

Prolog: Schönheit des Denkens

»The brain is a remarkable computer«, lautet der erste Satz in einem 1992 veröffentlichten Artikel von Geoffrey Hinton, heute führender Computational-Neuroscientist. Anhand seiner akademischen Karriere lässt sich die Geschichte der theoretischen Neurowissenschaft der letzten 50 Jahre im Schnelldurchlauf erzählen: Hinton hatte zunächst Physiologie, später Psychologie studiert, über Neuronale Netze promoviert und damit seinen Dokortitel in der Informatik, im Teilgebiet der künstlichen Intelligenz (KI), erworben. Seither arbeitet er maßgebend an der Modellierung künstlicher Neuronaler Netze, die für ihn unmittelbar den Neuronalen Netzen im Gehirn entsprechen, und ist prominenter Forscher und Entwickler von Deep-Learning-Algorithmen. Außerdem ist er Urenkel des bedeutenden Mathematikers und Logikers George Boole, der mit seinen bahnbrechenden Erneuerungen im Bereich der Formalisierung, seiner *Algebraisierung der Logik*, die Mathematik fit für die erst viele Jahre später zum Einsatz kommenden Rechenmaschinen machte. Hintons Geschichte bezeugt die Entwicklung, die die Untersuchungen des Gehirns auf die Füße der statistischen Logik stellt. Am Beispiel seiner Karriere lassen sich im Schnelldurchlauf die Genese und Wechselbeziehung der daraus entstandenen mathematischen Modelle künstlicher Neuronaler Netzwerke und die Konzepte der kognitiven Informationsverarbeitung aufzeigen. Die Genese aus der Mathematischen Logik und die Parallele zur Maschine begründet die Modellbildung in den Computational Neurosciences, neuerdings wieder verstärkt durch das Comeback der als Konnektionismus bezeichneten Theorie, die schon in den 1950er-Jahren die Kybernetik sowie die künstliche Intelligenzforschung antrieb und heute in den Modellen künstlicher Neuronaler Netze ihre Umsetzung findet.

Eine der Hauptthesen dieses Buches zielt darauf, aufzuzeigen, dass sich einige Bereiche in der Hirnforschung aufgrund verschiedener epistemischer und technischer Entwicklungen in einem argumentativen Zirkelschluss be-

finden: Nachdem die Neurowissenschaft zunächst Methoden, Algorithmen und Modelle entwickelt hat, um das Gehirn und seine Funktionsweisen zu untersuchen, hat sie eben jene im nächsten Schritt als dem Gehirn immanent interpretiert und die parallele Verarbeitung mathematisch berechneter Vorhersagen als allen Denkprozessen vorausgehend behauptet. So wurde aus der Algorithmizität der Untersuchungsmethoden die Algorithmizität des Untersuchungsgegenstands. Mit anderen Worten, in den gegenwärtigen Neuro-*modellen* der Computational Neurosciences werden die Algorithmen und mathematischen Modelle, die zunächst zur Untersuchung des Gehirns erdacht wurden, als originär eingelagerte, dem Gehirn inhärente Funktionsweisen angenommen.

Ziel der gegenwärtigen Computational Neurosciences ist es, herauszufinden, welche *computations* (Berechnungen) das Gehirn durchführt, mit welchen Algorithmen das Gehirn Wahrnehmungen verarbeitet. »The computer can become a remarkable brain«, würde Hinton's Hypothese heute vermutlich lauten. Das zugehörige Programm sieht vor, den Computer dazu zu bringen, wie ein Gehirn zu agieren und mithilfe von artifiziellen Algorithmen, verheißungsvoll als Neuronale Netzwerke bezeichnet, wie ›der Mensch‹ zu lernen. Rhetoriken, Metaphern und Modellbildungen sind stark an die Informatik angelehnt. Warum das so ist und was das heute mit unserer Wissensproduktion über das menschliche Gehirn macht und warum ausgerechnet die vielversprechende künstliche Intelligenz dem Menschen das Denken abgewöhnt – darum soll es in diesem Buch gehen. *Die Schönheit des Denkens* setzt bei der Einsicht an, dass der Mensch nicht allein sein Gehirn ist und dass es alternative Modelle braucht, die das Gehirn außerhalb einer Mensch-Maschine-Allegorie verorten. Nötig ist eine deutliche Kritik an der derzeitigen zerebralen Perspektive der Neurowissenschaft, die »keine relationale, sondern eine substantialistische« (Ehrenberg 2019, 21) ist und, um die Mechanismen menschlichen Verhaltens wissenschaftlich zu erfassen, »vorsätzlich ein von seinen Beziehungen abgeschnittenes Individuum erschafft« (ebd.).

Wie schon in meiner ersten Studie... *dem Gehirn beim Denken zusehen? Sicht- und Sagbarkeiten in der funktionellen Magnetresonanztomographie* (Fitsch 2014) interessiert sich auch die vorliegende Untersuchung für die spezifischen Apparaturen und Technologien, die die Herangehensweise und den ›Blick‹ auf das Gehirn bestimmen und mit ihnen die Praktiken, Metaphern und Episteme, die in diese Technologien einfließen. Die Medienphilosophin Flora Lysen verweist in ihrem Buch *Brainmedia* (2020) darauf, dass die Hirnforschung sich häufig an Analogien und Metaphern aus dem Bereich der Medientechnolo-

gien bediente: »Indeed, brain-research discourse is rife with metaphors and tropes, especially analogies between brains and technology, including, since the nineteenth century, what we may call media technology (phonograph, telegraph, telephone, internet).« (Lysen 2020, 19) Für die Geschichte der Computational Neurosciences trifft dies erst in einem zweiten Schritt zu, ihre Anfänge finden sich in einer Mathematisierung der Aussagenlogik, des Blicks, der Wahrnehmung und der methodischen Zugänge. Die Bedingungen heutiger Computermodelle und -simulationen wurden zwar erst in den letzten Jahren durch rechenstarke Computer und sogenanntes Machine Learning möglich, ihre erkenntnistheoretischen Spuren und Anleihen führen aber weit in die Geschichte der Mathematik und Logik und erst später auf die informationstechnischen Modelle der Kybernetik zurück.

Daher wird es in diesem Buch weniger um Ästhetik(-en) gehen (wiewohl Ästhetik im rancièreschen Sinne als Formen von Möglichkeitsräumen auch dieser Arbeit zugrunde gelegt wurde), sondern mehr um die mathematische Verfasstheit der Logik – im Sinne einer mathematisch induzierten Logik des Schließens und der Beweisführung.

1 Was sind Computational Neurosciences? Die Beschreibung eines Feldes und ihrer Methode

Die Welt der Computational Neurosciences, ebenso wie alle neurowissenschaftlichen Felder, die auf der Basis mathematischer Modelle arbeiten, ist eine Welt mit ganz eigenen logischen Schlussfolgerungen. Um diese Welt einer spezifischen, *wahrscheinlichen* Logik zu verstehen, soll in diesem Kapitel der Geschichte und Entstehung des Feldes nachgegangen werden. Versteht man die theoretischen Grundlagen dieser Wissenschaft, lassen sich die daraus resultierenden Schlussfolgerungen verstehen. Wie arbeiten und welcher Methoden bedienen sich die Computational Neurosciences? Wie unterscheiden sich die Computational Neurosciences von Computed Neurosciences, Cognitive Neuroscience, Neuroinformatik, Big Data Neurosciences, Theoretischer Neurowissenschaft, Philosophie des Geistes und künstlicher Intelligenz? Denn sie alle haben einen gemeinsamen Nenner: die Klärung der Wahrnehmungs- und Informationsverarbeitung im Gehirn und die Lösung, dass das Gehirn *computations* anstellt, nicht nur als Methode, sondern auch als Modell und Metapher für die Funktionsweise des menschlichen Gehirns.