



## Ein Spektrum an Methoden

– Methodenvielfalt am Beispiel eines Spektroskopie-Projekttag –

VANESSA, FISCHER

VANESSA\_FISCHER@HOTMAIL.COM

### Zusammenfassung

Die Forderung nach Methodenvielfalt ist sowohl allgemein anerkannt als auch theoretisch ausführlich begründet. Mit dem Aufkommen immer vielfältigerer Unterrichtsmethoden wächst jedoch auch häufig die Skepsis aufseiten der Lehrkräfte. Dieser Artikel wird sich mit der Frage beschäftigen, wie Methodenvielfalt sinnvoll im Physikunterricht realisiert werden kann, und diese Bedenken dadurch hoffentlich auflösen. Das Praxisbeispiel eines Spektroskopie-Projekttag soll das bewusste Überdenken bewährter Methoden anregen. Da die Elemente des Projekttag variabel eingesetzt werden können, ist eine allmähliche Öffnung des Unterrichts ohne viel Aufwand möglich.

### 1 Unterrichtsmethoden – ein vager Begriff für ein vielfältiges didaktisches Konzept

Die „Unterrichtsmethode“ ergibt sich morphologisch aus dem Begriff der „Methode“. Sie wird im alltäglichen Gebrauch als empfohlener Weg verstanden, um ein bestimmtes Ziel zu erreichen. Dies deckt sich auch mit der Wortherkunft, denn das griechische *méthodos* (μέθοδος) setzt sich aus *metá* (μετά, nach bzw. hinterher) und *hodós* (ὁδός, Weg) zusammen und bedeutet folglich „*der Weg zu etwas hin*“ (Bernert, 2000, S. 71). Für das allgemeine Verständnis von „Methode“ gibt es allerdings unterschiedliche Bezeichnungen, beispielsweise Verfahren, Anleitung, Rezept und Technik (vgl. Mühlhausen, 2017, S.12). Die Schwierigkeit, den Methodenbegriff klar zu definieren, hängt eng damit zusammen, dass es meist nicht einen, sondern viele Wege zu einem Ziel gibt. Vergleichbar ist das mit der Suche eines Weges auf einer Landkarte, die viele Möglichkeiten dazu bietet. Es wird zwar meistens der kürzeste und sicherste Weg ausgewählt, aber auch scheinbare Umwege können vielversprechend sein. Bernert (2000, S. 71) überträgt diese Metapher auf den Lernprozess. Bewährte Methoden locken mit Effizienz, aber limitieren dabei oft das Potential des Unterrichts. Denn andere „modernere“ Methoden bieten die Möglichkeit, den Unterricht zu beleben und den Fokus zu verschieben.

Was ist nun aber konkret unter einer Unterrichtsmethode zu verstehen? Obwohl sich diese Frage auch bei der „Methode“ stellt, empfiehlt Mühlhausen (2017, S. 44f.) eine klare Abgrenzung zur Alltagssprache und hebt sechs Besonderheiten von Unterrichtsmethoden hervor:

1. Zentral ist ein Handlungsgeflecht zwischen mehreren Lernenden und einer Lehrperson.

2. Die Fähigkeiten der Lernenden sind noch nicht (ausreichend) vorhanden, um das Ziel selbstständig erreichen zu können.
3. Die Lehrperson verfolgt nicht Ziele für sich selbst, sondern gesellschaftlich vorgegebene Ziele, die die Lernenden erreichen sollen.
4. Die Vielzahl an schulischen Zielen ergibt einen Reichtum an Unterrichtsmethoden.
5. Unterrichtsmethoden entscheiden wesentlich darüber, was von einem Unterrichtsinhalt verstanden und was vergessen wird.
6. Unterrichtsmethoden ermöglichen die Entwicklung einer selbstständigen Persönlichkeit der Lernenden.

Die folgende Definition deckt dagegen speziell die Ziel- und Zeitorientierung von Unterrichtsmethoden ab:

*„Unterrichtsmethoden beschreiben die planvollen gewählten Schritte auf dem Weg zum angestrebten Ziel. [...]*

*[Sie sind] Planungs- und Realisierungsmuster, die sich auf die Gestaltung längerer, didaktisch in sich geschlossener Unterrichtssequenzen beziehen.“*

(Wiechmann & Wildhirt, 2016, S. 11 u. 13)

Demgegenüber steht die weiter gefasste Definition von Hilbert Meyer, die gesellschaftliche und institutionelle Aspekte miteinschließt.

*„Unterrichtsmethoden sind die Formen und Verfahren, in und mit denen sich Lehrer und Schüler die sie umgebende natürliche und gesellschaftliche Wirklichkeit unter institutionellen Rahmenbedingungen aneignen.“*

(Meyer, 2011, S. 45)

Durch diese drei Klärungsversuche lässt sich bereits gut erahnen, wie vielschichtig der Begriff der Unterrichtsmethode ist und warum er so schwer zu fassen ist.

## 2 Relevanz von Unterrichtsmethoden(-vielfalt)

Im Rahmen des Unterrichts werden Ziele verfolgt, die auf unterschiedlichsten Ebenen liegen. So gesellen sich bei den Lernenden zum Faktenwissen allmählich Kompetenzen hinzu, die beispielweise das kreative methodische Handeln, die Selbstständigkeit oder das Problemlösen betreffen. Bell und Girwidz (2010, S. 45) sehen speziell im Physikunterricht viele dieser Ebenen vertreten. Das selbständige Finden von Ideen, das Entwickeln und Prüfen von Hypothesen sowie das Kennenlernen physikalischer Arbeitsweisen sind Tätigkeiten, die immer häufiger im Physikunterricht gewünscht und auch gefordert werden. Um dies sinnvoll umsetzen zu können, müssen sich Lehrperson aus ihrer Komfortzone herauswagen und die eigene „Unterrichtsmethoden-Kiste“ schrittweise erweitern. Denn Methodenvielfalt begünstigt nicht nur eine bessere Anpassung des Unterrichts an diverse Ziele, Persönlichkeiten, Inhalte und Rahmenbedingungen, sie eröffnet auch ganz neue Gelegenheiten die Lernenden zu aktivieren (vgl. Bell & Girwidz, 2010, S.45). Damit einher geht häufig eine Steigerung der Motivation und der Leistungsbereitschaft, da Lernende viel individueller angesprochen werden können (vgl. Janssen, 2008, S. 13f.).

Bei Methodenvielfalt geht es keineswegs darum, wahllos in die Methodenliste zu greifen oder den Frontalunterricht aus dem Klassenzimmer zu verbannen. Meyer (2014, S. 26f.) betont diesbezüglich, wie wichtig die Stimmigkeit von Zielen, Inhalten und Methoden ist, da zwischen ihnen rege Wechselwirkungen herrschen. Der alleinige Fokus auf Unterrichtsmethoden stellt also keine Patentlösung für gelingenden Unterricht dar (vgl. Janssen, 2008, S. 12).

Die Vorzüge des Einsatzes vielseitiger Unterrichtsmethoden sind nicht nur pädagogisch gut begründet, sondern auch empirisch nachgewiesen (vgl. Meyer, 2014, S. 74 u. 80). Es konnte beispielsweise gezeigt werden, dass keine perfekte Unterrichtsmethode existiert (vgl. Gruehn, 2000, zitiert nach Meyer, 2014, S. 80) und dass eine Mischung aus frontalem und offenem Unterricht besonders lernförderlich ist (vgl. Reinmann-Rothmeier & Mandl, 2001, zitiert nach Meyer, 2014, S. 81). Weiters wurde eine starke Überlegenheit kooperativer Lernformen (vgl. Gruehn, 2000, zitiert nach Meyer, 2014, S. 82f.) und bessere inhaltliche Ergebnisse bei einer moderaten Methodenvielfalt festgestellt (vgl. Steiner, 2001, zitiert nach Meyer, 2014, S. 81).

Den Vorteilen entgegenstehen die oft zitierten Studien von Hage et al. (1985) und Hattie (2009). Hage et al. untersuchten 181 Unterrichtsstunden mittels Beobachtung hinsichtlich methodischer Aspekte. Das Ergebnis zeichnete das Bild eines enorm lehrer\*innenzentrierten Unterrichts über verschiedene Schularten und Fächer hinweg. Um die methodische Entwicklung zu untersuchen, wurde im Jahr 2005 von Götz et al. eine ähnliche Studie durchgeführt. Die Auswertung basierte auf 720 Fragebögen, die von Lehrkräften ausgefüllt wurden. Der Vergleich zwischen den Ergebnissen dieser Studie und der von Hage et al. zeigt eine deutliche Zunahme der Methodenvielfalt:

	Hage et al. (1985)	Götz et al. (2005)
Frontalunterricht	76.86	47.11
Einzelarbeit	10.24	18.15
Partnerarbeit	2.80	15.64
Gruppenarbeit	7.43	13.42
Projektarbeit	-	6.77

**Tab. 1** –Ergebnisse der Studien Hage et al. und Götz et al. in Prozent (Götz et al., 2005, S. 354)

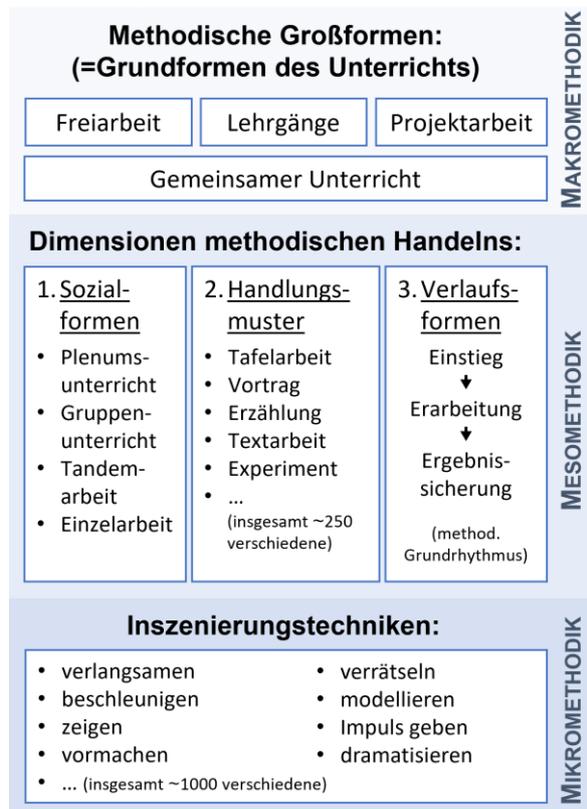
Eine ähnliche Richtung wie Hage et al. schlägt die Metastudie „Visual Learning“ von Hattie ein. „Die darin gebündelten Daten belegen in überzeugender Weise die Überlegenheit eines lehrer\*innen gelenkten methodischen Vorgehens“, so Wiechmann und Wildhirt (2016, S. 16). Für bestimmte schulische Aufgaben ist diese Methode auch definitiv gewinnbringend. Dem Spektrum aktueller Bildungsaufgaben, wie zum Beispiel der Förderung des erfahrungsbasierten Lernens, wird sie allein jedoch nicht gerecht (vgl. Wiechmann & Wildhirt, 2016, S. 17). Weiters bilden jahrzehntealte Studien die Basis der Hattie-Studie, weshalb aktuelle Anforderungen kaum berücksichtigt werden (vgl. Kircher & Girwidz, 2020, S. 257). Insgesamt lässt sich also sogar aus den Quellen, die kritisch gegenüber Methodenvielfalt stehen, eine besondere Bedeutung einer abwechslungsreichen methodischen Unterrichtsgestaltung ableiten.

## 3 Drei-Ebenen-Modell nach Mayer

Methodenvielfalt liegt im Unterricht vor, wenn

1. der Reichtum der verfügbaren Inszenierungstechniken genutzt wird,
2. eine Vielfalt von Handlungsmustern eingesetzt wird,
3. die Verlaufsformen des Unterrichts variabel gestaltet werden und
4. das Gewicht der Grundformen des Unterrichts ausbalanciert ist (Meyer, 2014, S. 74).

Meyer stützt sich dabei auf Formulierungen seines Drei-Ebenen-Modells der Mikro-, Meso- und Makromethodik. Damit versuchte er die Methodik des Unterrichts nach Wirkungs- und Zeitumfang zu ordnen.



**Abb. 1** – Drei-Ebenen-Modell nach Hilbert Mayer (In Anlehnung an Meyer, 2014, S. 75)

Hilbert Meyer (2014, S. 75-80) erklärt die Ebenen seines Modells folgendermaßen:

In der Makromethodik werden Handlungen vereint, die Wochen und Monate andauern können. Grob eingeteilt werden diese in vier Grundformen: individualisierte Freiarbeit, lehrer\*innengelenkte Lehrgänge, kooperative Projektarbeit und gemeinsamer Unterricht. Die Grenzen sind jedoch fließend und es gibt Handlungen, die mehreren Bereichen zugeordnet werden können. Beispielsweise liegt Stationenlernen zwischen Freiarbeit und Lehrgang, weil sich selbstorganisiertes Lernen mit Lehrer\*innenlenkung dabei abwechseln.

Die Mesomethodik fasst Handlungen zusammen, die sich nur über Minuten oder Stunden ziehen. Diese Ebene wird in drei Dimensionen unterteilt: Sozialformen, Handlungsmuster und Verlaufsformen. Während Handlungsmuster Lernformen sind, die eine klare Struktur und feste Rollen besitzen, orientieren sich die Verlaufsformen am Ablauf des Unterrichts. Dieser lässt sich meist dem Rhythmus Einstieg, Erarbeitung und Ergebnissicherung zuordnen.

Die Mikromethodik umfasst die kürzesten Vorgänge des Unterrichts, welche oft nur einige Sekunden andauern. Sowohl die Mimik als auch alle Gesten, die den Lernprozess vorantreiben, spielen hierbei wichtige Rollen. Neben dem Stellen von Fragen, der Formulierung eines Arbeitsauftrages und dem Aussprechen von Lob gibt es noch unzählige weitere dieser Inszenierungstechniken.

Aktuell besteht noch auf allen drei Ebenen ein Ungleichgewicht des methodischen Handelns im Unterricht. Selbst wenn es sich in den letzten Jahren schon merkbar gebessert hat, dominieren immer noch von der Lehrperson gelenkte Großformen, Sozialformen und Handlungsmuster (vgl. Meyer, 2014, S. 80). Demzufolge ist das vorrangige Ziel bis heute, bewährte Formen zu überdenken und kreative Unterrichtsmethoden schrittweise und inhaltsbezogen in den Schulalltag zu integrieren (vgl. Bell & Girwidz, 2010, S. 50; Janssen, 2008, S. 13).

#### 4 Spektroskopie-Projekttag als Praxisbeispiel für Methodenvielfalt im Physikunterricht

Der folgende Abschnitt widmet sich der Beschreibung eines Projekttages, mit dem Methodenvielfalt im Physikunterricht praktisch realisiert werden kann. Es wird dabei keineswegs eine strikte, theorieorientierte Ausführung aller Unterrichtsmethoden angestrebt, vielmehr sollen die Lernenden in die Methodenvielfalt „hineinschnuppern“ können und schrittweise ihre Methodenkompetenz aufbauen.

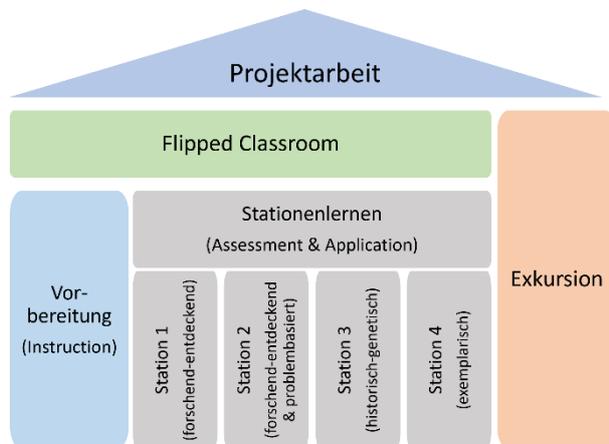
Der Projekttag kombiniert lernpsychologische Methoden mit Methoden der Wissenschaft. Ein astronomisches Thema wie die Spektroskopie eignet sich laut Müller (2020, S. 283) sehr gut dafür, den Lernenden die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung näher zu bringen.

##### 4.1 Rahmenbedingungen

- Schultyp: AHS, Oberstufe
- Schulstufe: 11. Schulstufe
- Klasse: 7. Klasse
- Fach: Physik
- Bereiche: Optik, Elektromagnetische Wellen, Atomphysik, Quantenphysik
- Thema: (astronomische) Spektroskopie
- Umfang:
  - ~1.5 h Vorbereitung zuhause
  - ~7 h Projekttag in Schule
  - ~2 h Exkursion (ohne Anfahrt)
  - ~1.5 h Nachbesprechung in Schule
- Räume: Klassenraum oder Physiksaal, VEGA Sternwarte Haus der Natur

## 4.2 Methodischer Aufbau

Der Spektroskopie-Projekttag „Den Fingerabdrücken fremder Welten auf der Spur“ lässt sich methodologisch wie folgt visualisieren:



**Abb. 2** – Methodischer Aufbau des Projekttages (eigene Darstellung)

Die übergeordnete Unterrichtsmethode ist, wie oberhalb ersichtlich, die Projektarbeit. Berücksichtigt man den zeitlichen Rahmen, kann man auch von einem Projekttag sprechen. Dieser unterteilt sich wiederum in einen Flipped Classroom-Abschnitt und einer anschließenden, freiwilligen Exkursion zur VEGA Sternwarte Haus der Natur. Gemäß der Methode Flipped Classroom findet zuerst eine selbstständige Vorbereitung der Lernenden zuhause und anschließend eine Vertiefung in der Schule statt. Letzteres ist in der Methode des Stationenlernens und den zugehörigen vier Stationen eingebettet. Jede dieser Stationen orientiert sich dabei an einem anderen Unterrichtskonzept. Meyer und Jank (2002, S. 305) definieren Unterrichtskonzepte als ganzheitliche Entwürfe zur Unterrichtsgestaltung, die auf lange theoretische Begründungen verzichten und stattdessen klare Anleitungen zu gutem Unterricht liefern.

Die Lernenden eignen sich demnach zu Beginn das Wissen unter Anleitung selbst an, vertiefen und vernetzen dieses infolge innerhalb von vier Stationen und können abschließend im Rahmen einer Exkursion wissenschaftliche Astronomie hautnah kennenlernen.

Genauere Beschreibungen der genannten Unterrichtsmethoden und Informationen zur Planung des Projekttages werden in den nachfolgenden Unterkapiteln erläutert.

## 4.3 Projektarbeit

Der Projektunterricht wurde ausgewählt, weil er ganz dem Leitspruch „learning by doing“ folgt. Den Lernenden wird die Möglichkeit geboten, sich planvoll, handlungsorientiert und

überwiegend selbstgesteuert einem Projekt zu widmen. Die Sozialformen können variieren, meist wird jedoch in Gruppen auf ein gemeinsames Endprodukt hingearbeitet. Auf dem Weg dorthin ist der Ausbau von methodischen Kompetenzen und die Aufspaltung von komplexeren Zielen in Teilzielen besonders wichtig. Die Lehrperson soll dabei eine unterstützende, beratende, aber nicht bevormundende Rolle einnehmen. Einerseits ist sie dafür zuständig, den Rahmen des Projekttages zu gestalten, andererseits soll sie die Lernenden während der Projektarbeit stets motivieren und sie durch Hilfestellungen von Irrwegen zurückholen. Diesbezüglich darf aber nicht zu viel in den Lernprozess eingegriffen werden, da sonst der Lerneffekt der eigenständigen Arbeit gefährdet wird (vgl. Zendler, 2018, S. 58f.).

Am klassischen Unterricht wird häufig kritisiert, dass die behandelten Themen nichts mit der realen Welt und den Interessen der Lernenden gemein haben. Dies gilt jedoch nicht für den Projektunterricht, denn dafür werden fast ausschließlich anwendungsbezogene, an den Interessen der Lernenden orientierte und aktuelle Themen ausgewählt. Kircher und Girwidz (2020, S. 214) sehen in eben dieser Themenvielfalt, in der Förderung von inter-disziplinärem Denken sowie der inhaltlichen Öffnung von Schule drei große Vorteile der Projektmethode.

Die konkreten Merkmale des Projektunterrichts lauten (vgl. Mie & Frey, 1994, zitiert nach Kircher & Girwidz, 2020, S. 214f.):

- **Bedürfnisbezogen:** Die Lernenden sind für das Thema intrinsisch motiviert.
- **Situationsbezogen:** Das Thema soll eine Brücke zwischen Theorie und Alltagswelt bilden.
- **Selbstorganisation des Lehr-Lern-Prozesses:** Das Verantwortungsbewusstsein und die Organisationsfähigkeit werden gestärkt.
- **Kollektive Realisierung:** Das Zusammenarbeiten in Gruppen fördert die Teamfähigkeit.
- **Produktorientiert:** Es wird auf ein greifbares Endergebnis des Projekts hingearbeitet.
- **Interdisziplinarität:** Interdisziplinäre Arbeitsweisen werden kennengelernt und ihr Nutzen verstanden.
- **Gesellschaftliche Relevanz:** Die Verbindung zwischen Schule und Gesellschaft wird durch gesellschaftlich relevante Probleme erzeugt.

Abgesehen vom ersten Punkt, der nur individuell beurteilt werden kann, wurde versucht, alle Merkmale in der Planung des Spektroskopie-Projekttages zu berücksichtigen.

Die Idealform eines Projektablaufes wird von Bönsch (2002, S. 95) in vier Bereiche eingeteilt:

1. Projektinitiative
2. Projektplan
3. Projektdurchführung
4. Projektprodukt

Die Projektinitiative, also die Entscheidung, ob das Projektthema alle Beteiligten interessiert und wie das Projekt konkret umgesetzt werden soll, kann nicht allgemein in einer Planung beschrieben werden. Aus diesem Grund wird auf diesen Verlaufsabschnitt auch nicht näher eingegangen. Der Projektplan wurde in tabellarischer Form ausgearbeitet und befindet sich im Anhang. Darin ist die Projektdurchführung so aufgeschlüsselt, dass Abänderungen noch möglich sind, aber auch unverändert eine Durchführung des Projektes sinnvoll ist. Das Projektprodukt stellt ein Portfolio dar, in dem die Notizen der Vorbereitung, alle Ausarbeitungen zu den Stationen und der Bericht zur Exkursion und der Nachbesprechung gesammelt werden.

Bevor die Lernenden in die Phase des Flipped Classroom starten, werden ihnen von der Lehrkraft das Informationsblatt zur Exkursion, das Vorbereitungsblatt für den Projekttag und die Materialien für das Handyspektrometers ausgeteilt (siehe Anhang).

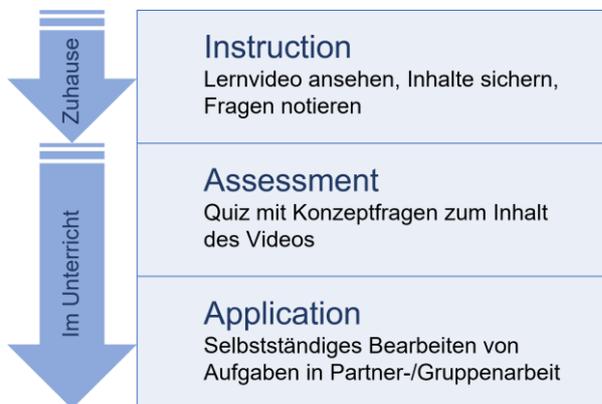
#### 4.4 Flipped Classroom

Flipped Classroom ist eine relative junge Unterrichtsmethode, „in der die Instruktionsphase aus dem Unterricht in die häusliche Vorbereitung ausgelagert wird, damit im Unterricht mehr Zeit für die selbstständige und vertiefte Auseinandersetzung mit den Lerninhalten zur Verfügung steht“ (Finkenberg, 2018, S. 15). Obwohl bei der Inhaltsvermittlung die Wahl des Mediums frei ist, wird Flipped Classroom gewöhnlich nur mit Online-Lernvideos in Verbindung gebracht. Den Kern dieser Methode bildet jedoch nicht die Vorbereitung, sondern die dadurch freigewordene Unterrichtszeit. Diese kann nämlich mit kooperativen und aktivierenden Lernformen gefüllt werden (vgl. Finkenberg, 2018, S. 15f.).

Im Drei-Ebenen-Modell von Meyer entspricht der Flipped Classroom einer methodischen Großform (vgl. Finkenberg, 2018, S. 1). Seine Struktur lässt sich dabei in drei Bereiche unterteilen:

1. **Instruction:** Die Lernenden sehen sich Instruktionsvideos zuhause an. Vorteilhaft sind dabei eher kürzere Videos mit einer Zusammenfassung am Ende.

2. **Assessment:** Zu Beginn der Unterrichtseinheit soll ein Quiz überprüfen, wie gut die Lernenden den Inhalt des Instruction-Teils verstanden haben.
3. **Application:** Die Lernenden lösen Probleme, indem sie ihr Basiswissen anwenden und dieses dabei weiter vertiefen. Sie sollen sich gegenseitig unterstützen und die Arbeitsschritte untereinander aufteilen.



**Abb. 3** – Grundstruktur des Flipped Classroom (In Anlehnung an Finkenberg, 2018, S. 18)

Die Methode Flipped Classroom ist in zweifacher Hinsicht gut geeignet für diesen Projekttag. Zum einen ist der klassische Physikunterricht der Oberstufe immer noch sehr lehrer\*innen- und fachwissenorientiert, was bekanntlich zu einer langfristigen Abnahme der Lernenden-Motivation führt. Eine Studie von Finkenberg und Trefzger (2019, S. 91) hat mithilfe von 151 Lernenden und fünf Lehrpersonen in zwei Gymnasien die Wirkung von Flipped Classroom im Vergleich zu einer Kontrollgruppe mit traditionellem Physikunterricht untersucht. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass die physikbezogene Motivation in der Gruppe mit Flipped Classroom relativ konstant blieb, während sie in der Kontrollgruppe abnahm. Anzumerken ist hierbei jedoch, dass die Motivation der Mädchen, sich mit Physik zu beschäftigen, im Flipped Classroom-Setting deutlich zunahm.

Zum anderen lässt sich von der 10. auf die 11. Schulstufe häufig ein Leistungsabfall in Physik beobachten (vgl. Finkenberg, 2018, S. 2). Die eben genannte Studie konnte ebenfalls zeigen, dass nicht nur das Selbstkonzept, sondern auch der Lernzuwachs im Physikunterricht mit Flipped Classroom signifikant höher waren.

Der Flipped Classroom wird im Spektroskopie-Projekttag nach jener Grundstruktur realisiert, die in Abbildung 3 dargestellt ist. Im häuslichen Instruction-Teil sollen die Lernenden insgesamt drei Aufgaben erledigen: mit dem Physikheft die

Themen der 7. Klasse wiederholen, die drei Lernvideos des Vorbereitungsblattes ansehen und ein Handyspektrometer mit einem Kartonbausatz und einem Beugungsgitter nach Anleitung zusammenbauen. Dieses Gerät ist unerlässlich für eine Station des Projekttages.



**Abb. 4** – Handyspektrometer (eigene Darstellung)

Die in der Schule stattfindenden Assessment- & Application-Teile werden in einem Stationenbetrieb mit vier unterschiedlichen Stationen umgesetzt.

#### Stationenlernen

Das Lernen an Stationen zählt inzwischen zu den beliebtesten Formen des offenen Unterrichts. Allen Varianten des Stationenlernens ist gemein, dass sich die Lernenden das in unterschiedliche Bereiche aufgespaltene Thema innerhalb von Lernstationen selbstständig erarbeiten. Im Gegensatz zum stufenartig aufgebauten, klassischen Unterricht wird beim Lernen an Stationen der gesamte Inhalt zeitgleich präsentiert. Vorausgesetzt, die Stationen bauen nicht aufeinander auf, können die Lernenden demnach frei über die benötigte Zeit und die Reihenfolge entscheiden. Zusätzlich zur Kontrolle durch die Lehrperson sollen sich die Lernenden auch selbst kontrollieren und ihren eignen Lernprozess regelmäßig reflektieren (vgl. Wiechmann & Wildhirt, 2016, S. 65f.).

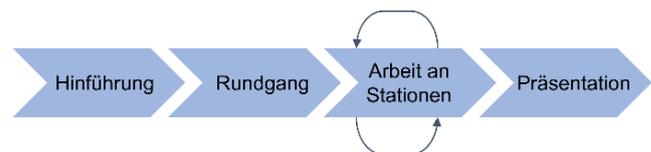
Wozu aber nun an Stationen lernen? Einer von vielen Gründen ist die damit erzeugte Öffnung des Unterrichts. Das Lernen an Stationen eignet sich nämlich hervorragend, um eine bislang frontal unterrichtete Klasse an offenere Unterrichtsformen heranzuführen. Die Materialien zur Aufgabenstellung und zur Kontrolle können zunehmend offener gestaltet werden, wodurch den Lernenden mehr Selbstständigkeit zuge-  
traut werden kann. Aus diesem Grund stellt das Stationenlernen auch eine der flexibelsten methodischen Werkzeuge einer Lehrperson dar (vgl. Wiechmann & Wildhirt, 2016, S. 67ff.).

Ein weiteres wichtiges Argument für das Lernen an Stationen ist die Methodenvielfalt, die mit den Stationen möglich ist. Kombiniert mit der Vielseitigkeit von Materialien und Hilfestellungen können alle Lernenden, von leistungsstark bis leistungsschwach, angesprochen werden. Dadurch können Fähigkeiten und Neigungen viel besser gefördert werden als im traditionellen Lernsetting (vgl. Janssen, 2008, S. 22).

Wichtig ist weiters die Aufstellung von Regeln und deren transparente Kommunikation. Dies betrifft zum Beispiel den Lärmpegel, die Vermeidung von Stau bei den Stationen und Zwischenbesprechungen zu Ergebnissen und Problemen (vgl. Bönsch, 2002, S. 121).

Laut Zendler (2018, S. 65f.) zeichnen genau vier Tätigkeiten das Stationenlernen aus:

1. Hinführung (Vorstellung des Themas)
2. Rundgang (Besprechung der Stationen)
3. Arbeit an Stationen (Selbstständiges Durchlaufen der Stationen)
4. Präsentation (Präsentation des Ergebnisses)



**Abb. 5** – Prozessmodell des Stationenlernens  
(In Anlehnung an Zendler, 2018, S. 66)

Aufgrund des Flipped Classroom-Rahmens fällt die klassische Hinführung zum Thema weg und wird durch einen selbstständigen Wissenserwerb zuhause ersetzt. Den eigentlichen Einstieg des Projekttages in der Schule bildet der Assessment-Teil. In diesem wird mit einem kurzen Quiz überprüft, wie gut die Lernenden den Inhalt des Instruction-Teils verstanden haben. Bevor mit der Arbeit an den Stationen begonnen wird, findet der Rundgang statt und die Lehrkraft erklärt die einzelnen Stationen, schildert die Regeln und beschreibt das Endergebnis. Dabei handelt es sich um ein Portfolio, das alle Unterlagen des Projekttages sammelt.

Im Folgenden werden die Stationen und die zugrundeliegenden Unterrichtskonzepte erläutert. Die Stationen wurden zwar von eins bis vier durchnummeriert, müssen aber keinesfalls in dieser Reihenfolge absolviert werden.

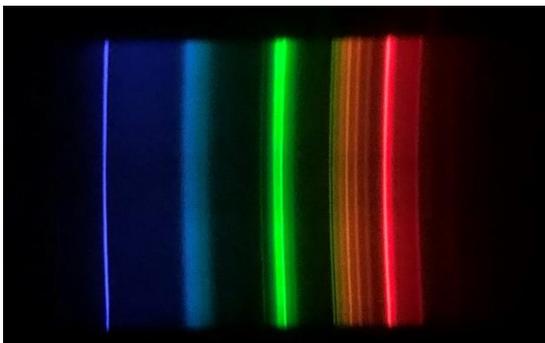
#### Forschend-entdeckender Unterricht

Die erste Station trägt den Namen „Handyspektrometer im Einsatz!“ und orientiert sich am forschend-entdeckenden Unterricht. Die Lernenden entdecken dabei keine neuen physikalischen Phänomene, sondern Zusammenhänge, die ihnen selbst neu sind.

Da diese Station auch Hilfestellungen beinhaltet, müsste man strenggenommen von einem „gelenkten forschend-entdeckenden Unterricht“ sprechen. Ein geringes Maß an Lehrer\*innenlenkung ist nach aktuellen Forschungsergebnissen sogar essentiell für den Erfolg dieser Unterrichtsform (vgl. Kircher & Girwidz, 2020, S. 225f.).

Der naturwissenschaftliche Unterricht bedient sich dem forschend-entdeckenden Lernen schon recht lange. Den großen Vorteil sieht Nerdel (2017, S. 151) darin, dass die Lernenden Einblicke in die Entwicklung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse erhalten, indem sie naturwissenschaftliche Arbeitsweisen anwenden, um Probleme zu lösen. Kircher et al. (2020, S. 227) gehen sogar so weit und behaupten, dass „*entdeckendes Lernen [...] unverzichtbar [ist] für den Physikunterricht*“. Dies begründen sie damit, dass durch diese Lernform das physikalische Wissen, die Fähigkeit zur Zusammenarbeit, die Flexibilität und die Kreativität besonders gut gefördert werden. Weiters befeuern Erfolgserlebnisse in hohem Maße die intrinsische Motivation und das physikbezogene Interesse der Lernenden.

Jede Station beginnt mit Wiederholungsfragen, die eine gedankliche Brücke zum Instruction-Teil schlagen sollen. Die Fragen der ersten Station betreffen Lichtquellen und -empfänger, Spektren und optische Phänomene. Die zentrale Aufgabe dieser Station ist es, Spektren unterschiedlicher Lichtquellen (Tageslicht, Glühlampe, Leuchtstoffröhre, LEDs, Halogenlampe, etc.) mit dem Handyspektrometer aufzunehmen und diese anschließend miteinander zu vergleichen. Die Lernenden sollen sich dabei selbstständig durch das Schulgebäude bewegen und die Charakteristika diverser Lichtquellen erforschen. Bietet das Kustodiat weitere Leuchtmittel, können diese ebenfalls zur Spektrenaufnahme genutzt werden.



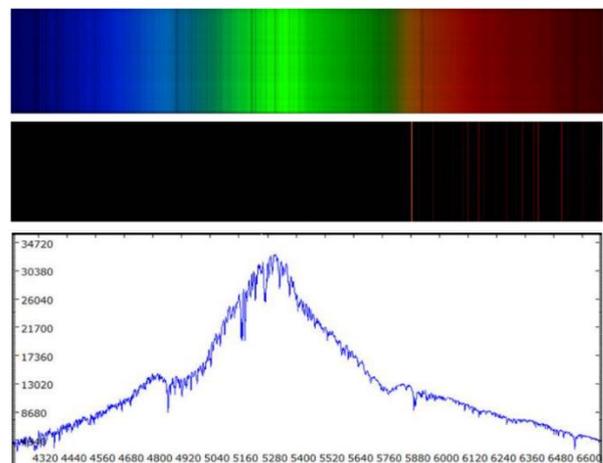
**Abb. 6** – Spektrum einer Leuchtstofflampe, aufgenommen mit dem Handyspektrometer aus Abbildung 4 (eigene Darstellung)

### Problemorientierter Unterricht

Wie die Bezeichnung erahnen lässt, ist der zentrale Bestandteil des problemorientierten Unterrichts ein Problem. Dieses wird erzeugt, indem die Lernenden mit einer Aufgabe konfrontiert werden, die sie nicht mit einem ihrer bekannten Schema lösen können (vgl. Bönsch, 2002, S. 92). Die Lösung des Problems verlangt also den Lernenden wesentlich mehr ab als der klassische Unterricht. Damit sie aber dennoch selbstständig eine Lösung finden, sollte ein problemorientierter Unterricht diese fünf Schritte beinhalten (vgl. Oser & Baeriswyl, 2001, zitiert nach Kircher & Girwidz, 2020, S. 230f.):

1. Problemgenerierung
2. Problemformulierung
3. Lösungsvorschläge sammeln
4. Test und Selektion der Lösungswege
5. Anwendung, Vernetzung und Transfer

Die zweite Station trägt den Namen „Der Fingerabdruck unserer Sonne“ und beginnt mit zwei Wiederholungsfragen zu Emissions- und Absorptionsspektren. In der Aufgabenstellung bittet die VEGA Sternwarte Haus der Natur die Lernenden (fiktiv) um Hilfe. Für die Forschung wird eine Grafik benötigt, die den Intensitätsverlauf des Sonnenspektrums darstellt. Ein auf der Sternwarte aufgenommenes Spektrum der Sonne und das einer Ne/Ar-Kalibrierlampe sollen dafür verwendet werden. Als Hinweis werden drei Software-Programme genannt, die bei der Bearbeitung nützlich sein können. Da die Lernenden diese Programme vermutlich noch nicht kennen, stehen sie vor einem Problem: Wie kann der Ist-Zustand (Spektrum von Sonne und Kalibrierlampe) in den Soll-Zustand (Intensitätsgrafik des Sonnenspektrums) überführt werden?



**Abb. 7** – Oben: Sonnenspektrum der VEGA Sternwarte Haus der Natur; Mitte: Spektrum der Ne/Ar-Kalibrierlampe; Unten: Intensitätsverlauf des Sonnenspektrums (Pühringer, 2014/15)

Da unbekannte Programme benutzt werden sollen, ist die Herangehensweise von Oser und Baeriswyl nicht unbedingt für die Lernenden geeignet. Statt zuerst Lösungsvorschläge zu sammeln und diese dann zu testen, werden die Lernenden wahrscheinlich die Lösung durch Ausprobieren der Programmfunktionen suchen (Stichwort „Trail and Error“). Aus diesem Grund handelt es sich bei der zweiten Station auch um eine Mischform des problemorientierten und forschend-entdeckenden Unterrichts. Weil das Anforderungsniveau dieser Station im Vergleich zu den anderen Stationen weitaus höher ist, sollte sich die Lehrperson vorab ausgiebig mit den Programmen, möglichen Lösungswegen und Hilfestellungen befassen und während des Projektes beratend und motivierend agieren.

Obwohl die Konzipierung eines problembasierenden Unterrichts relativ aufwendig ist, bietet dessen Realisierung ein großes didaktisches Potential für die Lernenden. Bönsch (2000, S. 33) beschreibt diesbezüglich, dass Lernende durch das Problemlösen aktiver lernen, der Lernprozess abwechslungsreicher wird und die Problemlösefähigkeiten geschult werden.

#### Genetischer Unterricht

Der genetische Unterricht lässt sich grob in drei Richtungen einteilen (vgl. Köhnlein 1982, zitiert nach Kircher & Girwidz, 2020, S. 224):

- **Individual-genetisch:** berücksichtigt individuelles Vorwissen und Perspektive
- **Logisch-genetisch:** betont Nachdenken über naturwissenschaftliche Sachverhalte
- **Historisch-genetisch:** folgt dem historischen Prozess der Erkenntnisgewinnung

Die dritte Station trägt den Namen „Unser expandierendes Universum“ und lässt die Lernenden mit einfachen Mitteln das Hubble-Gesetz nachentdecken. Dabei wird der Weg von Edwin Hubble zur Entdeckung seines Gesetzes schrittweise verfolgt. Nach den Kriterien von Köhnlein ist das zugrundeliegende Unterrichtskonzept dieser Station also der historisch-genetische Unterricht. Nach der Beantwortung der beiden Wiederholungsfragen (Längenmaße und Doppler-Formel) sollen sich die Lernenden mit einem Online-Katalog der University of Washington vertraut machen, der reale Daten von 27 näheren Galaxien aufführt.

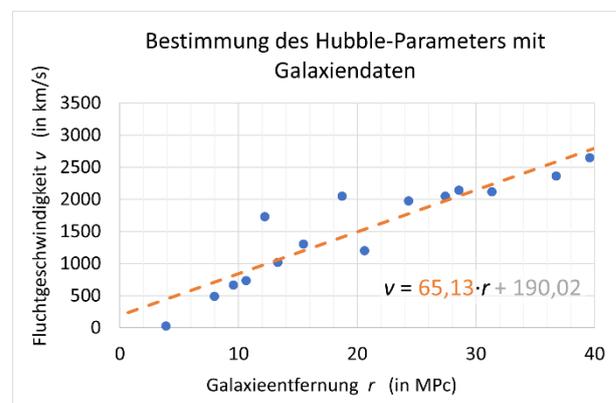
*„Die dort zur Verfügung gestellten Spektren eignen sich in besonderem Maße für die Auswertung in der Schule, da sie übersichtlich dargestellt und von nicht relevanten Details befreit wurden.“*

(Borchardt, 2019)

Die Lernenden notieren sich in der Tabelle auf der zweiten Seite des Angabeblattes die Wellenlängen der rotverschobenen H- $\alpha$ -Linien für 14 unserer Nachbargalaxien. Mit diesen Werten sollen dann unter Einbezug der Doppler-Formel die Fluchtgeschwindigkeiten der Galaxien berechnet werden. Dies entspricht dem Vorgehen von Edwin Hubble bei seinen Auswertungen 1929, da er die Verschiebung von Spektrallinien in den Galaxiespektren als Folge des Dopplereffekts deutete (vgl. Borchardt, 2019).

Eine genaue Beschreibung dieses Vorgehens befindet sich am Angabeblatt der Station, welches dem Anhang zu entnehmen ist.

Bildet man anschließend ein Streudiagramm mit der Galaxieentfernung  $r$  auf der x-Achse und der Fluchtgeschwindigkeit  $v$  auf der y-Achse, kann man sehr gut den linearen Zusammenhang zwischen diesen beiden Größen erkennen.



**Abb. 8** – Bestimmung des Hubble-Parameters mit Galaxiedaten (eigene Darstellung)

Die Lernenden sollen dadurch erkennen, dass sich Galaxien umso schneller von uns weg bewegen, je weiter sie von uns entfernt sind. Unser Universum dehnt sich also aus!

Die letzte Aufgabe dieser Station besteht darin, eine Regressionsgerade in das Streudiagramm einzuzeichnen, die Funktionsgleichung abzulesen und daraus den Hubble-Parameter zu bestimmen. Diese Station kann auch noch vereinfacht werden, indem der lineare Zusammenhang bereits vorgegeben wird und nurmehr der Parameterwert bestimmt und abgelesen werden muss. Alternativ könnten auch unterschiedliche Schwierigkeitsgrade ausgearbeitet werden.

Mit einem Hubble-Parameter von rund  $H_0 \approx 65,13 \frac{\text{km}}{\text{s} \cdot \text{Mpc}}$  liegen wir in der Nähe der Bereiche, die Weltraumteleskope zu Beginn des 21. Jahrhunderts für  $H_0$  bestimmt haben.

### Exemplarischer Unterricht

Die vierte Station namens „Spektroskopie in all ihren Facetten“ orientiert sich am Unterrichtskonzept des exemplarischen Unterrichts. Bei diesem Teil des Projekttagess können die Lernenden ihren Interessen und ihrer Kreativität nachgehen. Jede Gruppe darf sich ein Thema aussuchen, das mit Spektroskopie in Verbindung steht, und dieses in Form eines Plakats und eines kurzen Handouts ausarbeiten. Als Beispiele werden die Geschichte der Spektroskopie, Spektroskopie in der Technik, die spektroskopische Suche nach Exoplaneten und Leben auf diesen sowie einige weitere vorgeschlagen. Die Eigenschaften des exemplarischen Unterrichts lauten:

- *konstruktives Auswählen von Themen, aus denen sich typische physikalische Strukturen, Arbeits- und Verfahrensweisen, repräsentative Erkenntnismethoden exemplarisch gewinnen lassen*
- *intensive Auseinandersetzung mit relevanten, motivierenden „physikhaltigen“ Beispielen aus der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler*
- *die Notwendigkeit, Zusammenhänge herzustellen zwischen den Beispielen* (Kircher & Girwidz, 2020, S. 223f.)

Der letzte Punkt macht klar, warum die Abschlussbesprechung am Ende des Projekttagess enorm wichtig ist. Sie muss dafür genutzt werden, die Plakate vorzustellen und sich über die Themen auszutauschen. Erst das stellt die geforderten Querverbindungen her.

### 4.5 Exkursion

Die Planung des Projekttagess sieht am Abend eine freiwillige Exkursion zur VEGA Sternwarte Haus der Natur vor. Sie soll Einblicke in die Welt der Wissenschaft geben und eine Möglichkeit bieten, astronomische Arbeitsweisen kennenzulernen. Mit durchdachter Vor- und Nachbereitung der Exkursion soll sichergestellt werden, dass die Lernenden die Exkursion mit den Projekthalten vernetzen und sie nicht getrennt voneinander sehen. Trotzdem spielen Spaß und Erfahrung dabei eine ebenso bedeutende Rolle (vgl. Bell & Girwidz, 2010, S. 49).

Die Abfahrtszeit von der Schule wurde mit 21:30 Uhr angesetzt, wobei diese je nach Schulstandort variieren kann. Nach der Ankunft dürfen die Lernenden einen astronomischen Vortrag über die Spektroskopie und eine Führung durch die Sternwarte genießen. Falls es das Wetter zulässt, werden mit einem Ritchey-Chrétien-Cassegrain-Teleskop, welches einen Spiegeldurchmesser von 60 Zentimetern

besitzt, die Spektren verschiedener Sterne aufgenommen und diese anschließend analysiert. Begleitet wird dieser Prozess von Astronomie-Expertinnen und Experten der Sternwarte. Damit entstehen authentische Bezüge zur Praxis, weil die Lernenden aktuelle Berichte aus diversen Anwendungsfeldern der Physik erhalten (vgl. Bell & Girwidz, 2010, S. 49).

Die Kosten dieser Exkursion liegen grundlegend bei vier Euro pro Lernenden (Stand Februar 2022). Werden aufgrund von guter Wetterlage Spektren mit dem RC-Teleskop der Sternwarte aufgenommen, können Preis und Dauer jedoch variieren.

### 4.6 Nachbereitung

Die Nachbereitung des Projekttagess findet in den beiden Physikstunden statt, die auf die Exkursion folgen. Sie rundet den Projekttag ab und bildet einen bewussten Abschluss. Die Projektarbeit soll rekapituliert werden, indem zu jeder Station eine Gruppe ihre Ergebnisse präsentiert und diese im Anschluss von allen diskutiert werden. Weiters sollen die Plakate im Schulgebäude aufgehängt werden. Lernende, die an der Exkursion teilgenommen haben, berichten den anderen Lernenden über ihre Erfahrungen.

*„Durch die Präsentation der Produkte und der anschließenden Reflexion des Projektes erfahren die Schülerinnen und Schüler die Sinnhaftigkeit ihres Projektes und werden möglicherweise zu weiteren ähnlichen Aktivitäten im außerschulischen Raum angeregt.“*

(Kircher & Girwidz, 2020, S. 219f.)

Daher ist das übergeordnete Ziel der Nachbereitung das Herstellen physikalischer Zusammenhänge, um das Ergebnis nachhaltig zu sichern.

## 5 Zusammenfassung

Obwohl Methodenvielfalt häufig gefordert wird, scheuen sich noch viele Lehrkräfte davor, sie im Unterricht umzusetzen. Die Annahme, es geht mit großem Aufwand und vielen Unsicherheiten einher, hält viele Lehrkräfte davon ab ihr Methodenrepertoire zu erweitern. Der Projekttag „Den Fingerabdrücken fremder Welten auf der Spur“ soll ein praktisches Beispiel von Methodenvielfalt im Physikunterricht darstellen. Methodisch bedient er sich des Flipped Classrooms, des Stationenlernens, der Exkursion und einigen Unterrichtskonzepten. Da die Elemente des Projekttagess größtenteils voneinander unabhängig sind, können sie auch einzeln in den Unterricht integriert werden und so den Weg zu einem offeneren Unterricht ebnen.

Beispielsweise können nur bestimmte Stationen verwendet oder die Lernvideos in einem anderen Kontext eingebettet werden.

Bei Methodenvielfalt im Unterricht geht es also keineswegs um ein „entweder alles oder nichts“, sondern vielmehr um die schrittweise, inhalts- und zielbezogene Integration kreativer Unterrichtsmethoden. Wie bei vielen anderen Dingen auch, gilt die Devise Qualität über Quantität!

## 6 Literatur

- Becker, M. (o. J.). Abgerufen am 02. Oktober 2020 von Sonnensystem: <https://userpage.fu-berlin.de/~matteusbckr/sonnensystem/>
- Bell, T., & Girwidz, R. (Februar 2010). *Piko-Briefe. Der fachdidaktische Forschungsstand kurzgefasst. Piko-Brief Nr. 9*. Abgerufen am 09. Februar 2022 von IPN: <https://www.ipn.uni-kiel.de/de/das-ipn/abteilungen/didaktik-der-physik/piko>
- Bernert, W. (2000). Unterrichtsmethoden aus fachdidaktischer Perspektive. In N. Seibert (Hrsg.), *Perspektive Schulpädagogik. Unterrichtsmethoden kontrovers* (S. 71-87). Julius Klinkhardt.
- Bönsch, M. (2000). Unterrichtsmethoden konstruieren Lernwege. In N. Seibert (Hrsg.), *Unterrichtsmethoden kontrovers* (S. 23-69). Julius Klinkhardt.
- Bönsch, M. (2002). *Unterrichtsmethoden - kreativ und vielfältig* (Bd. 1). Schneider Hohengehren.
- Borchardt, M. (2019). *Die Expansion des Weltalls*. Abgerufen im Oktober 2020 von lehrer-online: <https://www.lehrer-online.de/unterricht/sekundarstufen/naturwissenschaften/astrophysik/unterrichtseinheit/ue/die-expansion-des-weltalls/>
- designua. (o. J.). *Expanding universe vector image*. Abgerufen im Oktober 2020 von VectorStock: <https://www.vectorstock.com/royalty-free-vector/expanding-universe-vector-10501418>
- Finkenberg, F. (2018). *Flipped Classroom im Physikunterricht. Studien zum Physik- und Chemielernen*. (H. Niedderer, H. Fischler, & E. Sumfleth, Hrsg.) Logos.
- Finkenberg, F., & Trefzger, T. (2019). Umgedrehter Unterricht - Flipped Classroom als Methode im Physikunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*(25), 77-95. <https://doi.org/10.1007/s40573-019-00093-8>
- Götz, T., Katrin, L., Ganser, B., & Haag, L. (2005). Einsatz von Unterrichtsmethoden - Konstanz oder Wandel? *Empirische Pädagogik*, 19(4), S. 342-360. Abgerufen am 07. Jänner 2022 von <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:352-137859>
- Janssen, B. (2008). *Kreative Unterrichtsmethoden. Bausteine zur Methodenvielfalt - Wege zum guten Unterricht* (3. Aufl.). Westermann.
- Kircher, E., & Girwidz, R. (2020). Methoden im Physikunterricht. In E. Kircher, R. Girwidz, & H. E. Fischer (Hrsg.), *Physikdidaktik. Grundlagen* (4. Aufl., S. 199-261). Springer.
- Meyer, H. (2011). *Unterrichtsmethoden. I: Theorieband* (14. Aufl.). Cornelsen.
- Meyer, H. (2014). *Was ist guter Unterricht?* (10. Aufl.). Cornelsen Scriptor. <https://doi.org/10.1024/1861-6186/a000170>
- Meyer, H., & Jank, W. (2002). *Didaktische Modelle* (5. Aufl.). Cornelsen Scriptor.

- Mühlhausen, U. (2017). *Unterrichtsmethoden im Widerstreit. Das Verhältnis zwischen aktiv-konstruktivem und rezipierendem Lernen in Didaktik und Unterricht*. Schneider Hohengehren.
- Müller, A. (2020). Astronomie im Unterricht. In E. Kircher, R. Girwidz, & H. E. Fischer (Hrsg.), *Physikdidaktik. Methoden und Inhalte* (4. Aufl., S. 267-292). Springer.
- Müller, M., Friedl, R., & Fantz, U. (2015). *Handyspektrometer zum Selberbauen*. Abgerufen am 11. November 2020 von Max-Planck-Institut für Plasmaphysik: <https://www.ipp.mpg.de/handyspektrometer>
- N.A.Sharp. (13. November 2017). *The Solar Spectrum*. Abgerufen im Oktober 2020 von NASA Science. Solar system exploration: <https://solarsystem.nasa.gov/resources/390/the-solar-spectrum/>
- Nerdel, C. (2017). *Grundlagen der Naturwissenschaftsdidaktik. Kompetenzorientiert und aufgabenbasiert für Schule und Hochschule*. Springer Spektrum.
- OstapenkoOlena. (16. September 2019). *Vektor Illustration*. Abgerufen am 30. November 2020 von iStock by Getty Images: <https://www.istockphoto.com/de/vektor/ogm1174984515-326995730>
- Pühringer, H. (2014/15). *The spectrum of the sun*. Abgerufen am 17. Februar 2022 von Projekte Im Pluskurs Astronomie: <https://stargate.cosy.sbg.ac.at/pherbert/Sonnenspektrum.htm>
- Wiechmann, J., & Wildhirt, S. (2016). Unterrichtsmethoden - vom Nutzen der Vielfalt. In *Zwölf Unterrichtsmethoden. Vielfalt für die Praxis* (6. Aufl., S. 11-23). Beltz.
- Zendler, A. (2018). Unterrichtsmethoden: Steckbriefe, Prozessmodelle und Beispiele. In *Unterrichtsmethoden für MINT-Fächer* (S. 21-78). Springer Vieweg.

## 7 Anhang

Die Verlaufsplanung des Projekttages, das Informationsblatt, das Vorbereitungsblatt, die Bauanleitung des Handyspektrometers, die Vorlage für den Kartonbausatz und die Angabeblätter der einzelnen Stationen finden sich in dieser Reihenfolge auf den folgenden Seiten.

# Projektplanung

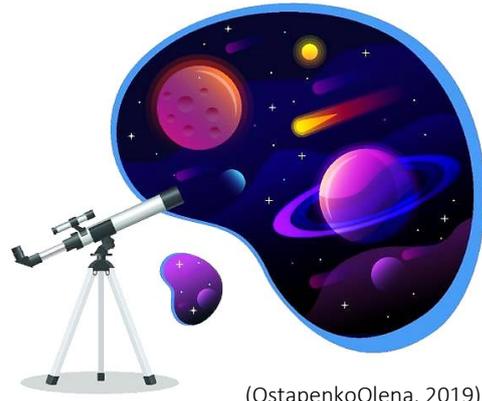
Als Abkürzungen wurden in der Tabelle „S/S“ für Schülerin(nen) und Schüler sowie „PT“ für Projekttag verwendet.

Phase	Zeit	Unterrichtsgeschehen	Sozialform	Methode	Anmerkungen
Projekt-initiative	60 min	Die Projektidee wird mit allen Beteiligten (S/S, Lehrpersonen, Eltern) diskutiert.	Kreis-gespräch	Diskussion	Es soll entschieden werden, ob und in welcher Form die Projektidee aufgegriffen wird.
Vor-bereitung	15 min	Spannende Ankündigung des PT am Ende der vorherigen Physikstunde. Den S/S das Infoblatt, das Vorbereitungsblatt, die Bauanleitung, den Kartonbausatz und ein Beugungsgitter aus-teilen (Alternativ: Blätter über Online-Plattform den S/S zur Verfügung stellen). S/S daran erinnern, dass sie (wenn mögl.) einen Laptop mitbringen sollen.	Plenums-unterricht	Projektarbeit	Die Materialien sollen mit den S/S durchbe-sprochen werden. Falls S/S schon wissen, dass sie an der Exkursion teilnehmen, sollte dies notiert werden. Kosten für Beugungsgitter, Druckkosten, Fahrkosten und Exkursion ansprechen. Den S/S mitteilen, dass beim Instruction-Teil nicht das Auswendiglernen von Formeln, son-derm das qualitative Verständnis der Phäno-mene im Vordergrund steht.
Instruction	90 min (sehr S/S-abhängig)	Jede Schülerin und jeder Schüler... ...wiederholt mit Physikheft die Themen aus der 7.Klasse. ... sieht sich die drei Lernvideos des Vor-bereitungsblattes an und macht sich No-tizen dazu. ... baut mit der Anleitung und dem Bau-satz ein eigenes Handyspektrometer	Einzelarbeit	Projektarbeit, Flipped Class-room	Lehrperson sollte für S/S (per Mail) erreichbar sein, falls Fragen zu den Videos oder dem Bausatz auftauchen. Für den PT könnte es vorteilhaft sein, dass die Lehrperson einige Handyspektrometer baut und zum PT mitnimmt (falls S/S ihre verges-sen, oder ihr Gitter beim Bau kaputt gegangen ist).

Assessment (PT- Einstieg)	15 min	S/S begrüßen und nachfragen, wie es ihnen beim Instruction-Teil ergangen ist. Kurzes Quiz über Inhalt der Lernvideos. Einteilung der S/S in 3er-Gruppen.	Plenums- unterricht	Projektarbeit, Flipped Class- room	Kontrollieren, ob alle ihr Handyspektrometer dabei haben. Die Stationen können im eigenen Tempo nach gewünschter Reihenfolge durchlaufen werden
Application (Stationen- betrieb)	10 min	Den S/S die Angabeblätter der einzelnen Stationen austeilen und diese erklären.  Jede Gruppe soll die Angabeblätter und ihre Ausarbeitungen zusammenfügen und als Portfolio abgeben. Die grau hinterlegten Bereiche sind die Aufgaben, die ausgearbeitet ins Portfolio gehören.	Plenums- unterricht	Projektarbeit, Stationenlernen	Bis wann das Portfolio abzugeben ist und ob es zur Note beiträgt, muss die Lehrperson entscheiden. Den S/S muss dies in jedem Fall mitgeteilt werden (Stichwort Transparenz). Gleiches gilt für Regeln bzgl. des Ablaufes. Im Klassenzimmer sollten genug Reserve-Angabezettel und Material für die Stationen bereitliegen.
	45 min	Station 1 – Handyspektrometer im Einsatz!	Gruppen- unterricht	Projektarbeit, Stationenlernen, forschend- entdeckender Unterricht	Es soll darauf geachtet werden, dass die S/S „versch. Lichtquellen“ nicht falsch verstehen (nicht versch. Glühbirnen, sondern Leuchtstoffröhre, LED, etc.)
	75 min	Station 2 – Der Fingerabdruck unserer Sonne		Projektarbeit, Stationenlernen, problembasierter & forschend- entdeckender U.	Das Arbeiten mit GIMP, IRIS und Vspec sollte von der Lehrperson unbedingt vor dem PT geübt werden, da es von S/S-Seite sicher zu Fragen kommen wird.
	60 min	Station 3 – Unser expandierendes Universum		Projektarbeit, Stationenlernen, genetischer Un- terricht	Lineare Regression und Umgang mit Excel eventuell machen S/S noch zusätzlich erklären

	45 min	Station 4 – Spektroskopie in all ihren Facetten		Projektarbeit, Stationenlernen, exemplarischer Unterricht	Absprechen bezüglich den gewählten Themen auch mit z.B. QR-Code und Doodle-Umfrage möglich (Nachteil: Kommunikationskompetenzen der S/S werden nicht gefördert)
Exkursion	120 min (Wetterabhängig)	<p>Abfahrt 21:30 Uhr vor der Schule.</p> <p>Nach Ankunft astronomischer/ spektroskopischer Vortrag.</p> <p>Danach Führung durch die VEGA Sternwarte Haus der Natur.</p> <p>Falls es das Wetter zulässt, Aufnahme von Spektren verschiedener Sterne und Analyse derer.</p>	Plenumsunterricht/ Gruppenunterricht	Projektarbeit, Exkursion	<p>Die Lehrperson muss sich vorab unbedingt mit der VEGA Sternwarte in Verbindung setzen und die Exkursion sinnvoll für die jeweilige Klasse (didaktisch) vorbereiten.</p> <p>Bezüglich der Analyse der Spektren gäbe es folgende Möglichkeiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vergleich verschiedener Spektralklasse (→ jeder Stern hat speziellen Fingerabdruck)</li> <li>- Elemente aus Spektrallinien herauslesen und Alter grob abschätzen (jung/alt)</li> </ul>
Diskussion und Reflexion	90 min	<p>In den beiden Physikstunden nach dem PT soll zu jeder Station eine Gruppe ihre Ergebnisse präsentieren, die im Plenum diskutiert werden.</p> <p>Diejenigen, die bei der Exkursion zur Sternwarte dabei waren sollen die anderen S/S darüber informieren.</p> <p>Die Poster der Station 4 sollen, wenn möglich, im Schulgebäude aufgehängt werden.</p>	Plenumsunterricht	Projektarbeit	<p>Die Lehrkraft soll die anderen Gruppen dazu animieren sich bei der Diskussion zu beteiligen und ihre Ergebnisse einzubringen.</p> <p>Zur Exkursion und zur Nachbesprechung soll ein Bericht verfasst werden, der in allen Portfolios am Ende eingeklebt wird.</p> <p>Die Sinnhaftigkeit des Projektes und die physikalischen Zusammenhänge sollen unbedingt für alle S/S klar werden!</p>

# *Den Fingerab- rücken fremder Welten auf der Spur*



(OstapenkoOlana, 2019)

*Physik-Projekttag zum Thema Spektroskopie*

Datum: \_\_\_\_\_

Zeitraum: \_\_\_\_\_

Am Abend starten wir um 21:30 Uhr vor der Schule zu einer freiwilligen Exkursion zur VEGA Sternwarte Haus der Natur am Haunsberg. Dort erhalten wir zuerst einen astronomischen Vortrag und versuchen anschließend, wenn es das Wetter zulässt, gemeinsam spektroskopische Messungen durchzuführen. Falls du an der Exkursion teilnehmen möchtest, melde dich bitte per E-Mail an deine Physik-Lehrperson.

E-Mail der Lehrperson: \_\_\_\_\_

# Vorbereitung

Die Idee dieses Projekttages ist es, dass wir den klassischen Unterricht einmal komplett auf den Kopf stellen! Das bedeutet: Ihr bringt euch die Theorie vorab zuhause selbst bei (oder wiederholt sie, da einige Themen aus der 7. Klasse bekannt sein sollten). Damit kann dann die Zeit während dem Projekttag für die Vertiefung, Übung und viele Experimente genutzt werden.

## Was ist also vor dem Projekttag zu tun?

1. Schau dir dein Physikheft der 7. Klasse durch.
2. Schau dir diese drei Videos an und notiere dir die wichtigsten Informationen.
  - Schwarze Linien im Licht? Was sie verraten! | Harald Lesch. (7:49 Minuten)  
Online auf YouTube unter <https://www.youtube.com/watch?v=imTFizzJ3P8>
  - Gitterspektren – Spektrale Überlappung – Abitur (bis 2:52 Minuten reicht)  
Online auf YouTube unter <https://www.youtube.com/watch?v=ofmXJtkHANe>
  - Die Hubble-Konstante / Hubble-Gesetz – Astronomie Abitur (5:16 Minuten)  
Online auf YouTube unter <https://www.youtube.com/watch?v=YoXWIKD1FjU>
3. Baue dir mit dem Kartonbausatz und der Bauanleitung dein eigenes Handyspektrometer.

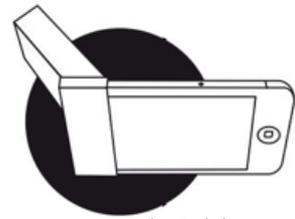
## Überprüfe dein Wissen mit dieser Checkliste:

	✓	✗
Ich verstehe Licht als elektromagnetische Welle und kann die damit verbundenen physikalischen Phänomene (geradlinige Ausbreitung, Reflexion, Brechung, Interferenz und Beugung) grob erklären.		
Ich kann den (optischen) Dopplereffekt erklären und weiß was man unter Rot- und Blauverschiebung versteht.		
Ich weiß was ein Spektrum ist und kann die Entstehung durch ein Prisma und durch ein Gitter erklären.		
Ich weiß was Emissions- und Absorptionslinien sind und wie sie entstehen.		
Ich kann das Hubble-Gesetz in Worten und in einer Formel wiedergeben.		

Wenn zu allen Punkten etwas sagen kannst, bist du *TOP* vorbereitet für den Projekttag!

➔ Wenn möglich, nimm bitte zum Projekttag einen Laptop in die Schule mit.

# Bauanleitung Handyspektrometer



(In Anlehnung an  
Müller, Friedl & Fantz, 2015)

## Funktion

Das Handyspektrometer kann Licht – in einem Wellenlängenbereich von etwa 400 bis 750 Nanometer – in seine Farbanteile zerlegen. Als Detektor fungiert dabei die Handykamera. Das Auflösungsvermögen liegt bei etwa zwei Nanometer, wenn der Eintrittsspalt schmal genug ist.

Zum Aufnehmen eines Spektrums den Eintrittsspalt zur Lichtquelle hin ausrichten. Auf dem Display des Handys erscheinen dann das Beugungsbild des Eintrittsspalts – ein gleichmäßiger Farbverlauf oder verschiedenfarbige parallele Linien. Dabei entsprechen die verschiedenen Farben den spektralen Anteilen und damit den unterschiedlichen Wellenlängen.

Je nach Intensität der untersuchten Lichtquelle muss der Abstand zum Eintrittsspalt eventuell vergrößert oder verringert werden, damit das Spektrum nicht über- oder unterbelichtet wird!

## Materialien

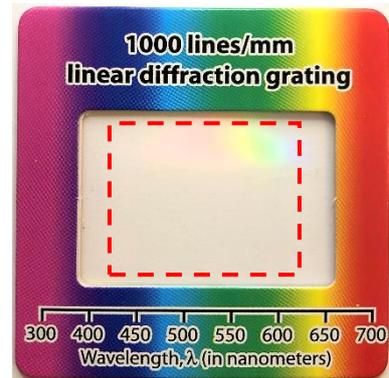
- DIN A4-Bogen aus dunklem Tonpapier (140 - 160 g/m<sup>2</sup>) zum Aufkopieren der Vorlage
- Beugungsgitter-Dia mit 1000 Linien/mm (von der Lehrperson erhalten)
- Schere, Cutter-Messer, Stahllineal
- stumpfes Messer oder Falzbein zum Rillen
- Holzbrett als Unterlage
- Durchsichtiges Klebeband (oder Alleskleber) und evtl. schwarzes Isolierband

## Bau des Handyspektrometers

1. Die Kopiervorlage ohne Größenanpassung auf das dunkle Tonpapier kopieren.
2. Das Gehäuse und die Flächen 1 und 2 ausschneiden (mit Cutter-Messer und Stahllineal).
3. Den Eintrittsspalt nun besonders exakt arbeiten:
  - Dazu die zwei Rechtecke mit Cutter-Messer und Stahllineal ausschneiden. Die Längsseiten sollen eine **möglichst gerade und saubere Schnittkante** besitzen.
  - Die Rechtecke auf die Fläche 3 mit Klebeband kleben: Das erste Rechteck muss längsseits an den Hilfslinien anliegen. Das zweite Rechteck wird so auf die andere Seite des schraffierten Bereichs geklebt, dass zwischen beiden ein **schmäler paralleler Spalt** entsteht. Bitte testen, ob ein Blatt Papier gerade noch hindurch passt (0,1-0,3 mm).
4. Die gestrichelten Linien mit stumpfem Messer vorprägen und nach hinten falzen.

5. Das Gehäuse nun zusammenkleben. Dabei soll die Seite, an der das Gitter angebracht wird, noch offen bleiben. Wenn an Ecken oder Kanten noch Licht eindringt, nachbessern oder mit einem schwarzen Isolierband abdunkeln.

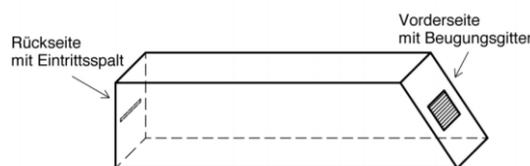
6. Herausfinden in welche Richtung die Gitterlinien verlaufen. Dafür einfach mit einem Auge durch das Dia gegen eine Lampe (nicht die Sonne!) blicken und einen Farbverlauf (blau → rot oder rot→blau) suchen. Die Gitterlinien verlaufen senkrecht zu diesem Farbverlauf.



(eigene Darstellung)

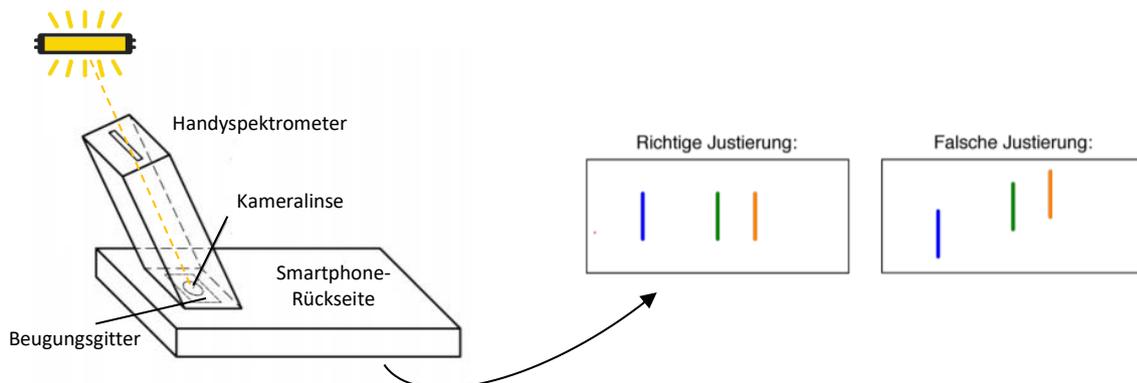
7. Das Beugungsgitter vorsichtig mit dem Cutter-Messer auf ca. 20 mm x 25 mm zuschneiden (Rot strichliertes Rechteck im nebenstehenden Bild).

8. Das Gitter auf die Innenseite der Aussparung 1 legen und so ausrichten, dass die **Gitterlinien parallel zum Eintrittsspalt** laufen. Danach provisorisch mit Klebeband fixieren (**Vorsicht:** Gitter nur am Rand berühren und Klebeband soll nicht in Aussparung 1 ragen!).



(Müller, 2015)

9. Zum Prüfen das Gehäuse provisorisch schließen, das Spektrometer vor die Kamera des Smartphones setzen und auf eine Lichtquelle richten. Hält man das Smartphone waagerecht, sollte bei einer Glühbirne ein gleichmäßiges Spektrum (von links blau nach rechts rot) und bei einer Leuchtstofflampe verschiedenfarbige und zueinander parallele Linien entstehen, die auf gleicher Höhe liegen. Andernfalls das Gitter nachjustieren.



(In Anlehnung an Müller, 2015)

10. Falls alles in Ordnung ist, kann das Gehäuse mit Klebeband fest verschlossen werden.

## Bau der Aufsetzeinheit

Mit der Aufsetzeinheit wird das Spektrometer am Smartphone befestigt und Streulicht abgeschirmt. Achtung: Blitzlichtautomatik ausschalten!

### Aufsetzeinheit 1

Universelle Aufsetzeinheit für Smartphones beliebiger Abmessungen.

11. Aufsetzeinheit und grau hinterlegte Aussparung ausschneiden.
12. Aufsetzeinheit auf das Handyspektrometer kleben, so dass das Gitter freiliegt.
13. Am überstehenden Rand der Aufsetzeinheit das Spektrometer mit einem Isolierband am Smartphone befestigen. Das Gitter dabei so ausrichten, dass es ungefähr mittig und direkt vor der Handykamera liegt und die Spektrallinien parallel zum Bildrand verlaufen.

### Aufsetzeinheit 2

Anpassbar für 9 bis 11 mm dicke Smartphones, deren Kamera in der oberen Hälfte der Rückseite liegt.

1. Aufsetzeinheit ausschneiden und innerhalb des schraffierten Bereichs (Justierhilfe) eine Aussparung (mindestens 10 mm x 16 mm) für die Handykamera ausschneiden.
2. Die gestrichelten Linien rillen, nach hinten falzen und die Aufsetzeinheit zusammenkleben.
3. Das Handyspektrometer an der Aufsetzeinheit befestigen. Das Gitter muss direkt vor der Handykamera liegen und ungefähr mittig über der Kamera positioniert sein. Das Handyspektrometer so justieren, dass die Spektrallinien parallel zum Bildrand verlaufen.
4. Zur Verbesserung der Stabilität wird ein zusätzlicher Papierstreifen verwendet. Ein Ende (Fläche 4) wird auf die schmale Seite der Aufsetzeinheit 2 geklebt (Fläche 5). Das andere Ende wird eng um das Smartphone herumgeführt und auf der breiten Seite (karierte Fläche) festgeklebt. Falls das nicht ausreicht, sollte die Aufsetzeinheit 2 mit Klebeband auf der Rückseite des Smartphones befestigt werden.

# Kartonbausatz für ein Handyspektrometer

Maßstab 1:1



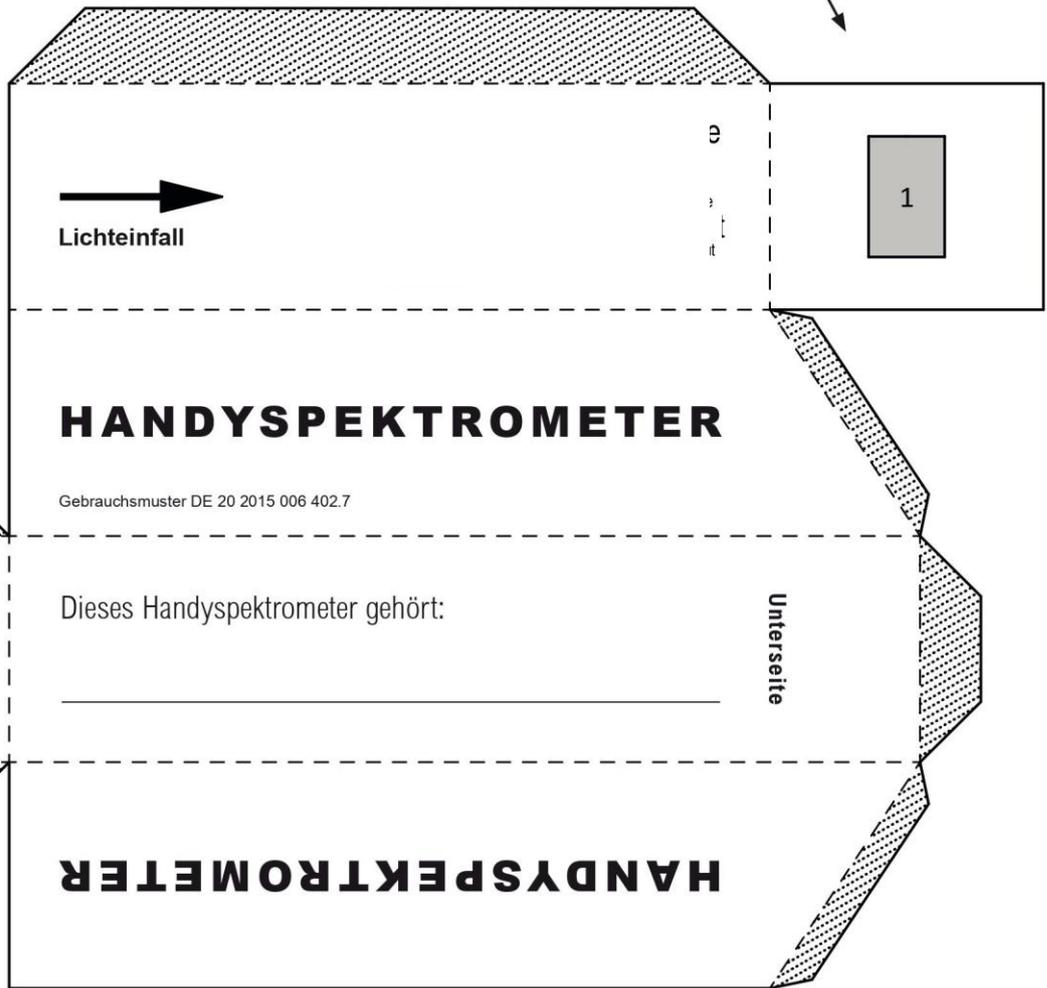
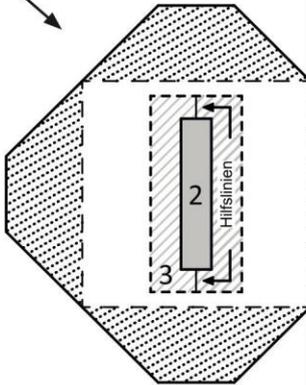
Rechtecke für den Bau des Eintrittsspalts  
(siehe Flächen 3 und Bauanleitung Punkt 3)



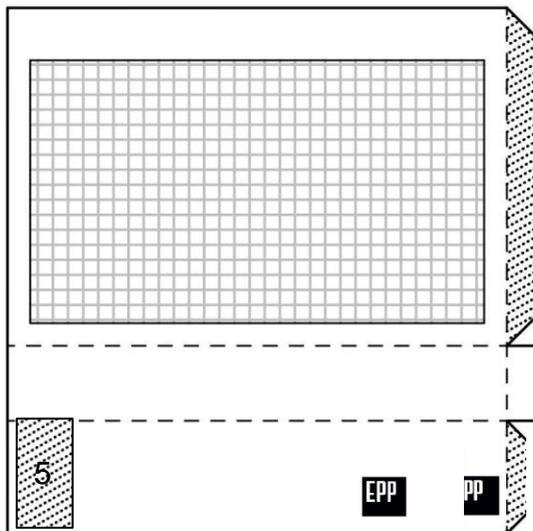
**Fläche 1**  
Ausparung für  
das Beugungsgitter

**Fläche 2**  
Ausparung für  
den Eintrittsspalt

**Fläche 3**  
Auf den schraffierten  
Bereich werden die  
Rechtecke für den  
Eintrittsspalt geklebt.

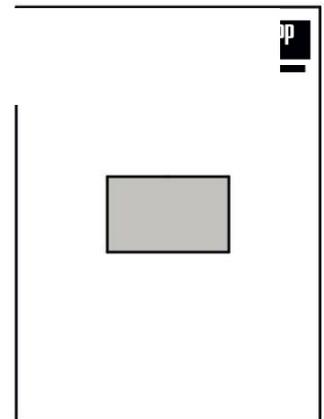


**Aufsetzeinheit 2**  
Für Smartphones mit einer Dicke  
zwischen 9 mm und 11 mm



Karierte Fläche: Justierhilfe  
zum Ausschneiden der  
Kameraöffnung (Achtung: siehe  
Bauanleitung unter „Aufsetzein-  
heit 2“, Punkt 1)

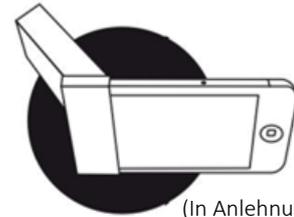
**Aufsetzeinheit 1**  
Passt auf jedes Smartphone



**Stabilitätsstreifen**  
Fläche 4 wird auf Fläche 5 geklebt,  
der Streifen um das Handy gedreht  
und auf der karierten Fläche wieder  
festgeklebt

# Station 1 – Handyspektrometer im Einsatz!

Bevor es ans Experimentieren mit dem Handyspektrometer geht, beantwortet zuerst die folgenden allgemeinen Fragen:



(In Anlehnung an Müller, Friedl & Fantz, 2015)

-  Welche natürlichen und künstlichen **Lichtquellen** kennen wir aus unserem Alltag? Fallen euch auch natürliche und künstliche **Lichtempfänger** ein?
-  Was ist ein Spektrum und durch was kann es entstehen?
-  Welche physikalischen Phänomene beeinflussen Licht auf ihrem Weg von der Quelle bis zum Empfänger? Erkläre diese kurz!

Nehmt nun eure Handyspektrometer zur Hand. Überprüft noch einmal, ob sie gut auf euren Smartphones halten und kein Streulicht durch Ecken und Kanten in das Gehäuse eindringt (natürlich abgesehen vom Spalt). Notfalls müsst ihr mit Klebeband nachbessern.



Begeht euch nun auf eine Reise durch das Schulgebäude und sucht nach verschiedenen Leuchtmitteln. Richtet euer Handyspektrometer nach einer Lichtquelle aus und fotografiert die einzelnen Spektren. Versucht auch das Sonnenspektrum aufzunehmen (es reicht den Spalt auf den Himmel auszurichten).

► **Wichtig!** Notiert euch auf einem Zettel welche Lichtquellen ihr in welcher Reihenfolge fotografiert habt, da ihr sonst leicht den Überblick verliert.

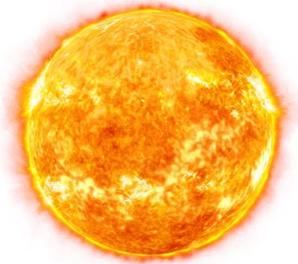
Versucht **mindestens 5 Spektren verschiedener Lichtquellen** mit euren Smartphones aufzunehmen. Fügt die besten Fotos in eurem Portfolio zusammen, beschreibt die einzelnen Spektren im Hinblick auf das jeweilige Leuchtmittel und vergleicht sie alle am Schluss miteinander.

Falls euch keine Lichtquellen einfallen, könnt ihr diesen QR-Code einscannen!



# Station 2 – Der Fingerabdruck unserer Sonne

Kontrolliert bitte, ob am Tisch ein **USB-Stick** liegt. Darauf sollte sich ein Sonnenspektrum und je ein unbeschriftetes sowie beschriftetes Spektrum einer Ne/Ar-Kalibrierlampe befinden (Aufgenommen mit DADOS Spalt-Spektrograf auf der VEGA Sternwarte Haus der Natur).



(Becker, o.J.)

- ✎ Im Sonnenspektrum könnt ihr dunkle Linien erkennen. Wie entstehen diese Linien und was kann man aus ihnen herauslesen? Und wer hat sie eigentlich wann entdeckt? Versucht beim Sonnenspektrum der Sternwarte die wichtigsten Linien zu beschriften!
- ✎ Wieso sieht das Spektrum der Kalibrierlampe ganz anders aus? Was bedeuten hier die Linien und wie entstehen sie?

Die VEGA Sternwarte braucht nun eure Hilfe! Sie benötigen eine Grafik des **Intensitätsverlaufs des Sonnenspektrums** für die weitere Forschung. Diese Grafik soll danach, wenn möglich, noch **mit dem Spektrum der Ne/Ar-Kalibrierlampe kalibriert** werden.

Diese kostenlosen Astrosoftwares helfen euch dabei:



**IRIS** (Bildbearbeitung): <http://www.astrosurf.com/buil/iris-software.html>

**Visual Spec** (Spektrenbearbeitung): <http://www.astrosurf.com/vdesnoux/>

(Evtl. **GIMP** für Graustufen: <https://www.gimp.org/downloads/>)

Versucht zuerst die beiden unbeschrifteten Bilddateien in Graustufen umzuwandeln. Danach muss das Format zu *.pic* geändert werden (Tipp: IRIS). Für die Intensitätsgrafik und die Kalibrierung dient euch dann Visual Spec (kurz Vspec). Falls ihr im Internet zur Kalibrierung mit Vspec nicht fündig werdet, könnte euch der QR-Code rechts weiterhelfen!

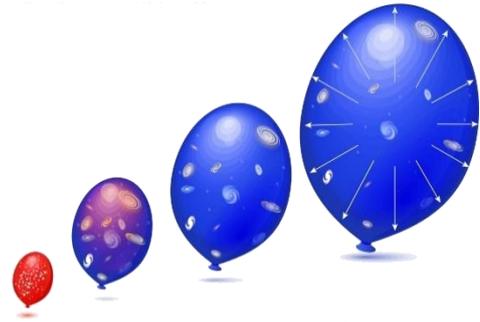
Fasst am Ende euer Vorgehen und euer Ergebnis zusammen. Was können wir aus einer Intensitätskurve eines Spektrums eigentlich herauslesen? Wie sieht das bei der Sonne aus? Recherchiert nach den Begriffen „Sonne als schwarzer Körper“ sowie „Atmosphärische Fenster“ und bindet sie sinnvoll in eure Zusammenfassung ein.

SCAN ME



# Station 3 – Unser expandierendes Universum

Ihr sollt euch nun auf die Spuren von Edwin Hubble begeben und die Beziehung zwischen der spektralen Rotverschiebung und der Entfernung von 14 verschiedenen „Nachbar“-Galaxien untersuchen.



(designua, o.J.)

✎ Ergänzt die folgenden Längenmaße und rundet dabei auf 2 Nachkommastellen:

1 Parsec (pc) = \_\_\_\_\_ Lichtjahre (Lj) = \_\_\_\_\_ Kilometer (km)

1 Ångström (Å) = \_\_\_\_\_ Meter (m) = \_\_\_\_\_ Nanometer (nm)

Die H- $\alpha$ -Linie des Wasserstoffs weist eine Wellenlänge von  $\lambda_S = 656.28 \text{ nm}$  auf. Wegen der Rotverschiebung findet man diese Linie bei den betrachteten Galaxien aber erst bei größeren Wellenlängen. Der Astronom Edwin Hubble glaubte, dass die Rotverschiebung durch die Fluchtgeschwindigkeit der Galaxie erzeugt wird. Daher zog er für die Berechnung der Geschwindigkeit auch die Formel des Doppler-Effekts heran.

✎ Formt die Doppler-Formel  $f_E = f_S \cdot \left(\frac{c}{c+v}\right)$  (Sender bewegt sich vom Empfänger weg)

nach  $v = \left(\frac{\lambda_E}{\lambda_S} - 1\right) \cdot c$  um. Nutzt dafür den Zusammenhang  $f = \frac{c}{\lambda}$ .

Öffnet nun die Website <http://depts.washington.edu/astroed/HubbleLaw/galaxies.html> und klickt in der rechten Spalte eine Galaxie der nachfolgenden Tabelle an. Um die



rotverschobene H- $\alpha$ -Linie im Spektrum dieser Galaxie zu bestimmen, klickt ihr im rechten Diagramm auf die Spitze des höchsten Peaks. Die zugehörige Wellenlänge in der Einheit Ångström (Å) erscheint dann unter dem Diagramm.

✎ Notiert für jede Galaxie in der Tabelle auf der nächsten Seite die Wellenlänge in Ångström (Å) und rechnet sie in Nanometer (nm) um. **Tipp:** Übertrag die Tabelle vorher in ein Tabellenkalkulationsprogramm, um Zeit zu sparen (zum Beispiel Excel)!

	Galaxie- bezeichnung	Entfernung $r$ in Mpc	Wellenlänge H- $\alpha$ Linie in Å	Wellenlänge $\lambda_E$ H- $\alpha$ Linie in nm	Fluchtgeschwindigkeit $v$ in km/s
1	NGC 1357	27,45			
2	NGC 1832	24,36			
3	NGC 2276	36,80			
4	NGC 2775	15,50			
5	NGC 2903	8,00			
6	NGC 3034	3,90			
7	NGC 3147	39,61			
8	NGC 3227	18,75			
9	NGC 3310	10,66			
10	NGC 3623	12,23			
11	NGC 3627	9,60			
12	NGC 5248	13,33			
13	NGC 6181	31,36			
14	NGC 6217	20,64			

Berechnet nun die **Fluchtgeschwindigkeiten  $v$  der Galaxien** mit der Formel  $v = \left(\frac{\lambda_E}{\lambda_S} - 1\right) \cdot c$ .  
Verwendet für die ausgesendete Wellenlänge den Wert  $\lambda_S = 656.28 \text{ nm}$  und für die Lichtgeschwindigkeit  $c = 299\,792.458 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ .

Erstellt mit den Entfernungen  $r$  (x-Werte) und der Fluchtgeschwindigkeiten  $v$  (y-Werte) ein **Streudiagramm**. Kann man einen Trend der Punkte erkennen? Wenn ja, welchen? Lasst euch eine Trendlinie durch die Punktwolke legen und die Funktionsgleichung anzeigen.

Ihr habt nun, ähnlich wie es Hubble im Jahr 1929 entdeckte, den Zusammenhang zwischen Entfernung einer Galaxie und ihrer Fluchtgeschwindigkeit herausgefunden!

 Notiert euch nun die Funktionsgleichung der Regressionslinie. Verwendet dabei  $v$  für die Fluchtgeschwindigkeit der Galaxie und  $r$  für die Entfernung der Galaxie.

 Das Hubble-Gesetz lautet  $v = H_0 \cdot r$ , wobei  $H_0$  für den Hubble-Parameter steht. Welchen Wert habt ihr für den Hubble-Parameter  $H_0$  (Einheit  $\frac{\text{km}}{\text{s} \cdot \text{Mpc}}$ ) erhalten? Was sagt der Hubble-Parameter aus?

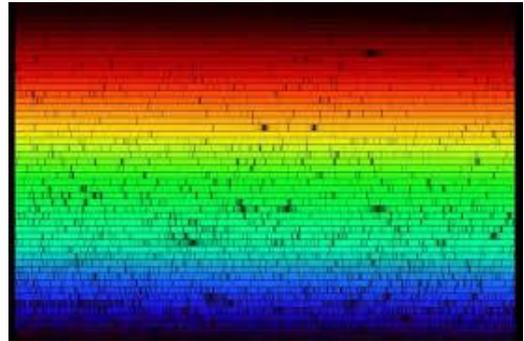


**Experten-Aufgabe:** Recherchiert, wie man durch den Hubble-Parameter  $H_0$  das Alter unseres Universums abschätzen kann! Wieso ist das eine sehr grobe Abschätzung?

# Station 4 – Spektroskopie in all ihren Facetten

Nun seid ihr zum **kreativen Teil des Projekttag**es gelangt! Bei dieser Station stehen eure Interessen ganz im Vordergrund.

Die Spektroskopie hat nämlich so viele spannende Anwendungen, die aber leider niemals alle in einen Projekttag passen würden.



(N.A.Sharp, 2017)

Aus der folgenden Liste könnt ihr euch nun ein Thema aussuchen, das euch interessiert. Nachdem ihr dazu genügend Informationen gesammelt habt, gestaltet ihr anschließend gemeinsam ein **Plakat** (digital oder auf Papier in DIN A3) und ein **kurzes Handout**.

Falls euch eine andere spektroskopische Anwendung interessiert, die nicht aufgelistet ist, könnt ihr diese unter Absprache mit der Lehrperson auch ausarbeiten. Sprecht euch bitte weiters mit den anderen Gruppen ab, dass nicht mehr als drei Gruppen das gleiche Thema wählen.

- > Geschichte der Spektroskopie
- > Spektroskopie in der Technik beziehungsweise in der Chemie (Atom-, Molekül-, Laser-, Festkörperspektroskopie etc.)
- > Spektralanalyse in der Astronomie (Expansion des Alls, Zeeman-Effekt, Ermittlung von Sterntemperaturen, Galaxien- und Planetenrotation, Spektralklassen etc.)
- > Die Entdeckung von Exoplaneten und ihre Chance auf Leben
- > Lebensmittelanalyse mit Spektroskopie
- > Unterteilung/Arten von spektroskopischen Verfahren

