

Verborgene Signale

Von Paracelsus zu den Pflanzensensoren



Peter A. Gloor

Manuskript · Arbeitsfassung für den Unterricht

Inhalt

Prolog · Das Gewölbe — oder: Eine Pflanze, die jemanden bemerkt . 3	
Der Leitgedanke	4
Kapitel 1 · Ehrliche Signale — was Mensch, Tier und Pflanze verraten	6
Kapitel 2 · Die Vordenker — vier Träume, die messbar wurden	9
Kapitel 3 · Der Werkzeugkasten der KI — von Bäumen zu Transformern	14
Dieselbe Maschine — ein Bild, drei Welten	18
Teil I	20
Kapitel 4 · Das Bonfire-Feuer von Basel.....	21
Kapitel 5 · Die Chemie der Teams — ehrliche Signale beim Menschen.....	23
Kapitel 6 · Das Buch der Natur — die fünf Symbionten und ihre Rollen.....	26
Kapitel 7 · Ehrliche Signale lesen — das Symbionten-Werkzeug	28
Teil II	40
Kapitel 8 · Das unsichtbare Kollegium — von der Bruderschaft zum Open Source.....	41
Kapitel 9 · Das Gesicht als Lesegerät	44
Kapitel 10 · Die Stimme als Unterschrift.....	47
Teil III.....	49
Kapitel 11 · Pflanzen fühlen — und wie du es misst	50
Kapitel 12 · Die Sprache der Tiere.....	55
Kapitel 13 · Pflanzen, die uns lesen	60
Teil IV	65
Kapitel 14 · Die Psychohistorik — vom Einzelnen zur Menge	66
Kapitel 15 · Schwarmkreativität — wie Gruppen Neues schaffen.....	70
Kapitel 16 · Der digitale Zwilling — und wo die Reise endet.....	72
Teil V	76
Kapitel 17 · Eine gemeinsame Zeitachse.....	77
Kapitel 18 · Die umgekehrte Leiter	79
Kapitel 19 · Das offene Gewölbe — ein Wort an dich.....	80
Quellen und zum Weiterlesen.....	82
Über den Autor	85

Prolog · Das Gewölbe — oder: Eine Pflanze, die jemanden bemerkt

*Post CXX annos patebo — „Nach 120 Jahren werde ich mich öffnen.“
— Inschrift über dem Grab des Christian Rosenkreuz*

Im Jahr 1604, so erzählt es eine Geschichte, die sich so zugetragen haben mag oder auch nicht, entdeckte eine Hand voll Männer in der Wand ihres Hauses eine verborgene Tür. Dahinter lag eine siebeneckige Kammer, erleuchtet von einer künstlichen Sonne, die ohne Brennstoff einhundertzwanzig Jahre lang gebrannt hatte. In der Mitte ruhte ein vollkommen unversehrter Leib, und in der Hand des Toten lag ein Buch. Über der Tür stand: *Post CXX annos patebo — „Nach 120 Jahren werde ich mich öffnen.“*

Der Tote war Christian Rosenkreuz, Gründer der Bruderschaft vom Rosenkreuz, und die Geschichte stand in einer Flugschrift namens *Fama Fraternitatis*, 1614 anonym in Kassel gedruckt. Sie beschrieb einen Bund gelehrter Ärzte, die den Code der Natur geknackt hätten — die das Buch der Natur unmittelbar lesen konnten, ohne den Umweg über Aristoteles, Galen oder die Kirche. Das Gewölbe war das Archiv dieses Wissens; die künstliche Sonne das Licht des Verstehens, das, einmal entzündet, nicht mehr erlischt. Und die einhundertzwanzig Jahre waren eine Wette auf die Zukunft: dass eines Tages die Instrumente und die Köpfe kämen, die dieses Buch lesen könnten.

Die Flugschrift war fast sicher eine Erfindung — vermutlich verfasst von dem jungen Theologen Johann Valentin Andreae, als Provokation und Gedankenspiel. Doch Erfindungen haben, wie wir noch sehen werden, die Eigenart, wirksam zu werden. Die Rosenkreuzer-Schriften beflügelten die Gründung der Royal Society; sie säten die Idee, dass die Natur ein Text ist — geschrieben in einer Sprache, die weder Latein noch Griechisch ist, sondern etwas Grundlegenderem — und dass, wer diese Sprache lernt, einen Zugang gewinnt, den keine Gelehrsamkeit ersetzen kann.

Dieses Buch erzählt, wie sich das Gewölbe öffnet.

* * *

Mehr als vier Jahrhunderte später, im Frühjahr 2026, steht in einer großen Halle in Dietikon ein zweites Gewölbe. Es ist nicht aus Stein, sondern aus Glas, Kabel und Code. Es heißt *Phänomena*, und Tausende von Menschen gehen täglich hindurch.

An einer der Stationen steht ein Tisch, und auf dem Tisch steht eine ganz gewöhnliche Topfpflanze — eine Kalanchoe, wie sie auf vielen Fensterbänken

wächst. An einem ihrer Blätter klemmt eine kleine Klebeelektrode, dieselbe Art, die man sonst auf die Brust eines Patienten klebt, um sein Herz zu messen. Ein dünnes Kabel führt zu einem Kästchen, das Kästchen zu einem Bildschirm. Auf dem Bildschirm kriecht eine grüne Linie von links nach rechts.

Ein Mädchen tritt heran. Es kommt gerade aus dem Lärm der Halle, der Atem geht schnell. In dem Moment, in dem es sich über die Pflanze beugt, verändert sich die Linie: ein kleiner Ausschlag, eine Wölbung, die vorher nicht da war. Das Mädchen tritt zurück, atmet langsamer, wird ruhig – und die Linie beruhigt sich mit.

Die Pflanze hat keine Augen, keine Ohren, kein Nervensystem in unserem Sinn. Und doch hat etwas stattgefunden, das man nicht wegerklären kann: **Die Pflanze hat das Mädchen bemerkt.**

Wir lassen die beiden einen Augenblick stehen – das Mädchen und die Pflanze, die einander bemerkt haben. Merke dir dieses Bild. Am Ende des Buches, wenn du weisst, wie so etwas gemessen wird und wo seine Grenzen liegen, kehren wir an diesen Tisch zurück. Vielleicht stehst dann du selbst davor.

* * *

Das Gewölbe öffnet sich – und das Licht darin ist bioelektrisch.

Was die Pflanze hier sendet, ist kein Zauber und keine Metapher, sondern Signalverarbeitung: betrieben von einem Lebewesen, das sie seit vierhundert Millionen Jahren beherrscht, gelesen von Instrumenten, die es seit kaum zehn Jahren gibt, gedeutet von Lernverfahren, die noch keine fünf Jahre alt sind. Und es ist ein *ehrliches Signal* – eines, das die Pflanze nicht wählt, nicht beschönigt, nicht filtert. Genau davon handelt dieses Buch: von den ehrlichen Signalen, die alles Lebendige unablässig aussendet, und von den Werkzeugen, die uns endlich erlauben, sie zu hören.

Der Leitgedanke

Die alte Leiter der Natur des Aristoteles – der Mensch oben, darunter Tier, Pflanze, Pilz, Stein –, die unsere westliche Wissenschaft für 2000 Jahre dominiert hat, war nie eine Rangordnung des Werts, sondern eine Karte unseres Verstehens. Wir verstehen den Menschen am besten und doch nicht einmal ihn ganz; das Tier besser als Pflanze und Pilz. Doch je weiter wir die Leiter „hinabsteigen“, desto größer wird nicht die Geringfügigkeit, sondern das Staunen: Jedes Reich ist auf seine Weise vollkommen und uns ähnlicher, als uns lieb ist. Der Mensch ist nicht die Krone der Schöpfung, sondern das einzige

Wesen, das die Werkzeuge bauen kann, um die anderen endlich zu hören — das ist keine Krone, sondern eine Verantwortung. „Verborgene Signale“ lehrt, über die Reiche hinweg zuzuhören.

Die folgenden drei Kapitel legen die begriffliche Grundlage des Buches: was wir lesen (die ehrlichen Signale von Mensch, Tier und Pflanze), warum (die vier Vordenker, die es erträumten) und wie (der Werkzeugkasten der KI). Die erzählerischen Teile I bis V bauen darauf auf.

Kapitel 1 · Ehrliche Signale — was Mensch, Tier und Pflanze verraten

WORUM ES IN DIESEM KAPITEL GEHT

Unter den Worten — und bei Tier und Pflanze ganz ohne Worte — liegt eine zweite Verständigungsebene: Signale, die nicht senden, sondern verraten. Dieses Kapitel führt den Leitbegriff des Buches ein, das ehrliche Signal, und erklärt, warum künstliche Intelligenz es heute bei Mensch, Tier und Pflanze lesen kann — wie ein neues Sinnesorgan.

Ein Gesicht errötet, eine Stimme wird brüchig, einem Hund legen sich die Ohren an, und die Spannung in einem Blatt schnell nach oben. Keines dieser Zeichen war als Botschaft gemeint — und doch sagt jedes die Wahrheit. Unter der Ebene der Worte, und bei Tier und Pflanze ganz ohne Worte, liegt eine zweite Ebene der Verständigung: Signale, die nicht senden, sondern verraten. Von dieser verborgenen Ebene handelt dieses Buch — und davon, wie man sie lesen lernt.

Was ein Signal ehrlich macht

Nicht jedes Zeichen ist ehrlich. Worte können lügen, ein Lächeln kann gespielt sein. Ehrlich ist ein Signal dann, wenn es unwillkürlich entsteht und sich schwer fälschen lässt — wenn es den inneren Zustand verlässlich nach außen trägt, ob der Sender will oder nicht. Der Biologe Amotz Zahavi erklärte so den Pfauenschwanz: Er ist glaubwürdig, weil nur ein wirklich starkes Tier sich diese Pracht leisten kann. Beim Menschen sind es das Erröten, das Zittern der Stimme, der schnellere Herzschlag — gerade die Dinge, die wir nicht steuern. Ehrliche Signale sind ehrlich, weil sie kaum lügen können.

Mensch, Tier und Pflanze

Mensch. Den Namen gab diesem Bereich das Buch „Honest Signals“ von Sandy Pentland am MIT Media Lab. Dass sich aber aus Tonfall, Gestik und dem Rhythmus von Geben und Nehmen im Gespräch der Ausgang von Verhandlungen oder Bewerbungen oft besser vorhersagen lässt als aus den Worten selbst, zeigte sich erst, als man begann, diese Signale systematisch zu messen — mit tragbaren Sensoren, mit der Analyse von E-Mail-Netzwerken, mit Körpersensoren. Ein großer Teil dieser Mess-Forschung entstand parallel dazu am MIT Center for Collective Intelligence und bildet die Grundlage dieses Buches. Gerade weil wir diese Signale nicht steuern, verraten sie unseren wahren Zustand. Mimik, Stimme, Herzratenvariabilität und die Antwortzeiten in einem Chat sind solche ehrlichen Signale — und genau sie liest dieses Buch in den Aktivitäten zu Gesicht, Stimme, Herz und Gruppe.

Tiere. Ein Tier kann nicht sagen, wie es ihm geht – und sendet es trotzdem unablässig aus. Das Maunzen einer Katze, der schmerzverzerrte Ausdruck eines Pferdes, die Körperhaltung eines Hundes sind ehrliche Signale eines Wesens ohne Worte. Sie zu lesen heißt, eine Sprache zu verstehen, die nie als Sprache gedacht war.

Pflanzen. Und die Pflanzen? Sie haben kein Gesicht und keine Stimme. Aber durch ihr Gewebe laufen elektrische Signale, die sich verändern, wenn man sie berührt, wenn das Licht wechselt, wenn sie unter Stress geraten – und vielleicht, das ist die offene Frage dieses Programms, auch in unserer Nähe. Hier ist Vorsicht geboten: Eine Spannungskurve ist kein Gefühl, und wir dichten der Pflanze nichts an. Aber sie ist eine ehrliche, unwillkürliche Spur ihres Zustands – die ehrlichste Sprache, die eine Pflanze hat. Der Biolingo-Sensor macht sie zum ersten Mal sichtbar.

Warum erst jetzt? – Die neuen Sinne der Maschine

Diese Signale sind nicht neu. Das Erröten, der Ruf der Fledermaus, das Knacken der Tomate – es gab sie immer. Neu ist nur, dass wir sie endlich erreichen und deuten können. Künstliche Intelligenz verschafft uns dafür etwas wie zusätzliche Sinne: Augen, die feiner sehen, Ohren, die weiter hören, und einen Tastsinn für das Elektrische.

Das Auge der Maschine. Bilderkennung ist der größte Sprung der jüngeren KI. Ein tiefes neuronales Netz, trainiert an Millionen von Fotos, liest die winzigen Bewegungen eines Gesichts – den Zug eines Mundwinkels, die Spannung um die Augen – und übersetzt sie in Wahrscheinlichkeiten für Gefühle. Dasselbe gelingt mit dem Körper: mit der Haltung, dem Gang, der Stellung der Ohren eines Hundes oder dem gesenkten Kopf eines Pferdes. Was ein erfahrener Mensch nur erahnt, misst die Maschine nun Bild für Bild – und bei Tieren, die uns nichts sagen können, wird so zum ersten Mal lesbar, ob sie Schmerz oder Furcht empfinden.

Das Ohr der Maschine. Auch Klang lässt sich lesen. Verwandelt man einen Ton in ein Spektrogramm – ein Bild seiner Frequenzen über die Zeit –, greift dieselbe Bilderkennung. In der menschlichen Stimme liest sie Tonhöhe, Pausen und Zittern: den Stress unter den Worten. Und hier wartet eine Überraschung. Viele Tiere, die wir für stumm hielten, sprechen bloß außerhalb unseres Gehörs. Fledermäuse rufen im Ultraschall, weit über dem, was wir hören; Wale und Elefanten verständigen sich in tiefem Infraschall, weit darunter. Nicht die Tiere schwiegen – unser Ohr war zu eng. Mit dem richtigen Mikrofon und einem

lernenden Modell wird dieses verborgene Stimmengewirr hörbar und unterscheidbar.

Sogar Pflanzen geben Laute von sich. Eine durstige oder verletzte Tomatenpflanze stößt schnelle Ultraschall-Klicks aus – ein Stakkato, hoch über unserer Hörgrenze. Forscherinnen und Forscher zeigten 2023, dass ein lernendes Modell diese Klicks nicht nur erkennt, sondern eine vertrocknende Pflanze von einer frisch geschnittenen unterscheiden kann. Was wie Stille aussah, war ein Gespräch, das wir nie mitbekamen.

Der dritte Sinn – Messen. Und wo es weder Gesicht noch Stimme gibt, bleibt die elektrische Spur. Durch jede Pflanze laufen feine Spannungsänderungen; ein einfacher Sensor an einem Blatt macht sie sichtbar. Genau dieses Signal liest der Biolingo-Sensor, mit dem du in diesem Buch selbst arbeiten wirst – eine Sprache, die weder Worte noch Klang kennt, sondern nur Volt.

Der gemeinsame Kniff ist verblüffend einfach: Fast jedes Signal – Licht, Klang, Spannung – lässt sich in Zahlen oder in ein Bild verwandeln, und dann arbeitet dieselbe mustererkennende Maschinerie. Das Modell lernt die Muster selbst, aus großen Mengen an Beispielen; billige Sensoren und schnelle Rechner taten den Rest. Darum erst jetzt: nicht weil die Signale neu wären, sondern weil wir sie zum ersten Mal erreichen und lesen können. Die KI ist hier ein neues Sinnesorgan – sie dehnt unsere Wahrnehmung in Frequenzen, Geschwindigkeiten und Feinheiten aus, für die unser Körper nie gebaut war.

Dasselbe Prinzip, derselbe Werkzeugkasten

Über alle drei Reiche hinweg ist es dieselbe Aufgabe: ein Signal, das einen inneren Zustand verrät, und die Frage, was es bedeutet. Ein Gesicht, ein Maunzen, ein Blatt – verschieden im Stoff, gleich im Prinzip. Deshalb greift für alle drei dasselbe Werkzeug. Wie aus einem Signal eine Aussage über den Zustand wird, zeigt das Kapitel „Der Werkzeugkasten der KI“. Dieses Kapitel sagt, was wir lesen; jenes, wie wir es lesen.

Die ehrliche Grenze

Ein letzter, wichtiger Punkt. Ehrliche Signale zu lesen heißt, das Äußere zu lesen und auf das Innere zu schließen – nicht, Gedanken zu lesen. Wir messen eine Spur und schätzen eine Wahrscheinlichkeit; das Erleben selbst bleibt dem anderen. Und gerade weil ehrliche Signale kaum lügen, ist ihr Lesen eine Art Zugang, den niemand ausdrücklich gewährt hat – bei Mensch, Tier und Pflanze gleichermaßen. Diese Ehrlichkeit verpflichtet: Wer sie liest, trägt Verantwortung dafür, was er aus ihr macht.

Kapitel 2 · Die Vordenker — vier Träume, die messbar wurden

WORUM ES IN DIESEM KAPITEL GEHT

Vier Träumer aus fünf Jahrhunderten — ein aufrührerischer Arzt, eine erfundene Bruderschaft, ein Science-Fiction-Autor und ein Mathematiker der Zukunft — haben sich etwas ausgedacht, das damals nach Poesie klang und heute messbar ist. Dieses Kapitel stellt sie vor und zeigt, wie jeder der ersten vier Teile dieses Buches unter dem Zeichen eines von ihnen steht.

Wir stellen die vier hier ausführlich vor — der Reihe nach, mit ihrer Geschichte, ihrer Idee und der Brücke zu dem, was du später selbst baust. Am Ende steht der Gedanke, der das ganze Buch trägt: Du liest — und du wirst gelesen.

Bevor wir Sensoren bauen und Programme schreiben, ein kurzer Umweg über vier Menschen, die einander nie begegnet sind. Zwischen dem ersten und dem letzten liegen fast fünf Jahrhunderte; zwei von ihnen haben wirklich gelebt, zwei sind Figuren aus Romanen. Und doch verbindet sie ein einziger, kühner Gedanke: Jeder von ihnen träumte davon, eine verborgene Schicht der Welt zu lesen — lange bevor es die Werkzeuge dafür gab.

Diese vier sind die Vordenker dieses Buches. Nach ihnen sind seine vier Teile benannt, und wer ihre Ideen versteht, versteht, warum wir tun, was wir tun: warum wir eine Pflanze an einen Verstärker klemmen, warum wir einen Chat wie ein Netzwerk lesen, warum wir einer Katze beim Miauen zuhören und warum wir die Stimmung einer ganzen Menge vermessen. Nehmen wir sie uns der Reihe nach vor.

Der Erste — Paracelsus (1493–1541)

Sommer 1527, Basel. Ein junger Stadtarzt tritt vor die Universität und wirft die ehrwürdigsten Lehrbücher der Medizin — die Werke von Galen und Avicenna, seit über tausend Jahren unantastbar — ins Johannisfeuer. Ein Skandal. Der Mann heißt Theophrastus Bombastus von Hohenheim, geboren im schweizerischen Einsiedeln, und er hat sich selbst den Namen Paracelsus gegeben: „über Celsus hinaus“, größer als der berühmte römische Arzt. Bescheidenheit war nicht seine Stärke.

Seine ketzerische These. Die alten Bücher, sagte Paracelsus, enthalten falsche Modelle der Natur. Wer heilen will, soll nicht die Autoritäten auswendig lernen, sondern die Natur selbst befragen — die Pflanzen, die Mineralien, den kranken Körper vor sich. Zu einer Zeit, in der Wissen bedeutete, die richtigen Bücher zu

zitieren, war das ein Angriff auf das ganze Gebäude. Er vertraute dem Ding mehr als dem Text über das Ding.

Dahinter stand eine ganze Weltsicht. Paracelsus war überzeugt, dass jedes Lebewesen seine innere Natur nach außen trägt — als eine Art Zeichen, eine „Signatur“, die man lesen kann, wenn man nur genau genug hinsieht. Die Welt war für ihn ein Buch, in dem der Mensch nur ein kleiner Absatz ist: der Mikrokosmos, der den großen Kosmos im Kleinen spiegelt.

Wo er sich irrte. Seine Signaturenlehre führte ihn oft in die Irre: Weil eine Walnuss aussieht wie ein Gehirn, meinte er, sei sie gut für den Kopf — was natürlich Unsinn ist. Die konkreten Deutungen waren meist falsch. Aber die Grundhaltung — lies die Natur direkt, beobachte, prüfe, statt Autoritäten nachzubeten — ist genau die Haltung, aus der später die moderne Naturwissenschaft wurde.

Und genau hier setzt dieses Buch an. Wir nehmen Paracelsus beim Wort — nur mit Instrumenten, die er nie hatte. Der Sensor, den du bauen wirst, liest die elektrische „Signatur“ eines Blattes. Eine Kamera liest die Regung in einem Gesicht, ein Mikrophon die Anspannung in einer Stimme. Das sind ehrliche Signale: Zeichen, die ein Körper aussendet, ohne zu lügen.

„Lest nicht die alten Bücher — lest die Natur selbst.“ — nach Paracelsus

Die Zweiten — die Rosenkreuzer (1614)

Fast hundert Jahre später, 1614, taucht in Kassel eine geheimnisvolle Flugschrift auf: die Fama Fraternitatis, der „Ruf der Bruderschaft“. Sie kündigt eine geheime Gesellschaft an — die Rosenkreuzer —, gegründet von einem gewissen Christian Rosenkreuz, der die Welt bereist, das Wissen aller Länder gesammelt und einen Orden hinterlassen habe. Dessen Mitglieder heilen die Kranken umsonst, erkennen einander an geheimen Zeichen und teilen ihr Wissen über ein unsichtbares Netzwerk, über alle Grenzen und Konfessionen hinweg.

Der Haken. Diese Bruderschaft hat fast sicher nie existiert. Die Schriften stammen wohl von einer Handvoll junger Theologen um Johann Valentin Andreae — es war eine Erfindung, ein literarischer Streich mit ernstem Kern. Aber es war eine Fiktion, die wirkte. In ganz Europa schrieben Gelehrte Briefe, um in den Orden aufgenommen zu werden. Die Idee elektrisierte die Zeit: dass Wissen nicht gehortet, sondern geteilt gehört; dass ein Netz kluger Köpfe über Ländergrenzen hinweg mehr vermag als jeder einzelne Gelehrte in seiner Kammer.

Aus solchen Träumen wuchs etwas sehr Reales. Die Vorstellung eines „unsichtbaren Kollegiums“ – von Forschern, die ihre Ergebnisse frei per Brief austauschen – beflügelte im 17. Jahrhundert den Kreis von Naturforschern, aus dem schließlich die Royal Society hervorging, eine der ersten wissenschaftlichen Gesellschaften der Welt. Die offene, geteilte Wissenschaft, wie wir sie heute kennen, hat hier eine ihrer Wurzeln.

Warum das hierher gehört. Unsichtbare Kollegien gibt es längst wirklich – nur heißen sie heute Wikipedia, Linux oder Open-Source-Gemeinschaft. Tausende Menschen, die einander nie sehen, bauen gemeinsam an etwas Größerem. In diesem Buch lernst du, eine solche Gruppe zu lesen: Wer trägt bei, wer verbindet, wer ist die heimliche Bienenkönigin im Schwarm? Wir lesen nicht mehr nur den einzelnen Menschen, sondern das Netz zwischen den Menschen.

„Teilt euer Wissen frei – über alle Grenzen und Mauern hinweg.“ – nach der
Fama Fraternitatis

Der Dritte – Douglas Adams (1952–2001)

Ein Sprung ins 20. Jahrhundert. 1979 erscheint „Per Anhalter durch die Galaxis“, der wohl komischste Science-Fiction-Roman aller Zeiten, geschrieben von dem Briten Douglas Adams. Darin gibt es ein winziges, gelbes Wesen: den Babelfisch. Man schiebt ihn sich ins Ohr, und augenblicklich versteht man jede Sprache des Universums – jedes Wort, das irgendwo gesprochen wird, kommt übersetzt bei dir an. Mit einem Schlag ist kein Lebewesen im All dir mehr stumm.

Der Traum dahinter. Adams meinte es mit einem Augenzwinkern, aber der Gedanke ist tief: das Ende der Sprachbarriere. Nicht nur zwischen Menschen, die verschiedene Sprachen sprechen, sondern zwischen völlig verschiedenen Arten von Wesen. Vollkommenes Verstehen über jede Grenze hinweg.

Und Sprache ist eben nicht nur menschlich. Ein Hund, der die Ohren anlegt, sagt etwas. Eine Katze hat für Ärger, Bettelei und Wohlbehagen verschiedene Laute. Eine Pflanze, die berührt wird, schickt eine elektrische Welle durch ihre Blätter. Das alles sind „Sprachen“ – nur haben wir bisher keinen Babelfisch dafür. Die entscheidende Frage dieses Buchteils lautet: Was, wenn eine Maschine dieser Babelfisch sein könnte?

Der moderne Babelfisch. Genau das versucht die künstliche Intelligenz. Ein Modell, das aus tausenden Beispielen Muster gelernt hat, kann den Gesichtsausdruck eines Hundes, den Laut einer Katze oder das Signal einer Pflanze in etwas übersetzen, das wir verstehen. Kein perfekter Babelfisch – aber ein Anfang.

„Schiebe dir den Babelfisch ins Ohr — und kein Lebewesen bleibt dir stumm.“
— nach Douglas Adams

Der Vierte — Isaac Asimov (1920–1992)

Unser letzter Vordenker ist der große Science-Fiction-Autor Isaac Asimov. In seinem Zyklus „Foundation“, begonnen 1951, erfindet die Figur Hari Seldon eine neue Wissenschaft: die Psychohistorik. Ihr Grundgedanke ist verblüffend und beunruhigend zugleich. Einen einzelnen Menschen, sagt Seldon, kannst du nicht vorhersagen — er ist zu frei, zu launisch. Aber das Verhalten von Milliarden Menschen lässt sich mit mathematischer Sicherheit berechnen. Aus der Statistik der Masse liest Seldon die Zukunft eines ganzen galaktischen Reiches, über Jahrtausende voraus.

Die Idee. Die Menge ist berechenbarer als der Einzelne. Was für eine Person reiner Zufall ist, wird über Millionen zu einer glatten Kurve. Wer genug Menschen zugleich betrachtet, sieht Muster, die im Einzelnen unsichtbar bleiben — und kann daraus die grobe Richtung der Zukunft ablesen.

So fern das klingt — im Kleinen tun wir es längst. Meinungsforscher sagen Wahlen voraus, ohne jeden Wähler zu kennen. Epidemiologen berechnen die Ausbreitung einer Krankheit. Und tatsächlich lässt sich aus der Stimmung von Millionen Kurznachrichten ein Stück weit ablesen, wohin die Börse am nächsten Tag tendiert. Der Einzelne bleibt ein Rätsel; der Schwarm verrät sich.

Was wir daraus machen. In Teil IV liest du nicht mehr einen Menschen, sondern die Menge: die Stimmung eines Schwarms aus Social-Media-Daten, kollektive Gefühle gegen Ereignisse gelegt. Und am Ende steht die kühnste Anwendung — der digitale Zwilling, ein Modell, das aus vielen deiner Spuren ein Abbild formt.

„Den einzelnen Menschen kannst du nicht vorhersagen — die Menge schon.“ —
nach Isaac Asimov

Wenn die Instrumente die Träume einholen

Vier Vorstellungskräfte, ein gemeinsamer Traum: dass die verborgenen Schichten der Welt sich lesen lassen. Paracelsus wollte die Zeichen des Körpers lesen, die Rosenkreuzer den geteilten Geist einer Gemeinschaft, Adams die unbekanntenen Zungen der anderen Wesen, Asimov die Logik der Menge. Jeder träumte seinen Traum, bevor die Werkzeuge dafür existierten.

Heute existieren sie. Sensoren, die feiner messen als jede Hand; Kameras und Mikrofone, die nichts überhören; und vor allem das maschinelle Lernen, das aus Bergen von Beispielen die Muster zieht. Zum ersten Mal in der Geschichte holen

die Instrumente die Träume ein – und du wirst die Werkzeuge nicht nur bestaunen, sondern selbst bauen und bedienen.

Ein Satz zur Vorsicht. Dieselben Werkzeuge, mit denen du andere liest, lesen auch dich. Du liest – und du wirst gelesen. Deshalb ist die letzte Lektion dieses Buches keine Technik, sondern eine Haltung: Staunen und Skepsis zugleich, und die Verantwortung, die aus dem Können folgt.

Die vier Teile dieses Buches folgen den vier Vordenkern, jeder mit seinen eigenen Kapiteln und Aktivitäten. Ein fünfter Teil führt am Ende alles zusammen. Der rote Faden ist schon jetzt gespannt – von einem Arzt, der Bücher verbrannte, bis zu einem Mathematiker der Zukunft.

Kapitel 3 · Der Werkzeugkasten der KI — von Bäumen zu Transformern

WORUM ES IN DIESEM KAPITEL GEHT

Hinter den vielen Namen — Random Forest, neuronales Netz, Transformer, Whisper — steckt eine einfache Ordnung. Dieses Kapitel bringt sie auf zwei Fragen (Darstellung und Zeit), erklärt den Spektrogramm-Trick, mit dem ein Durchbruch beim Sehen auch das Hören und Messen eroberte, und zeichnet die Landkarte, auf der jede Aktivität des Buches ihren Platz hat.

„Künstliche Intelligenz“ klingt nach einer einzigen, geheimnisvollen Sache. In Wahrheit ist sie ein Werkzeugkasten, und in diesem Buch hast du schon mehrere seiner Werkzeuge in der Hand gehabt: einen Entscheidungsbaum, der Katzenlaute sortiert, ein tiefes Netz, das aus einem Gesicht eine Stimmung liest, ein Sprachmodell, das einen Chat analysiert. Auf den ersten Blick haben sie wenig gemeinsam. Dieses Kapitel zeigt, dass dahinter eine einfache Ordnung steckt — und dass du jedem KI-Verfahren mit nur zwei Fragen auf den Grund gehst.

Frage 1: Wie wird das Signal dargestellt?

Die erste Frage entscheidet, zu welcher „Gewichtsklasse“ ein Verfahren gehört — und damit, wie viel Rechenleistung und wie viele Daten es braucht.

Merkmale und Bäume. Im leichtesten Fall überlegst du dir selbst, welche Zahlen wichtig sind — die Tonhöhe eines Lauten, die Schwankung des Herzschlags, das Verhältnis von Geben und Nehmen in einem Chat — und überlässt einem einfachen Modell nur noch das Sortieren. Verfahren wie Random Forest oder XGBoost reihen dafür viele kleine Entscheidungsbäume aneinander. Sie laufen auf jedem Laptop, brauchen wenig Daten und sind durchschaubar: Du kannst hinterher ablesen, welches Merkmal den Ausschlag gab.

Bilder und tiefe Netze. Eine Stufe schwerer wird es, wenn du dem Modell das Heraussuchen der Merkmale selbst überlässt. Dazu verwandelst du das Signal in ein Bild — ein Spektrogramm aus einem Klang, die Spannungskurve einer Pflanze oder schlicht das Foto eines Gesichts — und gibst es einem tiefen neuronalen Netz (einem CNN). Das ist mächtiger, verlangt aber mehr Daten, am besten eine Grafikkarte, und du verlierst die Durchschaubarkeit: Das Netz findet Muster, die niemand benannt hat.

Sequenzen und Transformer. Am schwersten sind die Verfahren, die einen ganzen geordneten Strom verarbeiten — eine Folge von Tönen, eine Folge von Wörtern. Transformer-Modelle wie Whisper oder die großen Sprachmodelle

behalten den Zusammenhang im Blick und liefern dafür erstaunliche Ergebnisse. Sie sind zugleich am rechenhungrigsten, am datenhungrigsten und am undurchsichtigsten.

Quer durch diese drei Stufen läuft ein einziger Handel: Je mehr du dem Modell überlässt, desto mächtiger wird es – und desto mehr Hardware und Daten kostet es, und desto weniger siehst du hinein (siehe Abbildung 1).

Der Spektrogramm-Trick

Der größte Sprung der jüngeren KI gelang beim Sehen: Netze, die auf Millionen Bildern trainiert wurden, erkennen mit verblüffender Sicherheit, was auf einem Foto zu sehen ist. Erstaunlich ist, dass dieser Sprung nicht beim Bild blieb. Er sprang auf den Klang über – und sogar auf die elektrische Spannung einer Pflanze. Der Grund dafür ist ein einziger, einfacher Kniff: Man verwandelt das Signal in ein Bild.

Ein Klang ist nichts als ein Zittern in der Zeit, ein Auf und Ab des Luftdrucks. Eine alte mathematische Idee – die Fourier-Analyse – besagt, dass sich jedes solche Zittern in reine Töne verschiedener Höhe zerlegen lässt. Macht man das nicht für den ganzen Klang auf einmal, sondern in vielen kurzen, aufeinanderfolgenden Zeitfenstern, erhält man für jeden Augenblick, wie viel Energie auf welcher Tonhöhe liegt. Reiht man diese Fenster nebeneinander, entsteht ein zweidimensionales Bild: Die Zeit läuft von links nach rechts, die Frequenz von unten nach oben, und die Helligkeit zeigt, wie laut es dort gerade ist. Dieses Bild heißt Spektrogramm – ein Foto des Klangs.

Und sobald der Klang ein Bild ist, braucht man keine eigene „Klang-KI“ mehr. Man reicht das Spektrogramm demselben Bilderkennungs-Netz, das gelernt hat, eine Katze von einem Hund zu unterscheiden – und es lernt nun, eine angespannte Stimme von einer ruhigen zu trennen oder das Klicken einer durstigen Tomate von dem einer geschnittenen. Der Trick endet nicht beim Schall. Auch die Spannungskurve einer Pflanze ist nur ein Zittern in der Zeit. Schiebt man dasselbe Fourier-Fenster darüber, wird auch sie zum Spektrogramm – und genau so verwandelt sich später in diesem Buch eine elektrische Kurve in eine klassifizierbare „Pflanzen-Emotion“.

Das ist der tiefere Grund, warum ein einziger Durchbruch so weit reichte. Indem man Klang und Spannung in die Sprache der Bilder übersetzt, wird das Auge der Maschine zum universellen Leser: Dasselbe Sehen, das auf Fotos trainiert wurde, hört nun Stimmen und fühlt den elektrischen Puls einer Pflanze. Ein Sinn, allen anderen geliehen.

Frage 2: Wie wird mit der Zeit umgegangen?

Die zweite Frage ist davon unabhängig: Berücksichtigt das Verfahren den zeitlichen Verlauf?

Momentaufnahme. Manche Modelle treffen für jede Eingabe einzeln eine Entscheidung, ohne Gedächtnis: ein Gesicht — eine Stimmung, ein Bild eines Pferdes — eine Emotion.

Sequenz. Andere Modelle verarbeiten die Reihenfolge selbst; die Zeit steckt im Modell. Whisper hört nicht einzelne Laute, sondern den Fluss der Sprache.

Verlauf aus Momentaufnahmen. Und hier der feine, aber wichtige Unterschied: Du kannst ein Momentaufnahme-Modell auch im Sekundentakt laufen lassen und erst hinterher den Verlauf betrachten — etwa die Stimmung eines Gesichts über eine Stunde. Dann steckt die Zeit nicht im Modell, sondern in deiner Auswertung. Das ist oft der billigste Weg zu einer zeitlichen Analyse: ein leichtes Modell, viele Male angewendet.

Übrigens braucht nicht jede zeitliche Analyse überhaupt KI. Den Tag-Nacht-Rhythmus einer Pflanze findest du mit einer Fourier-Analyse — reiner Signalverarbeitung, ganz ohne Lernen. Die ehrlichste Frage steht deshalb oft am Anfang: Brauche ich hier wirklich ein lernendes Modell?

Eine Landkarte

Abbildung 1 ordnet die Verfahren dieses Buches in die drei Gewichtsklassen ein und zeigt zugleich, wie jedes mit der Zeit umgeht. Die Katzenlaute (Merkmale + Baum, Momentaufnahme) liegen ganz oben, leicht und durchschaubar; Whisper und die Sprachmodelle (Sequenz + Transformer) ganz unten, mächtig und undurchsichtig. Der Mimik-Spiegel sitzt in der Mitte — ein Momentaufnahme-Modell, das wir zum Verlauf zusammensetzen.

Der Werkzeugkasten der KI

Drei Gewichtsklassen — und wie sie mit der Zeit umgehen

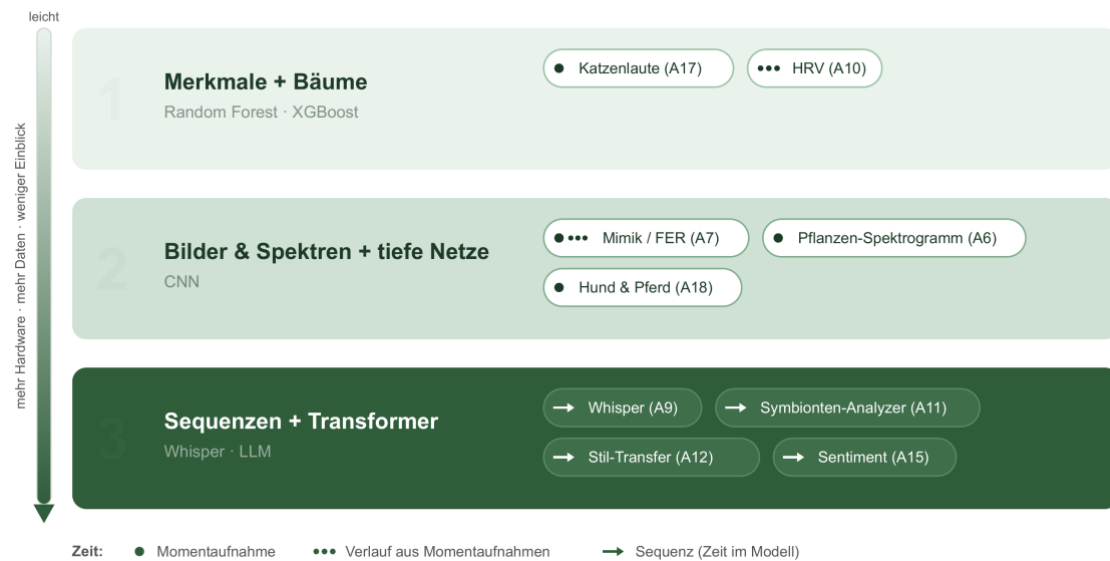


Abbildung 1: Der Werkzeugkasten der KI — drei Gewichtsklassen und der Umgang mit der Zeit.

Diese drei Werkzeuge ziehen sich durch das ganze Buch. Die leichten, durchschaubaren Verfahren begegnen dir vor allem dort, wo du selbst die Merkmale wählst — bei den Katzenlauten und den Stimm-Messungen. Die mittlere Klasse, die tiefen Netze, arbeitet überall, wo aus einem Signal ein Bild wird: beim Gesicht, beim Pferd, beim Spektrogramm einer Pflanze. Und die schweren, vortrainierten Modelle treten auf, sobald es um Sprache geht — bei der Transkription, beim Symbionten-Analyzer, bei der Stimmung eines ganzen Beitragsstroms. Du musst sie nicht jedes Mal neu lernen; du erkennst sie wieder.

Was das für die KI-Mündigkeit bedeutet

Wer diese Landkarte einmal vor Augen hat, sieht „KI“ nicht mehr als Magie, sondern als das, was sie ist: ein Werkzeugkasten, in dem man Durchschaubarkeit und Rechenaufwand gegen Mächtigkeit eintauscht. Das ist die halbe Miete gegen die Angst, eine Maschine könne Gedanken lesen. Ein Modell, dessen Gewichtsklasse und Zeitumgang du benennen kannst, hält keine Geheimnisse mehr — du weißt, woher seine Antwort kommt und wo ihre Grenzen liegen.

Dieselbe Maschine — ein Bild, drei Welten

Bevor die Reise durch die fünf Teile beginnt, ein Bild zum Merken. Es zeigt den heimlichen Hauptdarsteller dieses Buches — nicht einen Menschen, ein Tier oder eine Pflanze, sondern das Verfahren, das alle drei lesbar macht. Denn so verschieden eine angespannte Stimme, ein Katzen-Miau und der Ultraschall-Klick einer durstigen Tomate auch klingen: Sobald man sie in ein Spektrogramm verwandelt — in ein Bild aus Zeit und Frequenz —, sehen sie einander verblüffend ähnlich, und dasselbe Bilderkennungs-Netz liest sie alle.

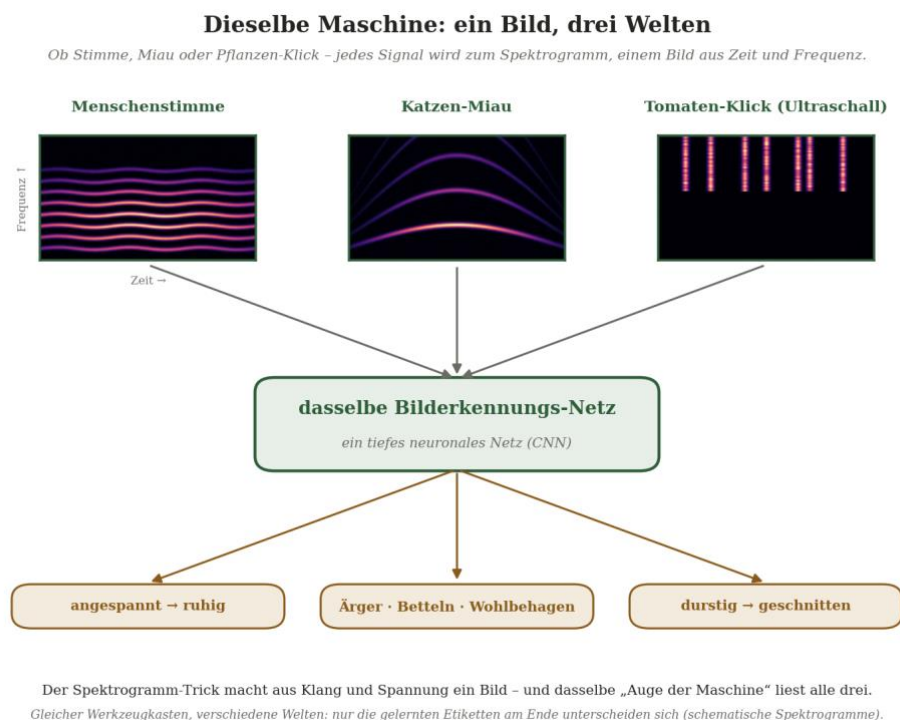


Abbildung 2: Dieselbe Maschine — ein Bild, drei Welten. Stimme, Miau und Pflanzen-Klick werden zum Spektrogramm, und dasselbe Bilderkennungs-Netz (CNN) liest alle drei. Nur die gelernten Etiketten am Ende unterscheiden sich. (Schematische Spektrogramme.)

Betrachte die drei Kacheln oben. In der Stimme laufen waagrechte Bänder — die Obertöne, die eine Stimme tragen. Beim Miau wölbt sich eine Linie auf und ab — die Katze hebt und senkt die Tonhöhe. Beim Tomaten-Klick blitzen einzelne senkrechte Striche hoch oben auf: kurze, breitbandige Knackser weit über unserer Hörgrenze. Drei Welten, drei Muster — und doch dasselbe Format. Darum genügt ein einziges „Auge der Maschine“; nur die Etiketten am Ende unterscheiden sich, weil jede Welt ihre eigenen Zustände hat.

Ein Wiedererkennungszeichen. Dieses Bild kehrt in jedem der fünf Teile wieder — als kurze Zeile am Anfang, die dir sagt, welche Welt die Maschine dort

gerade liest. Wo immer im Buch aus einem Signal ein Spektrogramm wird, denk an diese Seite: Es ist stets dieselbe Maschine, nur vor einer neuen Welt. Und im letzten Teil wird sie eine Welt lesen, die du bisher übersehen hast — dich selbst.

Teil I

Der Arzt

Paracelsus · 1493–1541

„Lest nicht die alten Bücher — lest die Natur selbst.“

— nach Paracelsus

Dieselbe Maschine — hier liest sie den Menschen und seine Gruppen: aus Wörtern, Rhythmus und Rollen.

Kapitel 4 • Das Bonfire-Feuer von Basel

WORUM ES IN DIESEM KAPITEL GEHT

Ein streitbarer Arzt verbrennt 1527 in Basel die heiligen Lehrbücher der Medizin und ruft: Lest nicht die alten Bücher, lest die Natur selbst. Dieses Kapitel erzählt Paracelsus' Leben und seine Forderung – und warum gerade sie, fünfhundert Jahre später, das Fundament jeder Messung in diesem Buch ist.

Am 24. Juni 1527, dem Johannistag, brannte in Basel ein Freudenfeuer. Studenten tanzten darum herum, wie jedes Jahr zur Sonnenwende. Dann trat ein kleiner, streitbarer Mann an die Flammen und warf etwas hinein, das niemand erwartet hatte: die ehrwürdigen Lehrbücher der Medizin. Die Werke Galens und Avicennas, tausend Jahre lang die unangefochtene Autorität jedes Arztes, gingen vor den Augen der Stadt in Rauch auf. Der Mann, der sie verbrannte, war der neue Stadtarzt und Universitätslehrer – und er hieß Paracelsus.

Geboren wurde er 1493 als Theophrastus von Hohenheim, in der Nähe von Einsiedeln, also wenige Kilometer von dem Ort entfernt, an dem dieses Buch entsteht. Sein Vater war Arzt, und der junge Theophrastus lernte sein Handwerk nicht nur an Universitäten, sondern unterwegs: in den Bergwerken Tirols, auf Schlachtfeldern, bei Wundärzten, Hebammen und Badern. Er gab sich selbst den Namen Paracelsus – „über Celsus hinaus“, über den berühmten römischen Arzt hinaus. Schon der Name war eine Ansage.

Die These hinter dem Feuer. Paracelsus' Zorn galt nicht den alten Ärzten als Menschen, sondern einem Zustand: Die Medizin hatte tausend Jahre lang dieselben Bücher abgeschrieben, statt die Natur selbst zu befragen. Autorität war an die Stelle der Beobachtung getreten. Seine Gegenthese war einfach und ungeheuerlich: Das wahre Buch des Arztes ist die Natur. Lies den Kranken, das Mineral, die Pflanze unmittelbar – vertraue dem Ding mehr als der Überlieferung. Er hielt seine Vorlesungen auf Deutsch statt auf Latein, damit Wissen nicht hinter einer Gelehrtensprache eingeschlossen blieb. Auch das war ein Skandal.

Was er falsch sah. Wir sollten Paracelsus nicht verklären. Im Einzelnen lag er oft daneben. Seine Signaturenlehre – die Vorstellung, eine Pflanze, die einem Organ ähnelt, heile eben dieses Organ – ist Aberglaube; in seiner Alchemie steckt viel Wunschdenken. Wer ihn liest, findet neben kühnen Einsichten jede Menge Unsinn. Das ist kein Widerspruch, sondern typisch für einen Pionier: Der Impuls kann richtig sein, lange bevor die Methode es ist.

Was bleibt. Und der Impuls war richtig – er ist das Fundament jeder Wissenschaft geblieben: dem Ding mehr zu trauen als der Autorität. Genau das tust du, wenn du in diesem Buch eine Elektrode an ein Blatt klemmst und die Spannung der Pflanze selbst abliest, statt in einem Buch nachzuschlagen, „was Pflanzen fühlen“. Du befragst die Natur direkt. Fünf Jahrhunderte nach dem Basler Feuer ist Paracelsus' Forderung zu einem Messgerät geworden.

Paracelsus war Arzt – der Mensch, der den Körper liest. Deshalb beginnt dieser Teil mit dem Wesen, das wir am besten zu lesen glauben: dem Menschen selbst. Die nächsten Kapitel fragen, was unser Körper und unsere Gruppen verraten, ohne es zu wollen – und bauen daraus das erste eigene Lese-Werkzeug dieses Buches.

Kapitel 5 · Die Chemie der Teams — ehrliche Signale beim Menschen

WORUM ES IN DIESEM KAPITEL GEHT

Manche Gruppen sprühen, andere stocken — und lange galt diese „Chemie“ als unmessbarer Zufall. Dieses Kapitel zeigt, dass sie in den ehrlichen Signalen einer Gruppe steckt: im Körper (Pentlands Soziometer), in der Sprache und in sechs messbaren Mustern der Zusammenarbeit, die sich am Ende zu fünf Rollen verdichten.

Setz fünf Menschen in einen Raum und gib ihnen eine Aufgabe, und nach wenigen Minuten entsteht etwas, das man fast greifen kann: eine Stimmung, ein Rhythmus, eine Art von Chemie. Manche Gruppen sprühen, andere stocken. Lange galt das als unmessbar — als „weicher“ Faktor, über den man bestenfalls ein Gefühl haben kann. Dieses Kapitel zeigt, dass es messbar ist. Denn die Chemie einer Gruppe steckt in ihren ehrlichen Signalen.

Der Körper spricht. Am MIT entwickelte Sandy Pentland kleine, tragbare Sensoren, die er Soziometer (sociometric badges) nannte. Sie maßen nicht, was Menschen sagten, sondern wie: wie viel Energie in der Stimme lag, ob jemand unbewusst die Gesten des Gegenübers spiegelte, wer den Takt eines Gesprächs vorgab. Die ersten praktischen Feldversuche mit diesen Soziometern habe ich in Köln gemacht, gemeinsam mit Studierenden der Universität zu Köln, bei einer Bank. Dabei zeigte sich etwas Überraschendes, das ich in einer Arbeit mit Pentland als Mitautor belegen konnte: Aus wenigen Minuten dieser nonverbalen Signale lassen sich nicht nur Stimmungen ablesen, sondern sogar Persönlichkeitseigenschaften vorhersagen — und der Ausgang von Verhandlungen oder Bewerbungen oft besser als aus dem Inhalt der Worte. Der Körper verrät, was die Worte verschweigen.

Dein Glück am Handgelenk. Was Pentlands Soziometer im Labor taten, steckt heute in einer gewöhnlichen Smartwatch. Mit meinem Team habe ich daraus das Happimeter gebaut — eine App, die aus den Körpersignalen der Uhr (Puls, Bewegung, Aktivität, dazu Ort, Zeit und Wetter) schätzt, wie glücklich, aktiv oder gestresst du gerade bist. Anfangs sagst du der Uhr ein paar Mal am Tag selbst, wie du dich fühlst; daraus lernt sie mit der Zeit dein ganz persönliches Muster. In einer Bank in Hamburg trugen 22 Mitarbeitende die Uhr drei Monate lang — und das Erstaunliche war nicht die Messung selbst, sondern ihre Wirkung: Die Gruppe, die täglich eine Rückmeldung über ihre Stimmung bekam, war am Ende rund 16 Prozent glücklicher und 26 Prozent aktiver als die Vergleichsgruppe ohne Rückmeldung. Allein das Messen und Sichtbarmachen des eigenen

Befindens machte die Menschen glücklicher – wir nennen das virtuelles Spiegeln. Es ist derselbe Gedanke wie beim Mimik-Spiegel: Wer sich selbst ehrlich sieht, kann sich ändern.

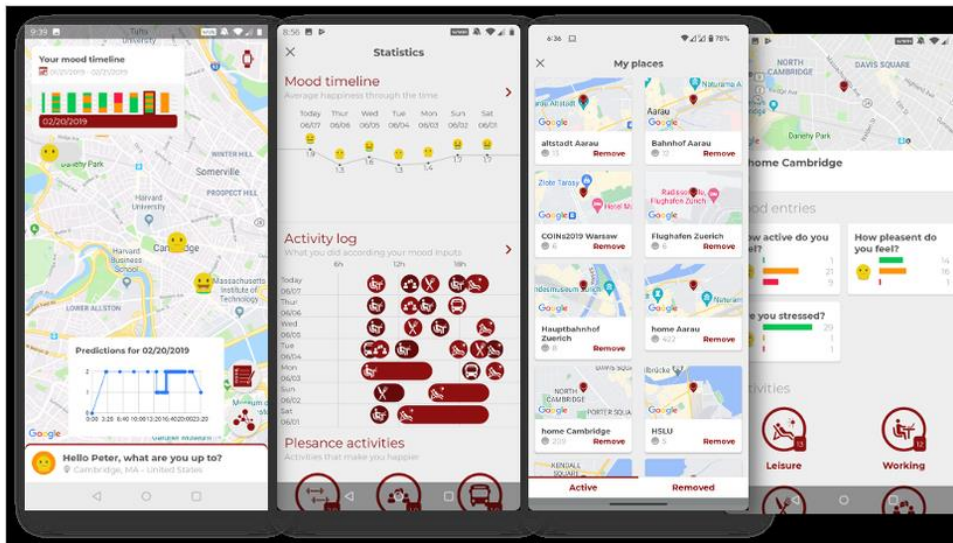


Abbildung 3: Das Happimeter auf Smartphone und Uhr. Oben die App (von links): eine Stimmungs-Landkarte, die zeigt, wo man sich wie gefühlt hat; die Zeitleiste der Stimmung über die Woche mit einem Protokoll der Tätigkeiten; die gespeicherten Orte; und die Fragen „Wie aktiv, wie zufrieden, wie gestresst bist du?“. Unten die Smartwatch: Sie zeigt die geschätzte aktuelle Stimmung – Glück, Stress, Niedergeschlagenheit – und fragt ab und zu selbst nach („Wie glücklich bist du?“), um daraus dein persönliches Muster zu lernen.

Auch die Sprache verrät. Ehrliche Signale stecken nicht nur im Körper, sondern auch in der Sprache selbst – nicht in dem, worüber wir reden, sondern in den kleinen Wörtern, die uns nie auffallen: „ich“, „aber“, „weil“. Der Psychologe James Pennebaker hat gezeigt, wie viel diese Funktionswörter über einen

Menschen verraten. Wie man diese sprachliche Spur mit eigenen Händen liest, ist der Stoff von Kapitel 7.

Von zwei Menschen zur Gruppe. In meiner eigenen Forschung der vergangenen zwanzig Jahre am MIT Center for Collective Intelligence habe ich diese Idee von einzelnen Personen auf ganze Gruppen erweitert. Wenn fünf, zehn oder hundert Menschen über Monate gemeinsam an einer Idee arbeiten — in Schulklassen, Forschungsteams, Open-Source-Projekten —, lässt sich aus ihrem gemeinsamen Schriftverkehr ablesen, ob die Gruppe kreativ produktiv sein wird oder nicht. Sechs Signale erwiesen sich dabei als besonders verlässlich: ob es eine starke, verbindende Führung gibt — messbar als sogenannte Betweenness-Zentralität, also daran, wie sehr eine Person die anderen miteinander verbindet; ob diese Führung im Lauf der Zeit wechselt, statt bei einer Person zu kleben; wie schnell die Mitglieder aufeinander reagieren; wie ausgewogen die Beiträge verteilt sind; wie ehrlich Stimmungen geäußert werden dürfen; und wie sehr die Gruppe eine eigene, gemeinsame Sprache entwickelt. Diese sechs Signale der Zusammenarbeit greifen wir in Teil IV ausführlich auf.

Von Signalen zu Rollen. Für den Anfang verdichten sich diese sechs Signale zu etwas Anschaulicherem: zu wenigen wiederkehrenden Rollen, die Menschen in einer Gruppe einnehmen — oft, ohne es zu merken. Wer treibt mit neuen Ideen? Wer setzt um? Wer sorgt für Schönheit, wer für Frieden? Und wer nimmt mehr, als er gibt? Das nächste Kapitel gibt diesen Rollen fünf Namen aus dem Buch der Natur — und das übernächste macht daraus dein erstes Lese-Werkzeug.

ZUM SELBERMACHEN — DIE AKTIVITÄTEN ZU DIESEM KAPITEL

Zwei Aktivitäten machen die ehrlichen Signale dieses Kapitels selbst erfahrbar (vollständige Anleitungen online: hidden-signals.swarmcreativity.com/aktivitaeten.html).

5.1 Herzschlag und Stress. Mit einem Herzsensoren wird sichtbar, wie deine Herzratenvariabilität unter Stress sinkt und in Ruhe steigt — ein ehrliches Signal in Reinform, das du nicht willentlich steuern kannst.

5.2 Die sechs ehrlichen Signale. Aus den Zeitstempeln eines echten Chats berechnest du Antwortzeiten, Beitragsbalance und Geben-Nehmen-Verhältnis. Aus der Intuition über eine Gruppe wird eine Messgröße — die Vorstufe zum Werkzeug des nächsten Kapitels.

Bonus: Dein Glück messen — das Happimeter (frei). Wer eine Apple Watch oder Wear-OS-Uhr hat, lädt das Happimeter kostenlos (happimeter.socialcompass.ai) und probiert ein paar Tage lang aus, wie gut eine Maschine aus Puls und Bewegung die eigene Stimmung errät.

Kapitel 6 · Das Buch der Natur – die fünf Symbionten und ihre Rollen

WORUM ES IN DIESEM KAPITEL GEHT

Für die Rollen, die Menschen in einer Gruppe einnehmen, hält die Natur längst Vorbilder bereit. Dieses Kapitel stellt fünf davon vor – Biene, Ameise, Schmetterling, Capybara und Egel – und besteht auf einem Satz, der alles trägt: Das sind Rollen, keine Etiketten für Menschen.

„Das Buch der Natur“ nannte Paracelsus das, worin der Arzt lesen sollte. Wir schlagen es hier im Wortsinn auf. Denn für die Rollen, die Menschen in einer Gruppe einnehmen, hält die lebendige Welt längst Vorbilder bereit. In der Natur heißt das Zusammenleben verschiedener Arten Symbiose – ein Miteinander, in dem jeder auf seine Weise zum Ganzen beiträgt, oder sich auf seine Weise bedient. Fünf solcher Rollen begegnen uns in fast jeder Gruppe wieder. Wir borgen ihnen die Namen von fünf Lebewesen.

Die Biene. Sie trägt zwischen den Blüten hin und her und bestäubt im Vorbeiflug. In der Gruppe ist sie die Kreative: Sie wirft neue Ideen ein, schlägt unbekannte Wege vor, fragt „und wenn wir es ganz anders machen?“. Ohne die Biene bleibt eine Gruppe stehen.

Die Ameise. Sie baut, schleppt, hält den Bau am Laufen. In der Gruppe ist sie die Ausführerin: Sie strukturiert, plant, macht Listen, hält Termine fest, bringt Ideen zur Umsetzung. Ohne die Ameise bleibt jede Idee nur eine Idee.

Der Schmetterling. Hier lohnt ein Hinweis, denn das geläufige Bild führt in die Irre: Der Schmetterling dieser fünf Rollen ist nicht der „gesellige Netzwerker“, als den man ihn gern nimmt. Er steht für Schönheit. In der Gruppe ist er die Gestalterin: die Person, die dafür sorgt, dass das Ergebnis schön wird – die das Layout entwirft, Bilder wählt, ein Logo gestaltet, auf Stimmung und Ästhetik achtet. Ohne den Schmetterling funktioniert vieles, aber nichts berührt.

Das Capybara. Das Capybara ist das vielleicht friedlichste Tier der Welt; auf Bildern sieht man es ruhen, während Vögel, Affen und sogar Krokodile sich neben ihm wohlfühlen. In der Gruppe ist es die HarmonisiererIn: Sie schlichtet, vermittelt zwischen Lagern, hört zu, sagt „kein Stress“, wenn andere unter Druck geraten. Ohne das Capybara zerfällt eine Gruppe an ihren eigenen Spannungen.

Der Egel. Der Egel saugt – er nimmt, ohne zu geben. Das ist die unangenehmste der fünf Rollen, und wir haben ihren Namen bewusst behalten, statt sie zu beschönigen. In der Gruppe ist der Egel derjenige, der mehr Wert aus der

Gemeinschaft zieht, als er einbringt: der die Ideen anderer aufgreift, leicht umformt und als seine ausgibt – und sich nach vorn schiebt, wenn am Ende gefragt wird, wer was geleistet hat. Jede Gruppe kennt diese Rolle. Sie ehrlich zu benennen, hilft mehr, als sie zu übersehen.

Rollen, keine Etiketten. Und jetzt der wichtigste Satz dieses Kapitels: Das sind Rollen, keine Etiketten für Menschen. Niemand ist „eine Biene“. Dieselbe Person kann in der einen Gruppe die treibende Biene sein und in einer anderen, müde und überfordert, zum Egel werden. Die Rolle gehört nicht zum Menschen, sondern zur Beziehung – sie kann sich von Gruppe zu Gruppe und von Woche zu Woche ändern. Deshalb misst das Werkzeug, das du im nächsten Kapitel baust, auch nie „wer jemand ist“, sondern nur, welche Rolle er in genau diesem Chat, in genau dieser Zeit gespielt hat. Wer das vergisst und einen Mitschüler für immer zum „Egel“ stempelt, hat das Buch der Natur falsch gelesen.

Im nächsten Kapitel verlassen wir die Beschreibung und werden praktisch. Wir nehmen einen echten Gruppen-Chat – die Planung einer Klassenfahrt – und bauen, Schritt für Schritt mit Hilfe eines Sprachmodells, ein Programm, das diese fünf Rollen allein aus den verwendeten Wörtern erkennt. Es ist das erste vollständige Lese-Werkzeug dieses Buches.

Kapitel 7 · Ehrliche Signale lesen — das Symbionten-Werkzeug

Was unsere Wortwahl verrät — und wie ein Sprachmodell es uns zeigt

WORUM ES IN DIESEM KAPITEL GEHT

Wenn fünf Menschen zusammen eine Klassenfahrt planen, schreibt jede Person anders. Eine wirft ständig neue Reiseziele in den Chat. Eine andere schreibt Listen mit Flugzeiten. Eine andere postet hübsche Fotos von der Hostel-Dachterrasse. Eine vierte beruhigt, wenn die Diskussion eskaliert. Eine fünfte liest mit und schiebt sich am Ende nach vorn. Wir bauen in diesem Kapitel ein Programm, das aus einem WhatsApp-Chat genau diese fünf Rollen erkennt — nur durch das Zählen bestimmter Wörter. Und wir lassen uns das Programm Schritt für Schritt von einem Sprachmodell schreiben.

Was Pennebaker am Wort „ich“ entdeckt hat

In den 1990er-Jahren hatte der amerikanische Psychologe James Pennebaker eine ungewöhnliche Idee. Er fragte sich: Verraten Menschen in ihrer Wortwahl Dinge über sich, die ihnen selbst nicht auffallen? Pennebaker und sein Team analysierten Tausende von Texten — Tagebücher, E-Mails, Aufsätze — mit einem einfachen Computerprogramm, das nur kleine Wörter zählte: „ich“, „du“, „aber“, „weil“, Artikel, Pronomen. Wörter also, über die niemand bewusst nachdenkt.

Das Ergebnis war so robust, dass es heute zum Standard der Sprachpsychologie gehört: Menschen, die unter Depressionen leiden, verwenden deutlich häufiger das Wort „ich“ als nicht-depressive Menschen. Sie sagen vielleicht selbst: „Mir geht es gut“ — aber ihre Wortzählung verrät etwas anderes. Solche unbewussten Sprachmuster sind die ehrlichen Signale der Sprache — Verhaltensspuren, die wir nicht bewusst kontrollieren und die deshalb mehr verraten als das, was wir absichtlich sagen.

Diese Entdeckung ist die Grundlage für alles, was in diesem Kapitel folgt. Sie sagt: Wenn wir Wörter zählen statt Inhalte interpretieren, können wir Persönlichkeitsmuster erkennen, die der schreibenden Person selbst gar nicht bewusst sind. Das klingt nach Magie, ist aber im Kern Statistik.

Sechs Signale kreativer Zusammenarbeit

In meiner eigenen Forschung der vergangenen zwanzig Jahre am MIT habe ich Pennebakers Methode auf Gruppen erweitert. Wenn fünf, zehn oder hundert Menschen über Monate gemeinsam an einer Idee arbeiten — in Schulklassen,

Forschungsteams, Open-Source-Projekten –, lassen sich aus ihrem gemeinsamen Schriftverkehr sechs robuste Signale ablesen, die voraussagen, ob die Gruppe kreativ produktiv sein wird oder nicht. Diese sechs Signale wurden in Kapitel 5 eingeführt und werden in Teil IV ausführlich beschrieben; hier reicht eine kurze Erinnerung: Es geht um die Art, wie Führung in der Gruppe verteilt ist, wie schnell die Mitglieder aufeinander reagieren, wie ehrlich Stimmungen geäußert werden dürfen und wie sehr die Gruppe eine eigene Sprache entwickelt.

In diesem Kapitel arbeiten wir nicht mit den sechs Signalen direkt, sondern mit ihrer Verdichtung in fünf Symbionten-Rollen: Biene (die Kreative), Ameise (die Ausführerin), Schmetterling (die Gestalterin), Capybara (die HarmonisiererIn) und Egel (der Nehmer). Du hast sie in Kapitel 6 ausführlich kennengelernt – dort steht auch der wichtige Satz, dass es Rollen sind, keine Etiketten für Menschen. Für dieses Kapitel genügt eine Erinnerung an den Egel, weil er die Analyse am Ende knifflig macht: Er bringt selbst keine eigenen Beiträge ein, ist aber nicht still – er greift Ideen anderer auf, formt sie leicht um und präsentiert sie als seine. Wenn am Ende eine Lehrerin fragt, wer was geleistet hat, schiebt er sich nach vorn, vor genau die Personen, deren Arbeit er übernommen hat.

Die These dieses Kapitels lautet: Diese fünf Rollen lassen sich aus den verwendeten Wörtern erkennen – in einem WhatsApp-Chat einer Klassenfahrt-Planung genauso wie in den E-Mails eines Forschungsteams.

Unser Beispiel: die Klassenfahrt nach Lissabon

Stell dir vor, eine elfte Klasse plant ihre Studienfahrt. Fünf Schülerinnen und Schüler übernehmen die Vorbereitung und legen dafür eine WhatsApp-Gruppe an: Mira, Tom, Lara, Jonas und Felix. Sie kennen sich seit Jahren aus der Klasse. In den nächsten zwei Wochen schreiben sie 33 Nachrichten. Hier ist der vollständige Verlauf:

Mira · Mo 14:02	Ich hätte mega Lust auf Lissabon. Was haltet ihr davon?
Mira · Mo 14:03	Idee: wir könnten auch über Porto zurück, das soll richtig schön sein.
Tom · Mo 14:05	Habe mal die Flüge geschaut. Lissabon Hin/Zurück ab Düsseldorf so 180 Euro im Mai. Hier die Liste mit drei Anbietern.
Lara · Mo 14:11	Boah ja Lissabon! Da gibt's so eine Aussichtsterrasse über den Dächern, könnte ich für unser Programm-Plakat nehmen 😊
Jonas · Mo 14:18	Beide Vorschläge haben was. Lass uns das in Ruhe sammeln, bevor wir entscheiden.
Felix · Mo 18:42	Idee: warum nicht Lissabon UND Porto? Beide an einem Trip mitnehmen, das wäre richtig was.
Mira · Di 08:51	Ja Felix, genau wie ich gestern schon meinte 😊 Porto wäre toll, Tom kannst du mal Zugverbindungen Lissabon-Porto schauen?

Mira · Di 09:14	Was haltet ihr davon, einen Tag Surfen einzubauen? In Cascais soll es perfekte Wellen für Anfänger geben.
Tom · Di 09:30	Hostel-Recherche ist fertig. Drei Optionen, alle unter 30 Euro pro Nacht, Lage geprüft. Tabelle im Drive.
Lara · Di 09:42	Ich kümmere mich ums Programm-Heft. Schaut mal, ich hab schon ein Logo entworfen — passt das zu Lissabon?
Jonas · Di 10:01	Lara, stark gemacht. Tom, danke für die Tabelle. Mira, dein Surf-Tag klingt gut, kostet er extra?
Mira · Di 14:20	Stell dir vor, wir machen abends auch ein Fado-Konzert. Wäre eine ganz andere Erfahrung als nur Strand.
Tom · Di 14:35	Konkret: Surf-Tag in Cascais kostet 45 Euro pro Person, Fado-Konzert ab 18 Euro. Ich rechne das ins Budget ein.
Felix · Di 22:11	Wassersport-Tag an der Atlantikküste wäre für mich ein Highlight. Sowas muss bei Lissabon einfach dabei sein.
Lara · Mi 08:50	Ich hab gestern abend ein Stimmungsbild für den Insta-Post gemacht — orange Sonnenuntergang, weiße Häuser. Schaut mal!
Mira · Mi 09:02	Lara das Bild ist wunderschön! Idee: wir könnten den Insta-Account schon vor der Fahrt starten, als Vorfreude.
Tom · Mi 09:15	Anmeldung läuft bis Freitag. Wer ist jetzt fix dabei? Bitte hier kurz „ja“ oder „nein“.
Jonas · Mi 09:20	Ja von mir.
Lara · Mi 09:21	Ja klar! Und ich gestalte gerne die Anmelde-Mail mit, soll ich was vorschlagen?
Mira · Mi 09:25	Ja! Und neue Idee: jeder bringt einen Song für die gemeinsame Spotify-Playlist mit.
Felix · Mi 13:55	Habe übrigens meinen Eltern unsere Lissabon-Planung vorgestellt — Programm-Heft, Insta-Konzept, alles. Sie waren begeistert.
Tom · Do 10:00	Status: 5 Anmeldungen reingekommen. Felix, schau bitte nochmal über die Hostel-Tabelle, falls du was beitragen willst, sonst geht's morgen früh raus.
Jonas · Do 10:14	Lara, das Programm-Heft sieht super aus, klasse Arbeit. Tom, danke fürs Hostel-Buchen.
Lara · Do 11:30	Habe das Programm-Heft fertig gestaltet. Schaut mal — passt der orange Farbverlauf zum Lissabon-Vibe?
Mira · Do 14:08	Idee für den letzten Abend: Picknick am Tejo mit Pastel de Nata? Wäre ein schöner Abschluss.
Tom · Do 14:45	Picknick: ok, kostet ca. 8 Euro pro Person für Snacks. Ich kümmere mich um den Einkauf vor Ort.
Felix · Fr 08:30	Frau Berger hat mich gerade angesprochen, ich hab ihr unsere Reise-Planung in groben Zügen erklärt. Sie war richtig beeindruckt von dem, was wir auf die Beine gestellt haben.
Tom · Fr 08:45	5 von 5 fix. Anmeldung wird abgeschickt.
Jonas · Fr 09:00	Super, dass es geklappt hat. Tolle Aktion von allen.
Lara · Fr 12:11	Insta-Account ist online: @11b_lissabon. Erstes Bild gepostet — schaut mal vorbei!
Mira · Fr 14:00	Was wenn wir eine kleine Reise-Tagebuch-App machen? Jeder schreibt jeden Tag drei Sätze rein.
Lara · Fr 14:20	Idee gefällt mir, ich entwerfe das Layout dafür.

Jonas · Fr 14:35

Klingt gut. Lass uns das nicht zu groß machen, kein Stress, drei Sätze reichen.

Lies den Chat in Ruhe durch, bevor du weiterliest. Versuche dabei einmal, jeder der fünf Personen intuitiv eine Symbionten-Rolle zuzuordnen — also: Wer ist Biene, wer Ameise, wer Schmetterling, wer Capybara, wer Egel? Notiere deine Vermutung.

Welche Wörter verraten welche Rolle?

Wenn du den Chat aufmerksam gelesen hast, ist dir wahrscheinlich aufgefallen: Die fünf Personen schreiben ganz unterschiedlich. Mira fängt fast jede ihrer Nachrichten mit etwas Neuem an: „Idee:“, „stell dir vor“, „was haltet ihr davon“. Tom benutzt sachliche, planende Wörter: „konkret“, „ich kümmere mich“, „fertig“. Lara arbeitet mit ästhetischen Wörtern: „schön“, „gestalten“, „schaut mal“, „passt“. Jonas spricht beruhigend: „in Ruhe“, „lass uns“, „ich verstehe“. Bei Felix ist es schwieriger. Auf den ersten Blick klingt er wie eine Mischung aus Mira und Lara. Aber wenn du genauer hinschaust, kommen seine „Ideen“ immer kurz nach denen anderer — und am auffälligsten ist, wie häufig er Außenstehende erwähnt: „meinen Eltern“, „ihr“ (die Lehrerin), „beeindruckt von“. Er positioniert sich nach außen.

Diese Beobachtung ist die Grundlage unserer Analyse. Wir definieren für jede Symbionten-Rolle eine kleine Liste von typischen Wörtern und Phrasen — eine sogenannte Wortliste. Dann zählen wir, wie oft jede Person Wörter aus welcher Liste verwendet. Die Person mit den meisten Biene-Wörtern ist (wahrscheinlich) die Biene; die mit den meisten Egel-Wörtern ist (wahrscheinlich) der Egel. „Wahrscheinlich“, weil dieses Verfahren nicht perfekt ist — wir sprechen am Kapitelende darüber, wo seine Grenzen liegen.

Rolle	Typische Wörter und Phrasen
Biene	<i>idee, neu, was haltet ihr von, wir könnten, stell dir vor, was wenn</i>
Ameise	<i>fertig, erledigt, ich kümmere mich, hier die liste, konkret, status</i>
Schmetterling	<i>schön, schaut mal, gestalten, passt, stimmung, design, logo</i>
Capybara	<i>in ruhe, lass uns, kein stress, danke, klingt gut, von allen, ich verstehe, vermitteln</i>
Egel	<i>habe meinen eltern, hab ihr, beeindruckt von, was wir auf die beine, für mich ein highlight</i>

Diese Listen sind kein Naturgesetz. Sie sind unsere Hypothese darüber, welche Wörter zu welcher Rolle passen. Eine andere Forscherin könnte andere Listen vorschlagen — und müsste dann begründen, warum. Genau das ist der wissenschaftliche Kern dieser Analyse: Wir machen unsere Annahmen explizit, schreiben sie auf, und können sie kritisieren.

Prompt-Werkstatt: lass dir das Programm schreiben

Wir programmieren in diesem Kapitel nicht selbst – wir lassen das Programm Schritt für Schritt von einem Sprachmodell schreiben. Dafür verwenden wir Claude (kostenlos auf claude.ai), du kannst aber genauso ein anderes Sprachmodell benutzen. Wichtig ist nur, dass du verstehst, was das Sprachmodell für dich tut und warum der erzeugte Code funktioniert.

Wir bauen das Programm in vier kleinen Schritten auf. Bei jedem Schritt formulierst du eine Anfrage (einen sogenannten Prompt), das Sprachmodell antwortet mit Code, und wir schauen uns den Code gemeinsam an. Den Code kopierst du in eine Datei mit der Endung `.py` und führst ihn mit Python aus.

Schritt 1 – Den Chat als Datei einlesen

DU TIPPST

Hallo Claude, ich habe einen WhatsApp-Chat-Export als Textdatei `chat.txt` im selben Ordner wie mein Python-Skript. Jede Zeile sieht so aus: "Mo 14:02 - Mira: Idee für Lissabon". Schreibe mir bitte ein Python-Programm, das die Datei einliest und alle Nachrichten als Liste von drei Werten ausgibt: Zeit, Absender, Text.

Claude antwortet mit einem kurzen Programm. So sieht es aus (mit Erklärungen, die wir gleich durchgehen):

```
# Programm: chat_einlesen.py

nachrichten = []

with open('chat.txt', encoding='utf-8') as datei:
    for zeile in datei:
        if ' - ' not in zeile or ': ' not in zeile:
            continue
        zeit_und_rest = zeile.split(' - ', 1)
        zeit = zeit_und_rest[0]
        absender_und_text = zeit_und_rest[1].split(': ', 1)
        absender = absender_und_text[0]
        text = absender_und_text[1].strip()
        nachrichten.append((zeit, absender, text))

print(f'Insgesamt {len(nachrichten)} Nachrichten gefunden.')
for zeit, absender, text in nachrichten[:3]:
    print(f'{zeit} | {absender}: {text}')
```

Was passiert hier? Lass uns die wichtigsten Zeilen durchgehen:

- `nachrichten = []` – wir legen eine leere Liste an, in der wir später alle Nachrichten sammeln.
- `with open(...)` `as datei:` – wir öffnen die Chat-Datei zum Lesen; das `with`-Konstrukt sorgt dafür, dass die Datei am Ende automatisch geschlossen wird.
- `for zeile in datei:` – wir gehen jede Zeile der Datei einzeln durch.

- `if ' - ' not in zeile ... continue` — hat eine Zeile nicht das erwartete Format (etwa eine Leerzeile), springen wir weiter zur nächsten.
- `split(' - ', 1)` — wir zerschneiden die Zeile am ersten „ - “ in Zeit und Rest, dann den Rest an „: “ in Absender und Text.
- `nachrichten.append((zeit, absender, text))` — wir hängen die drei Werte als ein Tupel an unsere Liste an.

Wenn du dieses Programm ausführst, sollte etwa stehen:

```
Insgesamt 33 Nachrichten gefunden.
Mo 14:02 | Mira: Idee für Lissabon
Mo 14:03 | Mira: Idee: wir könnten auch über Porto zurück...
Mo 14:05 | Tom: Habe mal die Flüge geschaut...
```

Wenn das klappt, hast du den ersten Schritt geschafft: Das Programm versteht jetzt die Struktur eines WhatsApp-Chats.

Schritt 2 — Die Wortlisten ins Programm schreiben

DU TIPPST

Sehr gut. Jetzt erweitere das Programm: definiere fünf Wortlisten als Python-Wörterbuch (dict), wie ich sie dir gleich schicke. Die Schlüssel sind die Rollennamen, die Werte sind Listen mit Wörtern und Phrasen. Hier sind die Listen: ...

Du fügst die Listen aus der Tabelle oben in deinen Prompt ein. Claude erweitert das Programm um etwa diesen Block:

```
wortlisten = {
    'Biene': ['idee', 'neu', 'was haltet ihr von',
             'wir könnten', 'stell dir vor', 'was wenn'],
    'Ameise': ['fertig', 'erledigt', 'ich kümmere mich',
              'hier die liste', 'konkret', 'status'],
    'Schmetterling': ['schön', 'schaut mal', 'gestalten',
                     'passt', 'stimmung', 'design', 'logo'],
    'Capybara': ['in ruhe', 'lass uns', 'kein stress', 'danke',
                'klingt gut', 'von allen', 'ich verstehe',
                'vermitteln'],
    'Egel': ['habe meinen eltern', 'hab ihr',
            'beeindruckt von', 'was wir auf die beine',
            'für mich ein highlight'],
}
```

Ein Wörterbuch (englisch dict) ist eine Python-Datenstruktur, die zu jedem Schlüssel einen Wert speichert. Hier sind die Schlüssel die Rollennamen und die Werte die Wortlisten. Mit `wortlisten['Biene']` erhältst du zum Beispiel die Biene-Wörter zurück.

Schritt 3 — Die Wörter pro Person zählen

DU TIPPST

Jetzt der Hauptteil: schreibe eine Funktion, die für jede Person im Chat zählt, wie oft Wörter aus jeder Wortliste vorkommen. Das Ergebnis soll ein verschachteltes dict sein: pro Person ein dict, das pro Rolle einen Zähler enthält.

```

def zaehle_woerter(nachrichten, wortlisten):
    treffer = {} # leeres Wörterbuch für die Ergebnisse
    for zeit, absender, text in nachrichten:
        # falls diese Person noch nicht im Wörterbuch ist, leg sie an
        if absender not in treffer:
            treffer[absender] = {rolle: 0 for rolle in wortlisten}
        # Text klein schreiben, damit "Idee" und "idee" gleich zählen
        text_klein = text.lower()
        for rolle, woerter in wortlisten.items():
            for wort in woerter:
                if wort in text_klein:
                    treffer[absender][rolle] += 1
    return treffer

ergebnis = zaehle_woerter(nachrichten, wortlisten)

for person, zaehler in ergebnis.items():
    print(f'\n{person}:')
    for rolle, anzahl in zaehler.items():
        print(f'  {rolle:14s} {anzahl} Treffer')

```

Diese Funktion ist das Herzstück des Programms. Sie geht jede Nachricht durch, schaut für jede der fünf Rollen jedes Wort an und prüft mit `if wort in text_klein`, ob das Wort irgendwo im Text vorkommt. Falls ja, wird der Zähler für diese Person und diese Rolle um 1 erhöht. Das Ergebnis sieht für unseren Chat etwa so aus:

```

Mira:
  Biene          9 Treffer
  Ameise         0 Treffer
  Schmetterling  3 Treffer
  Capybara       0 Treffer
  Egel           0 Treffer

Tom:
  Biene          0 Treffer
  Ameise         5 Treffer
  Schmetterling  0 Treffer
  Capybara       0 Treffer
  Egel           0 Treffer

Lara:
  Biene          1 Treffer
  Ameise         2 Treffer
  Schmetterling  8 Treffer
  Capybara       0 Treffer
  Egel           0 Treffer

Jonas:
  Biene          0 Treffer
  Ameise         0 Treffer
  Schmetterling  0 Treffer
  Capybara       9 Treffer
  Egel           0 Treffer

Felix:
  Biene          1 Treffer
  Ameise         0 Treffer
  Schmetterling  0 Treffer
  Capybara       0 Treffer
  Egel           4 Treffer

```

Vier der fünf liefern ein eindeutiges Bild: Mira dominiert bei der Biene (9 Treffer), Tom bei der Ameise (5), Lara beim Schmetterling (8), Jonas beim Capybara (9). Kleine Nebentreffer gibt es fast überall — Mira benutzt hier und da ein ästhetisches Wort, Lara ein Ameisen-Wort —, doch der Schwerpunkt ist jeweils klar. Bei Felix ist es interessanter: Er hat vier Egel-Treffer, aber auch einen Biene-Treffer. Wenn du genau hinschaust, siehst du, woher der kommt: Felix beginnt seine erste Nachricht mit „Idee:“ — er übernimmt Miras Stil, präsentiert aber einen Vorschlag, den Mira fünf Stunden früher gemacht hatte. Genau das ist Egel-Verhalten: Er klingt wie eine Biene, ist aber keine. Diese Mehrdeutigkeit ist eine echte Schwäche unseres Verfahrens, auf die wir am Kapitelende zurückkommen.

Schritt 4 — Eine kleine Visualisierung

DU TIPPST

Letzter Schritt: zeige das Ergebnis als Balkendiagramm. Pro Person eine Reihe, fünf Balken nebeneinander für die fünf Rollen, in unterschiedlichen Farben. Verwende matplotlib.

Claude liefert ein Skript mit der matplotlib-Bibliothek (die du einmalig mit pip install matplotlib installierst). So sieht das fertige Balkendiagramm für unseren Lissabon-Chat aus:

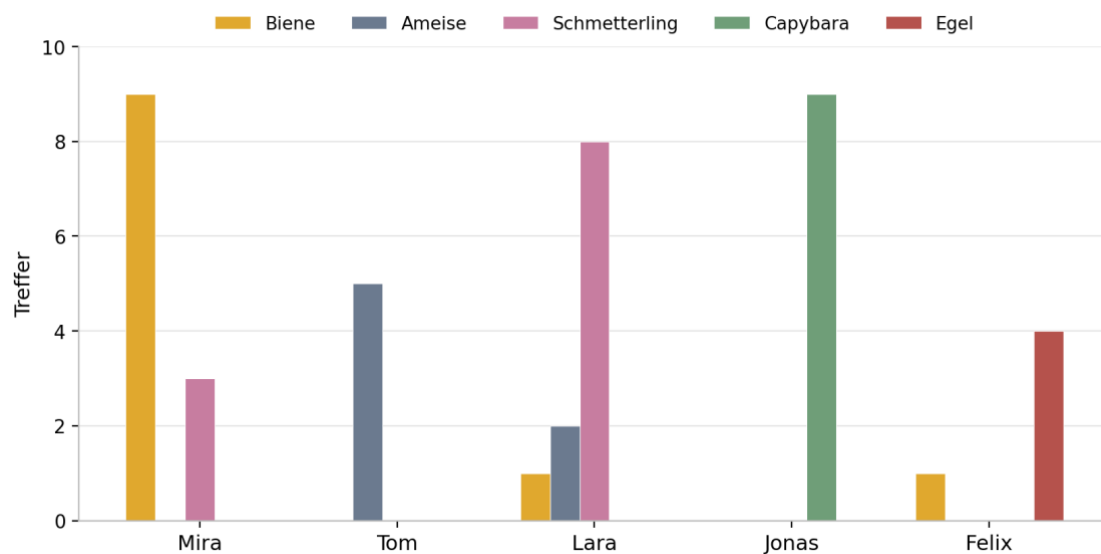


Abbildung 4: Symbionten-Treffer pro Person im Lissabon-Chat. Jede Person hat einen klaren Schwerpunkt in genau einer Rolle; kleine Nebentreffer (etwa Mira beim Schmetterling, Lara bei der Ameise) sind normal. Nur Felix verteilt sich auffällig — vier Egel-Treffer und ein Biene-Treffer aus dem übernommenen Beitrag.

Auf einen Blick siehst du: Mira ist die Biene, Tom die Ameise, Lara der Schmetterling, Jonas das Capybara. Felix dagegen ragt beim Egel heraus — und der kleine Biene-Balken erinnert daran, wie er Miras Idee als seine ausgab. Du

kannst dieses Bild in deine Hausaufgabe einfügen oder als Diskussionsgrundlage in der Klasse präsentieren.

WAS DU ÜBER DAS PROMPTEN GELERNT HAST

Geh in kleinen Schritten vor. Ein langer Prompt wie „schreibe mir das ganze Programm“ funktioniert selten gut. Vier kleine Schritte sind besser als ein großer.

Beschreibe das Datenformat genau. „Jede Zeile sieht so aus: ...“ hilft dem Sprachmodell mehr als allgemeine Beschreibungen.

Sag, was du am Ende sehen willst. „Ergebnis als Balkendiagramm“ ist klarer als „visualisiere das schön“.

Behalte die Kontrolle. Verstehst du eine Code-Zeile nicht, lass sie dir vom Sprachmodell erklären. Es ist dein Werkzeug, nicht dein Lehrer.

Grenzen unserer Methode — wo Vorsicht geboten ist

Wir haben gerade ein Programm gebaut, das aus einem Chat fünf Persönlichkeitsrollen erkennt. Das Ergebnis sieht beeindruckend aus. Aber was haben wir tatsächlich gemessen?

Erste Grenze: unser Beispiel-Chat ist konstruiert. Wir haben den Chat selbst geschrieben — und zwar so, dass jede Person eine klare Rolle hat. In einem echten WhatsApp-Chat sind die Grenzen viel unschärfer. Eine Person kann gleichzeitig Biene und Schmetterling sein oder je nach Tagesform zwischen Rollen wechseln. Dass unsere Methode mit diesem Chat so klar funktioniert, beweist nicht, dass sie mit jedem Chat so klar funktioniert.

Zweite Grenze: unsere Wortlisten sind eine Hypothese. Wir haben behauptet, dass „idee“ und „stell dir vor“ zur Biene gehören. Aber jemand könnte „idee“ verwenden, ohne kreativ zu sein, und jemand könnte sehr kreativ sein, ohne je das Wort zu benutzen. Wortlisten sind grobe Werkzeuge. Bessere Verfahren — etwa solche, die auf Sprachmodellen wie BERT basieren — verstehen Bedeutung im Kontext, statt nur Wörter zu zählen. Solche Verfahren stehen im Werkzeugkasten der KI (Kapitel 3); die Master-Erweiterung am Ende dieses Kapitels zeigt eines davon in Aktion.

Dritte Grenze: Wortzählung erkennt nicht alles. Du hast es bei Felix gesehen: Sein Egel-Verhalten — Ideen anderer übernehmen und nach außen als seine verkaufen — wird von unserer Wortliste nur teilweise erfasst. Wir bekommen einen Hinweis (die Selbst-Positionierungs-Wörter „meinen Eltern“, „hab ihr“, „beeindruckt von“), übersehen aber den eigentlichen Mechanismus:

dass Felix' „Ideen“ inhaltlich Wiederholungen der Ideen anderer sind. Um das zu erkennen, müssten wir Bedeutungs-Ähnlichkeit über die Zeit messen. Genau das leisten moderne Sprachmodelle – die Master-Erweiterung greift es auf.

Vierte Grenze – die wichtigste: Wir haben über andere Menschen geurteilt, ohne sie zu fragen. Das ist ein ernsthafter Punkt. Bevor du dieses Programm auf einen echten Chat anwendest, überlege zwei Dinge: Erstens, sind die anderen einverstanden? Wenn nicht, ist die Analyse keine Wissenschaft, sondern Spionage. Zweitens, was machst du mit dem Ergebnis? Wenn dein Programm jemanden als „Egel“ einstuft – sagst du es ihr? Halten dich Vermutungen über andere davon ab, sie wirklich kennenzulernen?

Diese vier Grenzen sind kein Grund, die Methode wegzuwerfen. Sie sind ein Grund, sie ehrlich zu beschreiben. Genau das unterscheidet KI-Mündigkeit von blindem KI-Vertrauen.

VERTIEFUNG · CODE, INTERAKTIV UND ZUM WEITERLESEN

Die vollständigen, lauffähigen Code-Beispiele dieses Kapitels stehen im GitHub-Repository github.com/pgloor/verborgene-signale-code. Begleitend gibt es eine interaktive Web-Version dieses Kapitels, in der du die Code-Schritte direkt im Browser ausführen und mit eigenen Chats ausprobieren kannst: hidden-signals.swarmcreativity.com/kapitel7.html.

Wer das Framework der sechs ehrlichen Signale genauer verstehen möchte, findet im 12-minütigen Vortrag „Six Honest Signals of Creative Communication“ (YouTube) eine Schritt-für-Schritt-Erklärung anhand realer Forschungsdaten. Weitere praktische Kapitel – auch mit eigener Hardware – folgen in Teil III.

Diskussionsfragen zum Kapitelabschluss

- Pennebaker fand heraus, dass depressive Menschen häufiger „ich“ sagen. Wenn du dieses Wissen jetzt hast – würdest du dich anders verhalten, wenn du etwas schreibst? Verändert die Forschung dadurch das, was sie eigentlich messen wollte?
- Du hast einen Chat analysiert. Wenn die fünf Personen erfahren würden, dass du sie in fünf Schubladen gesteckt hast – wie würden sie reagieren? Was würdest du ihnen sagen?
- Felix übernimmt mehrfach Ideen anderer und präsentiert sie als seine. Eine direkte Konfrontation findet im Chat nie statt. Warum, glaubst du, vermeiden Gruppen oft die offene Auseinandersetzung mit solchem

Verhalten? Welche langfristigen Folgen hat es, wenn niemand etwas sagt?

- Stell dir vor, ein Unternehmen analysiert die E-Mails seiner Mitarbeiterinnen mit einem ähnlichen Programm. Wäre das in Ordnung? Welche Bedingungen müssten erfüllt sein? Recherchiere, was die Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) dazu sagt.
- Im nächsten Buchteil werden wir sehen, dass auch eine Pflanze „ehrliche Signale“ aussendet – elektrische Spannungen, die ihren Zustand verraten. Welche Eigenschaft macht ein Signal zu einem ehrlichen Signal? Ist sie an Bewusstsein gebunden, oder reicht ein Mess-Apparat?

MASTER-ERWEITERUNG · Vom Wortzählen zum Sprachmodell – der Symbionten-Klassifikator

Dieser Abschnitt richtet sich an fortgeschrittene Lesende, die Programmiererfahrung haben und die Methode aus dem Basisteil weitertreiben möchten. Im Master-Kurs an MIT, HSLU und der Universität zu Köln, in dem dieses Material erprobt wird, ist genau dieser Schritt der zentrale Lernanlass. Der Wortlisten-Ansatz hat zwei Schwächen: Er erkennt keine stilistische Schmetterlings-Person, die nie wörtlich „schön“ sagt, sondern ästhetisch schreibt. Und vor allem erkennt er den Egel nur unzuverlässig – denn dessen eigentliche Signatur ist nicht ein Wort, sondern die Wiederholung einer Idee, die zuvor jemand anderes geäußert hat. Die Erweiterung verfolgt einen zweistufigen Ansatz, in der Sprachverarbeitung als weak supervision bekannt:

Schritt 1 – Trainingsdatensatz mit dem einfachen Verfahren

erzeugen. Wir sammeln 100 bis 500 anonymisierte Chats (etwa aus Open-Source-Foren oder dem COINs-Forschungskorpus), wenden den Wortlisten-Klassifikator an und erhalten automatisch Pseudo-Labels. Das ist nicht perfekt, aber gut genug als Lehrer-Modell.

Schritt 2 – Ein deutsches BERT-Modell feintunen. Mit den Pseudo-Labels trainieren wir ein vortrainiertes Modell wie gbert-base auf die Symbionten-Klassifikation. Die Hugging-Face-Bibliothek transformers macht das in etwa 30 Zeilen Python möglich; Trainingsdauer auf einer Standard-GPU: 1–2 Stunden.

Schritt 3 – Den Egel mit semantischer Ähnlichkeit fangen.

Zusätzlich berechnen wir für jede Nachricht die semantische Ähnlichkeit zu allen vorhergehenden Nachrichten anderer Personen (mit Sentence-BERT). Wer regelmäßig Beiträge produziert, die hohe Ähnlichkeit zu früheren Beiträgen anderer haben, ohne sie zu zitieren, ist ein Egel-Kandidat. In Felix'

Fall würde dieses Verfahren den Mo-18:42-Beitrag eindeutig als Übernahme von Miras Mo-14:03-Idee markieren.

Schritt 4 – Reflexion über die Methode. Auch das BERT-basierte Verfahren hat Grenzen: Wer einen Gedanken parallel und unabhängig hat, sieht für das Modell aus wie ein Egel. Können wir aus Verhaltensdaten allein zwischen Übernahme und unabhängiger Konvergenz unterscheiden? Die Literatur zur Plagiats-Erkennung gibt darauf keine eindeutige Antwort.

Die vollständige Anleitung mit Code, Trainingsdaten und einer kommentierten Jupyter-Notebook-Sitzung steht im GitHub-Repository github.com/pgloor/verborgene-signale-code (Ordner kap07-master) zur Verfügung.

ZUM SELBERMACHEN – DAS SYMBIONTEN-WERKZEUG

Das Werkzeug dieses Kapitels zum Selbermachen – von der fertigen App bis zum eigenen Sprachmodell (interaktive Version und Anleitungen online: hidden-signals.swarmcreativity.com/kapitel7.html).

7.1 Der Symbionten-Analyzer nutzen. Du wendest die fertige Web-Edition auf einen Beispiel-Chat an und liest die fünf Rollen allein aus den Wörtern heraus.

7.2 Die Prompt-Werkstatt. Statt selbst zu programmieren, lässt du dir den Analyzer in vier kleinen Schritten von einem Sprachmodell schreiben – und verstehst jeden Codeschnipsel, den du bekommst.

7.3 Symbionten-Klassifikator (Master). Für Fortgeschrittene: vom Wortzählen zum Sprachmodell – ein deutsches BERT feintunen und den Egel mit semantischer Ähnlichkeit fangen.

Teil II

Das unsichtbare Kollegium

Die Rosenkreuzer · Fama Fraternitatis 1614

*„Teilt euer Wissen frei — über alle Grenzen und Mauern hinweg.“
— nach der Fama Fraternitatis*

Dieselbe Maschine — hier liest sie Gesicht und Stimme: aus Bild und Spektrogramm.

Kapitel 8 · Das unsichtbare Kollegium – von der Bruderschaft zum Open Source

WORUM ES IN DIESEM KAPITEL GEHT

1614 kündigte eine Schrift eine geheime Bruderschaft an, die ihr Wissen über ein unsichtbares Netzwerk teilte. Die Bruderschaft war erfunden – die Idee aber wurde wahr. Dieses Kapitel folgt ihr bis heute: zu Open Source, offener Wissenschaft und den Werkzeugen, mit denen du in diesem Buch arbeitest. Und es zeigt, dass sich ein solches Kollegium selbst lesen lässt – als Netzwerk.

Im Jahr 1614 erschien in Kassel eine schmale Schrift mit großem Versprechen: die Fama Fraternitatis. Sie erzählte von einer geheimen Bruderschaft, den Rosenkreuzern, die über ganz Europa verstreut sei, die Kranken umsonst heile und ihr Wissen über ein unsichtbares Netz von Köpfen teile. Gelehrte in halb Europa suchten nach dieser Bruderschaft, schrieben Briefe, baten um Aufnahme. Vergeblich – denn es gab sie nicht. Die Fama war eine Fiktion.

Eine Fiktion, die wahr wurde. Aber es war eine Fiktion, die wirkte. Die Vorstellung eines offenen Kollegiums, in dem Wissen nicht gehortet, sondern geteilt wird, beflügelte eine ganze Generation. Wenige Jahrzehnte später gründete sich in London ein Kreis von Naturforschern, der genau diese Idee in die Tat umsetzte – die Royal Society. Einer ihrer Vordenker, Robert Boyle, sprach ausdrücklich von einem „unsichtbaren Kollegium“ (invisible college): einem Netzwerk von Forschenden, die ihre Ergebnisse offen austauschen, statt sie geheim zu halten. Aus einer Erfindung war ein Funktionsprinzip geworden.

Die unsichtbaren Kollegien von heute. Dieses Prinzip ist heute mächtiger denn je. Wikipedia ist ein unsichtbares Kollegium: Hunderttausende, die sich nie begegnet sind, schreiben gemeinsam an einem Wissensschatz. Die offene Wissenschaft, die ihre Daten und Aufsätze frei zugänglich macht, ist eines. Und am sichtbarsten: Open Source – Software, deren Quelltext offenliegt und an der jeder mitbauen darf. Das Betriebssystem, das die halbe Welt im Hintergrund antreibt, die Programmiersprache dieses Buches (Python), die Werkzeuge, mit denen wir gleich Gesichter und Stimmen lesen – sie alle sind das Werk solcher Kollegien.

Wer baut die Werkzeuge dieses Buches? Das ist kein Nebenschauplatz, sondern der Grund, warum dieses Buch überhaupt möglich ist. Vor zwanzig Jahren hätte das Lesen einer Emotion aus einem Gesicht ein Forschungslabor und teure Spezialsoftware gebraucht. Heute genügen ein paar Zeilen Python und

eine Bibliothek, die eine offene Gemeinschaft gebaut und verschenkt hat. Das Sprachmodell, das in Kapitel 7 dein Programm schrieb, das Modell, das in Kapitel 10 Sprache in Text verwandelt – sie stehen auf den Schultern Tausender, die meist nie füreinander bezahlt wurden. Die Rosenkreuzer haben von einem Netz freier Köpfe geträumt; du benutzt es täglich.

Ein Kollegium lässt sich lesen. Und hier schließt sich ein Kreis zu Teil I. Ein unsichtbares Kollegium ist ein Netzwerk – und Netzwerke lassen sich messen. Wer schreibt mit wem, wer verbindet wen, wo sitzt die starke, verbindende Führung (die Betweenness-Zentralität aus Kapitel 5)? Macht man das sichtbar, sieht man einer Gruppe an, ob sie kreativ blüht oder zerfällt. Ich nenne solche Gruppen Collaborative Innovation Networks – Netze, in denen Menschen aus eigenem Antrieb gemeinsam Neues schaffen. Sie sind die lebenden Nachfahren der erfundenen Bruderschaft von 1614.

Mein erstes Kollegium: das E-Mail-Archiv von Deloitte

Auf diese Idee kam ich an meinem eigenen Postfach. Bis Ende 2002 war ich Partner bei Deloitte und leitete dort das E-Business für Europa – und ich hatte den Verdacht, dass die wahre Zusammenarbeit in meinem Team ganz anders verlief, als es das Organigramm behauptete. Also tat ich etwas damals Ungewöhnliches: Ich nahm mein eigenes E-Mail-Archiv und das meiner Arbeitsgruppe, der „e-Champions“, und zeichnete daraus ein soziales Netzwerk – wer schrieb wem, wie oft, wie schnell kam die Antwort. Nicht den Inhalt der Mails las ich, sondern ihr Muster.

Das Ergebnis veränderte meine Sicht auf Organisationen für immer. Die wichtigsten Knoten im Netz – die Menschen, durch die das Wissen wirklich floss – waren oft nicht die mit dem höchsten Titel. Manche offiziellen Chefs saßen am Rand; manche unscheinbaren Mitarbeiterinnen waren die heimlichen Drehscheiben, ohne die nichts lief. Das Organigramm zeigt, wer wem Befehle gibt; das Kommunikationsnetz zeigt, wo die Innovation entsteht. Aus dieser Beobachtung wurde mein meistzitiertes Buch, *Swarm Creativity* (2006), und der Beginn von zwanzig Jahren Forschung über Collaborative Innovation Networks.

Die großen offenen Kollegien

Dieselbe Gestalt findet sich überall, wo Menschen freiwillig und über Hierarchien hinweg zusammenarbeiten. Das World Wide Web entstand so: Tim Berners-Lee schlug es vor, und ein offenes Netz von Freiwilligen baute es aus. Die technischen Regeln des Internets macht bis heute die IETF, ein loses Kollegium ohne Chef, dessen Leitsatz lautet: „grober Konsens und laufender Code“. Und das vielleicht reinste Beispiel ist Linux – ein Betriebssystem, das ein finnischer Student

namens Linus Torvalds 1991 anstieß und das heute, gebaut von Zehntausenden Freiwilligen rund um den Globus, auf den meisten Servern der Welt und in jedem Android-Handy läuft. Niemand hat es befohlen. Es entstand im Schwarm.

Die Gestalt eines Schwarms

Wenn man solche Netze zeichnet, haben sie eine charakteristische Form: Die meisten Mitglieder sind nur mit wenigen anderen verbunden, aber einige wenige – die Knotenpunkte – sind mit sehr vielen verknüpft. Forscher nennen das ein skalenfreies Netz. Diese Knotenpunkte halten den Schwarm zusammen; sie sind, um im Bild von Kapitel 6 zu bleiben, so etwas wie die Bienenkönigin im Bienenstock: nicht die Befehlshaberin, aber das Zentrum, um das sich alles ordnet. Bei Linux sitzt Linus Torvalds an genau dieser Stelle – und mit der Betweenness-Zentralität aus Kapitel 5 kannst du das nicht nur behaupten, sondern berechnen.

Die wichtigste Folge dieser offenen Kollegien für unser Thema ist einfach: Werkzeuge, die früher hinter Laboren verschlossen waren, liegen heute für alle bereit. Genau das machen die nächsten beiden Kapitel sichtbar – sie verwandeln zwei ganz alltägliche Geräte, eine Webcam und ein Mikrofon, in Lesegeräte für die ehrlichen Signale des Menschen.

ZUM SELBERMACHEN – DIE AKTIVITÄT ZU DIESEM KAPITEL

Ein echtes unsichtbares Kollegium lesen (Anleitung online: hidden-signals.swarmcreativity.com/akt-08-1.html).

8.1 Wer spricht mit wem? – die Bienenkönigin finden. Du holst dir die öffentlichen Beitragsdaten einer Open-Source-Gemeinschaft – etwa des Linux-Kernels – und zeichnest ihr Netzwerk: wer mit wem, wer im Zentrum steht und wer die heimliche Bienenkönigin ist (networkx).

Kapitel 9 • Das Gesicht als Lesegerät

WORUM ES IN DIESEM KAPITEL GEHT

Kein Teil des Körpers verrät so viel wie das Gesicht — und keine Sprache der Welt kennt es nicht. Dieses Kapitel zeigt, wie eine gewöhnliche Webcam mit Hilfe offener Software zum Lesegerät wird: wie ein Modell aus den winzigen Bewegungen eines Gesichts eine Stimmung errechnet, was es dabei zuverlässig erkennt — und was es prinzipiell nicht sehen kann.

Schon ein Säugling, der noch kein Wort versteht, liest Gesichter. Ein Lächeln, ein zusammengezogener Brauenbogen, ein geweiteter Blick — wir entziffern sie, bevor wir denken. Das Gesicht ist das ehrlichste Blatt des Körpers: Es bewegt sich oft schneller, als wir es kontrollieren können, und verrät in Sekundenbruchteilen, was wir vielleicht verbergen wollten. Genau diese Lesbarkeit macht es zum naheliegendsten Ziel, wenn eine Maschine lernen soll, ehrliche Signale zu lesen.

Wie die Maschine ein Gesicht liest. Der Weg ist genau der aus Kapitel 3. Eine Kamera liefert ein Bild — und Bilder sind die Paradedisziplin der KI. Ein Modell sucht zuerst nach festen Punkten im Gesicht: den Mundwinkeln, den Augenbrauen, den Lidern. Aus deren Stellung zueinander berechnet es Wahrscheinlichkeiten für Gefühlsausdrücke: so viel Prozent Freude, so viel Überraschung, so viel Ärger. Trainiert wurde es an Hunderttausenden von Gesichtsfotos, die Menschen zuvor von Hand mit Gefühlsetiketten versehen haben — wieder ein Werk offener Datensätze und Gemeinschaften, wie sie das vorige Kapitel beschrieb.

Meine eigene Spur. Mit genau dieser Technik habe ich jahrelang gearbeitet. In Projekten wie dem Happimeter und Perceptiface haben wir Gefühlsausdrücke aus Gesichtern in Echtzeit gemessen — nicht, um Menschen zu überwachen, sondern um zu verstehen, wie Stimmungen in Teams entstehen und wandern. Was dabei immer wieder verblüfft: wie viel ein kurzer Ausdruck verrät — und wie leicht man sich täuscht, wenn man ihm zu viel zutraut.

Dein Gesicht verrät, wer du bist

Und es geht weiter, als du vielleicht denkst. Das Gesicht verrät nicht nur, wie du dich gerade fühlst, sondern — über viele Reaktionen hinweg — wer du bist. In einer unserer Studien mit dem Titel „Your Face Mirrors Your Deepest Beliefs“ haben wir 85 Menschen eine Reihe von fünfzehn kurzen Videos sehr unterschiedlicher Art gezeigt: lustige, rührende, eklige, provozierende. Während sie schauten, las eine Kamera über Gesichtserkennung im Sekundentakt ihre

unwillkürlichen Reaktionen mit – kein Wort wurde gesprochen, nur das Gesicht arbeitete.

Aus diesem Muster der Reaktionen konnte ein Modell mit einer Genauigkeit von bis zu 86 Prozent Persönlichkeitseigenschaften und sogar moralische Grundhaltungen vorhersagen – also Dinge, die Menschen sonst in langen Fragebögen über sich angeben. Das Verblüffende: Kein einzelnes Video genügt. Erst die Mischung verrät dich – wie du auf das Rührende reagierst und zugleich auf das Provokante. Und oft ist diese Messung ehrlicher als der Fragebogen, denn im Selbsturteil schönen wir uns gern; das Gesicht tut das nicht. Das ist die ehrliche Signatur in Reinform – und genau deshalb auch beunruhigend.

Was sie nicht sieht. Denn das Gesicht hat Grenzen als Lesegerät, und ein mündiger Umgang heißt, sie zu kennen. Erstens misst das Modell einen Ausdruck, kein Gefühl: Ein hochgezogener Mundwinkel ist ein Lächeln, nicht zwingend Freude – Menschen lächeln aus Höflichkeit, Verlegenheit, sogar aus Schmerz. Zweitens lächeln nicht alle Kulturen gleich; ein Modell, das vor allem an westlichen Gesichtern trainiert wurde, liest andere schlechter. Und drittens war in vielen Trainingsdaten die Vielfalt der Menschen schlecht abgebildet – helle Gesichter überrepräsentiert, dunkle unterrepräsentiert –, weshalb solche Systeme bei manchen Menschen deutlich ungenauer sind. Das ist kein Randproblem: Es entscheidet, wem ein Werkzeug dient und wem es schadet.

Wessen Gesicht darfst du lesen? Damit wird das Gesicht zum heikelsten der Lesegeräte. Es liest sich aus der Ferne, ohne Berührung, oft ohne dass die gelesene Person es merkt. Dieselbe Frage wie in Kapitel 7 stellt sich hier noch schärfer: Wer hat zugestimmt? Eine Webcam, die deine eigene Stimmung spiegelt, ist ein Spielzeug der Selbsterkenntnis. Dieselbe Kamera, auf andere gerichtet, ohne ihr Wissen, ist Überwachung. Das Werkzeug ist dasselbe; der Unterschied liegt allein in der Einwilligung. Und weil ein Gesicht, wie wir gesehen haben, nicht nur die Stimmung, sondern Persönlichkeit und moralische Haltung verraten kann, wird diese Einwilligung zur Schlüsselfrage: Niemand sollte aus deinen unwillkürlichen Reaktionen ein Urteil über deinen Charakter ziehen dürfen, dem du nie zugestimmt hast.

Die goldene Regel. Heißt das, man dürfe so etwas nie tun? Nein. In zwanzig Jahren, in denen ich in echten Unternehmen Netzwerke und Persönlichkeiten gemessen habe, gab es eine Regel, die ich nie gebrochen habe und die am Ende jede Belegschaft überzeugt hat: aggregierte Ergebnisse für das Management, persönliche Ergebnisse nur für die Person selbst. Die Firma erfährt, wie es dem Team als Ganzem geht – wo die Zusammenarbeit hakt, wo die Stimmung kippt.

Welche einzelne Mitarbeiterin welche Werte hat, erfährt nur sie selbst, sonst niemand. Ich habe das jedem Teilnehmer zu Beginn gesagt und es ihm persönlich zugesichert, gedeckt von der Ethik-Kommission des MIT, die über genau solche Studien wacht. Diese eine Zusage hat aus einem Überwachungs-Verdacht ein Werkzeug der Selbsterkenntnis gemacht, dem die Menschen vertrauten. Sie gilt für jedes Lesegerät dieses Buches: Was du über andere herausfindest, gehört ihnen, nicht dir.

Übrigens bleibt dieses Lesegerät nicht auf den Menschen beschränkt. Dasselbe Verfahren liest die Haltung eines Hundes oder den Ausdruck eines Pferdes – davon handelt Teil III. Vorerst aber bleiben wir beim Menschen und wenden uns von seinem Gesicht seiner Stimme zu.

ZUM SELBERMACHEN – DIE AKTIVITÄTEN ZU DIESEM KAPITEL

Das Gesicht als Lesegerät – von der einfachen Demo bis zur heiklen Grenze (Anleitungen online: [hidden-signals.swarmcreativity.com/aktivitaeten.html](https://signals.swarmcreativity.com/aktivitaeten.html)).

9.1 Der Mimik-Spiegel. Ein Programm öffnet deine Webcam und zeigt im Sekundentakt, welche Gefühle es aus deinem Gesicht liest. Du erlebst, wie aus Pixeln Wahrscheinlichkeiten werden – und spürst das Unbehagen dabei.

9.2 Stimmung über eine Stunde. Du zeichnest deinen Emotionsverlauf über längere Zeit auf und plottest ihn – und siehst, wie sich Stimmung über den Tag bewegt.

9.3 Persönlichkeit aus Mimik (Master). Für Fortgeschrittene und bewusst als Reflexion: die Studie „You are what you post“ nachvollziehen, die aus vielen Reaktionen sogar Werthaltungen vorhersagt – und über die Grenzen dieses heiklen Lesegeräts nachdenken.

Kapitel 10 • Die Stimme als Unterschrift

WORUM ES IN DIESEM KAPITEL GEHT

Wir hören vor allem, was jemand sagt. Eine Maschine hört auch, wie: Tonhöhe, Tempo, Zittern, Pausen. Dieses Kapitel macht aus einem Mikrophon ein Lesegerät — es verwandelt Sprache in Text und liest in der Stimme die ehrlichen Signale unter den Worten. Und es stellt die unbequeme Frage, was geschieht, wenn sich diese Unterschrift fälschen lässt.

Sag den Satz „Mir geht es gut“ auf drei Arten: fröhlich, müde, wütend. Die Worte bleiben gleich — und doch versteht jeder sofort drei verschiedene Dinge. Was den Unterschied trägt, sind nicht die Worte, sondern der Klang: die Tonhöhe, das Tempo, die kleinen Brüche und Pausen. In diesem Klang steckt eine zweite Botschaft, oft ehrlicher als die erste. Die Stimme ist so etwas wie eine Unterschrift: so individuell, dass man Menschen am Telefon nach drei Worten erkennt — und so verräterisch, dass sie preisgibt, was die Worte verschweigen.

Vom Klang zum Bild — und zum Text. Auch hier führt der Weg über den Trick aus Kapitel 3: Ein Ton wird zum Spektrogramm, zum Bild seiner Frequenzen, und damit lesbar für dieselbe mustererkennende Maschinerie. Auf diese Weise verwandelt ein offenes Modell wie Whisper gesprochene Sprache zuverlässig in Text — ein Werkzeug, das noch vor wenigen Jahren undenkbar war und heute frei verfügbar ist, wieder ein Geschenk der unsichtbaren Kollegien. Aus demselben Spektrogramm lassen sich Merkmale wie Tonhöhe, Lautstärke und Sprechtempo herauslesen — und daraus, mit Vorsicht, Hinweise auf Anspannung oder Ruhe.

So einzigartig wie ein Fingerabdruck. Die Stimme trägt zweierlei zugleich: was du sagst und wer du bist. Ihre feinen, unverwechselbaren Eigenheiten erlauben es, Sprecher zu erkennen — die Grundlage davon, dass dein Telefon auf deine Stimme hört. Das ist nützlich und unheimlich zugleich. Und es erinnert an Kapitel 1: So wie viele Tiere in Frequenzen sprechen, die unser Ohr nicht erreicht, steckt auch in der menschlichen Stimme mehr, als wir bewusst hören — eine Maschine holt es heraus. Genau diese Einzigartigkeit lässt sich zu einem Schlüssel machen: Ein Modell, das die Stimmen einer Gruppe gelernt hat, erkennt am bloßen Klang, wer gerade spricht — dazu am Kapitelende mehr.

Wenn die Unterschrift gefälscht wird. Hier aber gerät der Leitgedanke dieses Buches ins Wanken. Ehrliche Signale galten als ehrlich, weil man sie nicht fälschen kann. Bei der Stimme stimmt das nicht mehr ganz: Aus wenigen Sekunden Aufnahme erzeugen heutige Modelle eine täuschend echte Kopie

deiner Stimme, die Sätze sagt, die du nie gesprochen hast. Die Unterschrift lässt sich fälschen. Das macht die Stimme zum eindrücklichsten Beispiel für die ehrliche Grenze: Ein Signal ist nur so ehrlich, wie es schwer zu fälschen ist – und Technik kann diese Schwelle verschieben. Wer Stimmen liest, muss von nun an auch fragen, ob eine Stimme überhaupt echt ist. Auch der Stimmschlüssel vom Ende dieses Kapitels ist davon betroffen: Eine gute Kopie könnte ihn öffnen – ein Grund, warum keine ernsthafte Sicherung allein auf der Stimme ruhen sollte.

Damit endet Teil II. Wir haben aus alltäglichen Geräten Lesegeräte gemacht – die Webcam für das Gesicht, das Mikrofon für die Stimme – und dabei die offenen Werkzeuge genutzt, von denen die Rosenkreuzer träumten. Bisher galt all das dem Menschen. Im nächsten Teil treten wir über die Artgrenze: Wir bauen den Babelfisch und richten unsere Lesegeräte auf Tiere und Pflanzen.

ZUM SELBERMACHEN – DIE AKTIVITÄT ZU DIESEM KAPITEL

Was die Stimme verrät, was die Wörter nicht sagen (Anleitung online: hidden-signals.swarmcreativity.com/akt-10-1.html).

10.1 Die Stimme als Unterschrift. Aus einer Aufnahme liest du Tonhöhe, Lautstärke und Sprechtempo heraus. Sprich denselben Satz fröhlich, müde und wütend und sieh, wie sich die Kurven ändern (librosa). Als Erweiterung lässt du Whisper die Aufnahme in Text verwandeln.

Bonus: „Sesam, öffne dich“ – der Stimmschlüssel. Als Klasse baut ihr einen Türöffner aus Stimme: Jede und jeder nimmt denselben Satz auf, und ein kleines Modell lernt, wer spricht.

Teil III

Der Babelfisch

Douglas Adams · Per Anhalter durch die Galaxis 1979

*„Schiebe dir den Babelfisch ins Ohr — und kein Lebewesen bleibt dir stumm.“
— nach Douglas Adams*

Dieselbe Maschine — hier liest sie Tier und Pflanze: aus Laut und elektrischer Spur.

Kapitel 11 · Pflanzen fühlen – und wie du es misst

WORUM ES IN DIESEM KAPITEL GEHT

Pflanzen haben kein Gehirn und keine Nerven – und trotzdem leiten sie elektrische Signale und reagieren auf Berührung, Licht und Verletzung. Dieses Kapitel zeigt, dass eine Pflanze messbare Signale aussendet, erklärt, woher sie kommen, und führt zum vielleicht überraschendsten Werkzeug dieses Buches: einem selbstgebauten Sensor, der die „Stimme“ einer Pflanze als Bild sichtbar macht.

In Douglas Adams' *Per Anhalter durch die Galaxis* gibt es ein kleines Wesen, den Babelfisch: Steckt man ihn sich ins Ohr, versteht man jede Sprache des Universums. Jahrhundertlang glaubten wir, nur Menschen und vielleicht ein paar Tiere hätten überhaupt etwas zu sagen; der Rest der Lebewesen schien stumm. Doch wie Kapitel 1 schon andeutete, war nicht die Natur stumm – uns fehlte der Babelfisch. Und am erstaunlichsten wird das bei jenen Lebewesen, denen wir am wenigsten zutrauen: den Pflanzen.

Pflanzen sind nicht passiv. Eine Pflanze hat kein Gehirn, keine Nerven, keinen Mund – und ist trotzdem alles andere als passiv. Die Venusfliegenfalle schnappt zu, wenn ein Insekt zwei ihrer Sinneshärchen berührt; ausgelöst wird das durch einen elektrischen Impuls, der einem Nervensignal verblüffend ähnelt, obwohl die Pflanze keine Nerven besitzt. Die Mimose klappt bei Berührung ihre Blätter ein. Und wie du in Kapitel 1 gelesen hast, stoßen gestresste Tomatenpflanzen ein für uns unhörbares Knacken aus. Pflanzen reagieren – auf Berührung, Licht, Verletzung, Trockenheit. Sie tun es nur langsamer und leiser, als wir es gewohnt sind.

Woher die Signale kommen. Diese Reaktionen haben eine messbare elektrische Seite. Jede Pflanzenzelle hält zwischen innen und außen eine kleine Spannung aufrecht – ähnlich wie eine winzige Batterie, in der Größenordnung von einem Zehntel Volt. Wird die Pflanze gereizt, öffnen sich Kanäle in den Zellwänden, geladene Teilchen strömen, und die Spannung ändert sich. Solche Änderungen pflanzen sich durch die Pflanze fort, von Blatt zu Wurzel. Das ist keine Sprache im menschlichen Sinn und schon gar kein Gefühl – aber es ist Information: Die Pflanze verarbeitet, was um sie herum geschieht, und schreibt es in winzige Spannungsschwankungen.

Der Sensor: ein Herzmessgerät für Pflanzen. Genau diese Schwankungen kann man lesbar machen – mit einem Bausatz, der auf ein Steckbrett passt und nur wenige Franken kostet. Sein Herz ist ein kleiner Chip namens AD8232, jener

rote Baustein auf den Fotos. Eigentlich ist er gebaut, um das menschliche Herz zu messen, ein EKG-Sensor; er verstärkt winzige Spannungsunterschiede so weit, dass man sie auslesen kann. Klemmt man seine Elektroden statt an die Brust an ein Blatt und in die Blumenerde, misst er die Signale der Pflanze. Daneben sitzt der ESP32, ein fingernagelgroßer Mikrocomputer mit WLAN, der das verstärkte Signal viele Male pro Sekunde einliest und an deinen Laptop schickt. Ein kleines OLED-Display zeigt die Kurve sofort an, damit du siehst, ob alles läuft. Wir nennen diesen selbstgebauten Fühler den Biolingo-Sensor – wieder ein Kind der offenen Werkzeuge aus Teil II.

Wie alles zusammenkommt. Für die Verkabelung brauchst du nur wenige Teile mehr: einige bunte Steckbrücken – die „Jumper“ – und einen einzelnen Widerstand, der das langsame Pflanzensignal glättet. Die Logik dahinter ist einfach. Der AD8232 bekommt vom ESP32 seinen Strom (3,3 Volt und Masse). Sein Ausgang – die verstärkte Spannung – wandert zurück an einen Mess-Eingang des ESP32. Und drei Klebeelektroden sind die eigentlichen Ohren am Pflanzenkörper: Zwei klebst du an die Pflanze, etwa an zwei Blätter oder an Blatt und Stängel, die dritte dient als Bezugspunkt. Mehr ist es im Kern nicht – die genaue Schritt-für-Schritt-Anleitung mit allen Steckplätzen steht online. Und wer gar nicht stecken und verkabeln möchte, bekommt denselben Sensor auch fertig im Gehäuse.

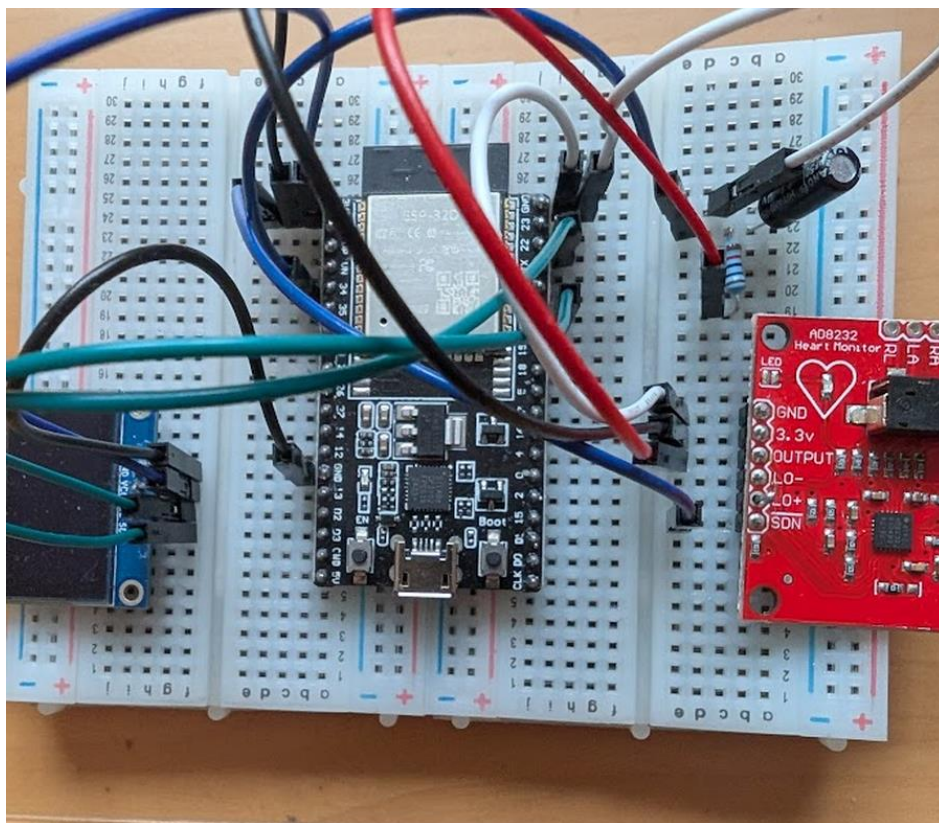


Abbildung 5: Der fertig verdrahtete Sensor auf dem Steckbrett. Links das OLED-Display, in der Mitte der ESP32-Mikrocomputer, rechts der rote AD8232 mit seinen beschrifteten Anschlüssen (GND, 3.3v, OUTPUT ...) – verbunden durch Steckbrücken und einen Widerstand.



Abbildung 6: Der Sensor in Aktion. Links der Eigenbau: zwei Klebeelektroden sitzen an den Blättern einer Pflanze. Rechts die fertige Variante im Gehäuse mit eigenem Display, die man kaufen kann, wenn man nicht selbst löten und stecken möchte.

Vom Spannungsverlauf zum Bild. Und jetzt kommt der Trick aus Kapitel 3 wieder ins Spiel. Der rohe Spannungsverlauf einer Pflanze sieht aus wie ein zappeliges Gekritzel – schwer zu deuten. Also verwandeln wir ihn, wie zuvor Klang und Stimme, in ein Spektrogramm: ein Bild seiner Frequenzen. Damit wird aus dem Pflanzensignal etwas, das dieselbe bilderkennende Maschinerie lesen kann, die sonst Katzen von Hunden unterscheidet. So konnten wir zum Beispiel allein am elektrischen Signal einer einzigen Pflanze mit über 85 Prozent Treffer erkennen, ob im Raum eine Lampe an- oder ausgeschaltet war – und in derselben Versuchsreihe mit rund 73 Prozent sogar, ob der Mensch davor gerade fröhlich oder traurig war. Die Pflanze „bemerkt“ das Licht – und vielleicht mehr. Das ist ein erster, vorsichtiger Hinweis auf das, was Kapitel 13 vertieft.

Wenn viele es zugleich erleben. Genau dieses Sichtbarmachen lässt sich nicht nur am eigenen Steckbrett, sondern auch öffentlich erfahren. In der Ausstellung »Stille Signale« an der Phänomena in Dietikon standen wochenlang mehrere solcher Pflanzen-Stationen nebeneinander. Über jedem Hochbeet hing ein großer Bildschirm, der in Echtzeit den Spannungsverlauf der dahinter

wachsenden Pflanze zeichnete — dieselbe zappelige, hellblaue Kurve, die du auch an deinem eigenen Sensor siehst. Wer einen grünen Knopf drückte, eine Klangschale anschlug oder einfach freundlich vor die Kamera trat, konnte zusehen, wie sich kurz darauf die Kurve veränderte. Rund zehntausend Besucherinnen und Besucher haben so zum ersten Mal die „Stimme“ einer Pflanze als Bild gesehen — und dabei gespürt, wie merkwürdig nah einem ein Lebewesen kommt, das man bis dahin für stumm gehalten hatte.



Abbildung 7: Die Pflanzen-Stationen der Ausstellung »Stille Signale« an der Phänomena. Über jedem Hochbeet zeichnet ein Bildschirm in Echtzeit den Spannungsverlauf der Pflanze — die hellblaue Kurve am unteren Bildrand. Die Besucher drücken den grünen Knopf, schlagen die Klangschale an oder treten vor die Kamera und sehen, wie die Pflanze darauf antwortet.

Hören, sehen, fühlen — und mehr. Schaut man genauer auf die Stationen, erzählen sie zusammen eine größere Geschichte. An der einen schlägt man eine Klangschale an — und die Pflanze hört. An der nächsten geht eine Lampe an und aus — und die Pflanze sieht das Licht. An der dritten drückt man einen Knopf und berührt damit die Pflanze — sie fühlt. Und an der vierten genügt es, fröhlich oder traurig vor die Kamera zu treten — und die Pflanze scheint sogar die Stimmung des Menschen wahrzunehmen. Berührung, Licht, Klang, Gefühl: dieselben Sinne, mit denen auch wir die Welt erfassen, nur langsamer und leiser. Wie eine Pflanze ohne Augen und Ohren das alles bemerkt, wissen wir bis heute nicht sicher; wir vermuten, dass der Herzschlag des Menschen, das ausgeatmete CO₂ und feine Duftstoffe (VOC) dabei eine Rolle spielen. Wie wir dieser Spur nachgegangen sind, erzählt Kapitel 13.

Wenn eine Pflanze schon mitbekommt, ob das Licht brennt – was bemerkt sie sonst noch? Die nächsten beiden Kapitel treiben diese Frage auf die Spitze: erst hin zu den Tieren, dann zu der vielleicht erstaunlichsten Möglichkeit überhaupt – dass die Pflanze uns selbst bemerkt.

ZUM SELBERMACHEN – DIE AKTIVITÄTEN ZU DIESEM KAPITEL

Vier Aktivitäten rund um den selbstgebauten Pflanzensensor (Aktivität 11.1 liegt als ausgearbeitetes Arbeitsheft vor).

11.1 Der erste Pflanzensensor. Mit einem AD8232-Sensor, einer Elektrode und einem kleinen Mikrocontroller baust du den Biolingo-Fühler nach, klemmst ihn an eine Zimmerpflanze und siehst die erste Spannungskurve.

11.2 Berührung und Licht. Du beobachtest, wie die Pflanze auf eine Berührung und auf Lichtwechsel antwortet.

11.3 Klang und Schwingung. Du prüfst, ob und wie die Pflanze auf Töne und Vibration reagiert.

11.4 Mensch und Pflanze. Setz dich neben die Pflanze, einmal ganz ruhig, einmal aufgewühlt – und sieh nach, ob sie auf deine Anwesenheit und deine Stimmung reagiert.

Kapitel 12 · Die Sprache der Tiere

WORUM ES IN DIESEM KAPITEL GEHT

Dein Hund kann dir nicht sagen, dass er Angst hat — aber sein Körper sagt es. Dieses Kapitel richtet die Lesegeräte aus Teil II auf Tiere: Es zeigt, wie eine KI aus Haltung, Gesicht und Lauten die Gefühle von Hunden, Pferden und Katzen liest — oft besser als der Mensch — und wo die Grenzen dieses tierischen Babelfischs liegen.

Ein Hund kann dir nicht sagen, dass er sich fürchtet. Aber sein Körper sagt es laut und deutlich: die eingezogene Rute, die geduckte Haltung, die zurückgelegten Ohren. Tiere senden ununterbrochen Signale über ihren Zustand — durch Haltung, Gesicht und Laute. Nur lesen wir Menschen sie unzuverlässig, oft falsch, und projizieren gern unsere eigenen Gefühle hinein. Der Babelfisch für Tiere ist deshalb kein Übersetzer von Wörtern, sondern ein geduldiger Leser von Körpern.

Was fühlt der Hund? Mit meinem Team habe ich genau so einen Leser gebaut. Wir wollten aus einem einzigen Foto die Stimmung eines Hundes bestimmen — Wut, Angst, Freude oder Entspannung. Dafür brachten wir der Software zuerst bei, auf jedem Hundebild vierundzwanzig Körperpunkte zu finden: Schnauze, Ohren, Rutenansatz, Pfoten. Trainiert haben wir das an fast vierzehntausend von Hand markierten Hundebildern. Aus der Stellung dieser Punkte zueinander erkennt das Modell dann die Stimmung — mit einer Trefferquote von 60 bis 70 Prozent. Das klingt bescheiden, ist aber bemerkenswert: Es übertrifft, wie Studien zeigen, die Fähigkeit der meisten Menschen, Hundeemotionen richtig zu deuten. Und es braucht keinen Sensor am Tier, nur ein Bild.



Abbildung 8: Sieben Hundegefühle, gezeigt an einem Golden Retriever — von Wut über Zuneigung und Erkunden bis Furcht. Aus solchen von Hand etikettierten Beispielen lernt das Modell, die Stimmung eines Hundes auf einem neuen Foto zu erkennen. (Aus dem Hunde-Paper: *Bhave u. a., Sensors 2024.*)

Pferde, Katzen – und derselbe Trick. Dasselbe Verfahren lässt sich auf andere Arten übertragen. Bei Pferden lesen wir den Gesichtsausdruck mit einem bilderkennenden Netz; Pferde sind dabei besonders spannend, weil sie umgekehrt extrem feine Leser menschlicher Stimmungen sind – dazu gleich mehr. Katzen sind schwieriger, denn sie verbergen ihren Zustand; bei ihnen hören wir genauer hin und lesen ihre Laute, indem wir – du ahnst es – den Klang in ein Spektrogramm verwandeln. Ob Haltung, Gesicht oder Laut: Am Ende wird immer ein Bild daraus, und dasselbe Werkzeug aus Kapitel 3 liest es. Ein Babelfisch, viele Arten.

Ein gemeinsames Gefühlsalphabet. Womit aber beschriften wir die Gefühle eines Tieres überhaupt? Wir greifen auf eine Ordnung des Neuropsychologen Jaak Panksepp zurück, der bei allen Säugetieren sieben Grundgefühle ausmachte: Erkunden, Spielen, Zuneigung, Lust, Angst, Wut und Trauer. Das Schöne daran ist, dass es dasselbe Alphabet für Hund und Pferd ist – und im Kern auch für uns Menschen. Für Pferde haben wir ihm noch ein achttes hinzugefügt, das gerade bei ihnen besonders zählt: Schmerz. Aus diesen Kategorien lernt das Modell, und an einem neuen Bild liest es sie dann ab.

Die sieben Grundgefühle der Säugetiere nach Jaak Panksepp



Dieselben sieben Kategorien dienen unseren KI-Modellen als Vokabular – bei Hund wie Pferd. Für Pferde kommt „Schmerz“ als achttes, besonders wichtiges Gefühl hinzu.

Abbildung 9: Das gemeinsame Gefühlsalphabet. Dieselben sieben Grundgefühle der Säugetiere nach Jaak Panksepp dienen unseren KI-Modellen als Vokabular – bei Hund wie Pferd. Für Pferde kommt „Schmerz“ als achttes, besonders wichtiges Gefühl hinzu.

Wenn die Maschine Neues entdeckt. Anfangs zeigten wir den Modellen zu jedem Bild auch das richtige Etikett – beim Hund erreichten sie so über siebzig Prozent Treffer, beim Pferd, das wir zuerst an Ohren, Maul und Augen ablasen, rund zwei von drei. Dann aber drehten wir den Spieß um und ließen ein Modell die Tierbilder ganz ohne Etiketten sortieren, allein nach Ähnlichkeit. Bei fast viertausend Bildern wildlebender Pferde bildete es von selbst Gruppen – und einige passten in keine unserer Schubladen. Vielleicht, so der vorsichtige Verdacht, gibt es feinere Pferdegefühle, für die uns schlicht die Wörter fehlen. Hier liest nicht mehr nur die Maschine das Tier; sie weist uns auf etwas hin, das

wir selbst übersehen hatten. Inzwischen liest dasselbe Werkzeug sogar das Zusammenspiel zwischen Pferd und Mensch – wer auf wen wie reagiert.

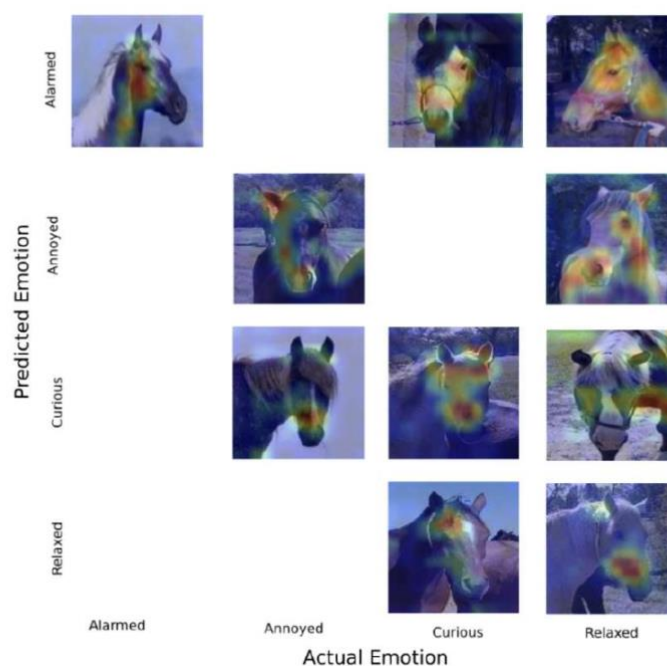


Abbildung 10: Wohin die KI schaut. Jedes Pferdebild ist mit einer „Wärmekarte“ überlagert, die zeigt, welche Stellen das Modell für seine Entscheidung nutzt – vor allem Ohren, Augen und Maul, also genau dort, wo auch wir die Stimmung eines Pferdes ablesen. Die Zeilen zeigen das vom Modell vorhergesagte Gefühl, die Spalten das tatsächliche. (Aus dem ersten Pferde-Paper: Corujo u. a., *Future Internet* 2021.)

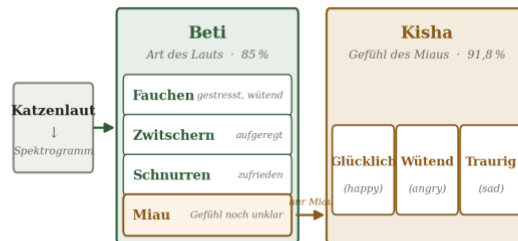
Was steckt im Miau?

Katzen verraten sich nicht über das Gesicht – sondern über den Klang. Hund und Pferd tragen ihre Stimmung in Haltung und Mimik nach außen; die Katze hält sie verborgen. Dafür redet sie mit uns: Das Miauen setzen erwachsene Katzen fast nur gegenüber Menschen ein, untereinander kaum. Genau dort haben wir mit meinem Team angesetzt – nicht beim Bild, sondern beim Ton. Wir sammelten über dreitausend Katzenlaute und verwandelten, wie zuvor schon Stimme und Pflanzensignal, jeden einzelnen in ein Spektrogramm – ein Bild seiner Frequenzen, das dieselbe bilderkennende Maschinerie aus Kapitel 3 lesen kann.

Zwei Ohren, die nacheinander hören. Statt eines einzigen Modells bauten wir zwei, hintereinandergeschaltet. Das erste, genannt Beti, sortiert einen Laut zunächst nach seiner Art: Fauchen, Zwitschern, Schnurren oder Miauen – und liegt dabei in etwa fünfundachtzig von hundert Fällen richtig. Schon diese grobe Einteilung verrät etwas über die Stimmung: Ein Fauchen klingt nach Stress oder Wut, ein Schnurren nach Behagen. Beim Miau aber bleibt das Gefühl zunächst

offen – und hier übernimmt das zweite Modell, Kisha. Es ist allein auf Miaulaute spezialisiert und unterscheidet, ob ein Miau eher glücklich, wütend oder traurig klingt – mit knapp zweiundneunzig Prozent Treffern sogar noch genauer als das erste. Aus dieser zweistufigen Kette wurde eine kleine App namens CatMotion: Man hält ihr einen Katzenlaut hin und bekommt eine vorsichtige Vermutung über die Stimmung zurück.

Zwei Modelle hören der Katze zu - die Beti-Kisha-Pipeline



Erst sortiert Beti den Laut nach seiner Art; nur beim Miau fragt Kisha im zweiten Schritt nach dem genauen Gefühl. Beide lesen dafür – wie im ganzen Buch – das Spektrogramm des Klangs.

Abbildung 11: Wie zwei Modelle ein Miau deuten. Zuerst bestimmt „Beti“ die Art des Lauts – Fauchen, Zwitschern, Schnurren oder Miau – mit rund 85 Prozent Treffern. Nur wenn es ein Miau ist, fragt im zweiten Schritt „Kisha“ nach dem genauen Gefühl: glücklich, wütend oder traurig, und liegt dabei in etwa 92 Prozent der Fälle richtig. Beide Modelle lesen dafür, wie überall in diesem Buch, das Spektrogramm des Klangs. (Aus dem Katzen-Paper: Longhitano u. a., 2026.)

Wo der Babelfisch irrt. Doch Vorsicht – und hier ist Mündigkeit wieder gefragt. Das Modell liest den Ausdruck, nicht das Erleben. Ein wedelnder Schwanz ist nicht immer Freude; ein Hund wedelt auch in Erregung oder Unsicherheit. Wir Menschen neigen dazu, Tieren unsere eigenen Gefühle anzudichten – und die Maschine kann diesen Fehler sogar mitlernen, wenn schon die Trainingsbilder von Menschen mit ihren Vorannahmen etikettiert wurden. Außerdem liest ein Modell, das an einer Hunderasse gelernt hat, eine andere schlechter. Der tierische Babelfisch ist ein Hilfsmittel, kein Orakel.

Wozu das gut ist. Richtig eingesetzt aber ist er ein Segen. Ein Tier kann nicht sagen, wo es weh tut; ein System, das früh an der Haltung erkennt, dass ein Pferd Schmerzen hat oder ein Hund in Dauerstress lebt, hilft Tierärzten und Haltern, Leid zu verhindern, bevor es schlimm wird. Wie bei allen Lesegeräten dieses Buches entscheidet der Zweck: zum Wohl des Tieres gelesen, ist es Fürsorge; zu seiner Ausbeutung, ist es das Gegenteil.

Eine Beobachtung aus diesem Kapitel lässt uns nicht mehr los: Pferde lesen uns. Tiere nehmen unsere Stimmung wahr, oft genauer als wir ihre. Und das führt zur kühnsten Frage des ganzen Buches – ob nicht auch ein Lebewesen ohne Augen und Ohren uns lesen kann. Eine Pflanze.

ZUM SELBERMACHEN – DIE AKTIVITÄTEN ZU DIESEM KAPITEL

Tiere lesen – über Klang und über Haltung (Anleitungen online: hidden-signals.swarmcreativity.com/aktivitaeten.html).

12.1 Die Sprache der Katze. Du klassifizierst Katzenlaute – Fauchen, Zwitschern, Schnurren, Miauen – mit einer kleinen, zweistufigen Audio-KI.

12.2 Hund und Pferd. Du fotografierst ein Tier in verschiedenen Situationen, lässt ein Emotions-Modell raten, wie es ihm geht, und vergleichst das mit deiner eigenen Einschätzung.

Kapitel 13 · Pflanzen, die uns lesen

WORUM ES IN DIESEM KAPITEL GEHT

Das vielleicht erstaunlichste Kapitel dieses Buches. Wenn eine Pflanze auf Licht reagiert – reagiert sie auch auf uns? Hier stelle ich Ergebnisse aus fünf Jahren Forschung vor: dass sich aus dem elektrischen Signal einer Pflanze ablesen lässt, wie sich ein Mensch in ihrer Nähe fühlt – und warum man bei einer so außergewöhnlichen Behauptung besonders vorsichtig und besonders ehrlich sein muss.

Jetzt kommt das vielleicht erstaunlichste Kapitel dieses Buches – und zugleich das, bei dem ich dich am eindringlichsten zur Skepsis auffordere. Wir haben gesehen: Eine Pflanze bemerkt, ob das Licht brennt. Die nächste Frage drängt sich auf, so verrückt sie klingt: Bemerkt sie auch uns? Unsere Nähe, unsere Bewegung, unsere Stimmung?

Erinnerst du dich an das Mädchen aus dem Prolog – an die Kalanchoe in der Halle von Dietikon, deren Linie sich hob, als es sich näherte, und sich beruhigte, als es ruhig wurde? Das war kein Trick und keine Geschichte, sondern genau der Versuch, um den es in diesem Kapitel geht. Jetzt bist du so weit, ihn zu verstehen – und, wichtiger noch, ihn zu prüfen.

Ein unglaubliches Ergebnis. In fünf Jahren Forschung, gemeinsam mit einem internationalen Netzwerk von Universitäten, sind wir dieser Frage nachgegangen. In den Versuchen saß ein Mensch in der Nähe einer Pflanze und war abwechselnd fröhlich oder traurig – seine Stimmung haben wir unabhängig gemessen, etwa über eine Smartwatch oder Gesichtserkennung. Gleichzeitig zeichnete der Sensor das elektrische Signal der Pflanze auf. Dann ließen wir ein Modell – dasselbe ResNet, das sonst Bilder erkennt – versuchen, aus dem Spektrogramm der Pflanze die Stimmung des Menschen zu erraten. Das Ergebnis ließ uns selbst zweifeln: Es gelang mit bis zu 97 Prozent Treffer. Ein Kontrollmodell, dem wir die Etiketten absichtlich verwürfelt hatten, kam nur auf 30 Prozent – also blanken Zufall. In anderen Versuchen erkannte die Pflanze sogar, welche von sechs Personen anwesend war (66 Prozent).

Warum man jetzt besonders vorsichtig sein muss. Eine so außergewöhnliche Behauptung verlangt außergewöhnliche Beweise – und vor allem außergewöhnliche Ehrlichkeit. Deshalb haben wir versucht, das Ergebnis selbst kaputtzumachen. Die naheliegendste Erklärung wäre ja, dass nicht die Pflanze etwas spürt, sondern dass der Sensor bloß elektromagnetische Störungen aus dem Raum auffängt – vom Menschen, vom Handy, vom Stromnetz. Also

wiederholten wir den Versuch in einem faradayschen Käfig, der solche Felder abschirmt – einmal sogar in einem Auto mit geschlossenen Türen und Fenstern. Das Ergebnis blieb. Das schließt die billigste Erklärung aus. Es beweist aber nicht, dass wir verstehen, wie die Pflanze das macht – und genau das schreibe ich auch in meinen Fachartikeln offen: Es sind meist Versuche mit einer einzigen Pflanze; sie zeigen Machbarkeit, nicht endgültige Gewissheit. Sie müssen mit vielen Pflanzen, an vielen Tagen, in vielen Laboren wiederholt werden.

Ich erzähle dir das so ausführlich, weil hier das ganze Buch auf die Probe gestellt wird. Ein mündiger Mensch glaubt eine erstaunliche Behauptung nicht, nur weil sie aufregend ist – auch nicht, wenn sie von einem Professor kommt, der ein Buch darüber geschrieben hat. Er fragt: Wie wurde gemessen? Welche Erklärungen wurden ausgeschlossen? Wurde es wiederholt? Übe diese Fragen ruhig an meinen eigenen Ergebnissen. Staunen und Skepsis sind keine Gegensätze – gute Wissenschaft braucht beides zugleich.

Gefühle mit Pflanzen messen

Wie misst man so etwas überhaupt? Bevor ich dir verrate, was dabei genauer herauskam, lohnt ein Blick auf die Werkbank. Um zu prüfen, ob eine Pflanze die Gefühle eines Menschen wahrnimmt, müssen zwei Dinge gleichzeitig und voneinander unabhängig gemessen werden: das Gefühl des Menschen und das Signal der Pflanze. Die menschliche Seite lesen wir berührungslos aus dem Gesicht – die Gesichtserkennung (FER) aus Kapitel 9 schätzt aus der Mimik, ob jemand fröhlich, neutral, ärgerlich oder traurig ist – und zusätzlich aus dem Herzschlag, gemessen mit einem Brustgurt (Polar H10), wie ihn auch Sportler tragen – und, als geeichte Gefühls-Wahrheit, aus dem Happimeter am Handgelenk (Kapitel 5), das aus Puls und Bewegung schätzt, wie glücklich und aktiv ein Mensch gerade ist. Diese unabhängig gemessene Stimmung des Menschen ist der Maßstab, an dem sich die Pflanzenmessung überhaupt erst eichen lässt. Die pflanzliche Seite greifen verschiedene kleine Messgeräte ab: ein Oxocard-Mikrocomputer am Blatt einer Bananenstaude, eine BYB-Spikerbox am Weihnachtskaktus, oder unser eigener Biolingo-Sensor aus Kapitel 11. So entsteht für jeden Augenblick ein ehrliches Zahlenpaar – hier der Mensch, dort die Pflanze –, das sich später vergleichen lässt.

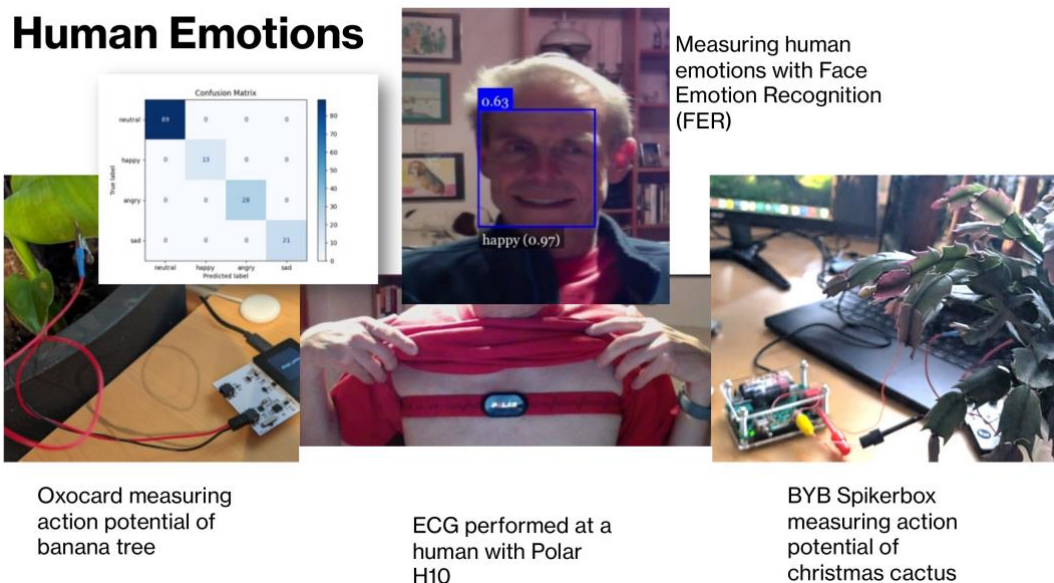


Abbildung 12: Die Werkbank, um Gefühle mit Pflanzen zu messen. Oben Mitte die Gesichtserkennung (FER), die aus der Mimik die Emotion schätzt (hier „happy“); unten Mitte der Brustgurt (Polar H10) für den Herzschlag. Links misst ein Oxocard das elektrische Signal einer Bananenstaude, rechts eine BYB-Spikerbox das eines Weihnachtskaktus. Die kleine Tabelle oben ist eine Wahrheitsmatrix: Sie zeigt, wie zuverlässig das Modell die vier Stimmungen – neutral, fröhlich, ärgerlich, traurig – auseinanderhält.

Alles auf einen Blick: das Dashboard. Damit man all diese Ströme zugleich im Auge behalten kann, laufen sie in einer gemeinsamen Anzeige zusammen, die wir EmotiPlant nennen – eine Art Cockpit auf dem Laptop. Ganz oben tickt der Herzschlag des Menschen in Echtzeit. Darunter laufen – und das ist der eigentliche Kniff – gleich drei Pflanzensensoren nebeneinander: ein Hauptsensor und ein zweiter direkt an der Pflanze, dazu ein dritter an einer Kontrollpflanze im selben Raum, aber gut zehn Meter entfernt. Diese Kontrollpflanze ist unsere eingebaute Ehrlichkeit: Zeigte sie denselben Zusammenhang wie die nahen Pflanzen, läge es wohl an Störungen im Raum und nicht an echter Wahrnehmung – sie sollte flach bleiben. Unten spiegelt das Dashboard, was die Gesichtserkennung gerade sieht, und übersetzt es in eine einfache Skala von Trauer bis Freude – dieselbe Anzeige, die auch an der Phänomene-Ausstellung lief und der Pflanze eine sichtbare Reaktion auf die Stimmung der Besucher gab.

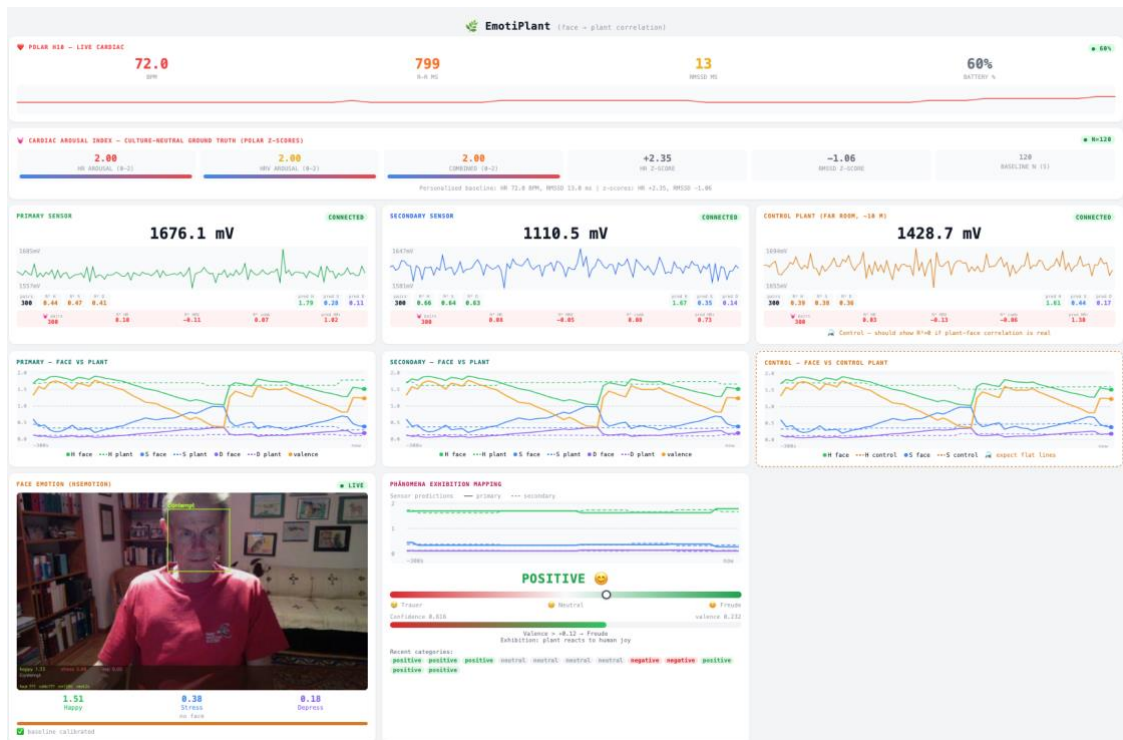


Abbildung 13: Das EmotiPlant-Dashboard, mit dem wir die Daten einsammeln. Oben der Herzschlag (Polar H10); in der Mitte drei Pflanzensensoren gleichzeitig – Haupt-, Zweit- und eine weit entfernte Kontrollpflanze; unten links die Live-Gesichtserkennung und unten rechts die Übersetzung der Mimik in „Freude“ oder „Trauer“.

Der Herzschlag im Blatt. Eine Spur, woher der Zusammenhang kommen könnte, fanden wir in einer besonders sorgfältigen Selbststudie: eine einzige Versuchsperson, über sieben Sitzungen und rund 93 000 Sekunden hinweg, neben einer Kalanchoe. Diesmal maßen wir nicht nur Stimmung und Pflanzensignal, sondern gleich ein ganzes Bündel: den Puls und die Herzratenvariabilität über einen Brustgurt, den Gesichtsausdruck per Kamera, dazu das CO₂ und die vom Körper abgegebenen Duftstoffe (VOC) in der Raumluft. So konnten wir fragen: Auf welchem Weg erreicht die Stimmung überhaupt die Pflanze?

Die Antwort war überraschend genau. Das Pflanzensignal folgt nicht direkt der Stimmung, sondern dem Herzschlag – und das mit klarer Verzögerung: Ändert sich das Gefühl, so ändert sich nach etwa acht Sekunden der Puls, und erst rund vierunddreißig Sekunden später zeigt sich das im Signal der Pflanze. Und zwar nicht überall, sondern nur in einer ganz bestimmten, langsamen Schwingung – einem Takt von etwa einer Minute. Genau diese Wählerei ist der eigentliche Fund: Eine bloße elektrische Störung würde in allen Frequenzen auftauchen. Dass nur ein schmales, langsames Band reagiert, sieht eher nach einem biologischen Vorgang aus – und erinnert verblüffend an die Venusfliegenfalle,

die zwei Berührungen innerhalb von etwa dreißig Sekunden zusammenzählt, bevor sie zuschnappt.



CO₂ als Vermittler ausgeschlossen · VOC stärkster Gesamtprädiktor · Zeitmuster wie bei der Venusfliegenfalle

Abbildung 14: *Wie die Stimmung die Pflanze erreicht – nicht direkt, sondern über den Herzschlag: verzögert und nur in einem langsamen Frequenzband.*

Den naheliegenden chemischen Verdächtigen, das ausgeatmete CO₂, konnten wir als Vermittler ausschließen; die Duftstoffe blieben über längere Zeiträume der stärkste Hinweisgeber. Bewiesen ist auch das alles nicht endgültig – es ist eine einzige Person, eine einzige Pflanze, ein Machbarkeitsnachweis. Aber es zeigt, wie man einer so unglaublichen Beobachtung Schritt für Schritt, ehrlich und vorsichtig, auf den Grund geht – statt sie entweder vorschnell zu glauben oder vorschnell zu verwerfen.

Damit kehrt sich der Babelfisch um. Adams erträumte einen Fisch, mit dem du jede Sprache verstehst. Hier wird die Pflanze zu einem Babelfisch, der uns liest – und die Grenze zwischen „uns“ und „der Welt da draußen“ erweist sich als durchlässiger, als wir dachten. Bisher haben wir Einzelne gelesen: ein Gesicht, eine Stimme, einen Menschen neben einer Pflanze. Im letzten Teil wagen wir den größten Schritt – vom Einzelnen zur Menge, von der Person zur ganzen Gesellschaft. Dort wartet Isaac Asimov mit einer Idee, die er Psychohistorik nannte.

ZUM SELBERMACHEN – DIE AKTIVITÄTEN ZU DIESEM KAPITEL

Dem langen Gedächtnis der Pflanze auf die Spur kommen (Anleitungen online: hidden-signals.swarmcreativity.com/aktivitaeten.html).

13.1 Tag und Nacht. Du zeichnest das Pflanzensignal über 24 Stunden auf und suchst mit einer Fourier-Analyse (FFT) nach dem circadianen Rhythmus – dem Tag-Nacht-Takt der Pflanze.

13.2 Pflanzen-Emotionen mit KI. Aus dem Signal machst du ein Spektrogramm und lässt ein vortrainiertes Modell raten – reine Inferenz, kein eigenes Training.

Teil IV

Die Psychohistorik

Isaac Asimov · Foundation 1951

„Den einzelnen Menschen kannst du nicht vorhersagen — die Menge schon.“

— nach Isaac Asimov

Dieselbe Maschine — hier liest sie nicht mehr den Einzelnen, sondern die Menge.

Kapitel 14 · Die Psychohistorik — vom Einzelnen zur Menge

WORUM ES IN DIESEM KAPITEL GEHT

Bisher haben wir Einzelne gelesen: ein Gesicht, eine Stimme, eine Pflanze. Jetzt wird die Menge zum Gegenstand. Dieses Kapitel zeigt eine alte Science-Fiction-Idee, die heute Wirklichkeit wird: dass sich das Verhalten großer Gruppen vorhersagen lässt, auch wenn der einzelne Mensch unberechenbar bleibt — und warum genau diese Unberechenbarkeit kostbar ist.

1951 erdachte der Schriftsteller Isaac Asimov in seinem Roman *Foundation* eine Wissenschaft, die es nicht gab: die Psychohistorik. Ihr Erfinder, der Mathematiker Hari Seldon, kann das Schicksal eines ganzen galaktischen Reiches über Jahrtausende vorausberechnen — nicht das einzelne Leben, aber den Lauf der Massen. Sein Trick ist derselbe, mit dem Physiker ein Gas beschreiben: Welches einzelne Teilchen wohin fliegt, ist nicht vorherzusagen. Aber wie sich Milliarden Teilchen zusammen verhalten — Druck, Temperatur, Strömung —, das folgt klaren Gesetzen. Seldon behandelt Menschen wie Gasteilchen: einzeln unberechenbar, in der Masse erstaunlich vorhersagbar.

Aus Science-Fiction wird Wissenschaft. Lange war das reine Erfindung. Doch heute hinterlässt jeder von uns ununterbrochen Spuren — Suchanfragen, Posts, Klicks, Wege —, und in der Summe ergeben Millionen solcher Spuren ein Messinstrument für die Stimmung und das Verhalten ganzer Gesellschaften. Das ist Psychohistorik im Kleinen, und sie funktioniert. Wenn viele Menschen plötzlich „Grippe“ googeln, lässt sich eine Krankheitswelle vorhersagen, bevor die Ärzte sie melden. Und die ehrlichen Signale aus Teil II — die Stimmung in der Sprache — verraten in der Masse mehr, als jede Umfrage könnte.

„Ich hoffe, es wird nicht so schlimm, wie ich fürchte.“ Ein Beispiel aus meiner eigenen Arbeit — und wir waren mit die Ersten, die das versuchten. Schon 2010 haben wir sechs Monate lang die Stimmung von Millionen Twitter-Nachrichten gemessen: Wir zählten schlicht, wie oft Wörter wie „hope“ (Hoffnung), „fear“ (Angst) und „worry“ (Sorge) fielen, und verglichen diese Gefühlskurve mit den großen Börsenindizes — Dow Jones, S&P 500, NASDAQ. Der Titel unserer Studie war ein echter Tweet: „I hope it is not as bad as I fear“ — „Ich hoffe, es wird nicht so schlimm, wie ich fürchte.“ Das Ergebnis war verblüffend einfach: Flogen die Emotionen hoch — viel Hoffnung, Angst und Sorge zugleich —, ging der Dow am nächsten Tag eher hinunter; war es emotional ruhig, stieg er. Niemand konnte sagen, was ein einzelner Mensch als Nächstes tun

würde. Aber die gemittelte Stimmung der Menge lief der Kursentwicklung voraus – genau Seldons Idee, in Echtzeit.

Nicht nur die Börse. Dasselbe Lauschen auf den „Web-Buzz“ – das Gemurmel der Masse im Netz – probierten wir damals auch anderswo aus: Wir sagten voraus, wer einen Oscar gewinnt und wie gut ein Film an den Kinokassen anläuft, indem wir maßen, wie viel und wie zuversichtlich im Vorfeld über ihn geredet wurde. Das waren frühe, vorläufige Versuche – und wir haben in unseren Blogs und Aufsätzen immer offen dazugeschrieben, dass viel mehr Arbeit nötig ist, um so etwas wirklich abzusichern. Aber sie zeigten alle dasselbe Muster: Die Aufmerksamkeit und Stimmung vieler, richtig gemessen, verrät oft schon heute etwas über morgen.

Stämme in der Sprache. Die Menge hat aber nicht nur eine Stimmung – sie hat auch eine Zusammensetzung. Und dieselben Worte, die ihre Laune verraten, verraten auch, wer da eigentlich schreibt. Aus dieser Idee ist ein weiteres Werkzeug meiner Arbeit entstanden, der Tribefinder. Er liest die Wortwahl von Menschen in sozialen Netzwerken und ordnet sie „Stämmen“ zu – englisch tribes: Gruppen, die nicht durch Herkunft oder Wohnort verbunden sind, sondern durch eine gemeinsame Haltung. Man muss niemanden befragen. Ein neuronales Netz lernt zunächst an typischen Vertretern jedes Stammes, wie diese reden, und erkennt danach an der Sprache allein, wohin ein neuer Mensch am ehesten gehört. Wer ständig von „pflanzlich“ und „nachhaltig“ schreibt, verrät sich als Veganer, noch bevor er es ausspricht – die Wortwahl ist ein ehrliches Signal, hochskaliert von der einzelnen Person auf Millionen.

Vier Stämme, vier Werte. Besonders anschaulich wird das an vier Stämmen, die sich über ihre Werte unterscheiden. Die „Fatherlanders“ schätzen Tradition und Autorität; die „Nerds“ glauben an Wissenschaft und Fakten; die „Spiritualists“ stellen Mitgefühl und nicht-materielle Werte über den Besitz; und die „Treehuggers“ setzen auf Nachhaltigkeit und Umwelt. Kaum jemand steckt vollständig in einer dieser Schubladen – die meisten von uns sind eine Mischung, und das ist auch gut so. Aber im Großen, über Millionen Beiträge gemittelt, lässt sich damit nicht nur die Laune einer Gesellschaft lesen, sondern auch, welche Werte gerade lauter werden und welche leiser: Psychohistorik nicht bloß der Stimmung, sondern der Gesinnung. Dass genau darin auch eine Gefahr steckt, sehen wir in Kapitel 16.

Vier Stämme, vier Werte

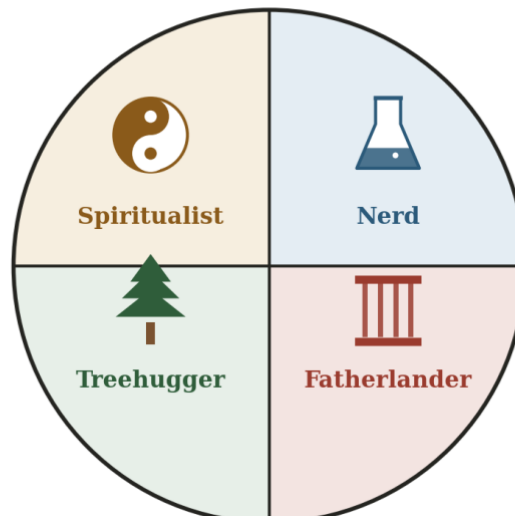


Abbildung 15: Vier Stämme, vier Werte. Der Tribefinder erschließt aus der Wortwahl, welchem „Stamm“ ein Mensch am nächsten steht: Spiritualists stellen Mitgefühl und Sinn über den Besitz, Nerds vertrauen auf Wissenschaft und Fakten, Treehuggers auf Nachhaltigkeit und Umwelt, und Fatherlanders schätzen Tradition und Autorität. Kaum jemand gehört ganz zu einem einzigen – die meisten von uns sind eine Mischung.

Der Maulesel. Asimov war zu klug, um seine Psychohistorik allmächtig zu machen. In den Romanen taucht eine Figur auf, die er den Maulesel nennt: ein einzelner, unvorhergesehener Mensch mit ungewöhnlichen Fähigkeiten, der Seldons ganze Berechnung über den Haufen wirft. Die Botschaft ist tief: Die Vorhersage gilt für die Masse, nie mit Sicherheit für den Einzelnen. Es bleibt immer Raum für den Unberechenbaren, der ausschert und alles ändert. Diese Unberechenbarkeit ist kein Fehler im System – sie ist der Ort deiner Freiheit. Merke dir den Maulesel; wir kommen am Ende dieses Teils auf ihn zurück.

Bevor wir zur dunklen Seite dieser Macht kommen, schauen wir auf ihre hellste Anwendung: nicht das Vorhersagen von Börsenkursen, sondern das Verstehen, wie Gruppen gemeinsam Neues erschaffen. Das ist die Frage, der ich mein Forscherleben gewidmet habe.

ZUM SELBERMACHEN – DIE AKTIVITÄTEN ZU DIESEM KAPITEL

Jetzt liest du nicht mehr Einzelne, sondern die Menge (Anleitungen online: hidden-signals.swarmcreativity.com/aktivitaeten.html).

14.1 Die Stimmung des Schwarms. Du liest das Sentiment aus Social-Media-Daten und machst die Stimmung einer ganzen Menge über die Zeit sichtbar.

14.2 Asimovs Psychohistorik. Du legst die kollektive Stimmung gegen Ereignisse — Aktienkurse, Wahlen — und prüfst, ob die eine die andere ein Stück weit vorhersagt.

Kapitel 15 · Schwarmkreativität — wie Gruppen Neues schaffen

WORUM ES IN DIESEM KAPITEL GEHT

Dieses Kapitel führt zwei Fäden des Buches zusammen: die ehrlichen Signale aus Teil I und die offenen Kollegien aus Teil II. Es zeigt, woran man einer Gruppe ansieht, ob sie kreativ blüht — und wie man mit denselben Werkzeugen ein ganzes Team liest wie zuvor einen einzelnen Menschen. Es ist das Herzstück meiner eigenen Forschung.

Seit über zwanzig Jahren erforsche ich eine einzige Frage: Wie schaffen Gruppen von Menschen gemeinsam etwas Neues, das keiner allein gekonnt hätte? Ich nenne solche Gruppen Collaborative Innovation Networks — kurz COINs, Netze gemeinsamer Erneuerung. Vom Erfinderteam über die Open-Source-Gemeinschaft bis zur Schulklasse, die eine Reise plant: Immer entsteht das Beste nicht im einzelnen Kopf, sondern zwischen den Köpfen.

Die sechs Signale einer Gruppe. Erinnerung dich an die sechs ehrlichen Signale aus Kapitel 5 — sie galten dort für einzelne Menschen, aber sie gelten genauso für eine ganze Gruppe. Wechselt die Führung je nach Thema, oder klammert sich einer an die Macht? Antworten alle rasch aufeinander, oder versickern Beiträge? Reden alle ungefähr gleich viel, oder dominieren wenige? Ist die Stimmung in der Sprache ehrlich und zugewandt? Und wandert die starke, verbindende Führung — die Betweenness-Zentralität — durch die Gruppe? Diese Maße sagen erstaunlich gut voraus, ob ein Team Großes leisten wird, lange bevor das Ergebnis da ist.

Wer den Schwarm baut. Dass die wandernde Führung wirklich zählt, haben wir nicht nur vermutet, sondern gemessen. Gemeinsam mit Kolleginnen und Kollegen habe ich sieben Jahre lang sechzehn medizinische Online-Gemeinschaften beobachtet, in denen sich rund vierzehntausend Fachleute austauschten. Die Frage war einfach: Welche dieser Gemeinschaften wachsen, welche schrumpfen? Unsere Studie brachte das Ergebnis schon im Titel auf den Punkt — „It is rotating leaders who build the swarm“, es sind die rotierenden Anführer, die den Schwarm bauen. Am stärksten wuchsen jene Gemeinschaften, in denen die Führung munter von einem zum nächsten wechselte, in denen es klare Knotenpunkte gab und in denen einfach und verständlich geschrieben wurde. Wo dagegen stets dieselben das Sagen hatten, versandete der Schwarm.

Die Gruppe sichtbar machen. Um das zu messen, muss man die Gruppe nicht befragen — man muss ihr nur beim Zusammenarbeiten zusehen. Aus den

Mustern der Kommunikation (wer schreibt wann wem) zeichnen wir mit Werkzeugen wie unserem Programm Condor ein lebendiges Netzwerk, das sich über die Zeit verändert. Man sieht den Schwarm wachsen, sieht Knotenpunkte entstehen und vergehen, sieht, wann eine Gruppe sich öffnet und wann sie erstarrt. Es ist dieselbe Landkarte, die ich einst aus meinem Deloitte-Postfach gezeichnet habe (Kapitel 8) – nur in Bewegung.

Der Spiegel verändert. Und jetzt kommt das Erstaunlichste: Sobald man einer Gruppe dieses Bild ihrer selbst zeigt, verändert sie sich. Wir nennen das – wie schon beim Happimeter in Kapitel 5 – virtuelles Spiegeln. In einem großen Dienstleistungsunternehmen haben wir zwei Jahre lang die E-Mail-Muster von Teams vermessen und ihren Leitern regelmäßig zurückgespiegelt, wie sie kommunizieren: wie schnell sie antworten, wie verständlich sie schreiben, wie sehr eine einzelne Person alles an sich zieht. Allein dieser Spiegel genügte. Die Teams, die ihn sahen, wurden aufmerksamer und offener – und die Zufriedenheit ihrer Kunden stieg messbar, während sie in den Vergleichsteams ohne Spiegel sogar sank. Messen ist hier keine kalte Überwachung, sondern eine Einladung zur Selbsterkenntnis: Wer sich selbst ehrlich sieht, wird besser.

Die Stimmung der Menge lesen. Dazu kommt die Sprache selbst. Eine Maschine kann den Tonfall von tausend Nachrichten zugleich erfassen – zuversichtlich oder ängstlich, offen oder gereizt – und daraus die kollektive Stimmung ablesen, die Gefühlskurve einer Gruppe. Das ist die Stimm-Analyse aus Teil II, hochskaliert von einer Person auf viele. Und es ist genau das Signal, das in Kapitel 14 die Börse vorhersagte.

Mit diesen Werkzeugen wird aus dem Lesen einzelner Menschen das Lesen ganzer Gemeinschaften. Und damit liegt die letzte, größte Möglichkeit auf der Hand – und die letzte, größte Gefahr: aus all dem ein vollständiges Modell eines Menschen oder einer Gruppe zu bauen. Einen digitalen Zwilling.

Kapitel 16 · Der digitale Zwilling – und wo die Reise endet

WORUM ES IN DIESEM KAPITEL GEHT

Das letzte Kapitel dieses Teils führt alles zusammen – und stellt die ernsteste Frage des ganzen Buches. Wenn man Gesicht, Stimme, Sprache und Netzwerk eines Menschen liest, kann man daraus ein Modell bauen, das ihn nachahmt und vorhersagt: einen digitalen Zwilling. Dieses Kapitel zeigt, was daran gut ist, was gefährlich – und warum am Ende der unberechenbare Mensch das Wertvollste bleibt.

Stell dir vor, alles, was dieses Buch dich zu lesen gelehrt hat, fließt zusammen: dein Gesicht, deine Stimme, deine Wörter, dein Platz im Netz deiner Freundschaften. Aus all dem lässt sich ein Modell bauen, das erstaunlich gut vorhersagt, wie du auf etwas reagieren wirst – ein digitaler Zwilling. Keine Science-Fiction: In Ansätzen gibt es ihn längst.

Tribes – woran deine Worte verraten, wo du hingehörst. Erinnerung dich an den Tribefinder aus Kapitel 14, der Menschen allein an ihrer Wortwahl einem „Stamm“ zuordnet – vom Treehugger bis zum Fatherlander. Beim digitalen Zwilling zeigt sich seine zweite Seite. Was einer Firma hilft, ihre Kundschaft zu verstehen, kann Menschen auch in Schubladen stecken, die sie sich nie ausgesucht haben. Man muss niemandem eine Frage stellen; die Sprache verrät die Zugehörigkeit von selbst. Das ist mächtig – und unheimlich zugleich.

Ein Zwilling aus fünf Beziehungen – der Fall Mia

Wie entsteht so ein Zwilling? Bauen wir einen, klein und durchschaubar. Nimm Mia, eine Schülerin. Wir sammeln – nur mit ihrer Zustimmung – ihre WhatsApp-Nachrichten an fünf Menschen: ihre Schwester, ihren Lehrer, ihre beste Freundin, ihre Mutter und ihren Chef im Ferienjob. Auf jede Nachricht lassen wir das Symbionten-Werkzeug aus Kapitel 7 los und zählen, welche der fünf Rollen – Biene, Ameise, Schmetterling, Capybara, Egel – Mia gerade spielt.

MIAS NACHRICHTEN – FÜNF BEZIEHUNGEN (SYNTHETISCH)

An die Schwester: „Omg ich hab die geilste Idee für Papas Geburtstag – lass uns eine Schnitzeljagd durch die ganze Wohnung bauen! 🗝️“

An den Lehrer: „Sehr geehrter Herr Berger, anbei die Gliederung meines Referats; die Quellen sind nummeriert, Abgabe wie besprochen am Freitag.“

An die Freundin: „Hey, du warst heute so still ☐ Willst du reden? Kein Stress – ich bin einfach da.“

An die Mutter: „Mama, fährst du mich um 8 zum Bahnhof? Und leihst du mir 20 Franken? Zahl ich zurück, versprochen 🙏“

An den Arbeitgeber: „Guten Morgen, ich übernehme die Frühschicht wie besprochen. Lieferung ist eingeräumt, Kasse abgerechnet.“

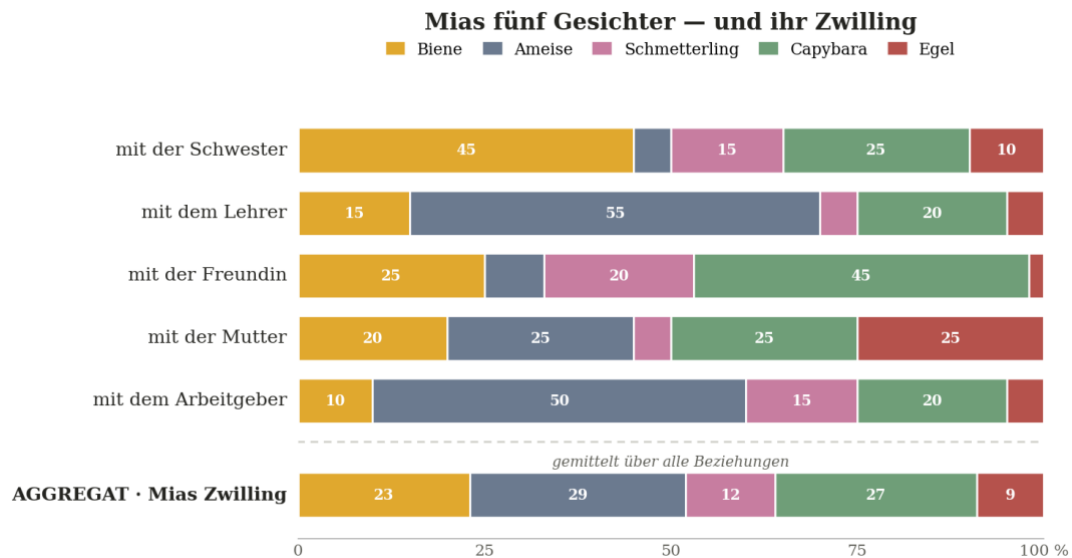


Abbildung 16: Mias fünf Gesichter. Für jede Beziehung zeigt der Balken, welche Symbionten-Rollen Mia dort spielt. Mit der Schwester überwiegt die Biene, mit Lehrer und Chef die Ameise, mit der Freundin das Capybara – und mit der Mutter schlägt ein guter Schuss Egel durch. Der unterste Balken ist das Aggregat: der Mittelwert über alle fünf Beziehungen – Mias „Gesamt-Zwilling“.

Fünf Gesichter, ein Mensch. Mit ihrer Schwester ist Mia vor allem Biene – verspielt, voller Ideen. Mit dem Lehrer wird sie zur Ameise: ordentlich, pflichtbewusst, terminfest. Mit der Freundin ist sie ein Capybara, das zuhört und tröstet. Beim Chef wieder die Ameise. Und mit der Mutter? Da schlägt, ganz ehrlich, ein guter Schuss Egel durch – Mia nimmt hier mehr, als sie gibt: „Kannst du mich fahren?“, „Leihst du mir zwanzig Franken?“ So ist das oft zwischen Kindern und Eltern, und es macht Mia zu keinem schlechten Menschen. Es zeigt nur: Es gibt nicht die eine Mia. Es gibt so viele Mias, wie sie Beziehungen hat.

Der Zwilling hängt am Gegenüber. Das ist die erste große Lehre dieses Beispiels: Ein digitaler Zwilling ist nie das Bild eines Menschen allein – er ist das Bild einer Beziehung. Wer Mia nur aus dem Chat mit ihrer Mutter kennt, hält sie für einen kleinen Egel. Wer sie nur mit der Freundin sieht, für ein sanftes Capybara. Beide haben recht, und beide irren, weil sie einen Teil für das Ganze nehmen.

Ein guter Zwilling ist ein Aggregat. Was also ist Mias „wahrer“ Zwilling? Am ehesten der unterste Balken: das Mittel über alle ihre Beziehungen. Erst dieses Aggregat glättet die Ausreißer und zeigt eine ausgewogene Person — viel Ameise und Capybara, ordentlich Biene, wenig Egel. Doch Vorsicht: Auch das Aggregat ist nur eine Zusammenfassung. Es verschweigt, dass Mia mit der Schwester sprüht und mit der Mutter nörgelt. Je mehr Beziehungen ein Zwilling kennt, desto fairer wird er — aber die volle Wahrheit über einen Menschen steckt nie in einer einzigen Zahl.

Bau ihn selbst. Den ganzen Rechenweg — von den fünf Dialogen bis zu diesen Balken — kannst du als kleines, kommentiertes Python-Programm auf hiddensignals.swarmcreativity.com/kapitel16-zwilling.html nachvollziehen und mit deinen eigenen, freiwillig geteilten Chats ausprobieren. Es ist derselbe Zweischritt wie in Kapitel 7: erst die fertige Fassung nutzen, dann selbst nachbauen und entzaubern. Die einfache Wortzähl-Version dort fällt schärfer aus als die feinen Mischungen oben — ein gutes Gefühl dafür, wie viel das „echte“ Werkzeug mit dem Sprachmodell zusätzlich sieht.

Der Zwilling als Helfer. Im Guten ist ein digitaler Zwilling ein Geschenk. Ein Modell deines Teams kann dir zeigen, wo die Zusammenarbeit gleich haken wird, bevor es kracht. Ein Zwilling deiner selbst kann ein geduldiger Spiegel sein, der dir hilft, dich besser zu verstehen — so wie der Mimik-Spiegel, nur tiefer. Ärztinnen simulieren am digitalen Zwilling eines Organs eine Behandlung, bevor sie sie am Menschen wagen. Verstehen, üben, schützen — dafür ist das Werkzeug gemacht.

Der Zwilling als Fessel. Aber derselbe Zwilling, in fremder Hand, wird zur Fessel. Wer dich genau genug vorhersagen kann, kann dich auch lenken: dir genau die Nachricht zeigen, die dich packt, genau im Moment deiner Schwäche. Das ist keine ferne Erfindung — es ist das Geschäftsmodell halber Branchen. Und je besser dein Zwilling, desto leichter lässt du dich steuern, ohne es zu merken. Hier wird die ehrliche Grenze des ganzen Buches zur dringlichsten Frage: Ein Werkzeug, das versteht, kann auch manipulieren.

Die goldene Regel — und der Maulesel. Gegen beides hilft dasselbe, was schon in Kapitel 9 stand: die goldene Regel. Was über dich herausgefunden wird, gehört dir — nicht dem, der es misst. Dein digitaler Zwilling sollte dir dienen, nicht über dich verfügen. Und dann ist da noch der Maulesel aus Kapitel 14, jener Unberechenbare, der jede Vorhersage sprengt. Er ist das letzte Wort dieses Teils: Kein Modell, so gut es auch ist, fängt den ganzen Menschen. Du bist immer auch

der, der ausschert, der sich anders entscheidet, der die Statistik enttäuscht. Diese Freiheit nimmt dir keine Maschine – solange du weißt, dass du sie hast.

Damit schließt sich der große Bogen: vom einzelnen ehrlichen Signal über Gesicht, Stimme, Pflanze und Tier bis zur ganzen Gesellschaft. Was all diese Fäden verbindet und wohin sie gemeinsam führen, fügt der letzte Teil zusammen – die Konvergenz.

ZUM SELBERMACHEN – DIE AKTIVITÄTEN ZU DIESEM KAPITEL

Alles läuft zusammen im digitalen Zwilling (interaktive Version und Anleitungen online: hidden-signals.swarmcreativity.com/kapitel16-zwilling.html).

16.1 Der Zwilling als Aggregat – der Fall Mia. Du rechnest die Symbionten-Anteile aus, die Mia mit fünf verschiedenen Menschen zeigt, und siehst schwarz auf weiß: Der Zwilling hängt am Gegenüber – er ist ein Bild der Beziehung, nicht des Menschen allein.

16.2 Mein digitaler Zwilling (Master). Für Fortgeschrittene: ein Mini-Sprachmodell auf deine eigenen, freiwillig geteilten Texte feintunen – und erleben, wie viel und wie wenig davon „du“ ist.

Teil V

Die Konvergenz

Paracelsus · Rosenkreuzer · Adams · Asimov

*„Über die Reiche hinweg zuzuhören — das ist keine Krone, sondern eine
Verantwortung.“*

— der Leitgedanke dieses Buches

Dieselbe Maschine — nun in allen Welten zugleich. Und sie liest auch dich.

Kapitel 17 · Eine gemeinsame Zeitachse

WORUM ES IN DIESEM KAPITEL GEHT

Vier Teile lang hast du gelernt, einzelne Wesen zu lesen — Menschen, Tiere, Pflanzen, ganze Gruppen. Dieses Kapitel legt sie endlich nebeneinander, auf eine gemeinsame Zeitachse, und zeigt das Verblüffende: Es war immer dasselbe Verfahren, und es waren immer dieselben Signale. Die Reiche der Natur sprechen, einmal hörbar gemacht, eine erstaunlich ähnliche Sprache.

Zu Beginn dieses Buches stand ein Versprechen: dass am Ende Pflanze, Tier und Mensch nebeneinander auf einer gemeinsamen Zeitachse liegen würden — und dass du sehen würdest, was sie verbindet. Dieser Augenblick ist jetzt gekommen. Schau zurück auf den Weg, und ein Muster tritt hervor, das vorher hinter den einzelnen Kapiteln verborgen lag.

Ein einziges Verfahren. Sieh genau hin, und du erkennst: Es war stets derselbe Griff. Eine Stimme, ein Pflanzensignal, ein Hundekörper, das Stimmungs-Auf-und-Ab einer ganzen Gruppe — so verschieden sie sind, mit jedem haben wir dasselbe getan. Wir haben das Signal über der Zeit aufgezeichnet und in ein Bild verwandelt: ein Spektrogramm, eine Punktwolke, eine Netzwerk-Karte. Und dann haben wir dieselbe bilderkennende Maschinerie darauf schauen lassen — den Trick aus Kapitel 3. Ein einziges Verfahren, von der Tomate bis zur Börse. Das ist die erste Konvergenz: die der Methode.

Dieselben ehrlichen Signale. Die zweite ist tiefer. Quer durch alle Reiche tauchen dieselben ehrlichen Signale auf, die Pentland am Menschen beschrieb (Kapitel 1). Der Rhythmus, in dem etwas antwortet. Das Auf und Ab von Anspannung und Ruhe. Die Wiederkehr fester Muster. Der langsame Takt des Herzens, der sich im Blatt der Pflanze spiegelt (Kapitel 13); die Zeitfenster der Venusfliegenfalle, die im Minutenband wiederkehren; die Stimmung in der Sprache, ob bei einem Menschen oder bei Millionen auf einmal. Es ist, als spräche das Leben überall denselben Grunddialekt — und wir haben gerade erst gelernt, ihn zu hören.

Auf einer gemeinsamen Zeitachse betrachtet, rücken Mensch, Tier und Pflanze damit überraschend nah zusammen. Nicht, weil sie gleich wären — sondern weil sie verwandt sind in der Art, wie sie auf ihre Welt antworten. Und genau das stellt eine sehr alte Ordnung auf den Kopf.

ZUM SELBERMACHEN — DIE AKTIVITÄT ZU DIESEM KAPITEL

Die drei Reiche zusammenführen (Anleitung und Daten online: hidden-signals.swarmcreativity.com/aktivitaeten.html).

17.1 Drei Reiche auf einer Zeitachse. Du legst Mensch, Tier und Pflanze aus den Phänomene-Daten nebeneinander auf eine gemeinsame Zeitachse und suchst, was sie über die Reiche hinweg verbindet.

Kapitel 18 • Die umgekehrte Leiter

WORUM ES IN DIESEM KAPITEL GEHT

Seit zweitausend Jahren denken wir die Natur als Leiter: der Mensch oben, darunter Tier, Pflanze, Stein. Dieses Kapitel zeigt, warum die Werkzeuge dieses Buches diese Leiter umkehren — und was an ihre Stelle tritt: kein Rang, sondern ein Netz gegenseitigen Lesens, in dem jedes Wesen auf seine Weise vollkommen ist.

Aristoteles ordnete die Lebewesen in eine Leiter — die *scala naturae*. Ganz oben der Mensch, darunter die Tiere, dann die Pflanzen, zuunterst das Unbelebte. Zweitausend Jahre lang prägte dieses Bild unser Denken: je „höher“, desto wertvoller, desto näher an Vernunft und Geist. Die verborgenen Signale stellen diese Leiter auf den Kopf.

Wer liest hier wen? Denn wer liest in diesem Buch eigentlich wen? Der Hund liest unsere Stimmung oft genauer, als wir seine lesen (Kapitel 12). Das Pferd spürt unsere Anspannung, bevor wir sie selbst bemerken. Und am Ende war es die Pflanze — das Wesen ganz unten auf der alten Leiter —, die den Menschen las (Kapitel 13). Die Rangordnung, die den Menschen nach oben und die Pflanze nach unten setzte, zerfällt, sobald man genauerinhört. Oben und unten verlieren ihren Sinn.

Unvergleichbare Vollkommenheiten. An ihre Stelle tritt ein anderer Gedanke: Jedes Reich ist auf seine eigene, unvergleichbare Weise vollkommen. Die Pflanze kann, was kein Mensch kann — aus Licht Leben machen und ihre Umwelt mit einer Geduld lesen, die uns fehlt. Der Schwarm schafft, was kein Einzelner vermag (Teil IV). Solche Fähigkeiten lassen sich nicht gegeneinander aufrechnen; es gibt keine gemeinsame Skala, auf der die eine „höher“ stünde als die andere. Sie sind verschieden und ebenbürtig. Das ist die umgekehrte Leiter: keine Leiter mehr, sondern ein Netz.

Die einzige Besonderheit des Menschen. Bleibt eine einzige Besonderheit des Menschen — aber sie ist nicht die, die wir lange dachten. Der Mensch ist nicht die Krone der Schöpfung. Er ist das einzige Wesen, das die Werkzeuge bauen kann, um die anderen endlich zu hören. Das ist keine Krone. Das ist eine Verantwortung. Wer als Einziger zuhören kann, trägt die Pflicht, gut zuzuhören — und das Gehörte nicht zu missbrauchen.

Damit ist der Leitgedanke eingelöst, der ganz am Anfang dieses Buches stand: über die Reiche hinweg zuzuhören. Bleibt eine letzte Frage — was das für dich bedeutet, der oder die du diese Werkzeuge nun in Händen hältst.

Kapitel 19 · Das offene Gewölbe — ein Wort an dich

WORUM ES IN DIESEM KAPITEL GEHT

Das letzte Kapitel. Es kehrt zurück zum Anfang — zum Gewölbe des Prologs — und richtet das Wort an dich. Du hast gelernt, die verborgenen Signale zu lesen. Was nun? Dieses Kapitel fasst die fünf Blickwinkel des Buches zu einer Haltung zusammen und gibt dir das Wichtigste mit, das ein mündiger Mensch in einer lesbaren Welt braucht.

Am Anfang dieses Buches stand ein Gewölbe: die sagenhafte Gruft der Rosenkreuzer, in der ein künstliches Licht brannte und ein Wissen verschlossen lag — mit einer Wette von einhundertzwanzig Jahren darauf, dass eines Tages die Instrumente und die Köpfe kämen, um es zu lesen. Vier Jahrhunderte später, so erzählte es der Prolog, steht ein zweites Gewölbe in einer Halle in Dietikon, aus Glas, Kabel und Code. Du bist nun hindurchgegangen. Das Gewölbe steht offen, und du weißt jetzt, wie man liest, was darin leuchtet.

Fünf Blickwinkel, eine Haltung. Vier Vordenker haben dich begleitet, und jeder hinterlässt dir mehr als eine Technik — er hinterlässt eine Haltung. Von Paracelsus: Lies die Natur selbst, nicht die alten Bücher über sie. Von den Rosenkreuzern: Teile dein Wissen offen, über alle Mauern hinweg. Vom Babelfisch des Douglas Adams: Tritt über die Artgrenze, halte kein Wesen für stumm. Von Asimovs Psychohistorik: Sieh das Ganze, die Muster der Menge — und achte den Einzelnen, der ausschert. Und aus ihrer Konvergenz: Hör über die Reiche hinweg zu, in Demut. Zusammen sind sie kein Werkzeugkasten, sondern eine Art, die Welt zu sehen.

Du liest — und du wirst gelesen. Doch vergiss das Wichtigste nicht: In einer lesbaren Welt liest du nicht nur, du wirst auch gelesen. Dein Gesicht, deine Stimme, deine Wörter, deine Spuren — andere lesen sie längst, und nicht immer zu deinem Wohl. Mündigkeit heißt, beides zu wissen: dass du diese Macht hast, und dass andere sie über dich haben. Frag darum bei allem, was du liest: Habe ich das Recht dazu? Und bei allem, was über dich gelesen wird: Geschieht es offen, und gehört das Ergebnis mir? Erinnerung dich an die goldene Regel — was über dich herausgefunden wird, gehört dir. Und erinnere dich an den Maulesel: Keine Vorhersage fängt dich ganz. Deine Freiheit, anders zu sein, als jede Statistik erwartet, kann dir niemand nehmen.

Die alten Rosenkreuzer träumten von einem Bund, der den Code der Natur knackt und sein Wissen zum Wohl aller teilt. Du hältst nun einen Teil dieses

Codes in der Hand – früher, als sie zu hoffen wagten, und mächtiger. Was du damit tust, steht nicht in diesem Buch. Es steht bei dir.

Und erinnerst du dich an das Mädchen aus dem Prolog, an den Tisch mit der Kalanchoe? Wir hatten versprochen zurückzukehren. Nun weisst du, was dort geschah: kein Wunder, sondern ein ehrliches Signal, gelesen von einem Werkzeug, das du inzwischen selbst bedienen kannst – und einordnen, mit Staunen und mit Skepsis. Vielleicht ist dir längst aufgegangen, wer dieses Mädchen ist. Es trug keinen Namen und kein Gesicht, weil der Platz vor der Pflanze für dich frei gehalten war.

Tritt heran. Beug dich über die Pflanze. Sieh, wie die Linie sich hebt.

Das Gewölbe steht offen. Das Licht darin ist bioelektrisch.

Geh hindurch – und hör gut zu.

ZUM SELBERMACHEN – DIE ABSCHLUSS-AKTIVITÄT

Keine Bau-, sondern eine Denkaufgabe zum Schluss.

19.1 KI-Mündigkeit – wo sind die Grenzen? Sammelt gemeinsam, was die Werkzeuge dieses Buches können – und was nicht. Wer selbst eine Emotionserkennung gebaut hat, verwechselt sie nicht mehr mit Gedankenlesen.

Quellen und zum Weiterlesen

Dieses Buch verbindet die Ideen kluger Vordenker mit echter Forschung – vieles davon aus dem Labor des Autors, oft gemeinsam mit Studierenden und Kolleginnen aus einem internationalen Netzwerk. Wer tiefer graben möchte, findet hier die wichtigsten Quellen, nach Themen geordnet. Dieses Verzeichnis wächst mit dem Buch.

Bücher und Ideengeber

- Adams, D.: *Per Anhalter durch die Galaxis*. London: Pan Books, 1979 (Original: *The Hitchhiker's Guide to the Galaxy*).
- Asimov, I.: *Die Foundation-Trilogie*. 1951–1953 (Original: *Foundation*).
- Pentland, A.: *Honest Signals: How They Shape Our World*. Cambridge, MA: MIT Press, 2008.
- Pennebaker, J. W.: *The Secret Life of Pronouns: What Our Words Say About Us*. New York: Bloomsbury Press, 2011.
- Haidt, J.: *The Righteous Mind: Why Good People Are Divided by Politics and Religion*. New York: Pantheon Books, 2012.

Die Forschung hinter diesem Buch

Ein großer Teil dieses Buches beruht auf der eigenen Forschung des Autors und seiner Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter.

- Gloor, P. A.: *Swarm Creativity: Competitive Advantage through Collaborative Innovation Networks*. New York: Oxford University Press, 2006.
- Gloor, P.; Fischbach, K.; Fuehres, H. u. a.: *Towards „Honest Signals“ of Creativity – Identifying Personality Characteristics Through Microscopic Social Network Analysis*. *Procedia – Social and Behavioral Sciences* 26, 2011 (COINs 2010).
- Roessler, J.; Gloor, P. A.: *Measuring Happiness Increases Happiness (Happimeter)*. *Journal of Computational Social Science* 4, 123–146, 2021.
- Antonacci, G.; Fronzetti Colladon, A.; Stefanini, A.; Gloor, P. A.: *It Is Rotating Leaders Who Build the Swarm: Social Network Determinants of Growth for Healthcare Virtual Communities of Practice*. *Journal of Knowledge Management* 21 (5), 1218–1239, 2017.
- Gloor, P. A.; Fronzetti Colladon, A.; Giacomelli, G.; Saran, T.; Grippa, F.: *The Impact of Virtual Mirroring on Customer Satisfaction*. *Journal of Business Research* 75, 67–76, 2017.
- Zhang, X.; Fuehres, H.; Gloor, P. A.: *Predicting Stock Market Indicators Through Twitter – „I Hope It Is Not as Bad as I Fear“*. *Procedia – Social and Behavioral Sciences* 26, 55–62, 2011 (COINs 2010).
- Gloor, P. A.: *Predicting Stock Market Indicators Through Twitter (Blogbeitrag)*. *Swarm Creativity Blog*, 2010 – frühe Ergebnisse zu Börse, Oscar- und Kinokassen-Vorhersage; swarmcreativity.blogspot.com.

- Gloor, P. A.; Fronzetti Colladon, A.; de Oliveira, J. M.; Rovelli, P.: *Put Your Money Where Your Mouth Is: Using Deep Learning to Identify Consumer Tribes from Word Usage* (Tribefinder). *International Journal of Information Management* 51, 101924, 2020.
- Jha, A.; Gloor, P. A.: *Do What You Say – Computing Personal Values Associated with Professions Based on the Words They Use* (Fatherlanders, Nerds, Spiritualists, Treehuggers). *Algorithms* 18 (2), 72, 2025.
- Gloor, P. A.; Fronzetti Colladon, A.; Altuntas, E. u. a.: *Your Face Mirrors Your Deepest Beliefs – Predicting Personality and Morals through Facial Emotion Recognition*. *Future Internet* 14 (1), 5, 2022.
- Corujo, L. A.; Kieson, E.; Schloesser, T.; Gloor, P. A.: *Emotion Recognition in Horses with Convolutional Neural Networks*. *Future Internet* 13 (10), 250, 2021.
- Ferres, K.; Schloesser, T.; Gloor, P. A.: *Predicting Dog Emotions Based on Posture Analysis Using DeepLabCut*. *Future Internet* 14 (4), 97, 2022.
- Bhave, A.; Hafner, A.; Bhave, A.; Gloor, P. A.: *Unsupervised Canine Emotion Recognition Using Momentum Contrast*. *Sensors* 24 (22), 7324, 2024.
- Bhave, A.; Kieson, E.; Hafner, A.; Gloor, P. A.: *Identifying Novel Emotions and Wellbeing of Horses from Videos Through Unsupervised Learning*. *Sensors* 25 (3), 859, 2025.
- Arora, S.; Kieson, E.; Rudd, C.; Gloor, P. A.: *Multi-Modal Feature Fusion and Hierarchical Classification for Automated Equine–Human Interaction Behavior Recognition*. *Sensors* 26 (7), 2202, 2026.
- Longhitano, D.; Sauchuk, Y.; Asadov, A.; Gloor, P. A.: *Leveraging Deep Learning to Predict Cat Emotions Using Audio*. In: *Artificial Intelligence and Networks for a Sustainable Future*. Springer, Cham, S. 95–117, 2026.
- Oezkaya, B.; Gloor, P. A.: *Recognizing Individuals and Their Emotions Using Plants as Bio-Sensors through Electro-Static Discharge*. arXiv:2005.04591, 2020.
- de la Cal, L.; Gloor, P. A.; Weinbeer, M.: *Can Plants Sense Humans? Using Plants as Biosensors to Detect the Presence of Eurythmic Gestures*. *Sensors* 23 (15), 6971, 2023.
- Kruse, J. A.; Ciechanowski, L.; Dupuis, A. u. a.: *Leveraging the Sensitivity of Plants with Deep Learning to Recognize Human Emotions*. *Sensors* 24 (6), 1917, 2024.
- Gloor, P. A.: *Plant Bioelectric Early Warning Systems: A Five-Year Investigation into Human–Plant Electromagnetic Communication*. arXiv:2506.04132, 2025.
- Gloor, P. A.: *Plant Bioelectrical Signals for Environmental and Emotional State Classification*. *Biosensors* 15 (11), 744, 2025.
- Gloor, P. A.: *Silent Signals: Correlating Plant Bioelectric Activity with Human Emotional States via Wearable Sensing*. *Biomimetics* 11 (4), 236, 2026.
- Gloor, P. A.: *Mechanosensory Coupling Between Human Cardiac Activity and Plant Bioelectric Potentials: A Naturalistic Self-Study with Spectral Validation*. Preprints 202605.0055, 2026.

Technische Grundlagen und weitere Quellen

- He, K.; Zhang, X.; Ren, S.; Sun, J.: *Deep Residual Learning for Image Recognition* (ResNet). *IEEE CVPR*, 2016.
- Mathis, A. u. a.: *DeepLabCut: Markerless Pose Estimation of User-Defined Body Parts with Deep Learning*. *Nature Neuroscience* 21, 1281, 2018.

Radford, A. u. a.: *Robust Speech Recognition via Large-Scale Weak Supervision* (Whisper). OpenAI, arXiv:2212.04356, 2022.

Khait, I. u. a.: *Sounds Emitted by Plants under Stress Are Airborne and Informative*. Cell 186 (7), 2023.

Über den Autor

Peter A. Gloor erforscht seit über zwanzig Jahren, wie sich aus den verborgenen Signalen von Menschen, Teams – und inzwischen auch von Tieren und Pflanzen – etwas ablesen lässt. Er ist Honorarprofessor für Informationsmanagement an der Universität zu Köln, unterrichtet Data Science an der Hochschule Luzern und ist Research Affiliate am Massachusetts Institute of Technology (MIT) in Cambridge, wo er über zwei Jahrzehnte forschte. 2024 kehrte er in die Schweiz zurück.

In den 1990er-Jahren arbeitete er am MIT an einer der ersten „Landkarten“ des damals noch jungen World Wide Web. Aus dieser frühen Faszination für Netzwerke wuchs sein Lebensthema: die Collaborative Innovation Networks (COINs) – die Idee, dass kreative Durchbrüche in offenen, ehrlich miteinander kommunizierenden Gruppen entstehen. Sein Buch „Swarm Creativity“ prägte den Begriff.

Zwischen seinen frühen Jahren am MIT und seiner langjährigen Rückkehr dorthin sammelte er Erfahrung in der Wirtschaft: als Sektionsleiter Software-Entwicklung bei der UBS, als Partner und Leiter eBusiness bei PwC und schließlich als Partner und europäischer Leiter eBusiness bei Deloitte. Diese Jahre an der Schnittstelle von Technik und großen Organisationen prägten die Fragen, denen er anschließend zweiundzwanzig Jahre als Research Scientist am MIT Center for Collective Intelligence nachging: Wie arbeiten Menschen wirklich zusammen, und woran lässt sich das ablesen?

Heute leitet er ein internationales Forschungsnetzwerk, das mit selbstgebauten Sensoren und künstlicher Intelligenz die elektrischen Signale von Pflanzen liest. Die Versuche in diesem Buch – vom Hundegesicht über das Katzenmiau bis zur Kalanchoe, die den Herzschlag eines Menschen zu spüren scheint – stammen größtenteils aus seinem eigenen Labor, oft gemeinsam mit Studierenden aus aller Welt. Er lebt in Aarau.