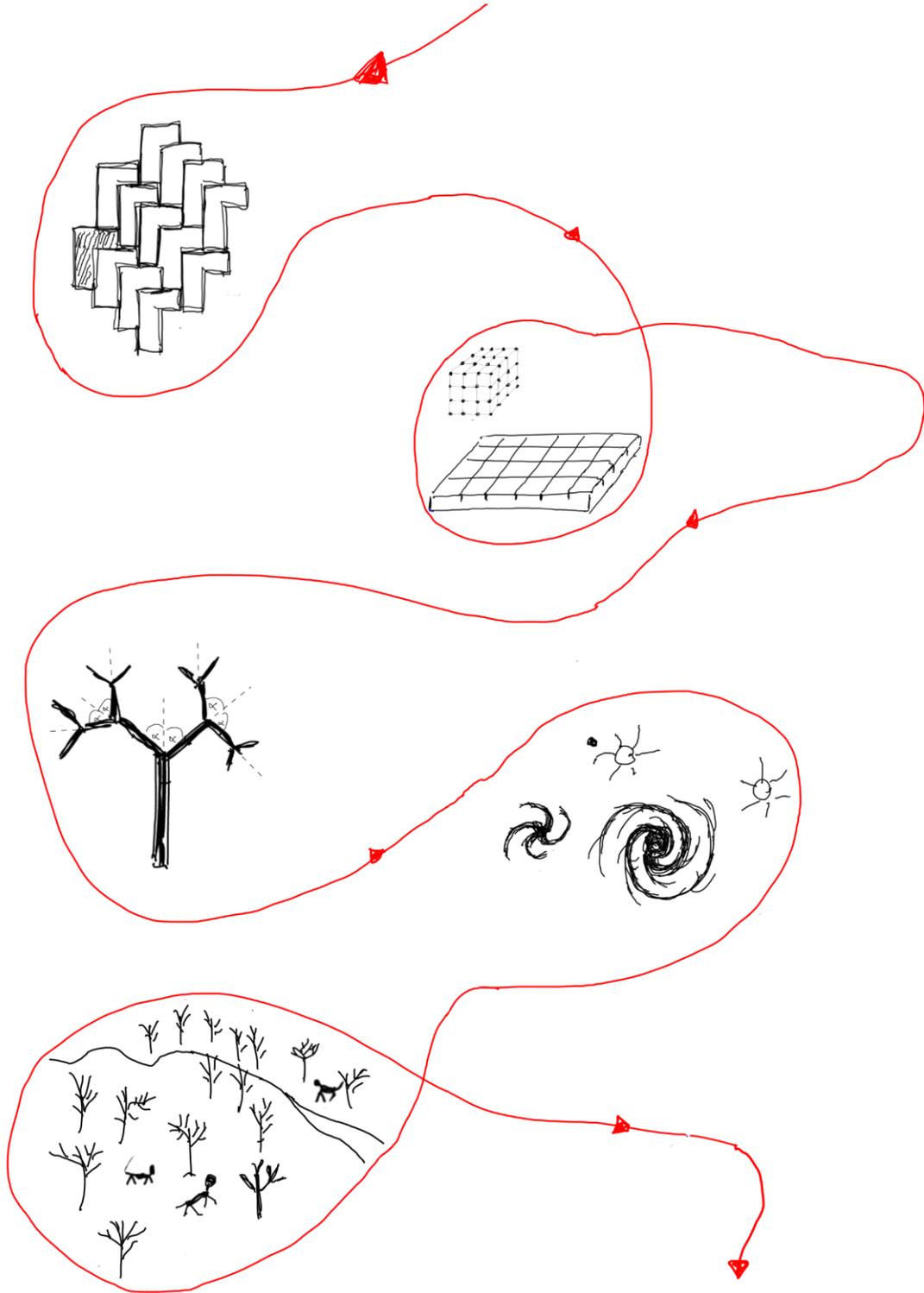


Die MINT-Klasse. *Faszination Naturwissenschaften*

Curriculum GYM3 2020 / 2021

Gymnasium Lerbermatt
Kirchstr. 64
CH-3098 Köniz, Schweiz.
www.lerbermatt.ch



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 Sekunda-Jahresthema "Build MINT. Die Natur als Architektin, der Mensch als Modellierer" 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.

Build MINT. Die Natur als Architektin, der Mensch als Modellierer

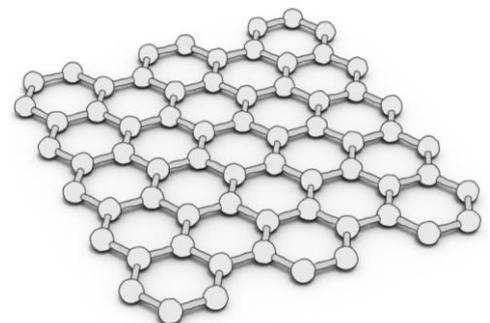
Warum besitzen Lebewesen und in der Natur vorkommende Dinge die Form, die sie haben? Und nach welchen Regeln wachsen diese Formen? Diese Fragen werden in den folgenden Projekten genauer erforscht. Dabei werden wir sehen, dass vor allem ein unerwartet einfaches Bauprinzip immer wieder auftauchen wird. Etwas salopp formuliert lautet es wie folgt: „Nimm einen einfachen Grundbaustein und ordne Kopien davon nach einer einfachen Regel im Raum an“. Die komplexe Verästelung von Bäumen, Flüssen oder menschlichen Organen wie die Lunge lassen sich mit dieser Regel erstaunlich gut erklären, aber auch die gitterartige Anordnung von Atomen in Lebensmitteln oder von Modulen im Gehirn. Wie der Grundbaustein und die Anordnungsregel im Detail aussehen, hängt dabei stark von dem ab, was wir untersuchen.

Im **Projekt 1** (Flächendeckende Strukturen und 3D-Druck) werden wir das oben erwähnte Bauprinzip zum ersten Mal genauer kennenlernen – und

zwar in einer möglichst einfachen Version: Der Grundbaustein wird kopiert, anschliessend werden die Kopien in der Ebene so aneinandergesetzt, dass weder Lücken noch Überlappungen entstehen. Was für Muster können dabei entstehen? Wir werden sehen, dass so genannte Parkettierungen nicht nur ästhetisch ansprechend sein können (Bild unten links: von M.C. Escher) und in der Natur vorkommen (Bild unten Mitte und rechts: Anordnung von Schuppen auf einer Haifischhaut und Bienenwaben), sondern dass sie auch in der Wirtschaft und Industrie eine wichtige Rolle spielen. Das Wissen um Parkettierungen hilft, um effizient, Ressourcen schonend und kostengünstig produzieren zu können.



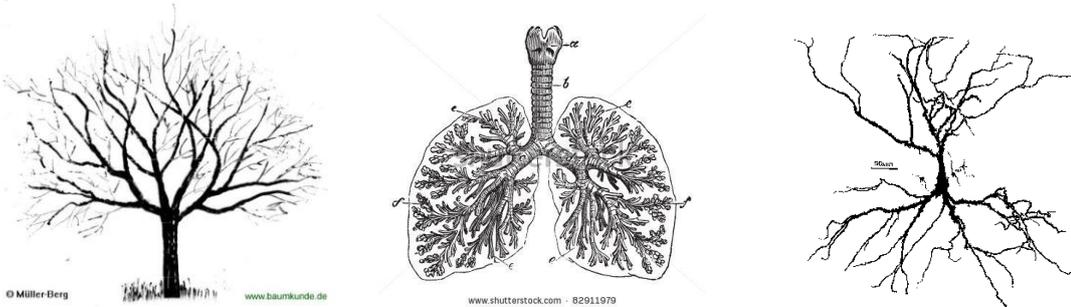
Einsichten über die Grundlagen von Parkettierungen bereiten den Weg für das **Projekt 2** (Kristalle), welches die Gitterstruktur von Materialien im Fokus hat. Viele Materialien (so genannte „Kristalle“) können als eine Ansammlung von wenigen Atomen oder Molekülen als Grundbausteine aufgefasst werden, die dann wie in einer Parkettierung kopiert und aneinandergesetzt werden – aber normalerweise im dreidimensionalen Raum. Wie genau diese Bausteine aneinandergesetzt werden, entscheidet über die physikalischen Eigenschaften des Materials (Gesamtmuster). Zum Beispiel bestehen sowohl der Diamant wie auch das Graphit in der Bleistiftmine aus Kohlenstoffatomen, aber deren Anordnung im Raum bringt den einen zum Glänzen und macht das andere zum nützlichen Werkzeug. Wenn die Bauprinzipien von Materialien verstanden werden, ist es möglich, auch neue massgeschneiderte Materialien mit coolen Eigenschaften zu bauen. Etwa für die Konstruktion von Bildschirmen oder zur Anfertigung von ultraschnellen Datenverbindungen. Hier im Bild: Graphen-Kristall, der dank seinen



erstaunlichen physikalischen Eigenschaften als „Wundermaterial“ zelebriert wird).

Wir werden erfahren, wie wichtig die räumliche Anordnung von Fettmolekülen in der gitterartigen Struktur der Schokolade ist. Bei einer falschen Anordnung der Fettmoleküle zergeht die Schokolade bereits in der Hand und nicht erst auf der Zunge, und sie hat auch keine glänzende Oberfläche. Wie müssen also die Bedingungen bei der Herstellung gewählt werden, damit das fertige Produkt die gewünschten Eigenschaften aufweist?

Im **Projekt 3** (Verzweigte Strukturen) werden wir das einfache Bauprinzip (Grundbaustein kopieren und anordnen) im Computer programmieren, um so fein verästelte Strukturen zu schaffen. Solche Strukturen sind allgegenwärtig (Bilder unten: Neuron, Eiche, menschliche Lunge).



Unsere Untersuchungen von Strukturen und Formen führte uns vom ganz kleinen Längenbereich, dem atomaren Bereich, zum fassbaren und beobachtbaren Längenbereich von baumartigen Strukturen.

Projekt 4 (Kosmische Strukturen) befasst sich mit Strukturen im ganz grossen Längenbereich, dem Weltall. Wie sind Planeten, Sterne und ganze Galaxien angeordnet (Bild rechts: Ansammlung von Galaxien)? Und wie können wir so weit entfernte Objekte überhaupt beobachten?



Projekt 5 (Dynamische Strukturen) lenkt den Fokus auf dynamische Strukturen, also auf Anordnungen, die sich in der Zeit relativ rasch verändern. Wir werden uns dabei auf in der Natur freilebende Tiere konzentrieren: Nach welchen Gesetzmässigkeiten verändern sich die Schweizer Wildtierpopulationen wie die der Wildschweine, der Wölfe oder auch der Füchse? Wie verteilen sich beispielsweise Füchse in der Stadt und welche Probleme können dabei entstehen? Da es ausserordentlich schwierig ist, die Verhaltensweise von freilebenden Tieren über eine längere Zeitdauer zu verfolgen, werden wir auch Verhaltensmodelle entwickeln und diese im Computer programmieren.



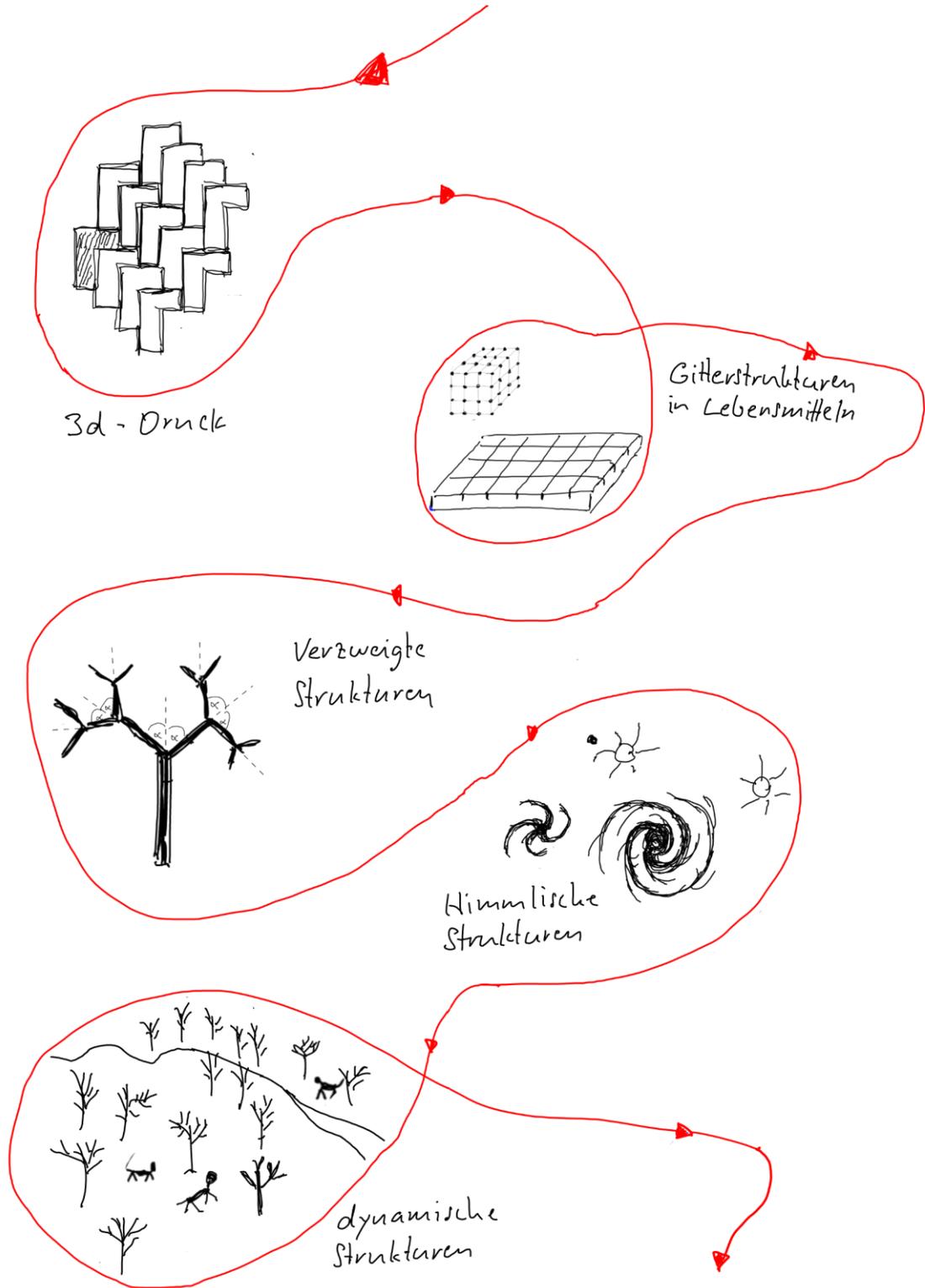
MINT-Termine und Veranstaltungen Schuljahr 2020 / 2021

10.08.- 16.10.20	Projekt 1: Wie können Flächen strukturiert werden? Flächendeckende Strukturen und 3D-Druck	W 217
19.10.- 11.12.20	Projekt 2: Wie wird Schokolade zur süßen Versuchung? Verarbeiten von Schokolade als Geschenke für Praktikumsbetreuende.	W 111 / W 117
04.01.- 05.02.21	Projekt 3: Warum es einfach ist, einen Wald zu erschaffen - das Lindemayer-System und der Space Colonization Algorithm.	O 119
08.02.- 09.03.21	Projekt 4: Wie ist das Universum strukturiert und wie können wir das erkennen? Kosmologie, Teleskope und Himmelsbeobachtungen.	O 111
Im Mai	Poster-Session	Aula
03.05.- 18.06.21	Projekt 5: Wie verändert sich mit der Zeit die Struktur einer Wildtierpopulation? Simulationen und Feldbegehung.	O 111
Im Juni	Summerschool an der EPFL (Mo-Do)	Lausanne mit Übernachtung in Jugi Lausanne

In GYM3 finden die zweiwöchigen Betriebs- oder Forschungspraktika statt. Zeitfenster sind Herbstferien, Frühlingferien (inkl. Sonderwoche, je nach SF) und in sehr geringem Masse die Sommerferien. Die Inhalte des Praktikums werden in einem Poster festgehalten und an der Poster Session präsentiert.

Projektbeschreibungen

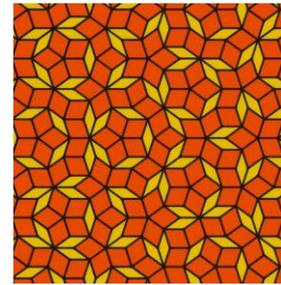
Roter Faden



Projekt 1: Flächendeckende Strukturen und 3D-Druck

Wie entwickelt man eine Silikonform nach einem Muster?

In der Industrie werden vielfach grosse Mengen an gleichen Werkstücken benötigt. Um Zeit, Material und Abfall zu sparen, können Werkstücke so geformt werden, dass sie lückenlos aneinandergereiht werden können („Parkettierung“).



Bilder oben: Islamisches Wandmuster, Bienenwabe, Penrose-Parkettierung.

Auch in Architektur, Natur oder Technik besitzen lückenlose Muster eine wichtige Funktion. Sie verleihen einem Gebäude Festigkeit oder verschönern dessen Aussehen. Bienen produzieren entsprechende Wabenmuster und die regelmässige Anordnung von Atomen und Molekülen in Materialien entscheiden über deren Stoffeigenschaften wie Härte, Sprödigkeit, Schmelztemperatur, chemische Reaktionsfähigkeit, Leitfähigkeit etc. Viele dieser Strukturen erscheinen komplex, zeigen aber gleichzeitig eine faszinierend einfache Regelmässigkeit auf. Doch welche Möglichkeiten gibt es, Oberflächen regelmässig zu strukturieren?

In diesem Projekt studieren wir - anhand eines einfachen Bauprinzips -, wie wir Flächen mit gleichartigen Bauelementen überlappungsfrei und lückenlos überdecken können. Anhand der kennengelernten Gesetzmässigkeiten und Symmetrien konstruieren wir am Computer ein 3D-Modell eines Objektes, das sich parkettieren lässt und später in Schokolade gegossen werden soll. Dazu



entwickeln wir ein Negativ für eine Silikonform und drucken das Modell mit einem 3D-Drucker aus. Zu einem späteren Zeitpunkt werden die Silikonformen aus dem Negativ-Modell gegossen und in der Schokoladenproduktion eingesetzt.

Projekt 2: Gitterstrukturen in Lebensmitteln

Wie wird Schokolade zur süßen Versuchung?

Zart schmelzende Schokolade lieben wir heiss, aber warum sollten wir gerade die Temperatur gut im Griff behalten?

Damit Schokolade alle Versprechungen der Werbung hält und uns lange Freude bereitet, braucht es viel Erfahrung und Wissen bei der Verarbeitung der Rohstoffe. Werden beispielsweise die notwendigen Temperaturen bei der Herstellung nicht genau eingehalten, so kann es beim Auspacken der süßen Versuchung zur Enttäuschung kommen. Statt verlockend zu glänzen ist sie unansehnlich weiss beschlagen und bröckelt, statt mit einem satten Klick in unserem Mund zu verschwinden.

Verantwortlich für Freud und Leid der Schokoladenherstellung sind die verschiedenen Anordnungen der Fett- und Zuckermoleküle. Es sind zwar immer dieselben Stoffe drin, aber wie sie sich zusammenpacken, entscheidet darüber, ob wir das fertige Produkt mit Genuss auf der Zunge zergehen lassen oder ob es uns in der Hand schmilzt. Diese Unterschiede wollen wir bei der gemeinsamen Verarbeitung von Schokolade hör-, fühl-, sicht- und spürbar machen und diese Erfahrungen mit der räumlichen Struktur der Moleküle in Verbindung bringen.



Projekt 3: Verzweigte Strukturen

Lindenmayer-Systeme oder warum es einfach ist, einen Wald zu erschaffen

Der ungarische Botaniker Aristid Lindenmayer (1925-1989) suchte nach Gesetzen, mit denen sich komplizierte Pflanzenformen aus einfachen Grundformen ableiten lassen. Er ersetzte dabei einfache Formen wie Zweige oder Stängel immer wieder nach festen Regeln mit etwas komplizierteren Gebilden und untersuchte die so wachsenden Strukturen systematisch. Seine 1968 publizierte Arbeit zeigt eine Möglichkeit auf, wie sich das Wachstum einfacher Zellorganismen formal durch Ersetzungssysteme beschreiben lässt. Man spricht von Lindenmayer-Systemen oder kurz L-Systemen.



Wir greifen dabei auf die bereits vorhandenen Programmierkenntnisse zurück und lernen das Prinzip der Rekursion (lat. *recurrere* „zurücklaufen“) kennen. Die Einfachheit der verwendeten Regeln und die Verschiedenartigkeit der erzeugten Gebilde geben viel Spielraum zum Experimentieren... In einem zweiten Teil geht es mit dem Space Colonization Algorithm um einen gänzlich anderen Ansatz. Dieser eignet sich unter anderem dazu, möglichst echt erscheinende Bäume zu generieren. Durch eine geschickte Wahl der Parameter werden wir versuchen, das Astwerk von Pappeln, Linden, Tannen und anderen Bäumen nachzubauen.

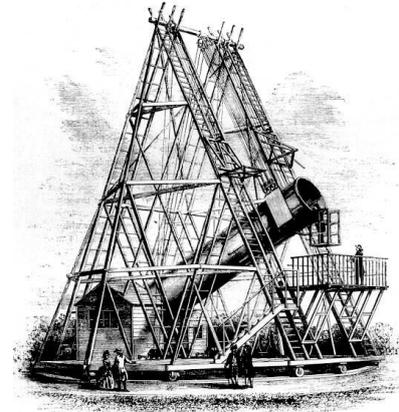
Projekt 4: Kosmische Strukturen

Wie ist das Universum strukturiert und wie können wir das erkennen?

Die klassische Astronomie ist die beobachtende Naturwissenschaft schlechthin: Mit dem Universum können wir nicht experimentieren, wir können es nur beobachten. Wie tun wir das und was sehen wir da?



Die erste Frage führt zur Entwicklung des Teleskops. Wer hat es erfunden? Wie funktioniert es? Wie wurde es im Lauf der Jahrhunderte weiterentwickelt? Welche Hightech-Teleskope stehen der Wissenschaft heute und morgen zur Verfügung? Welche kostengünstigen Instrumente können in der Amateurastronomie eingesetzt werden? Wir werden Spiegelteleskope und Refraktoren studieren und uns mit deren Bedienung vertraut machen.



Zweitens interessiert uns die Struktur des Weltraums. Welche Objekte finden wir am Himmel und was können wir daraus lernen? Wir untersuchen die grossräumige Struktur des Weltalls, ausgehend von unserem Sonnensystem, über die Milchstrasse bis zu den Grenzen des bekannten Universums. Ausgewählte Objekte beobachten wir mit blossen Auge und mit geeigneten Instrumenten.



Geplant sind ein bis zwei Exkursionen, die uns einerseits mit der Entwicklung des Teleskops vertraut machen und uns andererseits Gelegenheit für eigene Beobachtungen am Nachthimmel geben.

Projekt 5: Dynamische Strukturen

Wie verändert sich mit der Zeit die Struktur von Tierpopulationen?

Wieso sehen wir Füchse in der Stadt, woher kommen sie und wohin gehen sie? Wie sich freilebende Tiere im Raum verteilen, hängt von vielen Faktoren ab: der Verfügbarkeit von Nahrung, Versteckmöglichkeiten und dem Vorhandensein von Feinden oder potentiellen Paarungspartnern etc. Der wohl wichtigste Faktor ist aber die Zeit; Populationen wachsen und schrumpfen, verstecken sich am Tag und sind aktiv in der Nacht. In unserem Projekt fokussieren wir auf die zeitlichen Änderungen von Strukturen am Beispiel von freilebenden Tierpopulationen.

Wie geht man in der Wildtierbiologie vor, um die sich stetig ändernde Populationsstruktur und Verteilung zu erforschen? Welche Probleme entstehen bei hohen Populationsdichten verschiedener Tierarten und wie wird die Populationszahl am besten reguliert? Um diese

Fragen zu beantworten, werden wir uns in der freien Natur Einblicke in verschiedene Forschungs- und Anwendungsfelder des modernen Wildtiermanagements verschaffen, um dann Tierpopulationsmodelle am Computer zu entwickeln.

