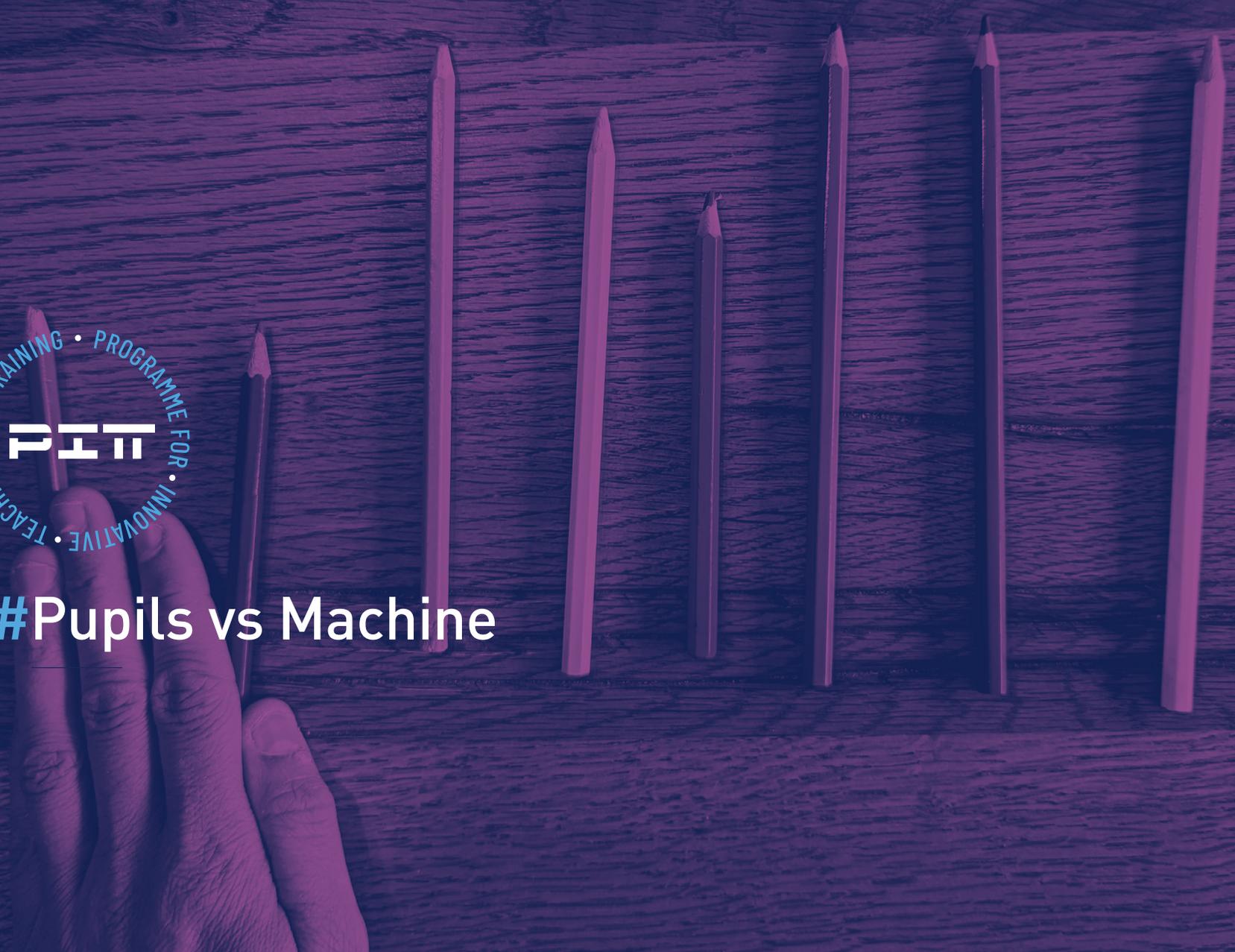




5#Pupils vs Machine



5.1 Didaktischer Kommentar

Isabell Baumann, Dominic Harion & Ann Kiefer

Sind Computer intelligent? Manche Leute würden diese Frage vielleicht intuitiv mit „ja“ beantworten. Diese Antwort fällt noch leichter, wenn man „Computer“ durch „künstliche Intelligenz“ (KI) ersetzt.¹ Gehen wir aber zunächst ein paar hundert Jahre zurück und betrachten einen Rechenschieber. Ist ein Rechenschieber intelligent? Wenn ich auf dem Schieber erst zwei Kugeln und dann drei Kugeln aufschiebe und daraus das Ergebnis 5 ablese, wer hat dann gerechnet? Der Schieber oder ich? Und wenn ich auf einer Rechenmaschine $2 + 3$ eintippe und die Maschine mir das Ergebnis 5 gibt, wer hat dann gerechnet? Die Rechenmaschine kennt keine Mathematik, ähnlich wie der Rechenschieber ist sie nur ein Werkzeug, funktioniert aber in der Tat komplexer als ein Rechenschieber. Komplexer heißt jedoch nicht gleich intelligent.²

Warum aber fällt uns diese Einsicht beim Rechenschieber so leicht und bei komplexeren Technologien schwerer? Dies wird sehr deutlich am Beispiel der künstlichen Intelligenz. Obwohl autonom agierende KI-Systeme inzwischen in fast allen Lebensbereichen präsent sind, herrscht im Allgemeinen Unwissenheit darüber vor, wie diese Systeme genau funktionieren. Der daraus resultierende Zwang, großen Tech-Giganten blind zu vertrauen, löst bei vielen Menschen Unsicherheiten und Unbehagen aus. Fantasien aus der Sciencefiction-Kultur befeuern die Angst vor einer Machtübernahme der Maschinen weiter.

Ein kritisches Verstehen, wie es von Alexandre et al. (2021) modelliert wird, kann hier irrationale Ängste abbauen. Zudem gehören ein Basiswissen und -verstehen über KI zu den Kompetenzen, die die Jugend des 21. Jahrhunderts beherrschen sollte (Touretzky et al., 2019). In einer zunehmend komplexer werdenden Welt birgt eine ethisch korrekt verwendete KI wundervolle und nützliche Potenziale für Individuen und Gesellschaft sowie für viele Bereiche wie Wissenschaft, Bildung und Industrie. Solange man jedoch das „how it works“ nicht versteht und KI damit nur als eine Blackbox begreifen und benutzen kann, ist es unmöglich, innovativ zu sein (Alexandre et al., 2021).

Das Modul #Pupils vs Machine fokussiert den Kompetenzbereich der Wissensvermittlung.³ Insbesondere geht es in diesem Modul darum, die Funktionsweise einer KI anschaulich zu erläutern. Die Schüler*innen lernen, wie eine KI ein Spiel lernt und eine Gewinnstrategie entwickelt. Als Beispiel nehmen wir in diesem Modul das bekannte Spiel *Nim*. Dieses wird von den Schüler*innen in Gruppen gespielt. In jeder Gruppe übernimmt eine Schülerin/ ein Schüler die Rolle der Maschine und die anderen spielen gegen diese. Die Schülerin/der Schüler, die oder der die Maschine simuliert, folgt einem strikten Algorithmus und findet so am Ende eine Gewinnstrategie.

Dies geschieht analog, ohne Computer, nach dem Prinzip der „CS unplugged“ (Computer Science unplugged). Bei CS unplugged arbeiten die Schüler*innen ohne Computer mit Aktivitäten, die ihnen helfen, ein breites Spektrum von CS-Themen auf motivierende Weise zu verstehen (Nishida et al., 2009). Obwohl die Vorteile von Unplugged-Aktivitäten im Allgemeinen noch nicht breiter in der Forschung rezipiert werden (Huang & Looi, 2021), sind sie innerhalb dieser thematischen Achse zur künstlichen Intelligenz didaktisch besonders wertvoll.

Insbesondere für traditionelle Themen im Bereich der KI gibt es eine Reihe von Lernmaterialien. Die Umgebung Snap! und Google stellen eine Sammlung von KI-Experimenten für Lernende zur Verfügung.⁴ Darüber hinaus bietet *Machine Learning for Kids* Online-Demos, in denen Schüler*innen Klassifikationsmodelle trainieren und diese dann in Scratch verwenden können.⁵ Allerdings wird dabei in vielen Projekten vornehmlich eine anwendungsorientierte Perspektive eingenommen. Die zugrunde liegenden Konzepte der künstlichen Intelligenz sind jedoch in reinen Anwendungssituationen nur schwer fassbar, sodass KI-Systeme für die Lernenden eine Black Box bleiben. Aus diesem Grund zielen Unplugged-Aktivitäten darauf ab, die zugrunde liegenden Konzepte der künstlichen Intelligenz zugänglich zu machen. Gleichzeitig entfällt eine stark formalisierte, mathematische Darstellung, die den Zugang für Studierende erheblich erschweren würde (Lindner et al., 2019).

Das Modul #Pupils vs Machine strebt also weniger Anwendungsgebiete der KI an als vielmehr das Verstehen und die Entmystifizierung einer KI. Am Ende des Moduls werden die Schüler*innen feststellen, dass die Maschine nicht intelligent, sondern nur gut programmiert ist. Oder, um Thierry Viéville das Wort zu geben: „Wenn wir anfangen zu glauben, dass Computer intelligent sind, werden wir uns schließlich von ihnen beherrschen lassen. Wenn wir aber erkennen, dass diese Maschinen, so komplex sie auch sein mögen, letztlich nur ein Ozean aus Berechnungen sind, dann haben wir die richtige Einstellung“⁶.

¹„Künstliche Intelligenz (KI) bezieht sich auf von Menschen entwickelte Systeme, die angesichts eines komplexen Ziels in der physischen oder digitalen Welt agieren, indem sie ihre Umgebung wahrnehmen, die gesammelten strukturierten oder unstrukturierten Daten interpretieren, auf der Grundlage des aus diesen Daten abgeleiteten Wissens schlussfolgern und die beste(n) Aktion(en) zur Erreichung des gegebenen Ziels (nach vordefinierten Parametern) entscheiden. KI-Systeme können auch so konzipiert werden, dass sie lernen, ihr Verhalten anzupassen, indem sie analysieren, wie die Umgebung durch ihre früheren Handlungen beeinflusst wird.“

https://ec.europa.eu/futurium/en/system/files/ged/ai_hleg_definition_of_ai_18_december_1.pdf

²Diese Analogie stammt aus dem Vortrag „L'intelligence artificielle est-elle si intelligente“ von Thierry Viéville, <https://www.youtube.com/watch?v=RH023-y0rJk&t=4s>.

³So wie angegeben in den Kompetenzen der Axe 6 des Fachs Digital Sciences.

⁴<https://experiments.withgoogle.com/>

⁵<https://machinelearningforkids.co.uk/>

⁶„L'intelligence artificielle est-elle si intelligente“ von Thierry Viéville, <https://www.youtube.com/watch?v=RH023-y0rJk&t=4s>.

5.2 Unterrichtsplanung

01 | Thema der Einheit im Gesamtgefüge der Achsen

Modul	Thematische Achsen	Schwerpunkte	Fächerübergreifend mit folgenden Disziplinen
#Involution	Achse 1 Meine digitale Welt und ich!	<ul style="list-style-type: none"> • Spiele und Algorithmen • Algorithmen des kürzesten Weges 	<ul style="list-style-type: none"> • Mathematik • Geografie
#Climate Killer Internet	Achse 2 Das Internet verstehen: World Wide Web und ich.	<ul style="list-style-type: none"> • Internet und Klima • Urteilskompetenz 	<ul style="list-style-type: none"> • VIESO • Geografie • Deutsch • Französisch
#Data Viz Superpowers	Achse 3 Do you speak Informatik?	<ul style="list-style-type: none"> • Verschiedene Formen der Data Visualisation • Manipulation von Grafiken 	<ul style="list-style-type: none"> • Kunstunterricht • Mathematik
#Discover Life on Mars with a Rover	Achse 5 Der Roboter, ein Partner im guten und im schlechten Sinne?	<ul style="list-style-type: none"> • Programmieren in Scratch • Educational Robotics 	<ul style="list-style-type: none"> • VIESO
#Pupils vs Machine	Achse 6 Gibt es eine Maschine, die so intelligent ist wie ich?	<ul style="list-style-type: none"> • Basisfunktionsweise einer KI 	<ul style="list-style-type: none"> • Mathematik • VIESO

Da die Module nicht aufeinander aufbauen, kann das Modul *#Pupils vs Machine* eingesetzt werden, ohne dass die anderen Module behandelt wurden.

Dieses Modul wurde inspiriert durch „[Le jeu de Nim pour comprendre l'apprentissage par renforcement](#)“ der Brüssler Scientotèque sowie durch „[Quand une machine apprend à jouer au jeu de Nim](#)“ von Marie Duflot-Kremer (Université de Lorraine).

Das Spiel findet ebenfalls als Impuls zur Unterrichtsgestaltung Erwähnung im aktualisierten Medienkompass.

02 | Bedingungsanalyse

1. Lerngruppe: 7^e–5^e
2. Raum: normaler Schulraum
3. Ausstattung pro Gruppe:
 - 8 nummerierte Becher (von 1 bis 8)
 - 8 Stifte
 - 8 Jetons oder Kugeln, die mit einer 1 nummeriert sind

Referenzen:

Alexandre, Frédéric, Becker, Jade, Comte, Marie-Hélène, Lagarrigue, Aurélie, Liblau, Romain, Romero, Margarida & Viéville, Thierry. (2021). Why, What and How to help each Citizen to Understand Artificial Intelligence? KI – Künstliche Intelligenz, 2, 1610–1987.

Huang, Wendy & Looi, Chee-Kit. (2021). A critical review of literature on „unplugged“ pedagogies in K-12 computer science and computational thinking education. Computer Science Education, 31:1, 83–111, <https://doi.org/10.1080/08993408.2020.1789411>

Lindner, Annabel, Seegerer, Stefan & Romeike, Ralf. (2019). Unplugged Activities in the Context of AI. In: Pozdniakov, S., Dagienė, V. (eds.) Informatics in Schools. New Ideas in School Informatics. ISSEP 2019. Lecture Notes in Computer Science, vol. 11913. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-33759-9_10

Tomohiro, Nishida, Susumu, Kanemune, Yukio, Idosaka, Mitaro, Namiki, Tim, Bell & Yasushi, Kuno. (2009). A CS unplugged design pattern. SIGCSE Bull. 41, 1, 231–235.

Touretzky, David, Gardner-McCune, Christina, Martin, Fred & Seehorn, Deborah. (2019). Envisioning AI for K-12: what should every child know about AI? Proc AAAI Conf Artif Intell, 33(01), 9795–9799.

- 7 Jetons oder Kugeln, die mit einer 2 nummeriert sind
 - 6 Jetons oder Kugeln, die mit einer 3 nummeriert sind
4. Zeit: eine Unterrichtsstunde

03 | Sachanalyse

Künstliche Intelligenz umgibt uns mittlerweile in vielen Bereichen unseres Alltags: von selbstfahrenden Autos über Roboter bis hin zu Streaming-Plattformen, die uns neue Filme, Serien oder Musik empfehlen (du Sautoy, 2019). Obwohl allgegenwärtig, macht künstliche Intelligenz uns dennoch oft Angst: Wir tendieren dazu, Maschinen und Roboter zu personalisieren und uns als weniger intelligent zu fühlen als Computer (Alexandre et al., 2021). Eine Befragung des Luxembourg Institute of Socio-Economic Research der Universität Luxemburg hat ergeben, dass zwar ein Großteil der luxemburgischen Bevölkerung der Meinung ist, dass KI uns Aufgaben des alltäglichen Lebens erleichtert (70 %) und repetitive Aufgaben in der Arbeitswelt abschaffen wird (64 %) – aber 64 % finden auch, dass man KI nicht vertrauen kann. Mehr als die Hälfte finden die Nutzung von KI nicht transparent und wissen nicht genau, wo und wann KI überhaupt angewandt wird (Poussing, 2021).

Nicht alle diese Befürchtungen sind völlig irrational. Die Mathematikerin Cathy O'Neil beschreibt in ihrem Buch „Weapons of Math Destruction“ etliche Beispiele von negativen Konsequenzen von KI-Algorithmen (O'Neil, 2016). Auch im Artikel „Why it is best not to let the computer decide“ (siehe PITT-Kontexte) werden mögliche Gefahren von KI-Algorithmen beschrieben: zum Beispiel Algorithmen, die Hausarbeiten von Studierenden automatisch benoten, ohne dass man richtig versteht, wie die Note entstanden ist.

Um aber wirkliche Gefahren von irrationalen Ängsten zu trennen, ist ein aufgeklärter Zugang über kritisches Verstehen angebracht, wie Alexandre et al. (2021) erörtern. Jean-Gabriel Ganascia formuliert es so: „Die Welt verändert sich, und man kann sich nicht auf alten Gewissheiten ausruhen. Dennoch sollte man keine Angst haben. Es gibt sehr positive Aspekte, aber auch unbestreitbare Risiken. Die Technologien werden uns das Beste geben, wenn wir die Risiken vorhersehen können.“¹

Daher ist es wichtig, früh mit einer solchen Aufklärung anzufangen. Dieses Modul soll keinen Kurs über KI ersetzen und vermittelt auch nicht die technischen oder mathematischen Funktionsweisen, die hinter einer KI stehen, sondern es vermittelt den SuS ein Gefühl für das Funktionieren derselben. Die Aktivität soll den SuS zeigen, dass eine KI zwar in der Lage ist, eine Gewinnstrategie für ein Spiel zu finden, aber deshalb ist sie uns Menschen nicht direkt überlegen.

¹Faut-il redouter l'intelligence artificielle?
<https://uclouvain.be/fr/decouvrir/louvains/faut-il-redouter-l-intelligence-artificielle.html>

04 | Didaktische Analyse

a. Angestrebte Lernziele und Kompetenzen:

Die SuS verstehen und reflektieren, wie ein KI-System Informationen verarbeitet und so eine Gewinnstrategie entwickelt.

Die SuS definieren „Intelligenz“ und verstehen den Unterschied zwischen menschlicher und künstlicher Intelligenz.

Lernziele aus dem Medienkompass¹

- MK1 – Informationen und Daten: 1.2 Daten, Informationen und digitale Inhalte analysieren und bewerten
- MK2 – Kommunikation und Zusammenarbeit: 2.1 Mit anderen zusammenarbeiten

b. Didaktische Relevanz und Begründung

Wie bereits in der Sachanalyse dargestellt, ist künstliche Intelligenz ein allgegenwärtiges Thema. Umso wichtiger ist es, über dieses Thema aufzuklären und ein Basiswissen über Hintergründe und Funktionsweisen derselben zu vermitteln.

c. Didaktische Reduktion

Es geht bei diesem Modul nicht darum, die technische und/oder mathematische Funktionsweise von künstlicher Intelligenz zu verstehen, sondern vielmehr darum, dass die SuS sich bewusst werden, wie ein KI-System „Schlüsse zieht“ und „Entscheidungen trifft“. Es geht darum, die KI zu entpersonifizieren und den SuS vor Augen zu führen, dass ein KI-System einem Algorithmus folgt und nicht selbst Schlüsse zieht. Nur so werden die SuS dazu befähigt, KI nicht mehr als eine Blackbox zu betrachten, bei der man das Funktionsprinzip unmöglich verstehen kann.

Da die SuS selbst während des Spiels die Rolle der KI übernehmen und nur dem Algorithmus folgen, wird das Gesagte besonders deutlich. Um diesen spezifischen Aspekt zu konturieren, wurde das Modul auch als analoges Modul bzw. als „Computer Science unplugged“-Aktivität konzipiert. Auf diese Weise werden die SuS nicht von Bildschirmen, Codes und anderem abgelenkt und können sich auf die Funktionsweise konzentrieren.

Das Modul endet mit einer Diskussion über den Unterschied zwischen menschlicher und künstlicher Intelligenz. Der Begriff „künstliche Intelligenz“ ist in gewisser Hinsicht schlecht gewählt, da viele sich direkt einen übermächtigen intelligenten Roboter, wie man ihn aus den Sciencefiction-Filmen kennt, darunter vorstellen. Daher ist es wichtig, dass die SuS am Ende der Einheit wissen, was künstliche Intelligenz bedeutet und wie sie sich von menschlicher Intelligenz (noch?) unterscheidet.

¹<https://www.edumedia.lu/medienkompass/medienkompass/>

05 | Methodische Analyse

Vorstellung der Spielregeln

Der Einstieg erfolgt über die Vorstellung des Nim-Spiels. Dann werden die Regeln erklärt: Diese finden sich unter [5.3 M1](#).

Es gibt viele verschiedene Varianten für das *Nim-Spiel*: die Zahl der Stifte variiert, der*die Spieler*in, welche*r als letzter einen oder mehrere Stifte wegnimmt, hat gewonnen oder verloren. Das Spiel kann etwas komplizierter gemacht werden, indem man die Stifte pyramidenförmig anordnet und man immer nur Stifte aus derselben Reihe wegnehmen darf. Für dieses Modul haben wir die einfachere Variante gewählt mit wenigen Stiften.

Die Schüler*innen teilen sich in Zweiergruppen auf und spielen ein paar Runden, um sich mit dem Spiel vertraut zu machen.

Schüler*innen gegen Maschine

In der zweiten Phase wird die Klasse in Gruppen von 4 Schüler*innen aufgeteilt. In jeder Gruppe übernimmt eine Schülerin/ein Schüler die Rolle der Maschine. Die Regeln sind jetzt wie folgt:

Die Schüler*innen spielen zusammen gegen die Maschine und versuchen sie zu besiegen. Die Schüler*innen fangen jedes Mal an und befolgen die Regeln des Spiels.

Die Maschine folgt den Anleitungen unter [5.3 M2](#). Es wird gespielt, bis die Maschine nur noch eine Spielmöglichkeit hat. Die Maschine müsste dann folgende Position erreicht haben:

BECHER	JETONS
1	1
1	2
3	3
4	umgedreht
5	1
6	2
7	3
8	1, 2, 3

Am Anfang wird die Maschine verlieren, mit der Zeit aber besser werden. Wenn die Maschine als zweiter Spieler spielt, wird sie nach endlich vielen Partien (sie kann maximal so oft verlieren, wie Jetons in den Bechern sind) zu einer Gewinnstrategie gelangen.

Die verschiedenen Vorgänge werden in den folgenden Videos (auf französisch und englisch) von der Scientothèque aus Brüssel nochmals zusammengefasst.

Activité IA : La machine
qui apprend à jouer



Die ersten 20 Minuten des folgenden Vortrags der Dozentin Marie Duflot-Kremer erklären das Spiel ausführlicher.

Alternative Variante:

Jeux Fabrique 2019 :
La conférence dont
vous êtes le héros



Man kann die Maschine auch beginnen lassen. Sie wird nach einer Zeit feststellen, dass es keine Gewinnstrategie gibt und direkt aufgeben. Der erste Becher (also Becher Nummer 8) wird irgendwann umgedreht sein.

Schwierigere Alternative:

Man kann das Spiel auch mit mehreren Stiften spielen. Solange man ein Vielfaches von 4 nimmt und die Maschine als Zweiten spielen lässt, kommt man zu dem gleichen Resultat. Es dauert nur länger.

Ist die Maschine uns überlegen?

Die SuS werden in neue Gruppen aufgeteilt und sollen sich darüber austauschen, wie die Maschine so schnell eine Gewinnstrategie entwickelt hat. Dabei sollen sie folgende Fragen beantworten:

- Kennt die Maschine die Spielregeln überhaupt?
- Wenn genau dieselbe Maschine ein anderes Spiel spielt, gewinnt sie dann auch?
- Kann genau dieselbe Maschine euren Mathetest von nächster Woche schreiben?

Die Antworten auf diese Fragen und die Begründungen müssen von jeder Gruppe dokumentiert werden.

Im Plenum wird zusammengefasst, dass die Maschine für das *Nim-Spiel* programmiert wurde und es deshalb gewinnt. Dieselbe Maschine kann dafür aber nicht direkt ein anderes Spiel gewinnen und auch nicht unseren Mathetest schreiben.

Weiterführendes Material und Workshops

- Die [Brüsseler Scientothèque](#) verfügt über Materialien zu künstlicher Intelligenz – angefangen bei Definitionen, über ihre Geschichte bis hin zu Anwendungen.
- Das [Scienteens Lab](#) der Universität Luxemburg bietet zudem [Workshops](#) an. Im Workshop „Art et Intelligence Artificielle“ wird in einer ersten Phase das Thema künstliche Intelligenz behandelt (unabhängig vom Kunstteil). Dieser Workshop schließt hervorragend an dieses Modul an, und die erste Phase kann mehr und weiter ausgebaut werden, wenn die Schüler*innen dieses Modul schon behandelt haben.
- Die Seite [„I Am A.I.“](#) bietet zahlreiche Lernressourcen über das Thema künstliche Intelligenz. Das Projekt „I AM A.I.“ ist eines der zahlreichen Projekte der gemeinnützigen Organisation [Imaginary](#), welche sich der Vermittlung moderner Mathematik widmet. Auf der Seite „I AM A.I.“ findet man eine virtuelle interaktive Führung, mit drei verschiedenen interaktiven Aktivitäten. Zudem hat das Team rund um „I AM A.I.“ eine [Wanderausstellung](#) entwickelt. Schauen Sie doch, wann und ob diese Ausstellung in Ihrer Gegend ist, oder nehmen Sie sogar mit „I AM A.I.“ Kontakt auf und lassen Sie Exponate in Ihre Schule kommen.

06 | Differenzierungsmöglichkeiten

Wie oben angedeutet, kann man das Nim-Spiel komplexer gestalten, indem man die Zahl der Stifte erhöht. Gruppen mit leistungsstarken Schüler*innen kann man auch anweisen, im Wechsel die Maschine oder die Schüler*innen beginnen zu lassen. Dadurch wird es für die Schüler*innen schwieriger, das Ende vorauszusehen.

07 | Weitere im Rahmen der Unterrichtsreihe zu erfüllende Qualitätskriterien

- Luxemburgspezifisch:** Künstliche Intelligenz und Machine Learning ist ein Thema, das im 21. Jahrhundert nicht im Curriculum fehlen darf (siehe hierzu auch das Update des Medienkompass 2022).
- Differenzierung:** Verschiedene Varianten des Nim-Spiels sind beschrieben, um es schwieriger und weniger vorhersehbar zu machen.
- Medienkompetenzrahmen:** Vgl. die angestrebten Lernziele des Medienkompetenzrahmens innerhalb der didaktischen Analyse des vorliegenden Dokuments.
- 4K-Modell:** Kommunikation, Kollaboration, Kreativität, Kritisches Denken. Dem 4K-Modell wird in mannigfacher Weise durch die unterschiedlichen Sozialformen und Unterrichtsaktivitäten Rechnung getragen.
- Bezug zur aktuellen Forschung:** Der Abschnitt [„Mehr zum Thema“](#) stellt eine Verbindung zur aktuellen Forschung rund um das Thema KI und Machine Learning her.
- Bezug zur Forschung in Luxemburg:** Im [Interview](#) erklärt ein Wissenschaftler aus Luxemburg, wie er künstliche Intelligenz und Machine Learning in seiner Forschung einsetzt.

Referenzen:

Alexandre, Frédéric, Becker, Jade, Comte, Marie-Hélène, Lagarrigue, Aurélie, Liblau, Romain, Romero, Margarida & Viéville, Thierry. (2021). Why, What and How to help each Citizen to Understand Artificial Intelligence? *KI – Künstliche Intelligenz*, 2, 1610–1987.

O’Neil, Cathy. (2016). *Weapons of Math Destruction: How Big Data Increases Inequality and Threatens Democracy*. New York: Crown.

Poussing, Nicolas. (2021). Résultats de la consultation publique relative aux opportunités et aux défis de l’Intelligence Artificielle (IA). LISER.

<https://gouvernement.lu/dam-assets/documents/actualites/2021/04-avril/28-bettel-cdp/Rapport-IA6-final.pdf>

du Sautoy, Marcus. (2019). *The Creativity Code: Art and Innovation in the Age of AI*. Cambridge: Belknap of Harvard UP.

08 | Stundenverlaufsplan

Thema der Sitzung: Vermitteln der Funktionsweise einer KI					
Lernziele und in der Sitzung zu entwickelnde Kompetenzen: Die SuS wissen – da sie selbst damit experimentieren –, wie eine KI grob funktioniert.					
Evaluation (falls geplant): Mehrere Evaluationsmöglichkeiten werden in 5.5 vorgeschlagen.					
Zeit	Phasen	Fokus	Sozialform/Methoden	Materialien und Medien	Lernprozess
5min	Einstieg	Regeln des Nim-Spiels	<ul style="list-style-type: none"> • Plenum • Lehrer*innengespräch 	<ul style="list-style-type: none"> • Whiteboard/PPT: Regeln 	Die SuS verstehen die Spielregeln. ... memorieren die Spielregeln.
10min	Spielen	Die SuS spielen selbst das Spiel	<ul style="list-style-type: none"> • Tandem 	<ul style="list-style-type: none"> • 8 Stifte pro Gruppe 	Die SuS verstehen das Spiel, indem sie es selbst spielen.
25min	Gruppenarbeit	Die SuS spielen gegen eine Schülerin/einen Schüler, die/der eine KI-Maschine simuliert	<ul style="list-style-type: none"> • Gruppenarbeit in Gruppen von 4 SuS 	<ul style="list-style-type: none"> • 8 Stifte, 8 Becher mit den dazugehörigen Jetons pro Gruppe 	Die SuS verstehen , dass das KI-System eine Gewinnstrategie entwickelt. ... reflektieren , wie eine KI funktioniert.
5min	Erarbeitung	Überlegungen über das Konzept der (Nicht-) Überlegenheit der Maschine	<ul style="list-style-type: none"> • Neue Arbeitsgruppen von 4 SuS 		Die SuS diskutieren darüber, wie die Maschine eine Gewinnstrategie gefunden hat. ... begründen die Ergebnisse ihrer Diskussion.
5min	Abschluss	Unterschied zwischen Maschine und Mensch	<ul style="list-style-type: none"> • Plenum • Lehrer*innengespräch 		Die SuS... ... reflektieren den Unterschied zwischen einer Maschine, die einem Algorithmus folgt und menschlicher Intelligenz.

5.3 Materialien

M1 | Spielregeln Nim

- *Nim* ist ein Spiel für zwei Spieler*innen.
- 8 Stifte liegen in der Mitte auf dem Tisch.
- Nacheinander nehmen die Spieler*innen wahlweise 1, 2 oder 3 Stifte weg.
- Die oder der Letzte, die/der ein oder mehrere Stifte wegnimmt, hat gewonnen.

M2 | Anleitung für die Maschine

Die Maschine spielt nach folgender Anleitung:

- Sie stellt die 8 Becher, welche von 1 bis 8 nummeriert sind, vor sich.
- Die Becher 3 bis 8 werden mit je 3 Jetons mit den Nummern 1, 2 und 3 befüllt.
- Der Becher 2 wird nur mit den Jetons mit den Nummern 1 und 2 befüllt.
- Der Becher 1 wird nur mit dem Jeton mit der Nummer 1 befüllt.
- Wenn sie an der Reihe ist, zählt die Maschine, wie viele Stifte noch auf dem Tisch liegen, und nimmt den dazugehörigen Becher. Sie zieht ein Jeton nach dem Zufallsprinzip aus dem Becher, legt es vor den Becher und nimmt so viele Stifte weg, wie auf dem Jeton als Nummer angezeigt werden.
- Wenn das Spiel zu Ende ist, gibt es zwei Möglichkeiten: Die Maschine hat entweder gewonnen oder verloren.
 - Wenn sie gewonnen hat, nimmt sie alle Jetons und legt sie zurück in die dazugehörigen Becher;
 - Wenn sie verloren hat, legt sie alle Jetons zurück in die dazugehörigen Becher, bis auf den letzten Jeton. Dieser war deutlich schlecht. Sie legt ihn zur Seite und eliminiert ihn so aus dem Spiel.
- Auf diese Weise wird weitergespielt. Wenn ein Becher leer ist und keine Jetons mehr beinhaltet, wird er umgedreht. Kommt es in einem weiteren Spiel so weit, dass die Maschine auf einen umgedrehten Becher zurückgreifen muss, gibt sie die Partie auf und wendet Punkt ii an (alle Jetons zurück in die Becher bis auf den letzten).

5.4 Fächerübergreifende Ideen

Mathematik

Das Modul *#Pupils vs Machine* kann im Mathematikunterricht eingesetzt werden. Die Gewinnstrategie des Spiels *Nim* kann dann mathematisch eingeführt werden und bietet einen Einstieg in den Induktionsbeweis (die Induktion muss noch nicht thematisch im Unterricht eingeführt werden). Mehr Details hierzu finden Sie in [5.6 Mehr zum Thema](#).

Die Fähigkeiten¹, die bei den Schüler*innen damit gefördert werden sollen, sind folgende:

- mathematische Situationen erkunden, Vermutungen aufstellen und präzisieren
- die Plausibilität von Vermutungen anhand von Beispielen und Gegenbeispielen untersuchen
- komplexe Argumentationen aufbauen und die einzelnen Schritte begründen

Diese Fähigkeiten können sehr gut geschult werden, wenn man die Gewinnstrategie von *Nim* untersucht und dann Begründungen und Beweise für diese Strategie erarbeitet.

Vie et Société

Das Modul kann mit dem VIESO-Unterricht kombiniert werden in Bezug auf das Thema „künstliche Intelligenz“. Es passt zu den Themen „Ambivalenz des technologischen Fortschritts“ und „Folgen der Technik“, die in der 9. Klasse thematisiert werden.²

¹ Mathématiques – Compétences disciplinaires attendues à la fin de la classe de 6^e et à la fin de la classe de 4^e

² Siehe hierzu den Rahmenlehrplan für das Fach Leben und Gesellschaft/Vie et Société.

5.5 Evaluationsmöglichkeiten

Einfachere Variante

Wenn das *Nim-Spiel* in der Unterrichtseinheit mit 8 Stiften gespielt wird, sollen die SuS Anleitungen für die Maschine für mehr Stifte entwickeln. Am besten nimmt man eine Anzahl von Stiften, die ein Vielfaches von 4 ist.

Schwierigere Variante

Die SuS können sich die etwas komplexere Spielvariante von *Nim*¹ anschauen und für diese eine Anleitung für die Maschine schreiben.

Weiterreichendes Projekt

Es ist auch möglich, eine *Nim-KI* in Scratch zu programmieren und dies auf 3 verschiedene Arten und Weisen:

1. anhand von Fehlerbeseitigung
2. anhand von positiver und negativer Verstärkung
3. anhand einer Wertfunktion

Wir verweisen für dieses Projekt auf das sehr gute Unterrichtsmaterial der Brüsseler Scientothèque: Das gesamte Material zum *Nim-Spiel* befindet sich hier: <https://www.lascientotheque.be/wp-content/uploads/2021/09/7.1-Machine-learning-Jeu-de-Nim-La-Scientotheque.pdf>

Die Programmier-Aktivität in Scratch wird ab Seite 9 erklärt. Die Scratch-Anwendung befindet sich hier: <https://scratch.mit.edu/projects/561543016>

¹<https://de.wikipedia.org/wiki/Nim-Spiel>

5.6 Mehr zum Thema

01 | Die Mathematik hinter dem *Nim-Spiel*

Das *Nim-Spiel* ist ein relativ einfaches Spiel mit einer bekannten Gewinnstrategie. Spielt man das Spiel mit einer Anzahl von Stiften, die ein Vielfaches von 4 ist, besitzt der*die zweite Spieler*in eine Gewinnstrategie. Der mathematische Satz würde wie folgt lauten:

*Spielt man das Nim-Spiel mit n Stiften, wobei n ein Vielfaches von 4 ist, besitzt der*die zweite Spieler*in eine Gewinnstrategie.*

Der Beweis ist nicht sehr schwer. Gehen wir davon aus, man spielt *Nim* mit nur 4 Stiften. Der*die erste Spieler*in ist gezwungen, mindestens 1 Stift wegzunehmen und es bleiben 1, 2 oder 3 Stifte übrig. Nun kann der*die zweite Spieler*in die übrig gebliebenen Stifte nehmen und hat gewonnen. Wenn also nur 4 Stifte auf dem Tisch liegen und der*die erste Spieler*in an der Reihe ist, hat der*die zweite Spieler*in gewonnen.

Nehmen wir jetzt an, es liegen 8 Stifte auf dem Tisch. Der*die erste Spieler*in ist gezwungen, mindestens 1 Stift wegzunehmen, und es bleiben also 5, 6 oder 7 Stifte übrig. Jetzt kann der*die zweite Spieler*in so viele Stifte wegnehmen, bis nur noch 4 Stifte übrig sind. Es liegen also 4 Stifte auf dem Tisch und der*die erste Spieler*in ist an der Reihe. Wie vorher gesehen, gibt dies dem*der zweiten Spieler*in eine Gewinnstrategie.

Der Beweis kann jetzt unendlich so weitergeführt werden. Mit 12 Stiften kann man auf 8 Stifte kommen, und bei 8 Stiften wissen wir schon, dass der*die zweite Spieler*in eine Gewinnstrategie hat. Mit 16 Stiften kann man auf 12 Stifte kommen usw. Diese Art von Beweis bezeichnet man in der Mathematik als Induktionsbeweis.

02 | KI in anderen Spielen

Künstliche Intelligenz wirkt auch in anderen Spielen. Die Basis-Methode ist dieselbe, nur dass *Nim* ein sehr einfaches und kleines Spiel ist. *Nim* ist einfach in dem Sinne, dass es eine klare Gewinnstrategie gibt, die man mathematisch aufstellen und beweisen kann (vgl. den vorherigen Abschnitt). Mit „kleinem Spiel“ meinen wir hier, dass es nicht so viele Möglichkeiten gibt. Wenn man mit nur 8 Stiften spielt, hat man 8 Zustände (die Becher) mit je drei unterschiedlichen Spielzügen (die Jetons). Dies ist im Vergleich zu anderen Spielen nicht sehr viel.

Im Jahre 1961 baute der KI-Forscher Donald Michie eine KI aus 304 Streichholzschachteln, die *Tic-Tac-Toe* spielte und lernte. Er nannte sie MENACE (Machine Educable Noughts and Crosses Engine). Die KI besteht aus 304 Streichholzschachteln, welche aneinandergesetzt sind, um eine Art Kommode zu bilden, wie hier auf dem Bild gezeigt wird:



Quelle: <https://www.msccrogs.co.uk/blog/19>

Auf jeder Schachtel ist eine *Tic-Tac-Toe*-Konfiguration abgebildet (es gibt natürlich viel mehr mögliche *Tic-Tac-Toe*-Konfiguration als 304, aber durch Symmetrien kann man sich auf 304 beschränken) und jede Schachtel enthält verschiedene farbige Perlen. Im Unterschied zur *Nim*-KI werden nicht nur Perlen eliminiert, sondern es können auch Perlen, die einen positiven Effekt hatten, hinzugefügt werden (um diese positiven Strategien wahrscheinlicher zu machen). Die CNRS-Seite „Images des mathématiques“ hat einen [hervorragenden Artikel](#) über MENACE verfasst. Der amerikanische Mathematiker Martin Gardner hat auch einen sehr verständlichen und interessanten Artikel über MENACE und ähnliche KI-Maschinen geschrieben (Gardner, 1962).

2017 wurde MENACE auf dem Manchester Science Festival nachgebaut und hat es nach kurzer Zeit geschafft, gegen die Besucher*innen zu gewinnen oder zumindest unentschieden zu spielen.

MENACE: the pile of
matchboxes which can learn



Die französische Mathematikerin Aline Parreau hat ein Buch geschrieben, das *Tic-Tac-Toe* spielt und nie verliert.

Ce que vous ne savez pas
sur le morpion - Aline Parreau



Auch komplexere Spiele wie Schach oder Go können auf ähnliche Weise mit einer KI programmiert werden. Diese Spiele sind komplexer aus mehreren Gründen. Einerseits sind die Anzahlen von Zuständen und Spielzügen viel größer als bei *Nim* oder *Tic-Tac-Toe*. Würde man Schach mit einem Bechersystem programmieren, bräuchte man grob berechnet 10^{50} Becher. Go ist noch einmal viel komplexer als Schach. Der Informatiker Claude Shannon hat ausgerechnet, dass es rund 10^{120} verschiedenen Schach-Partien gibt. Für Go erhöht sich diese Zahl auf 10^{300} (du Sautoy, 2019). Andererseits ist bei Go und Schach keine Gewinnstrategie bekannt, im Gegensatz zu *Nim* oder *Tic-Tac-Toe*. Dies hat zur Folge, dass man einer KI diese Spiele nicht auf genau die gleiche Art und Weise beibringen kann. Man benötigt komplexere KI-Methoden, welche Muster und Regeln finden, ohne alle Möglichkeiten durchzugehen. Dies ist zum Beispiel in neuronalen Netzen der Fall.

Und doch gewann bereits 1997 der Computer „Deep Blue“ gegen den damaligen Schachweltmeister. Dies war zwar ein Durchbruch, aber die wirkliche Herausforderung lag in Go. Viele Wissenschaftler*innen waren überzeugt, dass es nie einen Computer geben würde, der fähig wäre, einen Menschen in Go zu schlagen. Das britische Team DeepMind entwickelte eine KI, die fähig war, Go zu lernen, und 2015 gewann sie gegen einen professionellen Spieler. 2016 gewann AlphaGo gegen einen der besten Go-Spieler weltweit; schlussendlich schlug AlphaGo 2017 den Go-Weltmeister Ke Jie. Die Reise von der Idee für AlphaGo bis hin zum Gewinn 2017 ist besonders spannend geschildert in „The Creativity Code: Art and Innovation in the Age of AI“ von Marcus du Sautoy (du Sautoy, 2019). Dieses Buch bietet einen guten Einstieg in die Welt der KI. Einen seriöseren Kurs über KI bietet der MOOC (Massive Open Online Course) [L'Intelligence Artificielle... avec intelligence !](#) von Inria. Für ein vertieftes Verständnis von neuronalen Netzen und Deep Learning empfehlen wir das erste Kapitel des Online-Buches *Neural Networks and Deep Learning* (Nielsen, 2015).

03 | Müssen wir Angst haben vor KI?

Fortschritte im Bereich der künstlichen Intelligenz haben viele positive, aber leider auch negative Aspekte. Ein Problem bei dem Einsatz künstlicher Intelligenzen ist etwa ein Bias, der in den schlimmsten Fällen zu Diskriminierung auf Basis von ethnischer Herkunft, Geschlecht, Bildungsniveau usw. führt. Beispiele hierzu findet man bei du Sautoy (2019). KIs kommen beispielsweise im Finanzsektor zum Einsatz, um die Kreditwürdigkeit von Antragsteller*innen zu beurteilen. Dabei identifiziert ein Algorithmus Muster, die bei vergangenen Fällen mit einem Kreditausfall im Zusammenhang standen. Wenn Kund*innen diese Muster nur zufällig aufweisen, kann es sein, dass die KI zu einer falschen Einschätzung kommt. Ein anderes Einsatzgebiet findet sich im juristischen Bereich. In den USA machen KIs Vorschläge zur vorzeitigen Haftentlassung von Strafgefangenen. Damit sie die Kriterien zur Prüfung der Haftentlassung lernen, werden ihnen vergangene Entscheidungen von Richtern eingespeist. In diesem Fall waren allerdings schon die Entscheidungen der Richter*innen mit einem Bias versehen – Menschen mit dunkler Hautfarbe wurden von Richter*innen durchschnittlich härter bestraft. Demnach lernt die KI auf der Grundlage von Daten, die nicht fair, sondern mit einem Bias versehen sind, und übernimmt diesen Bias für ihre eigenen Vorschläge.

Diese Problematiken werden momentan viel in den Medien diskutiert und führen dazu, dass manche Menschen Angst vor künstlicher Intelligenz haben. Trotz der Allgegenwärtigkeit von KI in unserem Leben und den Medien ist jedoch ein Verständnis dafür und ein Verstehen davon, was künstliche Intelligenz bedeutet, noch selten. Irrationale Angst entsteht dann, wenn man etwas nicht versteht, und kann nur durch Aufklärung beseitigt werden.

Hierbei geht es nicht darum, KI unhinterfragt einzusetzen oder zu verklären und alle Kritik zu beseitigen, sondern vielmehr darum, ein kritisches Verstehen von KI zu entwickeln. Nur indem wir KI wirklich verstehen, wird es uns gelingen, zwischen den negativen und sogar gefährlichen Folgen und den positiven Aspekten von KI-Programmen zu unterscheiden.

Wie der Artikel „Why it is best not to let the computer decide“ in PITT-Kontext(e) erklärt, sollte man durchaus nicht sein ganzes Leben von KI managen lassen. Anstatt durch irrationale Panik aber gleich alles abzulehnen, kann ein kritisches Verstehen dazu beitragen, auch positive Aspekte zu erkennen.

Rediet Abebe, Informatikerin und Mitgründerin von Black in AI, hat sich dies zum Ziel gesetzt und gebraucht künstliche Intelligenz, um Real-World-Probleme zu lösen (Crowell, 2021). Sie ist auch Mitgründerin der Organisation Mechanism Design for Social Good, einer Organisation, die Forscher*innen aus verschiedenen Disziplinen, Entscheidungsträger und Wirtschaft zusammenbringt mit dem Ziel, Gerechtigkeit und soziales Wohlergehen von Randgruppen zu verbessern, etwa in Bereichen wie Bildung, Arbeitsmarkt, Wohnungsmarkt usw.

Auch in der Forschung selbst spielt KI eine immer größer werdende Rolle, treibt die Forschung voran und bringt sehr positive Resultate, etwa bei der Mustererkennung in medizinischen Diagnosen. Im folgenden Interview mit Dr. Laurent Mombaerts, einem ehemaligen PhD-Studenten der Universität Luxemburg erfahren Sie, wie er KI in seiner Forschung einsetzt.

Referenzen:

- Alexandre, Frédéric, Becker, Jade, Comte, Marie-Hélène, Lagarrigue, Aurélie, Liblau, Romain, Romero, Margarida & Viéville, Thierry. (2021). Why, What and How to help each Citizen to Understand Artificial Intelligence? *KI – Künstliche Intelligenz*, 2, 1610–1987.
- Crowell, Rachel. (2021). A Computer Scientist Who Tackles Inequality Through Algorithms. *Quanta Magazine*. <https://www.quantamagazine.org/rediet-abebe-tackles-inequality-with-computer-science-20210401/>
- Gardner, Martin. (1962). A Matchbox Game Learning-Machine, *Scientific American*, 3 1962, 138–144.
- Nielsen, Michael. (2015). *Neural Networks and Deep Learning*, Determination Press, <http://neuralnetworksanddeeplearning.com/>
- du Sautoy, Marcus. (2019). *The Creativity Code: Art and Innovation in the Age of AI*. Cambridge: Belknap of Harvard UP.

5.7 Wissenschaftler*innen kommen zu Wort: Dr. Laurent Mombaerts

Laurent Mombaerts ist Ingenieur spezialisiert auf biomedizinische Technik. Er absolvierte sein Studium an der Faculté des Sciences Appliquées der Universität Lüttich, das er 2015 mit einem Diplom abschloss. Von 2015 bis 2018 führte er eine Doktorarbeit an der Universität Luxemburg in Partnerschaft mit der Universität Cambridge durch. Diese befasste sich mit der Entwicklung neuer Werkzeuge zur Untersuchung biologischer Systeme, wie z. B. genetischer Regulationsnetzwerke und der neuronalen Dynamik bei epileptischen Anfällen. Von 2019 bis 2020 unterstützte Laurent die luxemburgische Regierung bei der Modellierung der Ausbreitung der COVID-Epidemie. Anschließend arbeitete er für das Centre Hospitalier de Luxembourg als Machine Learning Applied Scientist (Forscher für maschinelles Lernen) in der Abteilung für Neurochirurgie. Seit 2022 arbeitet Laurent als Applied Scientist (angewandter Wissenschaftler) bei Amazon Web Services (AWS). Dort entwickelt er Machine-Learning-Tools, um die Auswirkungen von Kundeninteraktionen auf die Kundenakzeptanz mit AWS-Cloud-Tools zu ermitteln.

Interview mit
Dr. Laurent Mombaerts



