

# Organoide Intelligenz

Künstlich hergestellte menschliche Gehirnzellen als Hardware von Computern – Anfang 2023 machte eine Forschergruppe Schlagzeilen mit einer Roadmap hin zur Realisierung derartiger Systeme. Aus rein technologischer Sicht könnte das in einigen Jahrzehnten tatsächlich möglich werden. Eine wesentliche Rolle für die diesbezüglichen Entwicklungsaktivitäten werden aber auch nichttechnische Aspekte juristischer bzw. die gesellschaftliche Akzeptanz betreffender Art spielen.

Technologien der Künstlichen Intelligenz finden inzwischen bereits verbreitet Anwendung und sollten in absehbarer Zeit zu weiteren wesentlichen Veränderungen der technischen Möglichkeiten führen. Damit steigt der Bedarf an Systemen, die auch größere Datenmengen in möglichst kurzer Zeit und mit einem niedrigen Energieverbrauch verarbeiten können. In dieser Richtung verspricht man sich von den aktuellen Halbleitertechnologien, die für die digitale Datenverarbeitung eingesetzt werden, keine wirklich entscheidenden Fortschritte mehr. Gerade was energieeffiziente Datenverarbeitung und Gesamtgeschwindigkeit angeht haben biologische Gehirne mit der ihnen eigenen parallelen Datenverarbeitung hier wesentliche Vorteile. Deshalb stehen seit geraumer Zeit sog. neuromorphe Computersysteme, die dem menschlichen Gehirn nachempfunden sind, im Fokus der Forschung. So ist der Nachbau gewisser Funktionalitäten des Gehirns z. B. in Form künstlicher neuronaler Netze inzwischen bereits relativ weit fortgeschritten.

Während derartige Konzepte aber letztlich immer noch auf der Nutzung von Halbleiterbauelementen beruhen, denkt man heute schon über den direkten Einsatz sog. Hirnorganoiden in der Hardware von Computern nach. Wie in verschiedenen anderen Technikbereichen auch spielen hier also zunehmend Forschungsergebnisse eine Rolle, die letztlich aus dem Bereich der Lebenswissenschaften stammen.

Organoide sind aus Stammzellen gezüchtete Gewebestrukturen, die in vitro, also außerhalb des menschlichen Körpers, dreidimensional wachsen und die zelluläre

Architektur sowie bestimmte funktionale Aspekte eines Organs imitieren. Solche Organoiden können heute von fast jedem menschlichen Organ hergestellt werden, auch vom Gehirn. Für die Herstellung von Organoiden werden entweder adulte Stammzellen – also Stammzellen, die in fast allen Geweben vorkommen – oder embryonale Stammzellen (ES-Zellen) beziehungsweise sogenannte induzierte pluripotente Stammzellen (iPS-Zellen) verwendet. Adulte Stammzellen können durch verschiedene Proteine, sogenannte Wachstumsfaktoren, dazu gebracht werden, Entwicklungsprozesse zu durchlaufen, die auch bei der natürlichen Erneuerung bereits ausgewachsener Gewebe vorkommen. ES- oder iPS-Zellen sind hingegen lediglich in der Lage, Prozesse der frühen Organentwicklung nachzubilden, können sich dabei aber zu verschiedenen Zelltypen differenzieren.

Neben der Informations- und Kommunikationstechnik sieht man heute zwei weitere potenzielle und zum Teil bereits beschrittene Wege zur Nutzung von Hirnorganoiden. So kann ihr Einsatz in der Neurowissenschaft zu einem besseren Verständnis der allgemeinen Funktionsweise des Gehirns beitragen. Dazu kommen pharmakologische bzw. medizinische Anwendungen, die zur Heilung von Krankheiten bzw. zum Verständnis der Entstehung von Krankheiten des Gehirns führen sollen.

Voraussetzung für die Einsetzbarkeit von Hirnorganoiden in der Informations- und Kommunikationstechnik war der Nachweis, dass sie spontan elektrophysiologisch aktiv sind, dass also ihre einzelnen Gehirnzellen miteinander kommunizieren können. Damit sollten sie theoretisch auch in der Lage sein, zu lernen und letztlich auch ein Langzeitgedächtnis, also die Fähigkeit zur Speicherung von Informationen, zu entwickeln.

Bis dahin ist es aber noch ein weiter Weg, und viele technische Probleme sind zu lösen. So bildet ein Hirnorganoid nicht das komplette menschliche Gehirn ab, sondern lediglich Strukturen, die für bestimmte Hirn-

regionen typisch sind. Angesichts der gegenwärtigen Möglichkeiten können Hirnorganoiden außerdem maximal die Größe einer Erbse erreichen, woraus Probleme mit der Realisierung von Hardware-Schnittstellen mit der Computer-Peripherie entstünden. Dazu kommt, dass die Entwicklung eines menschlichen Hirnorganoids heute noch sehr zeitaufwendig ist. Hirnorganoiden entstehen aus ES- beziehungsweise iPS-Zellen, adulte Stammzellen kommen für die Nachbildung von Hirngewebe hingegen nicht in Frage. Die damit möglichen Kultur- und Entwicklungsprozesse laufen nicht schneller ab als in der normalen menschlichen Entwicklung. Hier geht es also um Zeiträume von Wochen und Monaten, in denen sich frühe Entwicklungsstadien des menschlichen Hirngewebes partiell nachbilden lassen. Spätere Entwicklungsstadien sind dagegen bislang nicht modellierbar.

Hinter dem Begriff Organoide Intelligenz verbirgt sich also zunächst noch keine konkrete Technologie, sondern eine relativ neue multidisziplinäre wissenschaftliche Disziplin, deren Aktivitäten in einigen Jahrzehnten schließlich tatsächlich zur Realisierung neuartiger Biocomputer auf der Basis künstlich erzeugter Organoiden aus menschlichen Gehirnzellen führen könnten. Im Vergleich zur konventionellen Informations- und Kommunikationstechnik erhofft man sich wesentliche Fortschritte bei Geschwindigkeit und Energieverbrauch insbesondere von Systemen zur Entscheidungsunterstützung und dem maschinellen Lernen. Bis dahin notwendige technologische Fortschritte reichen von der Weiterentwicklung der Herstellungsverfahren über das grundlegende Verstehen der zugrundeliegenden biologischen Wirkmechanismen bis hin zu geeigneten Schnittstellen für die Kommunikation mit derartigen Systemen. Aus naheliegenden Gründen werden neben wissenschaftlich/technologischen Aspekten aber schließlich vor allem Fragen der gesellschaftlichen Akzeptanz über den tatsächlichen Einsatz von Systemen organoide Intelligenz entscheiden.

**Jürgen Kohlhoff**