das Wunderland

Kalifornische Suchmaschinen muss man
gesehen haben 156

6. Wege ins Gleichgewicht

Über die Vielfalt des Zusammenlebens 197

7. Das neue Sehen

Die alten Meister des algorithmischen Denkens 228

Wieder zu Hause

Wo es am schönsten ist 243

Danke! 249

Private Touren 251

Literaturangaben 253

Ein Reiseführer

Algorithmen sind Kunstwerke der Faulheit. Sie kommen in den verschiedensten Formen vor: kleine geniale oder aufwendige von imposanter Größe. Leise, die von einem auf den ersten Blick nicht sichtbaren Geistesblitz belebt sind, oder bahnbrechende, revolutionär anders gedachte. Methodisch überwältigend anspruchsvolle, die auf den Schultern von Giganten stehen, oder schlichte, die derart wohlgefügt sind, dass man sich nicht vorstellen kann, jemals wieder anders zu denken. Es gibt Auftragskunst und Algorithmen um ihrer selbst willen. Es gibt Schulen und Stile, Geschmack und Kriterien. Es gibt epochale Meisterwerke und brauchbare Produkte fleißigen Epigontums.

Sie alle werden von Menschen geschaffen – von Menschen, die Kreativität, Bildung und unzählige Nächte auf ihre Vollkommenheit verwenden. Gerade jene Algorithmen, die kurz, schlicht und mit entwaffnender Selbstverständlichkeit auftreten, sind wie Gedichte: konsequent und kunstfertig reduziert, um perfekt zu sein.

Die Verbreitung von Rechnern hat diese Kunst der Faulheit zum Leuchten gebracht und sie eine respektable volkswirtschaftliche Wirkung entfalten lassen. Aber Algorithmen brauchen keine Computer. Der Mensch kennt Algorithmen spätestens, seit er rechnen kann. Algorithmisch zu denken

heißt, darüber nachzudenken, wie man denkt. Ein Algorithmus ist ein Teil unseres Denkens, den wir so gut verstanden haben, dass wir ihn getrost auslagern können. Wir lassen denken. Dafür sind dann die Computer gut.

Unser Bild vom Planeten der Algorithmen ist ein anderes. Algorithmen haben einen schlechten Ruf. Man nennt sie in einem Atemzug mit Gleichmacherei, Großkonzernen, Bespitzelung und Bedrohung. Erschreckender als die Vorwürfe der einen ist nur das Lob der anderen, als sei Algorithmmik eine Alchimie unserer Zeit, die Wissen aus dem Nichts erschafft. Und überall geht man stillschweigend davon aus, dass jeder weiß, was das eigentlich ist, ein Algorithmus. Die öffentliche Diskussion über den Planeten der Algorithmen ist verstörend. Vor allem für jene, die den Planeten mit eigenen Augen gesehen haben.

Irgendwann ist es Zeit, zu verstehen, dass Mallorquiner keine Sangria aus Eimern trinken. Dann faltet man das Strandhandtuch fein säuberlich zusammen, greift zum Reiseführer und macht sich auf ins Hinterland. Dieses Buch ist so ein Reiseführer. Er richtet sich an alle, die etwas mehr über den Planeten der Algorithmen erfahren möchten, ohne dort für immer leben zu wollen. Es ist eine Einladung, den Planeten aus der Perspektive eines Einheimischen zu erkunden. Diese Perspektive ist weder unparteiisch noch unkritisch – und auch nicht unumstritten.

Wer auf dem Planeten zu Hause ist, sorgt und streitet sich wie andere auch um Datensicherheit und das Verhältnis zwischen uns Menschen und unseren Algorithmen. Die Meinung dazu ist unter den Einheimischen keinesfalls einhellig. Aber die Diskussionen sind erhellender, wenn man ein bisschen

Hinterland gesehen hat. Dafür braucht es nicht viel. Die mathematischen Klettertouren in diesem Buch lassen sich alle-
samt in Strandlatschen bewältigen. Das reicht, um mit einer
Menge Klischees aufzuräumen und zu den Quellen der Strö-
me und Ideen vorzustoßen, die heute Schlagzeilen machen.

Unsere Tour

Dieses Buch beschreibt eine siebentägige Reise über den Pla-
neten. Es geht um ein paar Dinge, die auf dem Planeten wirk-
lich wichtig sind, die zu Hause aber niemand kennt. Es geht
auch um die großen Sehenswürdigkeiten, von denen zu Hau-
se alle fabulieren. Und es wird ein paar Dinge zu sehen ge-
ben, die man weder im Hochglanzkatalog noch in den Hor-
ormeldungen liest.

Die meisten Touristen sind schon am *Anreisetag* über-
rascht, wie nahe uns der Planet der Algorithmen liegt – ganz
egal, ob man ein Smartphone benutzt oder noch Telefonbü-
cher wälzt.

Am zweiten Tag nehmen wir uns Zeit für eine schlichte Fra-
ge: Was ist ein Algorithmus? Es besteht nämlich Grund zur
Annahme, dass manche dieses Wort verwenden, ohne seine
Bedeutung zu kennen. {Ich will nichts unterstellen, aber die De-
finition ist auch für Einheimische nicht ohne.}

Alle reden von Algorithmen, wenige von Komplexität. Da-
bei ist Komplexität für Algorithmen wie die Schwerkraft. Wer
sich auf dem Planeten der Algorithmen bewegen will, muss
lernen, sie zu respektieren. *Am dritten Reisetag* erleben wir,
wie real Komplexität jeden Tag auf unserem Planeten ist.

Der vierte Tag gehört der unbekanntten Schönheit des Planeten abseits der großen Sehenswürdigkeiten. Wir tauchen ein in das alltägliche Leben mit Algorithmen. Wir erlernen ein paar einfache, traditionelle Techniken, um auf die Jagd nach Information zu gehen. Und wir sehen, wie die Einheimischen der Schwerkraft trotzen – bei alltäglichen Dingen wie dem Packen eines Rucksacks.

Am fünften Tag machen wir klassisches Touristenprogramm, unter anderem die berühmten kalifornischen Suchmaschinen. Wir gehen aber nicht über den Touristenpfad, sondern nehmen die alte, fast vergessene Route, auf der diese Region zuerst entdeckt wurde. Als Belohnung für die Wanderung steht das Wunder der Suchmaschinen dann kristallklar vor uns.

Aus der Ferne erscheint der Planet für viele als eine Welt der Technik. Seit Langem eröffnen Algorithmen auch Möglichkeiten, um unser menschliches Zusammenleben gleichberechtigt zu gestalten. *Am sechsten und vorletzten Tag* unserer Reise erkunden wir solche Wege ins Gleichgewicht.

Am Abreisetag treffen wir uns noch schnell mit vier alten Meistern des algorithmischen Denkens. In ihren Augen sind Algorithmen in der Natur und unserer Gesellschaft am Werk. Daraus gewinnen sie eine neue Sicht auf unsere Welt – vom Zeichnen eines Baums bis zur Evolutionstheorie.

Wer noch ein paar Tage mehr Urlaub hat, findet am Ende dieses Reiseführers Tipps, um noch ein wenig allein über den Planeten zu streifen.

1. Der Planet

Ganz in unserer Nähe, ob mit Smartphone oder Telefonbuch

Anreise über die Luftbrücke

Er hatte noch keinen Nobelpreis. Die Bundesregierung lehnte es noch ab, ihn am Brandenburger Tor sprechen zu lassen. Dennoch kamen am 24. Juni 2008 über 200 000 Berliner auf die Straße des 17. Juni. Sie blickten nach Westen zum Rednerpult unter der Siegessäule. Die Bühne war leicht aus der Ost-West-Achse herausgedreht, so dass der warme Glanz der Abendsonne Barack Obamas linke Gesichtshälfte ausleuchtete. Hollywood hätte es nicht besser inszenieren können.

Obamas Rhetorik glänzte ebenfalls. Er hatte Zeit und Ort der einzigen Auslandsrede seiner Kandidatur bewusst gewählt. 60 Jahre nach dem Beginn der Berliner Luftbrücke berief sich Obama in seiner Rede auf ihren Geist. Auf ein Denken, durch das im Sommer 1948 Hilfsflugzeuge am Himmel über dieser Stadt erschienen und die Bevölkerung mit dem Nötigsten versorgten. Es sei an der Zeit, so Obama, dieses Denken wieder zu beleben und neue Brücken zu bauen. Brücken über den Atlantik und Brücken, die den ganzen Planeten umspannen. Das Berliner Publikum hörte es gern, aber bewahrte eine erfahrungsgesättigte Zurückhaltung, einem Politiker nicht auf offener Straße zuzujubeln.

Warum sind so viele Menschen zu Obamas Rede gekom-

men? {Einen perfekten Sommerabend kann man in Berlin anders verbringen.} In den Worten der Nobelpreiskomitees: Obama schaffte es, »den Menschen die Hoffnung auf eine bessere Zukunft zu geben«. Die wenigsten kamen wegen des hoffnungsvollen Präsidentschaftskandidaten. Die Menschen kamen um die Hoffnung eines ganzen Planeten zu hören:

Now is the time to build new bridges across the globe [...]. Now is the time to join together, through constant cooperation, strong institutions, shared sacrifice, and a global commitment to progress, to meet the challenges of the 21st century. It was this spirit that led airlift planes to appear in the sky above our heads, and people to assemble where we stand today.

Für einen kurzen Moment erschien dieses Denken nicht als Naivität, sondern als unsere Verantwortung. Vielleicht wird es einen Planeten mit solchen Brücken, mit dieser Zusammenarbeit, mit derartigen Institutionen und gemeinsamen Anstrengungen oder auch nur gemeinsamen Zielen niemals geben. Aber wenn ein solcher Planet jemals auch nur in Teilen Realität sein wird, dann wird es ein Planet der Algorithmen sein.

Die Luftbrücke entsprang politischer Entschlossenheit und strategischem Augenmaß. Beides Dinge, für die Algorithmen herzlich ungeeignet sind. Aber schon nach wenigen Wochen stieß die Entschlossenheit auf Probleme. Es galt, mehr als zwei Millionen Menschen über mehr als 400 Tage hinweg mit insgesamt über zwei Millionen Tonnen Gütern zu versorgen, ein Großteil davon war Kohle. Der Wille war groß, aber die Mittel knapp. Keinen Tag durfte die Brücke zusammenbrechen. Hunderte von Flugzeugen brauchten Wartung, die

Crews Auszeiten. Neue Piloten mussten geschult, die Mengen der Hilfsgüter bestimmt und diese Güter zu den Flughäfen gebracht werden. Die Aufgabe war nur zu bewältigen, indem man den Einsatz der vorhandenen Ressourcen hervorragend plante. Es ging nicht nur um mehr Flugzeuge oder mehr Personal. Es ging darum, bessere Entscheidungen zu treffen. Die Alliierten erkannten, dass ihre Planungsfähigkeit an eine Grenze kam. {Erst gut 20 Jahre später würde man einen klaren Begriff davon haben, dass dies eine der mächtigsten Grenzen des menschlichen Denkens ist.}

Der Mathematiker George Dantzig arbeitete damals für die US-Luftwaffe. Dort entwickelte er ein Verfahren namens Simplex-Algorithmus. Unter Freunden einfach: Simplex. In einem Artikel der Fachzeitschrift *Econometrica* von 1949 zeigte Dantzig, dass Planungsprobleme wie die der Luftbrücke in vereinfachter Form durch den Simplex gelöst werden können.

Heute gehört der Simplex-Algorithmus weltweit zum Standardstoff für Studenten der Mathematik und Informatik. {Wenn man Glück hat, auch der Wirtschafts- und mancher Ingenieurwissenschaften.} Der Simplex löst sogenannte lineare Programme. Darüber hinaus ist er der wichtigste Baustein für die Lösung der schwierigeren, sogenannten ganzzahligen linearen Programme. Der Ausdruck »Programm« ist dabei irreführend. Es handelt sich nicht um Computerprogramme, sondern um Typen mathematischer Probleme – ähnlich wie Gleichungssysteme. Lineare Programme und ganzzahlige lineare Programme haben sehr vielfältige Anwendungen. Mit dem Simplex und seinen Abkömmlingen kann man Logistiknetze koordinieren, Schweißroboter von Umwegen abbrin-

gen, Fahr- und Flugpläne verbessern, Energienetze planen, Bauteile optimieren, Kofferräume packen, Genomsequenzierung beschleunigen, Arbitrage erkennen ... die Liste aller Anwendungen würde ein ganzes Buch füllen. Aber all diese Anwendungen zusammen machen nur einen kleinen Teil dessen aus, was heute algorithmisch geplant, konstruiert, entschieden oder gesteuert wird.

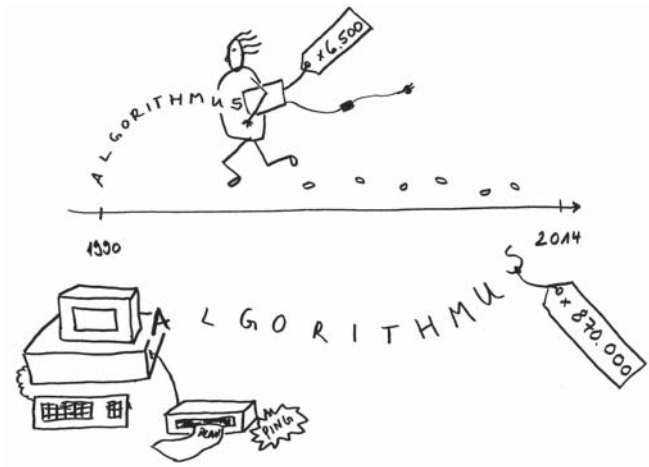
Algorithmen und Computer

Algorithmen gab es lange, bevor es Computer gab. Noch der Simplex wurde in seinen ersten Anwendungen nicht von Computern ausgeführt, sondern verschlang Hunderte stumpfsinnige Arbeitsstunden von Buchhaltern. Das große Aufblühen der Algorithmen und die Entwicklung von Rechnern fanden dennoch nicht zufällig gleichzeitig statt. Ein Algorithmus besteht aus einfachen Schritten. Seine Kraft entfaltet er, wenn viele, sehr viele davon nacheinander ausgeführt werden. Viele einfache Schritte auszuführen ist das Handwerk eines Rechners. Dantzig gehörte zu den Pionieren des Zusammenspiels von Rechner und Algorithmus. Anfang der 1950er Jahre arbeitete er bei RAND. Diese Denkfabrik hatte einen der unglaublich teuren ersten Lochkartenrechner. Als Dantzigs Arzt ihm riet, Diät zu halten, fütterte er den Dienstrechner mit Hunderten Lochkarten über Nahrungsmittel und den Empfehlungen des Arztes und ließ den Simplex seine persönliche Diät berechnen. Geldwerter Vorteil, wird man sagen, bis man das Ergebnis hört: 200 Brühwürfel am Tag – mit Beilage. {Auf Rückfrage räumte Dantzigs

Arzt ein, keine Schranke für Salz angegeben zu haben, weil Menschen für gewöhnlich davon nicht zu viel äßen.}

Von den Tagen der Lochkartenrechner bis heute hat sich die Leistung von Rechnern beeindruckend entwickelt. Etwa alle ein bis zwei Jahre verdoppelt sich die Leistungsfähigkeit eines Prozessors. Diese grobe Beobachtung nennt man das Mooresche Gesetz. Es kann nicht immer so weitergehen. Ganz gleich, wie der Rechner gebaut ist, wenn eine Rechenoperation durchgeführt wird, muss sich irgendetwas in dem Rechner verändern. Was sich verändert, kann kleiner und kleiner werden, aber nicht kleiner als die kleinsten Bauteile der Materie. Spätestens dann ist Schluss. De facto sind wir schon heute vor allem aus thermischen Gründen an der Grenze der Verdopplung angelangt.

Der Fortschritt der Leistung von Rechnern lässt sich greifen. Gibt es auch einen Fortschritt der Algorithmen? Oder gibt es nur immer neue Anwendungen? Das Simplex-Verfahren und seine Ableger werden stetig weiterentwickelt. Nehmen wir sie für einen Vergleich. Im Jahr 1990 sollen zwei Teams ein und dasselbe ganzzahlige lineare Programm lösen. Beide Teams dürfen kurz in das Jahr 2014 reisen. Team 1 bringt einen aktuellen Laptop von 2014 mit nach Hause und führt darauf das beste Lösungsverfahren von 1990 aus. Team 2 hat sich das beste Lösungsverfahren aus 2014 mitgebracht und führt es auf seinem alten Rechner von 1990 aus. Team 1 löst das Problem 6500-mal schneller, als man es 1990 ohne Zeitreise hätte lösen können – ungefähr Mooresches Gesetz. Team 2, also das Team mit dem alten Rechner und dem neuen Algorithmus, löst das Problem 870 000-mal schneller. Der algorithmische Fortschritt übertrumpft hier



Zwei Teams: Algorithmischer Fortschritt.

den der Rechenleistung um mehr als das Hundertfache. Anders gesagt, während man mit dem Lösungsverfahren von 2014 nach einer Minute einen Plan für die Luftbrücke bekommt, wird das alte Verfahren erst fertig, wenn die Transitstraßen nach Berlin schon wieder offen sind: Das Computerzeitalter ist ein Zeitalter der Algorithmen.

Die Leistungssteigerung eines besseren Algorithmus kommt buchstäblich aus dem Nichts. Sie verbraucht keine zusätzlichen Ressourcen wie mehr Energie oder ausgefallene Werkstoffe. Sie entsteht einfach, weil wir weniger umständlich nach der Lösung suchen, weil wir sehen, wie es einfacher geht.

Es ist die Kunst der Faulheit. Faul sein möchten viele. Aber Gelegenheitsfaulheit erzeugt am Ende oft mehr Aufwand. Im großen Stil faul zu sein erfordert Wissen, Geistesschärfe und die Entschlossenheit, im entscheidenden Moment keine

Mühen zu scheuen. Ein Algorithmus glänzt, weil er die ihm gestellte Aufgabe mit makelloser Faulheit erfüllt.

Die Blütezeit des Planeten

Algorithmisches Denken genießt im Augenblick besondere Aufmerksamkeit, weil Möglichkeiten und Herausforderungen unserer Tage ihm entgegenkommen. Die Verbreitung von Rechnern, der Zugang zum Internet und nicht zuletzt die Verfügbarkeit guter und einfach zu nutzender Programmiersprachen verleihen algorithmischen Ideen einen großen Hebel. Gleichzeitig wächst der Bedarf für algorithmische Lösungen. Die Planungsprobleme der Luftbrücke waren ein Vorgeschmack. Heute gilt es, Ressourcen sinnvoll zu nutzen, Metropolen vor dem Verkehrsinfarkt zu retten, globale Kommunikation und weltweites Reisen zu organisieren, Wissen zugänglich zu machen, Epidemien einzudämmen, Medikamente schneller zu entwickeln, wunschgerechte und immer komplexere Technologien zu beherrschen. Gleichzeitig muss es uns trotz der Größe unserer Gemeinschaft gelingen, auch in heiklen Fragen wie der zuverlässigen Auswahl von Informationen oder der Verteilung knapper Ressourcen wie Wasser oder Spenderorganen fair zusammenzuarbeiten. All das wird uns in der Größenordnung unseres Planeten nur gelingen, wenn wir konsequent die Hilfe von Algorithmen in Anspruch nehmen.

Der wachsende Bedarf an algorithmischen Lösungen hat vor allem zwei Gründe: Vernetzung und Perfektionierung. Die Systeme, mit denen wir leben, werden größer und stär-

ker vernetzt. Das gilt für soziale und wirtschaftliche Systeme genauso wie für technische. Aber gerade von großen Institutionen erwarten wir, dass wichtige Entscheidungen zu Ende gedacht und alle verfügbaren Informationen genutzt werden. Größe kann unmöglich machen, was im Kleinen selbstverständlich erscheint. Ein Chefredakteur kann aus einer kleinen Menge von Beiträgen auswählen. Für eine Themensuche im Internet muss man sich mit Algorithmen behelfen.

Hinzu kommt ein wachsendes Bedürfnis nach Perfektion. Es reicht nicht, dass ein System *irgendwie* funktioniert, dass ein Auto *irgendwie* fährt oder eine Handvoll Gewürze *irgendwie* von einem Kontinent zum anderen gelangen. Die für ein System aufgewandten Ressourcen müssen bestmöglich genutzt werden, die Belastungen sollen weitestgehend reduziert werden und das System selbst soll sich perfekt unseren Erwartungen anpassen. Um diesen Fortschritt zu ermöglichen, wachsen viele Planungs-, Entwicklungs- und Steuerungsproblem zu einer Größe an, die der Mensch im Prinzip versteht, aber nicht mehr im Einzelnen durchgehen kann. Algorithmische Optimierung ist in vielen dieser Fälle der Schlüssel, um die Grundidee zu perfektionieren.

Die Mehrzahl der Gründe für den gesteigerten Bedarf an Algorithmen läuft auf eines hinaus: große Strukturen. Ein Algorithmus kann seine Vorteile ausspielen, wenn das Problem groß wird. Algorithmen sind Expertenwerkzeuge, um der Größe technischer oder wirtschaftlicher Systeme Herr zu werden. Gerade deswegen eignen sie sich auch für Allmachtsfantasien, für Technokraten und für im planetarischen Maßstab denkende Unternehmen. Dazu passt, dass George

Dantzig – bevor ihm seine Forschung Professuren in Berkeley und Stanford einbrachte – für das Bureau of Labor Statistics, die Luftwaffe und für RAND, einen Think Tank für das US-Militär, arbeitete. Das ist kein Zufall. Die Vogelperspektive militärischer und staatlicher Planung ist aus der Geistesgeschichte der Algorithmen nicht wegzudenken.

Der Einfluss von Algorithmen beschränkt sich nicht auf technische Details. Algorithmen verändern die Möglichkeiten für Autodesigner, Karosserien, und für Architekten, Gebäude zu entwerfen. Sie prägen Formen, in denen wir leben und durch die unser Geschmack entwickelt wird. Algorithmen definieren das Erscheinungsbild der Trickfilme, die unsere Kinder sehen. Manchmal zeichnen sie damit die Handlung vor. Algorithmen reden mit bei der Organisation unseres Wirtschaftens und der Art, wie wir Musik oder die Meinung anderer wahrnehmen. Wir vertrauen ihnen die Vorauswahl der Familienfotos oder des Films für heute Abend an. Algorithmen verändern die Wissenschaften – eine nach der anderen. Sie entscheiden, gegen wen ein Staat Verdacht schöpft und ein Kaufhaus Hausverbot erlässt. Sehr bald fahren sie unsere Autos. {Und sie haben noch nicht einmal Spaß dabei.}

Hype und Hysterie

Parallel zu ihrer Bedeutung wächst das öffentliche Bild der Algorithmen. Algorithmen scheinen allgegenwärtig, nahezu allmächtig und für normale Menschen nicht zu verstehen zu sein. In der Folge pendelt unsere Wahrnehmung von Algorithmen zwischen Hype und Hysterie.



Sebastian Stiller

Planet der Algorithmen

Ein Reiseführer

Paperback, Klappenbroschur, 256 Seiten, 13,5 x 21,5 cm

ISBN: 978-3-8135-0693-8

Knaus

Erscheinungstermin: Oktober 2015

Algorithmen: Die wichtigste Denkweise unserer Zeit unterhaltsam erklärt.

Ob Suchmaschine, Navigationssystem, Datensicherheit, Online-Dating oder Studienplatzvergabe – Algorithmen sind überall. Sie zu verstehen, ist wichtiger denn je. Mit diesem Buch kann das sogar Spaß machen. Denn Sebastian Stiller zeigt den Planeten der Algorithmen, wie wir ihn noch nie gesehen haben: jenseits von Hype und Panik, überraschend und glasklar.

Das Buch versteht sich als Reiseführer, vom Experten für die Allgemeinheit geschrieben. Schließlich gehört der Autor, ein angewandter Mathematiker, zu den Einheimischen auf dem Planeten der Algorithmen. Am Anreisetag der 7-tägigen Tour erleben wir, wie nahe uns der Planet der Algorithmen liegt, ganz egal, ob wir ein Smartphone benutzen oder noch Telefonbücher wälzen. Am 2.Tag nehmen wir uns Zeit für eine schlichte Frage: Was ist ein Algorithmus? Am 3. Tag erleben wir, wie real Komplexität auf unserem Planeten ist. Am 4.Tag erlernen wir ein paar einfache Techniken, um auf die Jagd nach Informationen zu gehen. Für den 5. Tag ist klassisches Touristenprogramm vorgesehen, unter anderem die berühmten kalifornischen Suchmaschinen. Am 6.Tag erkunden wir, wie Algorithmen menschliches Zusammenleben gestalten, und am Abreisetag machen wir die Bekanntschaft von vier alten Meistern des algorithmischen Denkens. Los geht's!



[Der Titel im Katalog](#)