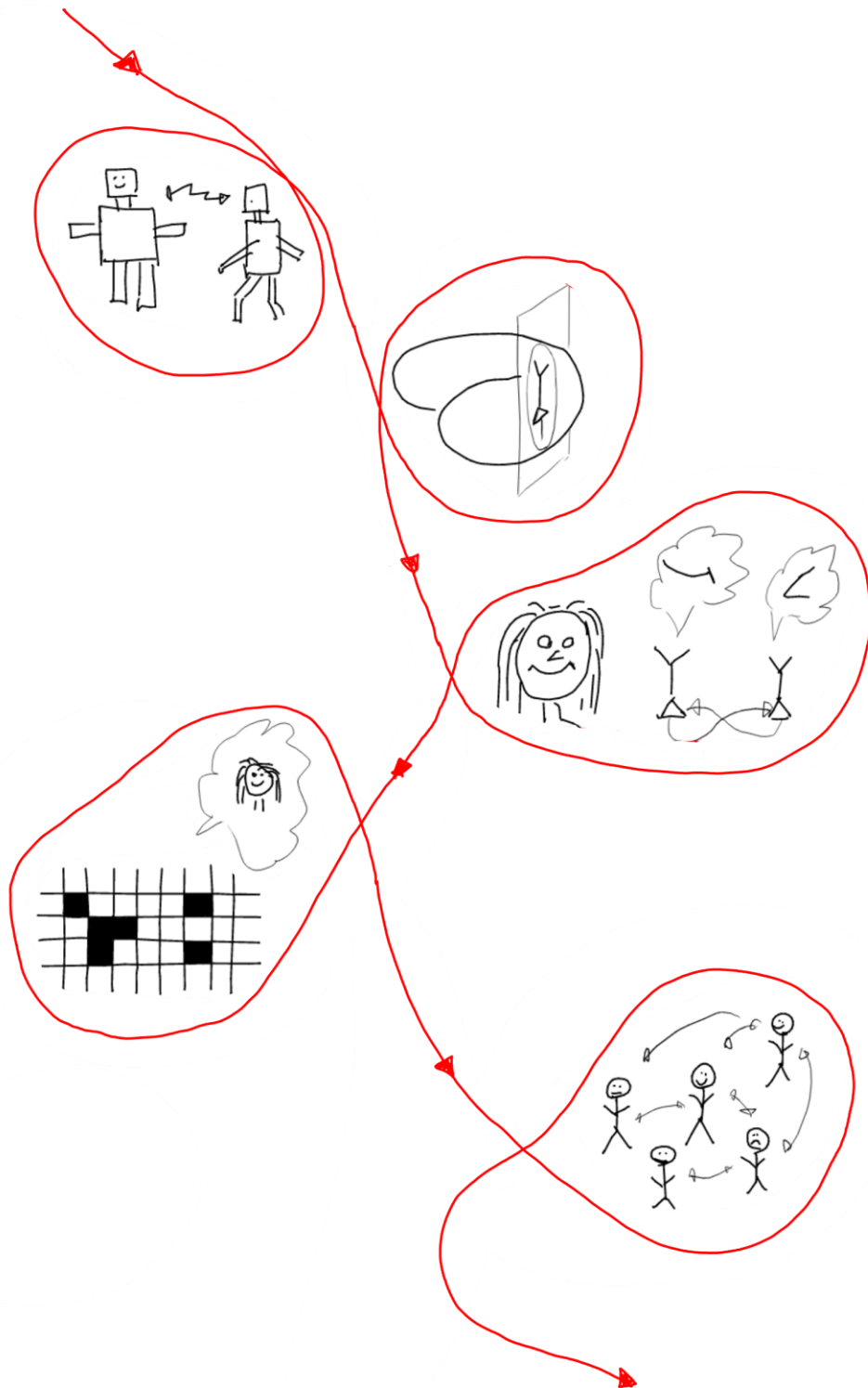


Die MINT-Klasse. *Faszination Naturwissenschaften*

# Curriculum GYM2 2017 / 2018



# Einführung und Überblick

## **Die Transfermodule**

Die Transfermodule, in denen wir fächerübergreifend arbeiten, bilden das eigentliche Herzstück der MINT-Klasse. In den zwei zusätzlichen Wochenlektionen werden wir selbständig forschen, experimentieren und Wissen vielseitig anwenden. Gefragt sind also Kreativität, Neugierde und die Lust, einer Frage nachzugehen. Nebst dem praktischen Einblick in aktuelle Forschungsgebiete eignen wir uns dabei fächerübergreifende Kompetenzen an. Die Fähigkeit zum Beispiel, in einem Team Probleme zu lösen, spielt in Studium und Beruf eine zunehmend wichtige Rolle.

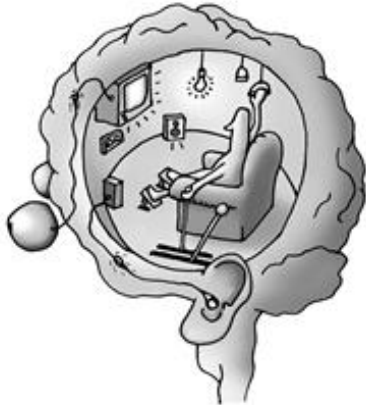
Ausgangspunkt bildet ein Jahresthema, das als roter Faden durch die unterschiedlichsten Fragestellungen und Disziplinen führt. Die folgenden Seiten stellen zunächst das Jahresthema "Think MINT. Denken in Netzwerken" vor. Abstracts beschreiben anschliessend den Bezug der einzelnen Projekte zum Jahresthema. Die fünf Projekte gehen jeweils mit anderen Voraussetzungen und Zielsetzungen an die Fragestellungen heran, um das Thema aus einer eigenen Perspektive zu beleuchten.

## **Think MINT. Denken in Netzwerken**

Wie denken wir? Wie gelingt es uns, Mona Lisa zu erkennen, Schach zu spielen oder zwei Zahlen zusammenzuzählen? Die Philosophie beschäftigt sich seit vielen Jahrhunderten mit der Frage, wie wir unsere Umwelt wahrnehmen, Probleme lösen, Entscheidungen fällen und handeln - eben "denken". Mit der Entwicklung modernster Geräte ist es den Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen heutzutage möglich, in den Kopf zu sehen und das Gehirn beim Denken zu beobachten. So können wir lernen, wie der Denkapparat funktioniert.

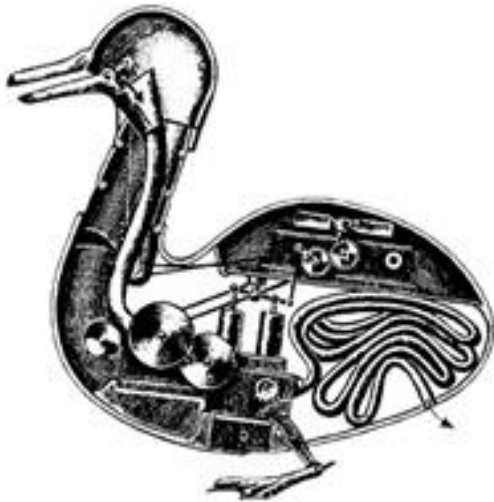
Das Interesse am Gehirn ist enorm. Forschende in den Bereichen Medizin, Chemie, Biologie und Psychiatrie möchten Gehirnerkrankungen wie z.B. Parkinson oder Epilepsie kurieren können. Physikerinnen und Physiker, Ingenieurinnen und Ingenieure stellen elektronische Kopien von Teilen des Gehirns her, um "smarte" Geräte zu bauen, wie etwa humanoide Roboter als Hilfe in pflegenden Berufen, selbststeuernde Autos, intelligente Prothe-

sen zum Sehen, Hören oder Laufen sowie selbstständig handelnde Marssonden.



Ein Blick ins Innere des Gehirns, wie es auch sein könnte. In Wirklichkeit ist das Denken gerade NICHT zentral von einem einzigen "Überwacher" gesteuert. Vielmehr ist Denken ein Prozess, bei dem unzählige gleichberechtigte Neuronen miteinander chatten und Informationen austauschen.

Das erste MINT-Jahr beginnt mit einem Sprung ins kalte Wasser. In **Projekt 1** versuchen wir Maschinen zu bauen, die sich clever verhalten können. Dabei orientieren wir uns nur an den Reaktionsmöglichkeiten von Menschen, nicht aber an der Funktionsweise des Gehirns. Die Maschine soll sich bewegen können, also muss sie Motoren haben. Sie muss auch die Umwelt wahrnehmen können, also statten wir die Maschine mit Sensoren aus, die "sehen" und "hören" können. Das Ziel ist es, diese Bauteile zu benutzen, um einen Roboter zu bauen, der nicht über jedes Hindernis fällt oder der den Weg durch ein Labyrinth findet. Wir werden sehen, dass es möglich ist, einen solchen zu konstruieren. Schwieriger wird es aber, wenn die Maschine selbständig lernen soll, um sich in einer neuen Umgebung zurechtzufinden oder eine Sprache zu verstehen. In dieser Hinsicht ist die Funktionsweise des Gehirns enorm überlegen – hier können wir sehr viel lernen.



Jack de Vaucansons "The Duck". Dieses mechanische Biest war ein früher Versuch, einen Roboter zu bauen (1793). Die Ente konnte die Flügel schwingen, essen und Körner verdauen. Jeder Flügel bestand aus über 400 sich bewegenden Teilen.

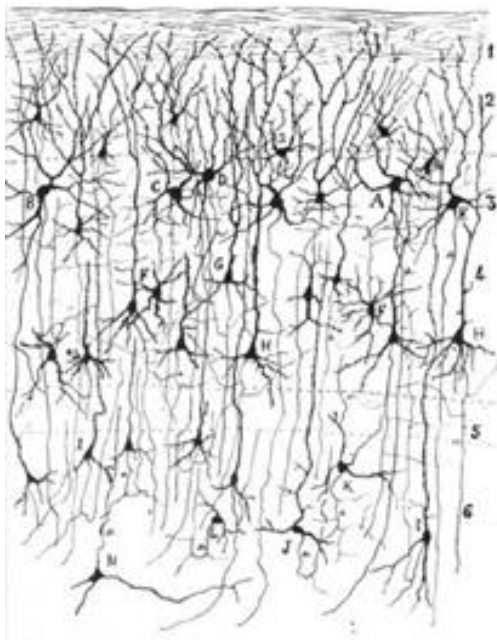
Wir wissen mittlerweile, dass beim Denkprozess zwischen den Neuronen im Gehirn elektrische Signale ausgetauscht werden. Zerlegen wir das Gehirn in seine Einzelteile (die Neuronen), so stehen wir jedoch vor einem Rätsel. Jedes Neuron gleicht dem anderen; seine einzige Funktion besteht darin, mit anderen Neuronen zu "chatten". Betrachten wir ein Bild, etwa die Mona Lisa, kommt es zu einem "Gespräch" zwischen den Neuronen. "Ich sehe eine braune Augenbraue!", sagt ein Neuron zu seinem Nachbarn, ein anderes "Ich sehe einen Mundwinkel!", wieder ein anderes "Ich sehe gar nichts!" - und so weiter. Wie entsteht aus diesem Chor von verteilten Informationsfetzen aber die Erkenntnis, dass wir ein Bild der Mona Lisa vor uns haben?



Ein einzelnes Neuron nimmt nur einen kleinen Ausschnitt des Bildes der Mona Lisa wahr, wie zum Beispiel den linken Mundwinkel.

Dieser Frage werden wir in zwei Projekten etwas genauer nachgehen. Zuerst müssen wir verstehen, wer mit wem redet im Gehirn: Wem genau sen-

det ein Neuron seine Informationen über die Mona Lisa, und von wem bekommt es selbst Informationen? In **Projekt 2** werden wir deshalb das Hirn eines Tieres zerschneiden und herausfinden, wie es aufgebaut ist. Natürlich wird es nicht möglich sein, in diesem Projekt das Gehirn genau zu kartographieren. Ein Gehirn besitzt mehrere Milliarden Neuronen und jedes Neuron kommuniziert mit etwa Zehntausend anderen Nachbarneuronen! Das Netzwerk von "Chatfreunden", das sich daraus ergibt, ist wahrlich komplex; nicht von ungefähr wird es oft mit einem dichten Gestrüpp verglichen, in dem sich schon viele Forschende verloren haben. Im Projekt 2 geht es also vor allem darum, eine Methode kennenzulernen, mit der es möglich ist, solch ein dichtes, auf kleinsten Raum zusammengepacktes Netzwerk sichtbar zu machen.



Neuronen (schwarze Punkte), die über ein dichtes Netzwerk von dünnen Leitungen miteinander chatten. Jedes Neuron hat nur einen kleinen "Blick" auf das Bild der Mona Lisa. Durch diesen Austausch, an dem viele Millionen von Neuronen beteiligt sind, ergibt sich schliesslich der Gesamteindruck "Mona Lisa".

Das darauffolgende **Projekt 3** beschäftigt sich mit der Frage, wie die herumschwirrenden Informationsfetzen über die Mona Lisa zu einem Ganzen zusammengesetzt werden. Wir werden dies anhand einfacher Beispiele aus dem Sinnesbereich studieren, angefangen mit der Frage, wie solche Informationsfetzen überhaupt ins Gehirn gelangen. In einem zweiten Schritt werden wir dann untersuchen, wie die Neuronen diese Informationsfetzen sinnvoll kombinieren. Wie auch sonst so oft im Leben ist dabei entscheidend, wer genau wann welche Informationsfetzen bekommt ...

Da Denken einen extrem komplexen Vorgang darstellt, wird oft angenommen, dass die Regeln, nach denen das Gehirn funktioniert, ebenfalls äußerst komplex sein müssen. Unsere Schwierigkeiten, das Gehirn zu verstehen, scheinen dies zu bestätigen. Es gibt aber noch eine andere, äußerst verlockende Möglichkeit. Wäre es etwa denkbar, dass es ganz einfache Regeln gibt, nach denen unser Gehirn funktioniert? Vielleicht haben wir diese Regeln einfach noch nicht gefunden! In der Tat gibt es viele in der Natur und Technik vorkommende Systeme, die genau so funktionieren. In **Projekt 4** werden wir solch ein System programmieren und untersuchen: das berühmte "Game of Life". Falls unser Gehirn ebenfalls nach einfachen Regeln funktioniert, wird es viel einfacher sein, Teile davon für intelligente Anwendungen nachzubauen.



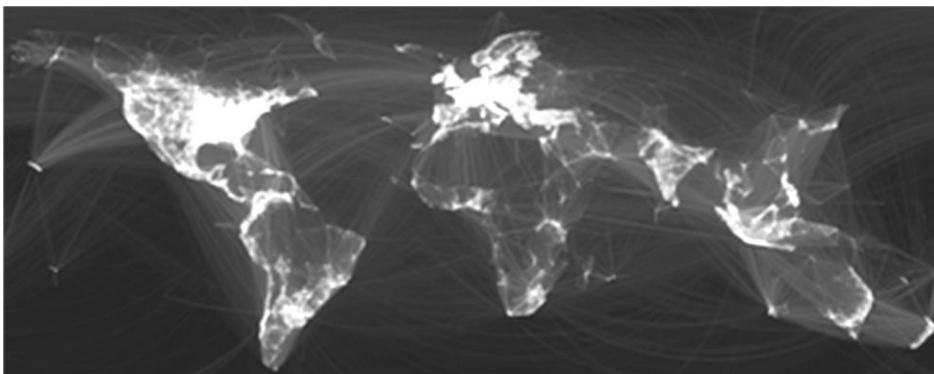
Einfachste Regeln, und nicht etwa ein Architekt, haben diese komplexe Landschaft bestehend aus futuristischen Gebäuden und Pyramiden automatisch erschaffen.

Menschliches Denken entsteht zwar im Gehirn, ist aber stark verknüpft mit der Umwelt, in der wir leben. Unbewusst nimmt unser Gehirn mit jedem Schritt eine Fülle an Landschaftsinformationen wahr. Fortlaufend konstruiert unser Gehirn daraus ohne Anstrengung mentale Karten unserer Umgebung und füllt diese gleichzeitig mit Informationen, die unser Handeln bestimmen. So können wir uns orientieren, finden z.B. den Weg ins Schulzimmer, erkennen anhand der Gegenstände die Bedeutung des Zimmers und passen unser Verhalten an.



Unser räumliches Vorstellungsvermögen ist jedoch hinsichtlich grossräumiger Zusammenhänge limitiert. Hier helfen uns Geografische Karten. Sie dienen uns dazu, die Vogelperspektive einzunehmen und unsichtbare Zusammenhänge sichtbar zu machen. In **Projekt 5** lernen wir mit einem Geografischen Informationssystem (GIS) ein Instru-

ment kennen, das uns dabei unterstützt, komplexe Strukturen einer Landschaft zu erkennen, zu dekonstruieren, darzustellen und zu analysieren.



Wir alle sind Teil eines riesigen weltumspannenden Freundschaftsnetzwerkes, das wir beeinflussen und von dem wir beeinflusst werden. Jede weisse Linie stellt eine "Freundschaft" auf Facebook dar.

## Termine / Veranstaltungen 2017/18

14.08.17	Schuljahresbeginn
22.08.17	Elternabend
SW 1 - 5	<b>Projekt 1:</b> Wie baue ich eine intelligente Maschine?
SW 7 - 16	<b>Projekt 2:</b> ... und wie macht es die Natur?
SW 17 – 11 (2. Sem.)	<b>Projekt 3 und 4:</b> Wie erkenne ich Mona Lisa? Wie einfach kann ein Denkapparat sein?
SW 12 - 17	<b>Projekt 5:</b> Wie erfassen wir die Information einer Landschaft

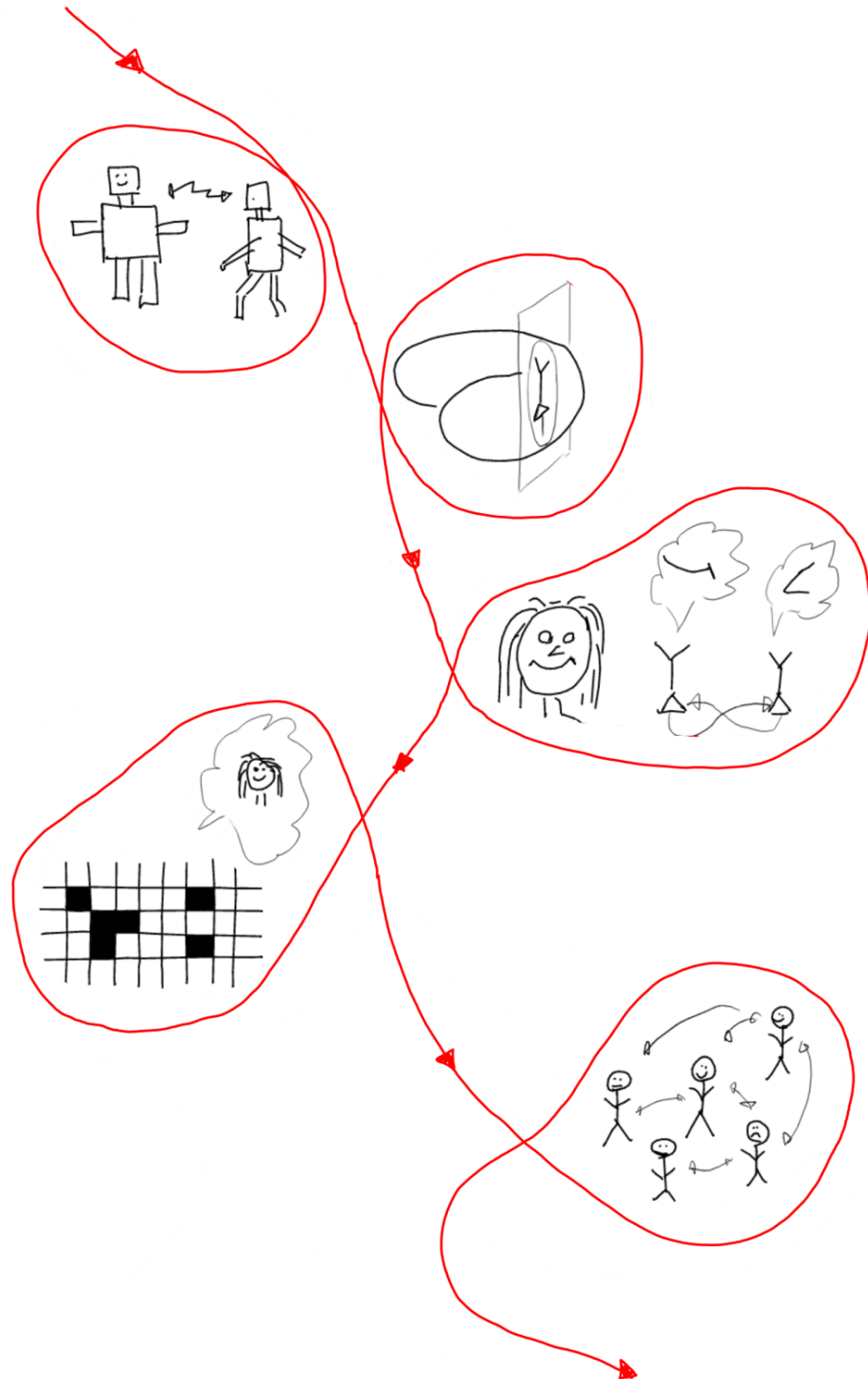
### **18. – 22.09.17**                      **Sonderwoche**

<i>Montag / Dienstag</i>	Einführung in die Neurobiologie und Robotik-Wettbewerb
<i>Mittwoch-Donnerstag</i>	Exkursion mit Übernachtung in der Jugendherberge von Lausanne.
<i>Freitag</i>	Frei



# Projektbeschreibungen

## Roter Faden





## **Projekt 1**

Wie baue ich eine intelligente Maschine?

"Menschenähnliche" Maschinen, die sich autonom bewegen, auf Geräusche reagieren, Farben unterscheiden oder musizieren, versetzen uns in Staunen. Die Möglichkeiten, künstliche Intelligenz nach unserem Belieben zu programmieren, sind beeindruckend gross.

Projekt 1 taucht in die faszinierende Welt der Robotik ein und veranschaulicht den Bau und die Programmierung eines einfachen Roboters.

Mit LEGO Mindstorms konstruieren wir einen Roboter nach unseren Vorstellungen. Das "Gehirn" von LEGO Mindstorms ist der NXT, ein Steuercomputer, der mit der visuellen Programmiersprache LabVIEW betrieben wird. Damit können wir den Roboter in Bewegung setzen, Hindernisse umgehen oder Ball spielen lassen.

Ziel des Projekts ist es, Elemente dieser Programmiersprache zu erlernen, sie direkt am Roboter anzuwenden und die Vielfalt möglicher Verhaltensweisen zu erkennen, die uns bereits ein einfaches Robotik System bietet.

## **Projekt 2**

... und wie macht es die Natur?

Fahrradfahren ist kinderleicht, aber nur, wenn man es schon kann; ein geübter Fahrradfahrer gibt seinen Beinen keine bewussten Strampelanweisungen mehr; die Beine drehen sich von alleine, so dass der Fahrer sich auf den Strassenverkehr konzentrieren kann. Dies hört sich einfach an, doch braucht es dazu eine Meisterleistung unseres Gehirns. Während dem Fahren rufen wir nämlich abgespeicherte Programme ab, die wir vorher erlernt haben. Verschiedene äussere Reize wie z.B. ein sich näherndes Auto können zum Abruf von verschiedenen Programmen führen (z.B. Bremsen oder Ausweichen). Da die äusseren Reize in einer anderen Gehirnregion verarbeitet werden, als die Programme abgespeichert sind, müssen diese Abschnitte andauernd untereinander kommunizieren. Folglich gibt es auch Verbindungsstrukturen, die wie grosse Strassen verschiedene Areale miteinander verbinden und somit deren Kommunikation untereinander gewährleisten. Verschiedene Gehirnbezirke übernehmen also äusserst unterschiedliche Funktionen. Da stellt sich die Frage, ob sich diese Regionen auch in ihrem Aussehen, in ihrer Struktur unterscheiden und ob es sogar

möglich ist, anhand der Struktur einer Region auf deren Funktion zu schliessen.

In diesem Projekt werden wir diesen Fragen nachgehen. Wir werden unser erarbeitetes Gehirnfunktionswissen anwenden, indem wir es mit der Struktur (z.B. Zelldichte, Zelltypen und Zellform) von Gehirnteilen vergleichen. Dazu werden wir selber Gehirnschnitte anfertigen und sie dann im Detail mithilfe von Mikroskopen studieren. D.h. wir werden Schritt für Schritt echte Gehirne selber präparieren, entwässern, einbetten, schneiden und einfärben. Dabei werden wir nicht nur die Techniken, die dafür notwendig sind, erlernen und durchführen, sondern wir werden uns auch viel Wissen über den Aufbau von verschiedenen Gewebe- und Zelltypen aneignen.

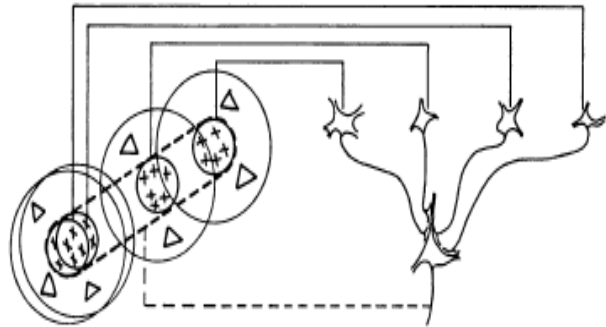
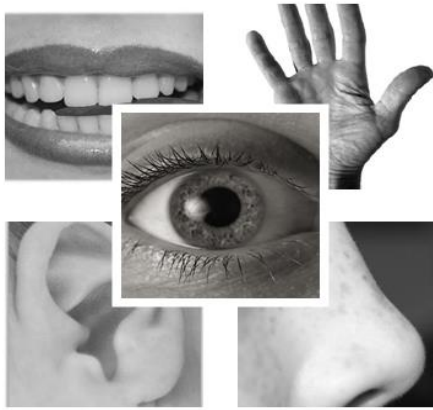
### **Projekt 3**

Wie erkenne ich die Mona Lisa?

Um uns in der Umwelt zurechtzufinden, müssen wir sie stetig wahrnehmen. Eine glitzernde Oberfläche vor uns am Boden nehmen wir als Pfütze wahr, in die wir nicht hineintreten wollen. Die von einem Smartphone ausgehende Abfolge von Tönen erkennen wir als unseren Klingelton. Diese Wahrnehmungsleistungen verdanken wir unserem Gehirn, das visuelle und akustische Reize mit Hilfe unserer Augen bzw. Ohren sammelt und durch Interaktion von Neuronen verarbeitet. Mit Hilfe solcher neuronalen Netzwerke ist erst ein Wiedererkennen und Einordnen der Signale möglich.

In diesem Projekt werden wir Einblick in Wahrnehmungsmechanismen erhalten. Dabei konzentrieren wir uns auf akustische Reize.

Was unterscheidet den Rap eines Macklemores vom Schlager einer Beatrice Egli? Um diese Frage zu beantworten, werden wir physikalische Grössen eines Tons (Amplitude, Frequenz, Spektrum) systematisch ändern, um zu sehen, wie sie mit den bekannten Wahrnehmungsgrössen Lautstärke, Tonhöhe und Klangfarbe zusammenhängen. Die Vorverarbeitung akustischer Reize im Ohr (Trommelfell, Innenohr, Basilarmembran) führt uns zur Ortstheorie des Hörens. Die Frage der Schallortung wird dabei experimentell und theoretisch behandelt. Wir werden aber auch andere Sinneseindrücke wie visuelle oder chemische Reize erleben und besprechen.



Wahrnehmung entsteht durch Reize, die mittels unseren Sinnesorganen (Bild links) ins Gehirn gelangen. Die Reize bringen Neuronen zum Feuern. Aber erst deren Zusammenspiel in Netzwerken führt zu komplexeren Wahrnehmungsprozessen. Das Bild rechts zeigt ein kleines Netzwerk, das eine gerade Linie erkennen kann.

Um zu verstehen, wie ein äusserer Reiz von neuronalen Netzwerken verarbeitet wird, bauen wir einfache elektronische und mechanische Modelle von Neuronen. Durch Experimente an diesen Neuronen erkunden wir die grundlegenden Eigenschaften biologischer Neuronen und neuronaler Netzwerke. In einem weiteren Schritt erproben wir, ob wir einfache akustische Wahrnehmungsgrössen (Schallort) oder visuelle Wahrnehmungsgrössen (Orientierung einer Kante) mit Hilfe der Modell-Neuronen nachahmen können.

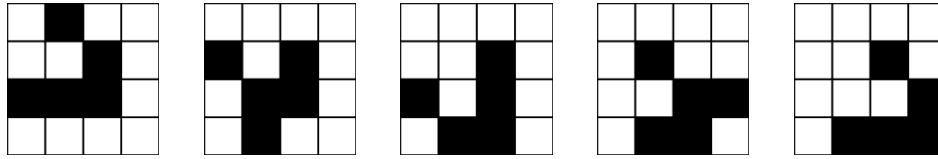
#### Projekt 4

"Game of Life" – Wie einfach kann ein Denkkapparat sein?

Das Gehirn ist ein komplexes System, aufgebaut aus Milliarden von einfachen Neuronen. Kein einziges Neuron weiss etwas über Musiknoten oder den Aufbau einer Melodie. Und trotzdem ist das menschliche Gehirn fähig, zauberhafte Symphonien zu komponieren.

Die Natur hält eine Vielzahl an weiteren komplexen Systemen für uns bereit. Ein Ameisenvolk ist beispielsweise in der Lage, im Kollektiv Brücken zu bauen, und dies, obwohl eine einzelne Ameise nichts über Konstruktionsprinzipien wissen kann.

Wie ist so etwas möglich? Wissenschaftler beschäftigen sich schon seit längerem mit der Frage, wie aus dem Zusammenspiel von relativ einfachen Komponenten vielseitiges und komplexes Verhalten entstehen kann.



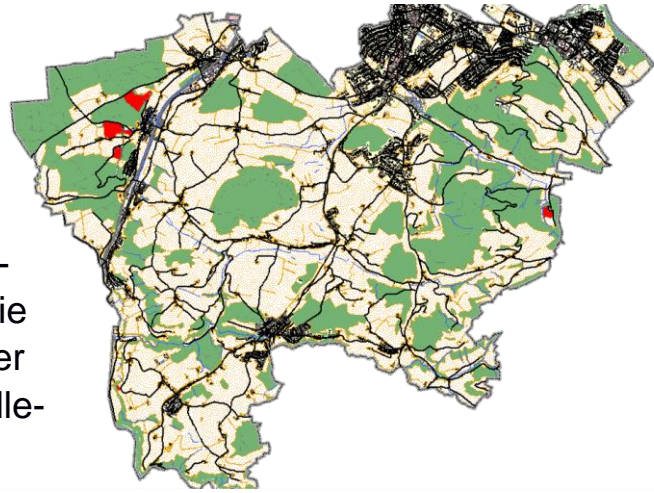
Der Gleiter (Bild ganz links) ist ein Gebilde, das aus fünf schwarzen Zellen besteht und sich diagonal durch die Welt des "Game of Life" fortbewegt (Bild ganz rechts). Nirgends in den einfachen Regeln steht geschrieben, dass solch ein komplexer Vorgang vorkommen muss.

In diesem Projekt entwickeln und studieren wir mit "Game of Life" eines der einfachsten komplexen Systeme. "Game of Life" simuliert im Wesentlichen die Interaktion von Zellen, die schachbrettartig angeordnet sind und nach einfachsten Regeln leben oder sterben. Erstaunlicherweise bilden sich ohne weiteres Zutun komplexe Zellverbände ("Organismen") heran, die sich als Ganzes bewegen oder sich sogar selbst reproduzieren können. Dabei kennt eine einzelne Zelle nur ihre unmittelbaren Nachbarn und kann unmöglich wissen, dass sie Teil eines grösseren Organismus ist. In einem ersten Schritt programmieren wir das "Game of Life" mit Hilfe der Programmiersprache Python. Dabei bauen wir auf Programmierkenntnissen auf, die wir uns bereits während des Schuljahres angeeignet haben. Den Entwicklungsvorgang des "Game of Life" nützen wir auch zu einer kurzen Einführung in die objektorientierte Programmierung. In einem zweiten Schritt simulieren und untersuchen wir die Vielfalt und Komplexität der entstehenden Organismen mit Hilfe unseres Programms.

## Projekt 5

Wie erfassen wir die Informationen einer Landschaft?

Unsere Landschaft ist ein komplexes System aus abertausenden von Einzelobjekten und Einzelinformationen, die in vielfältigen, wechselseitigen Beziehungen zu einander stehen. Davon nehmen wir nur einen Bruchteil bewusst wahr. Viele dieser Zusammenhänge werden erst durch die gezielte Selektion und Vereinfachung in der Darstellung von Karten sichtbar. Als grundlegendes Arbeitsinstrument steht und das Geo-Informationssystem ArcGIS zur



Gemeindegebiet Köniz

Verfügung. ArcGIS ist ein Computersystem zum Erfassen, Analysieren und Präsentieren von komplexen Phänomenen und wird heutzutage in allen Bereichen der Arbeitswelt eingesetzt, die Räume untersuchen: z.B. zur Ortsplanung, zur Simulation von Naturgefahren oder im Bauwesen.

Wir werden die Möglichkeiten zum Sichtbarmachen und Selektionieren von Landschaftsinformationen Schritt für Schritt kennen lernen. Das Ziel des Projekts ist das Erstellen einer Geocaching-Tour in der näheren Umgebung. Die Erfassung und Verarbeitung der Rauminformationen zu einer GPS-basierten Schnitzeljagd erfolgt mit dem Smartphone.