

Aufbau des menschlichen visuellen Cortex

Erarbeitet von
Dr. Ludmila Himmelspach

Lernziele	1
Inhalt	2
Einstieg.....	2
Aufbau des menschlichen visuellen Cortex	2
Take-Home Message	4
Quellen	4
Weiterführendes Material.....	4
Disclaimer	4

Lernziele

- Du lernst, was lokale Wahrnehmungsfelder sind
- Du lernst die Reaktionseigenschaften einzelner Neuronen im visuellen Cortex
- Du lernst, wie Neuronen im menschlichen visuellen Cortex miteinander verbunden sind

Inhalt

Einstieg

Die Idee der Convolutional Neural Networks (CNNs) basiert auf den Erkenntnissen über die Struktur des visuellen Cortex des menschlichen Gehirns. Bevor wir uns dem Aufbau der Convolutional Neural Networks oder kurz CNNs widmen, schauen wir uns an, wie der menschliche visuelle Cortex aufgebaut ist.

Aufbau des menschlichen visuellen Cortex

In den 1950er und 1960er Jahren untersuchten David Hubel und Torsten Wiesel die Reaktionseigenschaften der einzelnen Neuronen des visuellen Cortex bei Katzen und Affen. Für diese Arbeit erhielten sie übrigens im Jahr 1981 den Nobelpreis in Physiologie und Medizin. Sie fanden heraus, dass einige Neuronen im visuellen Cortex auf visuelle Reize nur in einem begrenzten Bereich des Gesichtsfelds, dem sogenannten *lokalen Wahrnehmungsfeld*, reagieren. Dabei werden die visuellen Reize von einem Neuron im Zentrum seines lokalen Wahrnehmungsfelds am stärksten wahrgenommen, während die visuelle Wahrnehmung zum Rande hin abnimmt. Die Wahrnehmungsfelder unterschiedlicher Neuronen können sich teilweise oder ganz überlappen und zusammen das gesamte Gesichtsfeld abdecken.

Quelle [1]

Betrachten wir das Foto vom Haus der Universität. Um nachvollziehen zu können, was ein einzelnes Neuron in unserem visuellen Cortex vom Bild gerade wahrnimmt, müssten wir einen kleinen Teil des Bildes sichtbar lassen und den Rest schwärzen. Das ist nicht gerade übersichtlich! Deswegen stellen wir die lokalen Wahrnehmungsfelder von sechs Neuronen im Bild exemplarisch durch überlappende Kreise dar. Diese verbinden wir durch Linien mit den Neuronen in der stark vereinfachten Nachbildung des visuellen Cortex auf der rechten Seite. Wie Du Dir sicher vorstellen kannst, sind gerade sehr viele Neuronen in Deinem visuellen Cortex beim Betrachten dieses Bildes beteiligt.

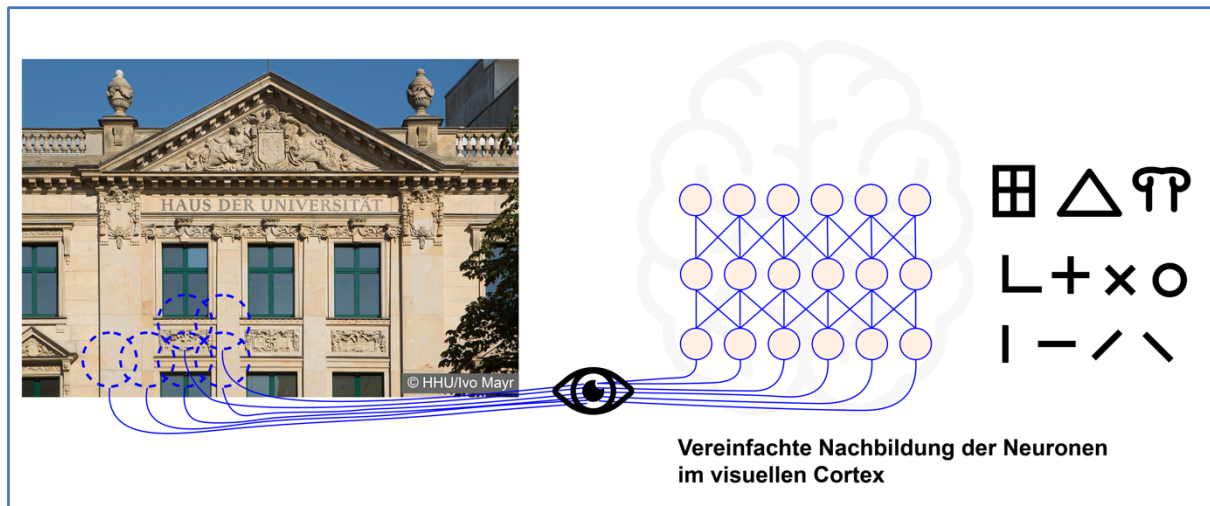


Abbildung 1: Hierarchischer Aufbau der Neuronen im menschlichen visuellen Cortex.

Wissenschaftler*innen haben herausgefunden, dass unser visueller Cortex aus ca. 200 Millionen Neuronen besteht.

Quelle [2]

Ihre Funktionen sind aber nicht so einfach, wie sie auf den ersten Blick erscheinen. Denn Hubel und Wiesel konnten nachweisen, dass einige Neuronen das gleiche lokale Wahrnehmungsfeld haben können, aber nur auf Linien bestimmter Ausrichtungen reagieren.

Schauen wir uns noch mal das Bild vom Haus der Universität an und betrachten das rot eingekreiste lokale Wahrnehmungsfeld genauer. Nach Erkenntnissen von Hubel und Wiesel „betrachten“ gerade mehrere Neuronen diesen Ausschnitt des Bildes. Dabei reagiert ein Neuron nur auf die horizontalen Linien, das andere auf die vertikalen Linien, das dritte auf die diagonalen Linien usw.

Aber wie kommt es, dass wir das Bild als Ganzes sehen? Diese Frage beantwortet eine weitere Erkenntnis von Hubel und Wiesel. Die Wissenschaftler stellten fest, dass einige Neuronen größere Wahrnehmungsfelder haben und auf komplexere Muster reagieren, die Kombinationen einfacher Muster sind. Diese Beobachtung führte sie zu der Annahme, dass Neuronen im visuellen Cortex hierarchisch angeordnet sind und dass Neuronen auf der höheren Ebenen die Ausgabe der benachbarten Neuronen auf der darunterliegenden Ebene verarbeiten.

Wenn wir uns noch mal das Foto vom Haus der Universität anschauen, bedeutet das, dass die Neuronen der niedrigsten Abstraktionsebene in unserem visuellen Cortex nur die Linien bestimmter Ausrichtungen wahrnehmen, während die Neuronen der darüberliegenden Ebene Ecken, Kreuze und einfache geometrischen Formen „erkennen“. Die Neuronen der höheren Abstraktionsebenen nehmen wiederum Teile des Gebäudes wie Fenster, Dach und Verzierungen wahr.

Take-Home Message

Der Aufbau des menschlichen visuellen Cortex diente als Vorbild für die Struktur der Convolutional Neural Networks. Das ist eins der Gründe, warum diese in der Bildverarbeitung so erfolgreich sind. Damit es Dir leichter fällt, die Architektur der Convolutional Neural Networks zu verstehen, hast Du in diesem Video gelernt, wie der menschliche visuelle Cortex aufgebaut ist. Jetzt weißt Du, was die lokalen Wahrnehmungsfelder sind, welche Funktion die Neuronen im visuellen Cortex haben und wie diese miteinander verbunden sind.

Quellen

- Quelle [1] Bellebaum, C., Thoma, P., Daum, I. (2011). *Neuropsychologie*. Germany: VS Verlag für Sozialwissenschaften. (S 34)
- Quelle [2] Bergua, A. (n.d.). *Das menschliche Auge in Zahlen*. Germany: Springer Berlin Heidelberg.

Weiterführendes Material

iBiology Science Stories. (2017, March 14). *Torsten Wiesel (Rockefeller University): Exploring the Visual Brain* [Video]. <https://www.youtube.com/watch?v=aqzWy-zALzY>

Disclaimer

Transkript zu dem Video „Bildklassifikation und Bildsegmentierung: Aufbau des menschlichen visuellen Cortex“, Dr. Ludmila Himmelspach.

Dieses Transkript wurde im Rahmen des Projekts ai4all des Heine Center for Artificial Intelligence and Data Science (HeiCAD) an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf unter der Creative Commons Lizenz [CC-BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) veröffentlicht. Ausgenommen von der Lizenz sind die verwendeten Logos, alle in den Quellen ausgewiesenen Fremdmaterialien sowie alle als Quellen gekennzeichneten Elemente.