

UNIVERSITÄT  
FREIBURG

# Mathematik jenseits des Klassenzimmers Ausarbeitungen der Lernumgebungen

**Seminarleitung:**  
Martin Kramer

**Assistenz:**  
Ines Ayeb, Moritz Springer

Sommersemester 2018

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b>	<b>3</b>
<b>1 Sonnenuhr</b>	
<b>(Kaja Kohlmann, Pascal Gorenflo)</b>	<b>4</b>
1.1 Herz der Sache . . . . .	4
1.2 Bezug zum Bildungsplan . . . . .	4
1.3 Konkrete Umsetzung . . . . .	5
1.3.1 Rahmenbedingungen . . . . .	5
1.3.2 Durchführung . . . . .	6
1.4 Didaktische/pädagogische Hintergründe . . . . .	8
<b>2 Zeit - ein menschengemachtes Konstrukt</b>	
<b>(Benedikt Hohmann, Simon Ott)</b>	<b>10</b>
2.1 Herz der Sache . . . . .	10
2.2 Bezug zum Bildungsplan . . . . .	10
2.3 Konkrete Umsetzung . . . . .	10
2.3.1 Rahmenbedingungen . . . . .	10
2.3.2 Durchführung . . . . .	11
2.4 Didaktische/pädagogische Hintergründe . . . . .	15
<b>3 Akrobatik in 3D</b>	
<b>(Lena Burkhardt, Katharina Eberle)</b>	<b>17</b>
3.1 Herz der Sache . . . . .	17
3.2 Bezug zum Bildungsplan . . . . .	17
3.3 Konkrete Umsetzung . . . . .	17
3.3.1 Rahmenbedingungen . . . . .	17
3.3.2 Durchführung . . . . .	18
3.4 Didaktische/pädagogische Hintergründe . . . . .	22
<b>4 Camera Obscura</b>	
<b>(Isabelle Martin, Simon Bayer)</b>	<b>24</b>
4.1 Herz der Sache . . . . .	24
4.2 Bezug zum Bildungsplan . . . . .	24
4.3 Konkrete Umsetzung . . . . .	25
4.3.1 Rahmenbedingungen . . . . .	25
4.3.2 Durchführung . . . . .	26
4.4 Didaktische/pädagogische Hintergründe . . . . .	28
<b>5 Schiffsbau</b>	
<b>(Fabian Zimmerer)</b>	<b>31</b>
5.1 Herz der Sache . . . . .	31
5.2 Bezug zum Bildungsplan . . . . .	31
5.3 Konkrete Umsetzung . . . . .	32
5.3.1 Rahmenbedingungen . . . . .	32
5.3.2 Durchführung . . . . .	33
5.4 Anpassungsmöglichkeiten . . . . .	36

5.5	Didaktische/pädagogische Hintergründe	37
5.6	Anhang: Mathematisch-physikalisches Hintergrundwissen (Bootsbau)	38
5.6.1	Physikalisches Grundwissen	39
5.6.2	Die Auftriebskraft	39
5.6.3	Tragfähigkeit eines Bootes	41
5.6.4	Tragfähigkeit eines bestimmten Materials	41
5.6.5	Tragfähigkeit leichter Luftbehälter	42
<b>6</b>	<b>Escape Room</b>	
	<b>(René Kirsch, Clara)</b>	<b>43</b>
6.1	Herz der Sache	43
6.2	Bezug zum Bildungsplan	43
6.3	Konkrete Umsetzung	44
6.3.1	Rahmenbedingungen	44
6.3.2	Durchführung	44
6.4	Didaktische/pädagogische Hintergründe	51

## Vorwort

Im Sommersemester 2018 konnte an der Universität Freiburg von der Abteilung Didaktik der Mathematik zum wiederholten Male das Seminar "Mathematik jenseits des Klassenzimmers" angeboten werden. Die in diesem Dokument zusammengestellten Lernumgebungen wurden im Rahmen dieses Seminars von den genannten Studierenden des Lehramtsstudiums Mathematik erstellt und während der einwöchigen Intensivphase des Seminars auf dem Schwarzhornhaus bei Schwäbisch Gmünd<sup>1</sup> umgesetzt und reflektiert. Ziel dieser Zusammenfassung ist es, Lehrerinnen und Lehrern des MINT-Bereichs Anregungen sowie konkrete in der Praxis erprobte Beispiele für die Gestaltung des eigenen Unterrichts zu geben.

---

<sup>1</sup>Für die Website des Hauses siehe <http://www.schwarzhornhaus.de/meta/start.html>

# 1 Sonnenuhr (Kaja Kohlmann, Pascal Gorenflo)



## 1.1 Herz der Sache

Heutzutage hat jeder eine Uhr oder ein Smartphone, von dem die Uhrzeit genau abgelesen werden kann. Doch wo liegen die Ursprünge der Zeitmessung? In dieser Lernumgebung wird die Uhrzeitbestimmung über die Sonne gelernt. Dahinter steckt das Verständnis über die Lage der Erde zur Sonne im Tages- und Jahresverlauf (Verständnis von Zeit und Raum). Die Lage der Sonne zur Erde wird in der Konstruktion einer Sonnenuhr dargestellt. Darin steckt das aktive Be-greifen der Umwelt.

## 1.2 Bezug zum Bildungsplan

Schulung von prozessbezogenen Kompetenzen: Durch die Gruppenaufgabe werden die SuS mit einer realitätsbezogenen Fragestellung konfrontiert, in der viel Mathematik angewendet wird. Um die Aufgabe zu lösen, müssen die Schüler miteinander kommunizieren. Dazu müssen sie die eigenen mathematischen Überlegungen den anderen Gruppenmitgliedern darlegen. Hierfür ist Argumentationsfähigkeit notwendig.

Leitidee Raum und Form:

- Trigonometrie (Klasse 9): Winkel Sonne zur Erde, Aufteilung der Kreises in gleichmäßige „Tortenstücke“
- Bearbeitung räumlicher Fragestellungen und Anwendungsprobleme (Klasse 10): Verhältnis der Sonne zur Erde, Koordinaten

## 1.3 Konkrete Umsetzung

### 1.3.1 Rahmenbedingungen

Zielgruppe: Klasse 9-12

Die Lernumgebung kann ab Klasse 9 durchgeführt werden. Hier haben die Schüler bereits ausreichend Vorwissen über Trigonometrie und können dieses anwenden. Auch für ältere SuS ist die Lernumgebung sinnvoll, hier können tiefere physikalische und mathematische Kenntnisse angewendet werden, so können z.B. Überlegungen zur Ellipsenform der Erdumlaufbahn und zur Sinus- und Kosinus- Funktion angestellt werden. Außerdem können je nach Klassenstufe die Hilfestellungen variiert werden, zum Beispiel kann ein Modell des Sonnensystems zur Verfügung gestellt werden<sup>2</sup>. Allgemein gilt: je mehr Vorwissen die Schüler haben, desto weniger Hilfestellungen sind notwendig.

Zeit: Für die Vorbereitung: Ca. 5h

Dazu zählt die Beschaffung des Materials und das Bauen einer eigenen Sonnenuhr. Dadurch wird das Verständnis der Zusammenhänge vertieft und mögliche Schwierigkeiten können frühzeitig erkannt und vorgebeugt werden.

Für die Durchführung: Ca. 3h

Für das Bauen der Sonnenuhren sollte man etwa 2 Stunden einplanen. Hinzu kommen noch das Anleiten der Aufgabe mit Gruppeneinteilung und die anschließende Diskussion, welche die exakteste Sonnenuhr ist. Hierfür ist etwa eine Stunde notwendig.

Ort

Bauen der Sonnenuhren drinnen, dafür werden mehrere Räume benötigt. Aufstellen draußen bei Sonnenschein.

Material

- Kompass
- Pappe
- Atlas
- evtl. Zirkel
- Schnur
- Bleistift
- Stock
- Tesafilm/Kleber
- Schere
- Apfel oder Kugel<sup>3</sup>
- Stoppuhr
- evtl. Verwirrmaterial: z.B. Flasche,...

---

<sup>2</sup>Für weitere Ausführungen zu Hilfestellungen siehe *Durchführung*

<sup>3</sup>Können zum Modellieren des Sonnensystems genutzt werden, Apfelstiel kann als Erdachse dienen.



Abbildung 1: Einführung in die Geschichte der Sonnenuhr

### 1.3.2 Durchführung

Die Schüler werden begrüßt und erfahren, dass es um das Thema Sonnenuhr geht. Optional ist auch die Frage, wie die Menschen früher die Uhrzeit gemessen haben, möglich. Zur Einführung kann die Geschichte der Sonnenuhr erzählt werden. Dies erhöht die Bedeutsamkeit der Aufgabe, da Sonnenuhren lange Zeit die wichtigste Quelle der Zeitmessung waren.

Anschließend werden die Schüler in Kleingruppen von 3-4 Schülern aufgeteilt und die Aufgabe wird erklärt. Jede Gruppe soll innerhalb von zwei Stunden eine Sonnenuhr bauen. Diese soll die Uhrzeit so exakt wie möglich darstellen. Die genaueste Sonnenuhr wird prämiert und längerfristig auf dem Schulhof aufgestellt. Der Wettkampfcharakter erhöht die Motivation der Schüler. Die Schüler werden gebeten, ihre Uhren abzugeben, um später ohne Uhrzeit überlegen zu können, welche Sonnenuhr warum die exakteste ist.<sup>4</sup> Pappe, Bleistifte, Stöcke, Apfel, Kleber und Schere werden auf den Gruppentischen bereitgestellt. Die restlichen Materialien wie Schnur, Atlas, Kompass und Verwirrmaterial (Material, das prinzipiell nicht gebraucht wird) werden an einem separaten Tisch gelagert. Jede Gruppe kann diese Materialien jeweils eine vorher bestimmte Zeitdauer von zum Beispiel 5 Minuten benutzen und muss diese dann wieder zurücklegen, da diese Materialien nur einmal vorhanden sind. Eine Stoppuhr wird auf dem separaten Tisch bereitgestellt, sodass sich die Schüler immer wieder nach der bereits verstrichenen Zeit erkundigen können. Es ist darauf zu achten, dass sich alle Gruppen in unterschiedlichen Räumen befinden, sodass

<sup>4</sup>Die Lernumgebung bietet sich sehr gut auf Klassenfahrten an. Hier kann für einige Stunden oder Tage ohne Zeit gelebt werden (auf Uhren wird verzichtet). Im Anschluss kann die Sonnenuhr genutzt werden, um die Zeit zu bestimmen. Dies erhöht die Motivation und Sinnhaftigkeit der Aufgabe.

sie sich gegenseitig nicht beeinflussen können. Die Sonnenuhren werden drinnen gebaut, um eine theoretische Auseinandersetzung mit dem Thema zu gewährleisten. Mit Apfel und weiteren Gegenständen kann das Verhältnis von der Sonne zur Erde simuliert werden. An einem weiteren Tisch liegen Hilfskarten, die von Gruppen, die nicht weiterkommen, genutzt werden können. Darauf steht zum Beispiel, dass der Breitengrad, auf dem die Uhr aufgestellt wird, eine Rolle spielt. Alternativ kann auch die Lehrkraft als „Experte“ dienen und die SuS bei individuellen Fragen punktuell unterstützen.



Abbildung 2: Bau der Sonnenuhr

Nach Ablauf der 2 Stunden beendet die Lehrkraft die Bauzeit. Erst jetzt wird die fertige Sonnenuhr draußen getestet. Alle Materialien, insbesondere der Kompass, dürfen mit nach draußen genommen werden. Jede Gruppe erhält noch einmal 10 Minuten Zeit, um ihre Uhr korrekt aufzustellen. Anschließend stellt jeweils ein Schüler jeder Gruppe die Sonnenuhr vor. Alle Schüler sollen sich dann zu der Sonnenuhr stellen, von der sie meinen, sie sei die exakteste. Dabei kann vorgegeben werden, dass sie sich nicht zu ihrer eigenen stellen dürfen, denn ansonsten stellen sich die meisten Schüler zu ihrer eigenen Uhr, da diese für sie aufgrund der langen Arbeitsdauer sehr bedeutsam ist. Anschließend dürfen die Schüler nochmals 10-15 Minuten darüber diskutieren, welche Sonnenuhr denn nun die genaueste ist und müssen sich für eine Uhr entscheiden. Zuletzt kann noch der Abgleich mit einer genormten Uhr erfolgen. Haben die Schüler auch wirklich die genaueste Sonnenuhr gewählt? Bei Bedarf kann auch hier nochmals eine Diskussion stattfinden. Es kann sein, dass die Sonnenuhr aufgrund der Sommerzeit eine Stunde nachgeht und die Uhrzeit nicht ganz genau ist, da wir uns in Zeitzonen befinden. Für eine exakte Uhrzeit müsste die Sonnenuhr also auf demselben Längengrad wie Greenwich stehen.





Abbildung 3: Abschließende Diskussion über die Genauigkeit der Sonnenuhren

## 1.4 Didaktische/pädagogische Hintergründe

### Riemann-Thomann-Modell

Die Lernumgebung kann in die vier Grundstrebungen Nähe, Distanz, Dauer und Wechsel des Kommunikationsmodells von Riemann-Thomann eingebettet werden.

#### Nähe

Arbeit in Kleingruppen, Verwendung derselben Materialien

#### Distanz

Gruppen arbeiten unabhängig voneinander, jede Gruppe baut ihre eigene Sonnenuhr

#### Dauer

2-stündiges Arbeiten an einem Thema in derselben Gruppe, Materialien im Raum bleiben dieselben

#### Wechsel

Ortswechsel von drinnen nach draußen, Material auf dem separaten Tisch wechselt alle paar Minuten die Gruppe und den Ort

## **Freiheit und Struktur**

Bei dieser Lernumgebung ist vor allem die Freiheit ein wichtiger Bestandteil, da jede Gruppe ihre Sonnenuhr so gestalten kann, wie sie es für richtig hält. Hierbei kann es vorkommen, dass die Schüler auf andere Lösungen kommen wie der Lehrer. Davor sollte man als Lehrperson nicht zurückschrecken. Es ist für Schüler motivierend, ihre eigenen Ideen umsetzen zu können und nicht auf einen genauen Bauplan angewiesen zu sein. Die Gruppeneinteilung ist ebenfalls frei, kann allerdings auch vorgegeben werden. Des Weiteren ist die Vorgehensweise innerhalb der Gruppen frei. Die vorgegebene Aufgabe, die Gruppengröße und das Material geben Struktur. Ebenso wirkt die festgelegte Arbeitsdauer strukturgebend.

## **Tipp**

Den Link zum Bauplan einer möglichen Sonnenuhr gibt es hier:

<https://www.geo.de/geolino/basteln/8123-rtkl-diy-sonnenuhr-zum-selberbauen>

## 2 Zeit - ein menschengemachtes Konstrukt (Benedikt Hohmann, Simon Ott)

### 2.1 Herz der Sache

Wir leben heute in einer Welt, in der „die Zeit“ der Arbeitswelt, der Gesellschaft und Politik und dem gesamten Tagesverlauf den Takt vorgibt. Nicht umsonst gibt es das Sprichwort: „Zeit ist Geld.“ und eigentlich „läuft“ dem Menschen heute nur noch die Zeit davon. Doch während manchmal die Zeit wie im Flug vergeht, erscheinen einem wenige Minuten in einer anderen Situation wie eine Unendlichkeit. Wir wollen also die Gretchen-Frage stellen: Was ist eigentlich „die Zeit“? Und schnell wird klar, dass man auf die Frage viele Antworten geben kann – philosophisch/ geisteswissenschaftlich sowie naturwissenschaftlich. Unser Denkmuster ist maßgeblich in „Vergangenheit“, „Gegenwart“ und „Zukunft“ geprägt, von einer gradlinigen „Zeitachse“, in Abhängigkeit derer Prozesse wie Wachstum oder zurückgelegte Wege gesetzt werden können. Doch letztlich muss einem nach längerem Nachdenken und Forschen zum Thema Zeit bewusst werden, dass unsere Zeiteinteilung in Jahre, Tage, Stunden, Minuten, und Sekunden menschengemacht ist. Aber nicht nur die Skalierung ist willkürlich gesetzt. Spätestens seit Einstein's Relativitätstheorie muss man sich vom Verständnis einer Vollkommenheit und Gradlinigkeit von „der Zeit“ verabschieden. Was bleibt also von „der Zeit“? Was ist das, was uns im Alltag den Takt vorgibt? In der Lernumgebung sollen die objektive und subjektive Seite dieses „menschengemachten Naturgesetzes“ erlebt, reflektiert und erfahren werden.

### 2.2 Bezug zum Bildungsplan

In dieser Lernumgebung stehen besonders die prozessbezogenen Kompetenzen im Vordergrund. Es kommt darauf an, gemeinsam zu kommunizieren (siehe: 2.5 Kommunizieren, insbes.: [1]-[6]) und beim Strukturieren des Tages sowie beim Entwurf einer neuen Zeitnorm die aufkommenden Probleme zu lösen (siehe: 2.2 Probleme lösen, insbes.: [1]-[6], [10]-[13], [15]). Zudem werden bei der Entwicklung einer eigener Zeitnorm prozessbezogene Kompetenzen aus dem Bereich 2.3 Modellieren gefördert. Neben den prozessbezogenen Kompetenzen werden ebenfalls inhaltsbezogene Kompetenzen gefördert. Besonders für die Unterstufe, wenn es um den Umgang mit Einheiten und deren Repräsentanten geht (siehe: 3.1.2 Leitidee Messen [1],[6]), kann durch diese Lernumgebung ein schülerorientierter Zugang zur Zeitmessung und seinen Einheiten geschaffen werden. Zur Leitidee Messen (3.1.2) heißt es im Bildungsplan:

*„Die Schülerinnen und Schüler erfahren die Grundidee des Messens – Ausfüllen mit Einheiten und Abzählen – und wenden diese selbstständig an. Situationsgerecht wählen sie Einheiten für Größen aus und gehen damit um. Sie schätzen Größen mithilfe geeigneter Repräsentanten ab.“*

### 2.3 Konkrete Umsetzung

#### 2.3.1 Rahmenbedingungen

##### Zielgruppe

Die Zielgruppe kann jede Schulklasse sein, mit der man ins Schullandheim fährt.

## Material

Die Lernumgebung kommt mit sehr wenig Material zurecht:

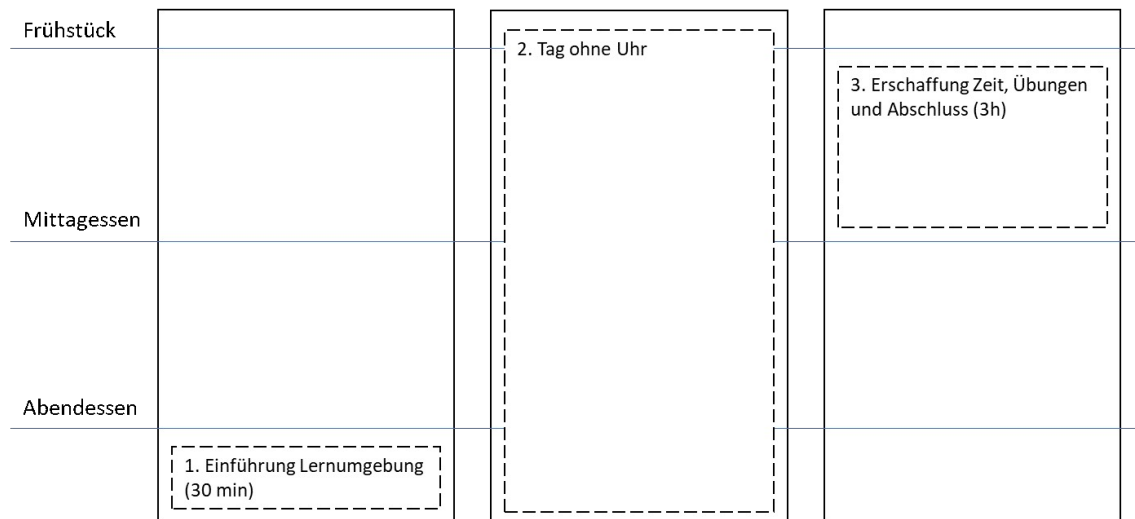
- Ein großer Karton
- Kreppband
- Schwarzer Edding
- DinA4-Papier

## Ort

Diese Lernumgebung wird am Besten im Rahmen eines Schullandheimes durchgeführt - im Schulalltag spielen zu viele äußere Faktoren eine Rolle. An den Ort werden keine besonderen Anforderungen gestellt. Die Lernumgebung kann sowohl drinnen als auch draußen und unter unterschiedlichsten Voraussetzungen, was die Ausstattung vor Ort angeht, durchgeführt werden.

## Zeit

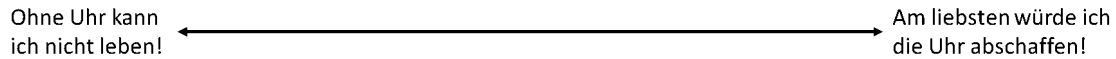
- Vorbereitung  
mindestens 60 Minuten (historische Entwicklung von Uhren nachvollziehen, Bauen von Uhren recherchieren, Problemstellen für den Tag ohne Uhr ausmachen und für die Planung merken)
- Durchführung



### 2.3.2 Durchführung

Die gesamte Lernumgebung ist aus drei Teilen aufgebaut. Zunächst wird den Schülerinnen und Schülern (kurz: SuS) die Zeit (bzw. alle Zeitanzeiger) für (mindestens) einen ganzen Tag genommen, anschließend soll die Entwicklung/Erschaffung einer eigenen Zeit(-norm) erlebt und nachempfunden werden. Und schließlich soll die objektive (äußere) Zeit mit

dem subjektiven Zeitempfinden verglichen werden. Für die Einführung werden die SuS nach dem Abendessen (frühestens am zweiten Abend des Schullandheimes) zusammengerufen. Ohne zu sagen, um was es in der folgenden Lernumgebung gehen wird, sollen die SuS zunächst eine Aufstellungsarbeit zu der Frage „Wie stark bin ich auf meine Uhr angewiesen?“ durchführen:



Dazu soll sich zunächst jeder still für sich überlegen, an welche Position er sich stellen will. Wer eine Antwort für sich gefunden hat, verschränkt die Arme. Haben alle ihre Arme verschränkt, gibt man das Kommando, dass sich die SuS nun entlang der Linie aufstellen und sich umschauchen sollen, wie die anderen stehen. Nach dieser ersten Beschäftigung mit der Zeit in Form der Uhr, werden die SuS gefragt, ob sie sich auf das Experiment, einen Tag ohne irgendeine Art von Uhr zu leben, einlassen wollen. Es ist entscheidend, dass die SuS aktiv in das „Experiment“ involviert werden und mitgestalten können (außerdem wird die Frage sehr wahrscheinlich bejaht werden, da die SuS im ersten Moment an die Annehmlichkeiten, wie „endlich ausschlafen“ denken werden). Im nächsten Schritt werden nun alle Uhren, Wecker und alle anderen tragbaren Zeitanzeiger gemeinsam eingesammelt und in den Karton gepackt. Die Lehrperson sollte mit gutem Beispiel voran gehen und als erste die eigene Uhr in den Karton legen. Die gesamte Klasse überlegt sich nun einen Aufbewahrungsort für den Karton, an dem dieser sicher für den einen Tag aufbewahrt ist. Zusätzlich werden mit dem Kreppband alle Anzeigen an Haushaltsgeräten und anderen Geräten, die während des nächsten Tages gebraucht werden, abgeklebt.

Nun gilt es, für den nächsten Tag gemeinsam zu überlegen, welche Probleme entstehen könnten und auf welche neuen Regeln und Absprachen man sich einigt. Die Sorgen jedes Einzelnen sollten ernst genommen werden und es soll gemeinsam nach Lösungen gesucht werden (z.B. Einnahme von Tabletten, gemeinsame Mahlzeiten, Weckdienste etc.). Wichtig: Wenn auch die Lehrperson ihre Interessen transparent macht, werden die SuS auch darauf besonders Rücksicht nehmen. Für die nächste Zeit wird die gesamte Klasse mehr Aufmerksamkeit jedem anderen schenken müssen, damit man gemeinsam und miteinander die Zeit im Schullandheim verbringen kann. Wenn alle möglichen Herausforderungen und Probleme, die auftreten können angesprochen und demokratisch gelöst wurden, können nun alle in die „zeitlose Freiheit“ entlassen werden.

Der nächste Tag findet dann für alle ohne Uhr statt, was vorab insbesondere bei der Planung des Tages-Programms beachtet werden muss (es sollten auch Dritte vorab eingeweiht werden, dass man nun „zeitlos“ ist)! Während des Tages werden entweder wie von alleine Gespräche über das Erlebnis ohne Uhren entstehen, oder die Lehrperson kann beispielsweise beim Abendessen in die Runde fragen, wie die SuS den Tag erlebt haben.

Nachdem alle einen Tag ohne Uhr verbracht haben, beginnt nach dem Frühstück der zweite Teil der Lernumgebung. Die SuS bekommen nun die Aufgabe, gemeinsam eine neue Zeit-Norm zu erarbeiten und den dazu passenden Zeitanzeiger zu bauen, um größere und kleinere Zeitintervalle messen zu können. Damit eine solche Uhr alltagstauglich ist, sollten die folgenden Kriterien erfüllt werden: Wetter- und Tageszeitenunabhängigkeit sowie Wiederholbarkeit. Diese Kriterien werden auf DinA4-Papier geschrieben und dann gut sichtbar aufgehängt.

Um jedem die Chance zu geben, eine eigene Idee zu entwickeln und diese Idee in der Klasse auch einbringen zu können, wird mit dem „Ich-Du-Wir“-Prinzip gearbeitet: Dabei wird im ersten Schritt den SuS circa zehn Minuten Zeit (so genau weiß man das ja nicht) gegeben, sich Gedanken zu machen und eine eigene Idee für die Zeit-Norm zu



Abbildung 1: Kriterienkatalog

entwickeln. Im Anschluss daran beginnt die „Du-Phase“. Dafür sollen sich die SuS in Zweiergruppen zusammenfinden und sich gegenseitig ihre Ideen vorstellen und über einen gemeinsamen Vorschlag beraten (erneut ca. 10 Minuten). Schließlich treffen sich alle wieder gemeinsam im Kreis und es folgt der letzte Schritt: der Austausch der einzelnen Ideen im Plenum und das Finden eines gemeinsamen Konsenses mit anschließendem Bauvorhaben. Eine Hilfestellung für die SuS kann die Einführung eines Redestabes sein, damit eine geordnete Kommunikation stattfinden kann. Die Klasse bekommt für die Beratung, die Planung und das Bauen insgesamt eine Stunde Zeit. Am Ende der Stunde soll ein funktionsfähiger Zeitanzeiger für die neue Zeit-Norm entstanden sein, mit dem dann auch gearbeitet werden kann. Die Schüler sind beim Planen und Bauen komplett auf sich gestellt und dürfen alles benutzen, was vor Ort vorhanden ist. Sie müssen dabei aber beachten, dass sich auch alles wieder in den Ursprungszustand zurückversetzen lässt. Während dieser Stunde kann man sich als Lehrperson auf die Beobachtung der SuS konzentrieren und die Planungs- und Bauphase verfolgen. Zudem ist es hilfreich, sich besondere Aussagen von einzelnen SuS für die Reflexion zu notieren. Zudem sollte die Lehrperson die Gruppe regelmäßig informieren, wieviel Zeit ihnen noch für die Bauphase bleibt. Denn am Ende dieser Phase soll die Klasse ihren neuen, eigenen Zeitanzeiger präsentieren.



Abbildung 2: Installation des Zeitanzeigers (Wasseruhr) am Ende der Bauphase

Nun folgt der dritte Teil der Lernumgebung. In diesem soll die objektive (äußere) Zeit mit dem subjektiven Zeitempfinden verglichen werden. Dazu werden die SuS aufgefordert sich zu überlegen, in welcher Situation in ihrem Leben die Zeit wie im Flug vergangen ist und wann sich Minuten wie Stunden angefühlt haben. Wer eine Antwort für sich gefunden hat, verschränkt die Arme und sobald alle die Arme verschränkt haben, geht es weiter. Nun dürfen die SuS sich „öffnen“ und jeweils ihre Situation kurz vorstellen. Bei der darauffolgenden Übung sollen sich die SuS eine Zeitspanne ihrer eigenen Zeit-Norm abschätzen. Dafür setzen (oder legen) sie sich auf den Boden, schließen auf ein Startzeichen die Augen und versuchen, so still wie möglich zu sein. Nach einer gewissen Zeitspanne (in etwa 2-3 Minuten) gibt die Lehrperson ein Stoppsignal, sodass die SuS wieder ihre Augen öffnen und nun schätzen sollen, wie lange sie „meditiert“ haben. Dafür werden wieder die Arme verschränkt, sobald man einen Zeitwert im Kopf hat. Wenn alle die Arme verschränkt haben, zeigen die SuS auf das Geheiß der Lehrperson mit den Fingern die Anzahl der Zeiteinheiten an.

Je nach Gruppe und Situation können nun die SuS selber zwei Übungen entwerfen, die es zum einen ermöglichen zu erleben, wie die Zeit im Flug vergeht oder Minuten zu gefühlten Stunden werden. Oder die Lehrperson führt noch 1-2 weitere eigene Übungen mit der Gruppe durch, in der das subjektive Zeitempfinden situationsabhängig erfahren wird. Zum Abschluss der Lernumgebung soll nochmal Zeit „genommen“ werden, um das Erlebte der letzten Tage zu reflektieren und über die Zeit zu sinnieren. Dazu kann die Lehrperson einige Gedanken der SuS des vergangenen Tages aufgreifen, die neue Zeit-Norm sowie ihr Entstehungsprozess können reflektiert werden und inwiefern man von subjektiver und objektiver Zeit sprechen kann. Schlussendlich bekommen alle ihre Uhren wieder oder man verbringt den Rest der Zeit weiterhin zeit-los.

## 2.4 Didaktische/pädagogische Hintergründe

### **Freiheit und Struktur:**

So viel Freiheit wie möglich, so viel Struktur wie nötig - in diesem Spagat steht man als Lehrperson in der vorliegenden Umgebung: Einerseits verabschiedet man sich selber von der Zeit und damit auch vom äußeren Strukturrahmen. Denn erst durch diesen Mangel an Struktur entsteht das Bedürfnis, eine neue Zeit-Norm zu erfinden. Andererseits sollte insbesondere in dieser Phase darauf geachtet werden, durch gezielte strukturgebende Vorgaben, wie die drei Kriterien („Tageszeiten- und Wetterunabhängigkeit sowie Wiederholbarkeit“), die Lernprozesse in die erhoffte Richtung zu lenken.

Durch die sehr offene Lernumgebung kann es zu einem Spannungsverhältnis zwischen dem erhofften Lernziel (aus Lehrerperspektive) und dem tatsächlichen Lernweg (aus Schülerperspektive) kommen. So kann es sein, dass die SuS für sich keine geeignete Zeitnorm entwickeln, welche tatsächlich „Eichkriterien“ standhalten könnte. Die Lehrperson muss dann während der Lernumgebung entscheiden, ob sie von außen eingreift und Ratschläge bzw. Hinweise einwirft, oder ob die Gruppe und die Situation es zulassen, aus dem „Scheitern“ nachher Lernerfolg zu schöpfen. Hierbei kommt es also auf die Situation, die Lerngruppe, aber auch auf die Persönlichkeit der Lehrperson an, wieviel Freiheit man in der Lernumgebung zulässt bzw. zulassen will. Wichtig ist jedoch, dass die Erfindung der eigenen Zeit-Norm und auch das Management, ohne Uhren zurecht zu kommen, „bottom-up“, also induktiv von der Gruppe ausgehend geschieht und so nicht künstlich und erzwungen ist.

### **Historisch-genetisches Lernen:**

Durch den Verzicht auf Uhren wird man zurück in eine Welt ohne Zeitanzeiger und ohne eine allgemeine „Uhrzeit“ versetzt. Durch diesen „Zeitsprung“ können die SuS exemplarisch anhand des Themenbereichs „Zeit“ nachempfinden und erleben, welchen Wert einheitliche Normen und Größen für unsere Gesellschaft haben. Vor diesem Hintergrund geht es schließlich auch um das Verstehen der Herkunft und Entstehung unserer Einheitsgrößen. Ganz im Sinne Wagenscheins (Verstehen lernen, 1991) zielt diese Lernumgebung darauf, durch die Normierung der Zeit quasi paradigmatisch den Entstehungs- und Entwicklungsprozess von normierten Einheitsgrößen im Allgemeinen nachvollziehen zu können.

### **Handlungs- und erfahrungsbasiertes Lernen:**

Durch den Verzicht auf Uhren wird ein unmittelbares und reelles Problem erzeugt, nämlich dass Zeitabstände, Zeitspannen und Zeitpunkte nur nach dem subjektiven Empfinden des Einzelnen beurteilt werden können, bzw. das Zusammenleben nicht durch die äußere Zeit strukturiert werden kann. Ist man jedoch auf einmal auf die Festlegung einer klaren, objektiven Zeitspanne angewiesen - wie in Teil 3 der Lernumgebung - so entsteht eine unmittelbare „Krise“, welche von der Gruppe gelöst werden muss. Zusammen mit einer anschließenden Reflexion bilden Problem, Krise, Lösungsstrategie und Reflexion die klassische Schleife vom erfahrungsbasierten Lernen. Dabei ist es in dieser Lernumgebung besonders zentral, dass es sich nicht um ein theoretisch konstruiertes Problem handelt, sondern dass die SuS den gesamten Prozess von der Krise zur Reflexion unmittelbar erleben und dadurch erfahren können. Durch die Reflexion wird letztlich das Diffuse des Erlebten zu einem Erfahrungsschatz. John Deweys, einer der bedeutendsten Reformpädagogen des 20. Jahrhunderts, dazu treffend:



*„Worauf es mir hauptsächlich ankommt, ist die Einsicht, dass kein Gedanke, kein Begriff als solcher von einer Person auf eine andere übertragen werden kann. (...) Nur wenn er selbst mit den Problemen ringt, seinen eigenen Ausweg sucht und findet, denkt er. Wenn Vater, Mutter oder Lehrer für die Umwelt gesorgt haben, die zum Denken anregt, wenn sie an den Betätigungen des Lernenden inneren Anteil nehmen, mit ihm in einen gemeinsamen Vorgang des Erfahrens eingehen, so haben sie alles getan, was ein zweiter tun kann, um das Lernen zu fördern. Das übrige bleibt die eigene Aufgabe des Lernenden.“ (J. Dewey, Demokratie und Erziehung. Weinheim 1993, S. 213)*

## 3 Akrobatik in 3D (Lena Burkhardt, Katharina Eberle)

### 3.1 Herz der Sache

Es geht um die Adressierung des Raumes. Ziel ist es, ein effizientes System zu finden, mit Hilfe dessen akrobatische Figuren in einer Botschaft notiert werden können, die lediglich aus Schriftzeichen besteht. Eine weitere Personengruppe soll die Figur lediglich aus der Botschaft mit möglichst geringer Abweichung vom Original modellieren können. Eignet sich dafür das dreidimensionale Koordinatensystem?

Die Schülerinnen und Schüler denken sich dafür in Kleingruppen selbst eine akrobatische Figur aus, die später an eine andere Gruppe in einer schriftlichen Botschaft weitergegeben und von dieser nachgestellt wird, wodurch sofort ein persönlicher Bezug zur Sache geschaffen ist.

### 3.2 Bezug zum Bildungsplan

Die Lernumgebung schult die prozessbezogene Kompetenz **Modellieren**: Die SchülerInnen wählen zur Realsituation „Akrobatische Figur“ zunächst völlig selbstständig ein passendes mathematisches Modell aus, mit welchem sie ihre selbstaufgedachte Figur notieren. Das dreidimensionale Koordinatensystem wird ihnen vor dem zweiten Teil der Lernumgebung vorgestellt. Dadurch, dass die SchülerInnen trotzdem frei wählen können, ob sie dieses Modell für die Datenübertragung verwenden, setzen sie sich zwangsläufig damit auseinander, ob das System für diesen Zweck Sinn macht und bekommen dadurch ein besseres Gefühl für die Wahl eines passenden mathematischen Modells. Ob das Modell eine sinnvolle Wahl war, bekommen die SchülerInnen durch die Präsentation der Figuren von der nachstellenden Gruppe rückgemeldet.

Des Weiteren lernen die SchülerInnen, **mit symbolischen, formalen und technischen Elementen der Mathematik umzugehen**. Es wird ständig zwischen der natürlichen Sprache beim Erstellen der akrobatischen Figur und der symbolischen Sprache in der Botschaft gewechselt und dadurch ein Transfer hergestellt.

Eine weitere Kompetenz, die geschult wird, ist das **Kommunizieren**. Einerseits findet ein Austausch zwischen den Kleingruppen durch den Briefverkehr statt, wo Präzision in den Aussagen gefordert ist. Andererseits müssen die SchülerInnen innerhalb ihrer Gruppe kommunizieren, da sie gemeinsam eine Figur auswählen und einen Brief verfassen.

Im zweiten Teil der Lernumgebung soll es um das Verständnis und die Anwendung des dreidimensionalen Koordinatensystems gehen, welches nach dem Bildungsplan Baden-Württemberg von 2016 in der Klassenstufe 9/10 eingeführt und geübt wird. In diesen Klassenstufen ist die Leitidee **Raum und Form** stark durch das dreidimensionale Koordinatensystem geprägt, weshalb es wichtig ist, dessen Verständnis durch prozessbezogene Übungen zu fördern.

### 3.3 Konkrete Umsetzung

#### 3.3.1 Rahmenbedingungen

##### Material

Folgendes Material ist von der Lehrkraft vorzubereiten, wobei die Materialien, die in Klammern stehen, optional sind:

- 3 Stäbe oder Stöcke zur Visualisierung des 3D-Koordinatensystems
- Trennwand ca. 3m x 3m (z.B. Seil zwischen zwei Bäumen und Bettlaken darüber)
- 2 Briefumschläge pro Gruppe
- 2 weiße Blätter pro Gruppe
- 1 Bleistift pro Gruppe
- Etwas zum Notieren des Punktestands (z.B. kleine Tafel und Kreide)
- (Trillerpfeife)
- (1 Farbkärtchen pro Gruppe zur Gruppeneinteilung)
- (Kärtchen von 1-10 für die Jury)

### **Zielgruppe, Ort und Zeit**

Die Lernumgebung ist konzipiert für SchülerInnen der Klassen 9/10. Die Größe der Schülergruppe ist variabel. Je nach Teilnehmeranzahl entstehen unterschiedlich viele Dreier- und Vierer-Gruppen.

Diese Lernumgebung ist ausgelegt für zwei Doppelstunden und kann ideal bei der Hälfte geteilt werden.

Außerdem lässt sie sich sowohl draußen in der Natur als auch drinnen durchführen, wobei die Sicherheit auf dem Rasen besser gewährleistet ist. Es wird ein Treffpunkt für alle Gruppen zwischen den Arbeitsphasen benötigt, sowie für jede Gruppe einen visuell von den anderen Gruppen geschützten Ort.

Die Teilnehmer sollten so gekleidet sein, dass sie sich gut darin bewegen können (Röcke und Kleider beispielsweise eignen sich nicht). Alle weiteren Vorbereitungen können von der Lehrkraft während der Arbeitsphase der SchülerInnen getroffen werden.

### **3.3.2 Durchführung**

1. Begrüßung und Einteilung der Gruppen (10 min):

Die Lehrkraft begrüßt die Schülerinnen und Schüler als Teilnehmer des Trainingslagers, zu dem sie sich beworben haben und stellt sich selbst als Coach für diese Mission vor. Ziel der Teilnehmer ist es, bei der nächsten Mondlandung dabei zu sein, wofür nun trainiert werden muss. Allerdings haben nur zwei Personen in der Rakete und maximal zwei Personen in der Basisstation der Erde Platz, die mit den Astronauten kommuniziert. Die Teilnehmer werden also direkt in Gruppen von drei bis vier Personen geprüft.

Zur Einteilung der Gruppen ist eine Aufstellungsarbeit möglich. Die TeilnehmerInnen sollen sich entlang eines Strahls aufstellen, bei dem sie sich weiter links einordnen, wenn sie wenig akrobatische Erfahrung mitbringen und weiter rechts, wenn sie Akrobatikprofis sind. Wichtig ist, dass nicht zwei Personen an der gleichen Position stehen können. Es muss eine Reihe entstehen. Nun gehen jeweils die zwei Personen zusammen, die maximal weit voneinander entfernt sind, beginnend mit den beiden außen stehenden. Je zwei entstehende Pärchen finden sich selbstständig zu einer Kleingruppe zusammen und ordnen sich einem Farbkärtchen zu. Falls die Teilnehmerzahl keine Einteilung in reine vierer-Gruppen zulässt, ergeben sich zusätzlich Dreier-Gruppen.

## 2. Erläuterungen der Regeln und Ziel der Einheit: (5min)

Kurz vor der Landung der Rakete auf dem Mond müssen mehrere Knöpfe zugleich gedrückt werden. Welche das genau sind, wird aber erst kurz vor der Landung klar sein und muss von den Koordinatoren auf der Erde an die Astronauten kommuniziert werden. Diese Knöpfe sind häufig weit voneinander entfernt, wodurch akrobatische Fähigkeiten erforderlich sind, um die Knöpfe gleichzeitig zu erreichen und diese 20 Sekunden halten zu können.

Ein weiteres Problem ist, dass die Koordinatoren auf der Erde nur durch schriftliche Kommunikation mit den Astronauten in Kontakt treten können, weshalb eine präzise und möglichst kurze Beschreibung der Knöpfe nötig ist.

Hinzu kommt noch, dass die Astronauten während ihres Einsatzes gefilmt werden, weshalb die Ästhetik der Akrobaten eine wichtige Rolle spielt. Alles, was in der Rakete passiert wird live im Fernsehen übertragen. Die gewählten akrobatischen Figuren sollen so anspruchsvoll sein, dass die Werbewirkung für die Mission gut ist.

Die Aufgabe der SchülerInnen ist es nun: "Beweist, dass ihr die Gruppe mit den besten Koordinatoren und den besten Astronauten seid. Bestimmt innerhalb eurer Gruppe, welche zwei Personen die Astronauten und welche die Koordinatoren sind. Ihr habt nun gleich 30 Minuten Zeit, euch eine akrobatische Figur zu überlegen und diese so aufzuschreiben, dass eine andere Gruppe diese anschließend allein aus dieser Nachricht entschlüsseln und nachstellen kann. Ihr werdet hinterher dafür bewertet, wie schön die Figur ist und wie exakt die Kopie ist. Ihr habt also großes Interesse daran, dass eure Botschaft von der nachstellenden Gruppe entziffert werden kann.

Achtet darauf, dass ihr in eurer Botschaft klar macht, wie die Figur zur Kamera hin ausgerichtet sein soll. Ihr bekommt hier Papier, einen Bleistift und einen Umschlag. Innerhalb von max. 500 Schriftzeichen sollt ihr eure Figur beschreiben (Achtung: nur Zeichen einer Tastatur und keine Zeichnungen sind erlaubt) und dann treffen wir uns um ...Uhr wieder hier am Treffpunkt. Kurz vor Ablauf der Zeit werdet ihr einen Pfiff mit dieser Trillerpfeife hören, die das Warnsignal kurz vor der Landung simulieren soll."

**Sicherheitshinweis:** Je nach Gruppe ist es wichtig, Sicherheitsregeln einzuführen. Entweder es wird nur darauf hingewiesen, dass eine Person, die nicht Teil der akrobatischen Figur ist, immer als Hilfestellung bereit stehen muss, oder es wird gesagt, dass beide Astronauten zu jedem Zeitpunkt mindestens mit einem Körperteil den Boden berühren müssen.

## 3. Einstudieren (30min):

Die Gruppen suchen sich einen visuell geschützten Ort, an dem sie sich die Figur ausdenken und diese notieren.



Abbildung 1: Ausdenken einer Figur

4. Tausch der Botschaften (5 min):

Am Treffpunkt werden die Briefe reihum weitergegeben. Hinweis, dass jede Gruppe ihre erhaltene Nachricht auf Regelkonformität überprüfen soll: Sind die maximal 500 Zeichen eingehalten worden? Sind keine Zeichnungen auf dem Blatt? Für jeden Regelbruch werden nach der Präsentation zwei Punkte abgezogen. Treffpunkt ist in 15 Minuten am abgemachten Ort.

5. Entziffern und Einstudieren der erhaltenen Botschaft (15 min):

Die Gruppen gehen an ihren Ort zurück, lesen den erhaltenen Brief und versuchen, die akrobatische Figur nachzustellen.

6. Auflösung (25 min):

Die Lehrkraft muss bis zu diesem Zeitpunkt die Trennwand aufgebaut und vier Stühle so positioniert haben, dass die darauf sitzenden Personen beide Seiten der Trennwand gleichzeitig sehen können. Auf jeden Stuhl werden Bewertungskärtchen von "1" bis "10" bereitgelegt.



Abbildung 2: Aufbau der Trennwand

Es werden alle Figuren nacheinander präsentiert, wobei jeweils die Gruppe, die sich die Figur ausgedacht hat, links der Trennwand und die nachstellende Gruppe rechts der Trennwand steht. Wenn beide akrobatischen Figuren stehen, kann der Vorhang weggenommen werden, sodass sich die Akrobaten gegenseitig sehen.



Abbildung 3: Präsentieren der Figuren

Eine dritte Gruppe fungiert als Jury und nimmt während der Präsentation auf den be-

reitgestellten Stühlen Platz. Die Lehrkraft wiederholt an dieser Stelle nochmal folgende Kriterien für die Bewertung: Ästhetik und Exaktheit der Kopie. Jedes Jurymitglied entscheidet sich für eine Punktzahl von 1-10, die er/sie den beiden Gruppen geben will und wählt die passende Bewertungskarte aus. Wenn sich jede\*r entschieden hat, werden die Kärtchen hochgehalten. Die Gruppe bildet selbstständig den Mittelwert gerundet auf ganze Zahlen und die Lehrkraft notiert die Punkte für beide darstellenden Gruppen auf der Tafel.

Nun wird rotiert: Die Jury begibt sich auf die linke Seite der Trennwand, die Gruppe, die gerade dort war, geht nach rechts und eine weitere Gruppe wird zur Jury. Es wird so lange rotiert, bis jede Figur präsentiert wurde. Nun werden die Punkte der Gruppen aufaddiert. Frage nach Regelkonformität der Nachrichten und evtl. Punktabzug.

#### 7. Einführung des 3D-Koordinatensystems (10min):

Darstellung des 3D-Koordinatensystems mit den Stöcken/Stäben und kurze Einführung/Wiederholung. Hier kann die Lehrkraft eine\*n SchülerIn exemplarisch im Koordinatensystem positionieren erklären, wie die Lage einzelner Gelenkpunkte abgelesen werden kann (Z.B. Rechte Hand auf  $(1/0/0.5)$ ).

Anschließend beginnt die zweite Phase, in der der Arbeitsauftrag derselbe ist wie in Phase 1 mit dem Unterschied, dass das 3D-System benutzt werden darf (aber nicht muss) und die Botschaft nun nur noch maximal 100 Zeichen enthalten darf. Hinweis darauf, dass die Orientierung des Koordinatensystems im Raum in der Botschaft klar gemacht werden muss, sowie auch die Einheiten. Die SchülerInnen sollen sich in 30 Minuten wieder am Treffpunkt einfinden.

#### 8. Einstudieren (30 min)

#### 9. Tausch der Botschaften (1 min)

#### 10. Entziffern und Einstudieren der erhaltenen Botschaft (15 min)

#### 11. Auflösung (15 min):

Am Ende der Auflösung kann ein Siegerteam gekürt werden, das die Mondmission durchführen darf.

Falls der Bedarf nach noch mehr Übung im 3D-Koordinatensystem da ist, beziehungsweise falls das Koordinatensystem nicht von den Schülern verwendet wurde, können sich noch weitere Phasen anschließen. Ein Vorschlag ist, dass eine Einigung auf Einheiten und Orientierung der Achsen stattfindet und nur mit maximal 50 Zeichen gearbeitet werden darf, um die Dringlichkeit der Verwendung des Systems zu verschärfen,

### **3.4 Didaktische/pädagogische Hintergründe**

#### **Freiheit und Struktur:**

Es ist wichtig, dass eine Lernumgebung weder zu viel Struktur vorgibt, noch zu viele Freiheiten lässt.

In dieser Lernumgebung werden unter anderem folgende Freiheiten gegeben: Die SchülerInnen dürfen selbstständig festlegen, wer in ihrer Gruppe Astronaut und wer Koordinator ist. Sie erfinden die akrobatische Figur frei und bepunkteten als Jury selbstständig die anderen Gruppen. Eingegrenzt werden die Freiheiten durch Struktur, die durch das Regelwerk vorgegeben ist. Die Figur muss von genau zwei Personen ausgeführt werden, die Nachricht ist durch 500/100 Zeichen begrenzt und darf keine Zeichnungen enthalten. Für jeden Ar-

beitsauftrag ist ein Zeitlimit vorgegeben und bei der Bewertung durch die Jury sind die Kriterien vorher festgelegt.

**Riemann-Thomann:**

Nach dem Modell von Riemann-Thomann hat jedes Individuum alle vier Grundstrebungen: Nähe, Distanz, Dauer und Wechsel in sich. Es ist wichtig, dass eine Lernumgebung alle Grundstrebungen enthält.

In dieser Lernumgebung findet jede\*r TeilnehmerIn **Nähe** zu der eigenen Gruppe, mit der er/sie zusammenarbeitet. Gleichzeitig **distanziert** man sich von den anderen Gruppenmitgliedern dadurch, dass jede\*r andere Voraussetzungen mitbringt und damit eine andere Rolle in der Gruppe einnimmt. Für zwei Doppelstunden wird in den gleichen Kleingruppen gearbeitet, was die **Dauer** anspricht, wobei allerdings ein häufiger **Wechsel** der einzelnen Phasen stattfindet.

**EIS-Prinzip:**

Nach dem EIS-Prinzip ist Lernen besonders effektiv, wenn man von der enaktiven Phase über die ikonische zur symbolischen Phase übergeht.

In dieser Lernumgebung findet die enaktive Phase beim Überlegen und Ausprobieren der akrobatischen Figur statt. Die ikonische Phase ist je nach Gruppe unterschiedlich stark ausgeprägt. Einige Gruppen werden Skizzen anfertigen, bevor sie die Botschaft verfassen. Letztendlich wird die Figur symbolisch im Brief an die anderen Gruppen notiert.



## 4 Camera Obscura (Isabelle Martin, Simon Bayer)

...über den Bau einer Camera Obscura und das Erzeugen eines persönlichen Abbildes von der Welt

### 4.1 Herz der Sache

Die SuS machen mittels einer selbstgebauten Camera Obscura ein Foto von einem Gegenstand, der von ihnen persönlich ausgesucht wurde. Doch wo müssen die SuS die Camera Obscura aufstellen, so dass der gewählte Bildausschnitt maximal das Foto ausfüllt? Durch die Anwendung des Strahlensatzes soll es den SuS gelingen, ihr persönliches Abbild der Welt zu erfassen.

### 4.2 Bezug zum Bildungsplan

Eine mathematische Grundbildung hat zum Ziel<sup>5</sup>

- die Rolle der Mathematik in der Welt zu verdeutlichen und die Schülerinnen und Schüler in die Lage zu versetzen, mathematisches Wissen funktional einzusetzen und in vielfältigen Situationen mathematisch begründet Entscheidungen zu treffen oder Aussagen zu beurteilen.
- technische, natürliche, soziale und kulturelle Erscheinungen und Vorgänge mithilfe der Mathematik wahrnehmen, verstehen und unter Nutzung mathematischer Gesichtspunkte beurteilen.
- Mathematik mit ihrer Sprache, ihren Symbolen, Bildern und Formeln in der Bedeutung für die Beschreibung und Bearbeitung von Aufgaben und Problemen inner- und außerhalb der Mathematik kennen und begreifen.
- in der Bearbeitung von Fragen und Problemen mit mathematischen Mitteln allgemeine Problemlösefähigkeit erwerben.
- Probleme analysieren, Strategien zum Problemlösen auswählen, anwenden und daraus einen Plan zu Lösung entwickeln

Das Erstellen von Portraits spielt in der Geschichte eine bedeutsame Rolle. Die Camera Obscura ist die erste einfache Erfindung, um optische Abbildungen zu erzeugen. Heutzutage machen die SuS mit ihrem Handy vermutlich mehrere Fotos am Tag. Diese Lernumgebung greift dieses Alltagsphänomen Abbilder erzeugen auf und gibt einen mathematischen Lösungsansatz, wie man mit einer Lochkamera ein scharfes und vollständiges Foto erzeugt. Hierbei spielt nicht nur der Strahlensatz (Jahrgangsstufe 8/9) eine bedeutsame Rolle. Auch ein Ausstecher in die physikalischen Gesetzmäßigkeiten der Optik sind relevant.

Neben den fächerspezifischen Inhalten werden die Fähigkeiten in den Bereichen Modellieren, Abstrahieren und im Problemlösen gefördert. Je nach dem welchen Gegenstand sich die Gruppen für ihr Foto ausgesucht haben, können die Lösungsansätze unterschiedlich ausfallen.

Beim Erarbeiten der Rahmenbedingungen für ihr Foto können sich die SuS gegenseitig helfen und die Thematik innerhalb ihrer Gruppe gemeinsam erarbeiten. Durch das

---

<sup>5</sup>Bildungsplan 2016, Mathematik, Gymnasium, Seite 5, Seite 28

Auftauchen unvorhergesehener Probleme werden die SuS auch in den Bereichen kreatives Denken und Durchhaltevermögen gefördert. Ein perfektes Foto zu machen, erfordert neben der Theorie auch Zeit und Geduld.

Relevante Fragen könnten sein:

- Wie groß ist mein Gegenstand, von dem ich ein Foto machen will und wie groß ist mein Bild?
- Wo muss ich meine CO aufstellen, damit mein Gegenstand das Foto ausfüllt?
- Was muss ich beim Bau der Camera Obscura alles beachten?
- Wie funktioniert die Fotografie und wie entwickelt man eigentlich ein Foto?

## 4.3 Konkrete Umsetzung

### 4.3.1 Rahmenbedingungen

#### Material

- Für den Bau der Camera Obscura: Bauanleitung<sup>6</sup>, Schuhkartons, Klebestifte, Alufolie, Schuhkarton, Nadel, schwarze Acrylfarbe, Pinsel, Kreppband, zusätzliche Pappe, Cutter, Schere, ggfls. Material zur Verzierung
- Für das Demonstrieren: Camera Obscura mit Pergamentpapier auf der einen Seite, Kerze, abgedunkelter Raum
- Für das Foto: Polaroidfotos (schwarz-weiß), Tesa/Kleber, Dunkelkammer, Entwicklungslampe, Walzen (Nudelholz)
- Sonstiges: Seil/Band, Stifte, Papier, Meterstab, Tesa, Papierschnipsel in einem Beutel für die Gruppenzuteilung

#### Ort

Für den Bau der Camera Obscura eignen sich zusammengestellte Tische (großer Basteltisch). Der Gegenstand für das Foto ist beliebig (drinnen oder draußen). Für das Entwickeln der Fotos benötigt man einen vollkommen abgedunkelten Raum.

#### Zeit

Teil 1 - Bau der Kamera: 90 Minuten (10 Minuten Einführung; 5 Minuten Material vorstellen, 60 Minuten Bauen der Kamera, 7 Minuten Aufräumen, 8 Minuten Abschluss und Überleitung zu Teil 2)

Teil 2 – Foto schießen: 120 Minuten (10 Minuten Einführung, 10 Minuten Demonstration der Funktionsweise anhand einer Kerze, 10 Minuten Gegenstand aussuchen und Bild auf Papier aufzeichnen, 30 Minuten Kamera platzieren und Überlegungen auf Papier verdeutlichen, 10 Minuten Museumsrundgang, 15 Minuten Foto schießen und entwickeln, 10 Minuten Präsentieren der Ergebnisse, 20 Minuten Gruppenfoto machen und entwickeln, 5 Minuten Abschluss)

---

<sup>6</sup><https://www.talu.de/lochkamera-selber-bauen/> oder <https://www.leifiphysik.de/optik/lichtausbreitung/versuche/lochkamera-heimversuch> (31.08.2018)

## Zielgruppe

Der Bau einer CO eignet sich für die SuS der 8./9. Klasse. In diesen Klassenstufen ist der Strahlensatz als Thema vorgesehen. Die vorliegende Lernumgebung bietet sowohl einen Einstieg in dieses Thema, kann aber auch problemlos als Vertiefung der Lerninhalte genutzt werden. Für einen Einstieg in das Thema Strahlensatz sollte sich der Lehrer eventuell inhaltliche Hilfestellungen überlegen. Aber auch in der Oberstufe könnte man diese Lernumgebung verwenden. Der Strahlensatz stellt kein zentrales Thema vor und die Abituraufgaben fordern selten die Kenntnis des Strahlensatzes. Dennoch kann die Lernumgebung die Freude im Umgang mit Mathematik fördern. Der Lehrer könnte außerdem die Bildfläche als Ebene und die Strahlen als Geraden im Raum auffassen und das Thema „Geometrie“ in die Lernumgebung integrieren.

### 4.3.2 Durchführung

#### Teil 1: Bau der Camera Obscura:

Die SuS werden blind in ein Raumschiff alias Klassenzimmer geführt. Eine Zeitreise ins 14. Jh. soll die SuS in die Problematik der damaligen Zeit in Bezug auf Abbildungen erzeugen realer einführen. Handlungsorientiert wird das generelle Prinzip der Funktionsweise einer CO gezeigt. Hierzu stellt sich eine freiwillige Person in etwa drei Meter gegenüber einer Wand hin. Eine weitere Person macht zwischen Wand und der Person mit ihren Händen das Loch der CO. Mittels einer Schnur werden die Lichtstrahlen, die von der stehenden Person ausgehen, simuliert. Zwei Lichtstrahlen von Kopf und Fuß gehen durch das Loch und treffen auf die Wand. Eine dritte freiwillige Person macht gegen die Wand nun einen Handstand. Sie stellt das Bild des "Gegenstandes" dar und ist höhen- und seitenverkehrt.

Die SuS werden durch zufälliges Ziehen von Farbschnipseln in Kleingruppen (Farbgruppen) eingeteilt. Nun beginnt der Bau der CO. Hierfür dient eine Bauanleitung (s.o.). Krepppapier und farbiges Tonpapier dient der persönlichen Verzierung. Hierfür haben die SuS 60 Minuten Zeit. Danach wird gemeinsam aufgeräumt und mit dem Raumschiff wieder zurück ins Hier und Jetzt geflogen.



Abbildung 1: Jede Gruppe baut und verziert ihre eigene Camera Obscura

## Teil 2: Foto schießen

Zu Beginn wird ein exakter Kreis gebildet. „Die selbst gebaute Camera Obscura soll heute zum Einsatz kommen und es soll ein Foto geschossen werden. Doch was genau wird eigentlich auf diesem Foto abgebildet?“ Gemeinsam gehen die Schüler in einen abgedunkelten Raum, bilden einen Kreis um einen Tisch, auf dem eine Kerze und eine Camera Obscura mit Transparentpapier als Bildebene steht. Die Tür wird geschlossen, die Kerze angezündet und die SuS betrachten in einem Rundgang schweigend das Bild der Flamme auf dem Pergamentpapier. Jeder soll sich nun für sich Gedanken machen, was da genau passiert.

Nun ist die Aufgabe ein geeignetes Fotomotiv zu finden. Nach dem Ich-Du-Wir-Prinzip einigen sich die SuS in ihren Farbgruppen auf einen Gegenstand, den sie abbilden möchten und skizzieren ihr gewünschtes Foto auf Papier. Der Gegenstand soll das Foto maximal ausfüllen. Die SuS kommen wieder in einem exakten Kreis zusammen. Der Arbeitsauftrag lautet: „Ihr habt nun 30 Minuten Zeit eure selbst gebaute Camera Obscura so zu platzieren, dass euer Gegenstand maximal auf dem Foto zu sehen ist. Veranschaulicht eure Überlegungen auf Papier. Diese Skizze sollt ihr später mit dem gemachten Foto vergleichen.“ Nach 30 Minuten versammeln sich die SuS wieder in einem exakten Kreis und als Museumsrundgang präsentiert jede Farbgruppe ihr Ergebnis.



Abbildung 2: Vermessen und Aufstellen der Camera Obscura für das perfekte Foto

Anschließend wird das Foto geschossen. Die SuS sollen sich in der Dunkelkammer selbst organisieren. Zunächst muss das Foto in der Dunkelkammer in die Kamera geklebt werden, anschließend wird das Foto geschossen und in der Dunkelkammer mit Walzen ausgerollt und so entwickelt. Die Belichtungszeit wird angegeben. Nun werden die Ergebnisse im Vergleich zu den skizzierten Bildern präsentiert. Als finale Aufgabe soll die komplette Gruppe nun mit einer der Kameras ein Gruppenfoto schießen. Für das Platzieren der Gruppe und der Kamera, dem Schießen des Fotos und die Entwicklung hat die Gruppe 20 Minuten Zeit. Im Abschluss wird das Gruppenfoto präsentiert und die SuS haben die Möglichkeit Fragen und Gedanken zu den letzten 115 Minuten zu äußern.

## 4.4 Didaktische/pädagogische Hintergründe

### Martin Wagenschein

In dieser Lernumgebung werden drei Prinzipien von Martin Wagenschein angewandt. Zum einen schließt diese Lernumgebung an das historisch-genetische Prinzip an. Die SuS benutzen ihr Smartphone täglich, um Fotos damit zu machen. Die Camera Obscura ist die erste einfache Erfindung, um optische Abbildungen zu erzeugen. Somit beschäftigen sich die SuS mit dem historischen Werdegang der Erzeugung von Abbildungen. Das Lehren wird am Entstehen der Kameratechnik ausgerichtet. Als zweites Prinzip wird der *Einstieg mittendrin* angewandt. Zu Beginn von Teil 2 wird ohne auf die Mathematik, Physik oder Funktionsweise der CO zu verweisen das Abbild einer Kerze mit einer CO betrachtet. Dennoch fesselt der Anblick des Abbildes der Kerze die Aufmerksamkeit der SuS. Es herrscht ein Moment absoluter Stille im Raum. Es finden automatisch tiefgreifende Denkprozesse statt. Von diesem Einstieg geht es ins Elementare der Funktionsweise einer CO. Die Theorie hinter dem Phänomen wird erarbeitet. Zum Schluss wird mittels des entwickelten Fotos das Phänomen erneut betrachtet. Dieser Ringschluss Phänomen - Theorie - Phänomen stellt das dritte Prinzip dar. Der Ringschluss schließt die Lernumgebung rund ab.

### Freiheit und Struktur

In dieser Lernumgebung findet man viele Stellen, in der eine Struktur vorgegeben wird, zugleich aber Freiheiten gelassen werden.

Struktur	Freiheit
Gruppengröße, Zeitvorgaben, verfügbares Material, Bedingungen für das Schießen eines Fotos (Belichtungszeit, Größe, ...)	Rollen im Team, freies Zeitmanagement innerhalb der Vorgabe, kreatives Arbeiten mit dem Material
<b>Zielgerichtete Aufgabenstellung</b> im Detail: Baut eure eigene Camera Obscura (CO) entsprechend der Anleitung.	Verzierung, Farbkodierung Aufgabenverteilung innerhalb der Teams Am Ende eine persönliche CO.
Ihr sollt ein Foto mit eurer CO machen.	Von welchem Gegenstand bzw. Person/en bleibt der Gruppe überlassen. Jede Gruppe macht ihr eigenes persönliches Foto.
Das Foto soll maximal ausgenutzt werden. Wo muss dafür je nach eurem Gegenstand eure CO stehen? Der Strahlensatz kann helfen.	Der Strahlensatz kann helfen. Es gibt aber viele Wege, diese Aufgabe zu meistern. Der Weg bleibt den SuS überlassen.

## **Riemann-Thomann-Modell**

Die Lernumgebung ist im Riemann-Thomann-Modell wie folgt zu verorten:

### **Distanz**

Die SuS werden auf drei verschiedene Arten mit dem Phänomen der Bildentstehung konfrontiert. Im zweiten Teil betrachten die SuS schweigend die Abbildung der brennenden Kerze auf dem Pergamentpapier der Camera Obscura. Dabei sind sie die passiven und damit distanzierten Betrachter des Phänomens. Jeder macht sich zuerst individuell Gedanken, bevor sie ihre Überlegungen in der Gruppe untereinander austauschen; also aus der Distanz in die Nähe (Think-Pair-Share Prinzip). Das Bauen der eigenen Camera Obscura in Kleingruppen erfolgt mit individueller Gestaltung (Unverwechselbarkeit).

### **Nähe**

Anschließend sind die SuS direkt mit dem Phänomen der Abbildung konfrontiert. Sie sind die Akteure, die dieses Phänomen in ihrem eigenen Abbild verwirklichen und anwenden möchten. Das Schießen des Gruppenfotos schafft Nähe. Ein erfolgreiches Foto wird nur durch gutes Teamwork entstehen.

### **Wechsel**

Die Lernumgebung ist durch eine hohe Aufgabenheterogenität charakterisiert. Die SuS bauen, basteln, kreieren, formen, betrachten, organisieren, durchdenken, rechnen, messen. . . Sie lernen mathematische und physikalische Gesetze kennen, bauen eine Kamera, entwickeln ein Foto und gestalten ein Bild.

### **Dauer**

Die SuS bleiben während der ganzen Lernumgebung in ihrer Farbgruppe. Die Lernumgebung beinhaltet verschiedene Aufgaben, die letztendlich alle das Ziel verfolgen, ein Foto zu schießen. Somit ist ein roter Faden zu erkennen, der die Lernumgebung mehr in Richtung Dauer verortet.

### **EIS-Prinzip**

- *Enaktiv*: Der Strahlensatz wird zu Beginn mit Seilen aufgespannt. Die Drehung des Bildes wird durch zwei Personen dargestellt.
- *Ikonisch*: Die Ideen zur korrekten Positionierung der Camera Obscura werden auf Papier aufgemalt.
- *Symbolisch*: Die Verhältnisse des Strahlensatzes werden als Formel aufgeschrieben und so die Abstände berechnet. Alternativ werden die Abstände auf andere Art berechnet und so symbolisch zu Papier gebracht.

### **Fächerübergreifender Unterricht**

Die Lernumgebung eignet sich hervorragend für ein fächerübergreifendes Projekt. Die Fächer Kunst, Physik, Chemie und Mathematik können den fachspezifischen Aspekt der Fotoentwicklung beleuchten und innerhalb der beschriebenen Lernumgebung vermitteln.

Im Kunstunterricht wird die Kamera gebaut und verziert. Im Physikunterricht wird unter dem Themenpunkt Optik Lichtausbreitung, Lichtstrahlen, Abbildungen und optisches Abbildungsgesetz besprochen. In der Chemie kann man das Entwickeln von Filmmaterial behandeln. Und letztendlich ist das Schaffen eines persönlichen Fotos ein Kunstwerk und kann in einer schulischen Ausstellung gezeigt werden.

## 5 Schiffsbau (Fabian Zimmerer)



### 5.1 Herz der Sache

In Kleingruppen werden Schwimmkörper mit einer bestimmten Tragfähigkeit unter Nutzung möglichst weniger Ressourcen entworfen, gebaut und getestet. Ressourcenknappheit und Wettbewerb machen dabei eine Genauigkeit erstrebenswert, welche mathematische Methoden notwendig macht.

### 5.2 Bezug zum Bildungsplan

Die Lernumgebung kann in allen Klassenstufen durchgeführt werden. Auf die Anpassungsmöglichkeiten an die verschiedenen Klassenstufen wird zusätzlich im Abschnitt 5.4 eingegangen.

#### Prozessbezogene Kompetenzen:

Die Entwicklung und der Bau eines möglichst tragfähigen Schiffes in Gruppenarbeit fördert in allen Klassenstufen die **Kommunikationskompetenz** und die **Problemlösekompetenz**. Die Problemlösung anhand eines experimentellen Zugangs (Klassen 5-8) schult die SuS im **Modellieren** während durch einen theoretischeren Zugang (eher Klasse 9/10) das **Argumentieren und Beweisen** gefördert wird.



## Inhaltsbezogene Kompetenzen:

- Klasse 5/6: Die Tragfähigkeit eines Materials ist durch einen proportionalen Zusammenhang beschrieben. Dieser kann im Rahmen der Lernumgebung von den SuS erkannt, experimentell untersucht und mithilfe des Dreisatzes beherrscht werden. Leitideen: **Funktionaler Zusammenhang, Messen**
- Klasse 7/8: Die SuS können einfache Gleichungen für Berechnungen der Tragfähigkeit von Schwimmkörpern nutzen. Dazu werden den SuS zur Lernumgebung grundlegende Formeln verfügbar gemacht. Leitideen: **Zahl-Variable-Operation, Funktionaler Zusammenhang**
- Klasse 9/10: Die Volumina schwimmfähiger ungleichmäßiger Formen können nun auch anhand ihrer Maße näherungsweise bestimmt werden. Leitidee: **Messen**

## 5.3 Konkrete Umsetzung

### 5.3.1 Rahmenbedingungen

#### Zeit:

- Zur Durchführung der hier vorgestellten Lernumgebung benötigt man etwa drei Stunden Zeit. Es empfiehlt sich jedoch eine kurze einführende Unterrichtseinheit zur Vertiefung und Erwerb von notwendigem Vorwissen durchzuführen.
- Zusätzlich erfordert diese Lernumgebung umfangreiche Vorbereitungen vonseiten der Lehrperson. Es müssen Materialien besorgt, geeignetes Gelände erkundet und die Lernumgebung an Klassenstufe und Gegebenheiten angepasst werden.

#### Ort:

- Ein **Wasserbecken** von ausreichenden Dimensionen (z.B. ein Fluss oder See) ist notwendig, um die Boote zu testen. Die Nähe eines Waldstücks, dessen totes Holz für das Bauprojekt genutzt werden kann, ist praktisch. Die Lernumgebung wird am besten bei gutem Wetter unter freiem Himmel durchgeführt.

#### Material:

- **Baumaterial:** Holz, leere Plastikflaschen, Luftballone, Plastikfolien (z.B. aus aufgeschnittene Müllsäcken), Müllsäcke...
- **Bastelwerkzeuge:** Schnüre, Scheren, optional auch Sägen (Dann Sicherheitseinweisung nicht vergessen!) sowie Farbe und Stoffreste.
- **Messwerkzeuge:**
  - Waagen (Körperwaage, Küchenwaage) zur **Gewichtsbestimmung** (Messbereich richtet sich nach den Dimensionen der zu bauenden Schwimmkörper)
  - Lineale und Maßbänder zur **Volumenbestimmung**. In der Unterstufe kann eine Wasserwanne mit angebrachter Skala verwendet werden.
- **Rechenhilfen** Taschenrechner, Schreibzeug, gegebenenfalls Formelsammlung und Handout (dazu könnte der Anhang oder Ausschnitte daraus genutzt werden.)

- **Gummibärchen** als Währung (Pro Gruppe eine Packung)

### Mathematisch-physikalische Hintergründe:

vgl. Anhang.

### 5.3.2 Durchführung

#### Einführung in die Lernumgebung 15min:

Die SuS werden mit der Lernumgebung vertraut gemacht. Zunächst werden hierfür die Spielregeln erklärt.

- **Spielregeln:**

- **Aufgabenstellung:**

In Kleingruppen aus ca. 4 Personen soll innerhalb von zwei Stunden ein Boot entworfen und gebaut werden, welches ein bestimmtes Mindestgewicht tragen kann (z.B. 6kg, realisiert durch eine entsprechende Anzahl mit Flüssigkeit gefüllter Flaschen in einem Getränkekasten). Als Baumaterial darf ausschließlich am Boden liegendes Holz sowie am Marktplatz erworbenes Material verwendet werden. Diese Aufgabenstellung wird an einem zentralen Platz aufgehängt und erklärt.

- **Werkstatt:**

Hier finden die Gruppen Messgeräte und Werkzeug. Die Messgeräte und das Werkzeug dürfen einen klar definierten Werkstattbereich nicht verlassen.

- **Marktplatz:**

Am Marktplatz können weitere Baumaterialien, aber auch andere Hilfsmittel (wie z.B. eine mathematische Formelsammlung oder physikalische Hintergründe) gekauft werden. Die für den Einkauf gültige Währung sind Gummibärchen.

Am Marktplatz hängt eine Preisliste aus, die wie folgt aussehen kann:

Handout: Einführung in den Schiffsbau:	1/10 Pkg. Gummibärchen pro Stck.
math. Formelsammlung	1/10 Pkg. Gummibärchen pro Stck.
1-Liter-Plastikflasche:	1/8 Pkg. Gummibärchen pro Stck.
Luftballon mit Durchmesser 25 cm:	1/2 Pkg. Gummibärchen
1 große Plastikfolie:	1/8 Pkg. Gummibärchen pro Stck.

... ..

Ab ... Uhr befindet sich zusätzlich im Angebot:

Schnur: 1 Gummibär pro Meter

... ..

Die Preise werden natürlich besser in Stückzahlen aufgeschrieben.

- **Budget:** jeder Gruppe wird ein Budget von einem Päckchen Gummibärchen ausgehändigt.

– **Preis (optional):**

Die Motivation der SuS kann erhöht werden durch die Ankündigung, dass die einbezahlten Gummibärchen im Anschluss als Preisgeld unter denjenigen Gruppen verteilt werden, welche am wenigsten ihres Budgets ausgegeben haben.

• **Gruppeneinteilung:**

Nach Erklärung der Spielregeln werden von der Lehrperson **Gruppen zu jeweils 4 Personen** eingeteilt. Es ist sinnvoll in den Gruppen folgende Rollen zu verteilen: **Zeitmanager** (achtet auf die Uhrzeit), **Kassenwart** (verwaltet Budget), **Koordinator** (kennt die Aufenthaltsorte aller Gruppenmitglieder) und **Materialwart** (achtet darauf, dass Werkzeuge aufgeräumt werden).

• **Einflussmöglichkeiten der Lehrperson:**

Es wird ein **Schallsignal** vereinbart (z.B. Trillerpfeife), auf welches sich aus jeder Gruppe schnellstmöglich eine Person am Marktplatz einfindet. Auf diese Weise können Angebotsänderungen (z.B. die Freigabe von Schnüren und Sägen für den Bau) oder andere Nachrichten schnell an die verschiedenen Gruppen kommuniziert werden.

**Planungsphase 60min:**

Das Spiel beginnt...

- **Markt und Werkstatt** öffnen erst **ca. 10 Minuten nach Beginn** des Spiels. Dadurch sind die SuS genötigt sich vor dem Bau auf theoretischer Ebene mit den vorhandenen Möglichkeiten und mathematischen Lösungsansätzen auseinanderzusetzen.
- **Schnüre und Sägen** werden erst **nach 60 Minuten** zur Verfügung gestellt. Dadurch wird mit den vorhandenen Baumaterialien ausführlich experimentiert und ein fundiertes Konzept erarbeitet, bevor mit dem eigentlichen Bootsbau begonnen wird.

### Bauphase 60min:



Abbildung 1: Gewichtsmessung eines Schwimmkörpers mit Hilfe einer Körperwaage

- Sobald die Schnüre und Sägen zur Verfügung stehen, werden die Gruppen nach und nach dazu übergehen, ihre Boote zu bauen.
- Durch **Bereitstellung von kostenfreier Farbe** oder bunten Stoffresten wird den SuS **gegen Ende der Bauphase** die Anregung gegeben, ihr Schiff zu personalisieren. Gruppen, die früher fertig sind als die anderen, können sich so bis zum Ende der Bauzeit beschäftigen.

### Testphase 30min:

- Die Gruppen werden ins **Plenum** beordert und die Boote werden zum Wasserbecken transportiert.
- **Test:** Nacheinander präsentieren die Gruppen ihr Boot und ihren Lösungsansatz im Plenum mit wenigen Sätzen und belasten es direkt danach im Wasser nach und nach mit dem entsprechenden Gewicht.
- Die Spannung und Aufmerksamkeit kann erhöht werden, wenn die anderen SuS vor jedem Test bewerten, ob das Schiff das Gewicht tragen kann oder nicht. Die SuS, die ihr Urteil gebildet haben, verschränken die Arme. Wenn alle Arme verschränkt sind, dann wird per Handzeichen abgestimmt. Mit etwas Glück kommt es hinterher zu Überraschungen.
- Gegebenenfalls wird im Anschluss ein Gewinnerteam ermittelt, an welches das Preisgeld ausgehändigt wird.



Abbildung 2: Richtig berechnet: Das Boot kann die Last tragen!

#### **Aufräumphase:**

Es ist klar, dass alle Orte so verlassen werden müssen, wie sie vorgefunden wurden. Die Boote werden jeweils von ihren Erbauern demontiert und der Abfall fachgerecht entsorgt.

### **5.4 Anpassungsmöglichkeiten**

Die Lernumgebung kann durch folgende Veränderungen an alle Klassenstufen angepasst werden:

#### **Einschränkung des Ortes:**

- Für die 5.-6. Klasse ist Wasserzugang während der Planungsphase zur experimentellen Bestimmung von Tragfähigkeiten absolut notwendig. Die Berechnung der Tragfähigkeit eines Materials kann dann unter Nutzung des Dreisatzes erfolgen. (Vgl. Anhang, Gleichung (8)).
- Der theoretische Zugang, der bei fehlendem Wasserzugang gewählt werden muss, ist deutlich anspruchsvoller und ab der Mittelstufe durchführbar.

#### **Theoretisches Hintergrundwissen**

- Eine vorbereitende Unterrichtseinheit zum Thema kann dazu beitragen, dass die Lösungswege der SuS die angestrebte mathematische Komplexität erreichen. Vor allem in der Mittelstufe (7./8. Klasse) empfiehlt sich, entsprechende Grundlagen in einer vorgeschobenen Unterrichtsstunde zu behandeln (Vgl. Anhang, Gleichung (5.6.3)).

- Auch am Marktplatz verfügbares Hintergrundwissen kann die Wahrscheinlichkeit bestimmter Lösungsansätze erhöhen. Dazu eignen sich Ausschnitte der mathematischen Hintergründe (vgl. Abschnitt 5.6). Ab der 9. Klasse können diese während der Lernumgebung selbständig von den SuS erarbeitet werden.

### Messgeräte

- Die **Volumenbestimmung** von Objekten könnte in der 7./8. Klasse über eine Wasserwanne mit Skala erfolgen. In der Oberstufe sind die SuS gefordert, die Volumina zu vermessen und abzuschätzen und somit frisch erworbenes Wissen über Berechnung unterschiedlicher Volumina anzuwenden.

### Einschränkung des Baumaterials:

Die Lernumgebung vereinfacht sich durch Einschränkung des verwendbaren Baumaterials.

- Die maximale Tragfähigkeit eines Floßes aus einem einzigen Material ist durch einen einfachen linearen Zusammenhang gegeben. (vgl. Anhang, Gleichung (8)).
- Falls ausschließlich leichte, luftgefüllte Behälter für den Bau zugelassen sind, so ist die Formel zur Bestimmung der Tragfähigkeit des Materials maximal einfach (vgl. Anhang Gleichung (9)).
- Bei Beschränkung auf handelsübliche Plastikflaschen mit aufgedruckter Volumenangabe in Litern kann sogar auf eine Volumenmessung verzichtet werden.

### Rohstoffpreise und Lastgewicht

Durch Festlegung des Lastgewichts sowie der Rohstoffpreise am Marktplatz kann großer Einfluss auf die möglichen Lösungen genommen werden.

- Bei der Variation ist zu beachten: Je höher das Lastgewicht gewählt wird, desto niedriger müssen die Preise festgesetzt werden. Bei der Festlegung der Preise sind die Formeln für die Tragfähigkeiten der Materialien nützlich (vgl. (8) und (9) im mathematischen Anhang).
- Beispiel für sinnvolle Anpassung: Wenn viel kostenfreies Holz zur Verfügung steht, kann das Lastgewicht so weit erhöht werden, dass eine Lösung ausschließlich mit Holz schwer möglich ist.

## 5.5 Didaktische/pädagogische Hintergründe

Es wird nur auf zwei Aspekte eingegangen, welche für diese Lernumgebung von zentraler Bedeutung sind.

### Die Vier Pädagogen

Die wesentlichen Einflussfaktoren auf eine Lernumgebung sind durch die vier Pädagogen: die Mitschüler, die Lehrperson, den Raum und das Material gegeben (Valera & Maturana).

- Während des Spiels werden die SuS außerdem in ihren Handlungen fast ausschließlich durch Veränderung des verfügbaren Materials beeinflusst. Besonders deutlich wird die Wirkung, welche Veränderung von **Raum und Material** auf eine Lernumgebung haben kann, durch die im Abschnitt ( ) diskutierten Anpassungsmöglichkeiten.
- Durch die Formatierung der **Mitschüler** wird ebenfalls Einfluss genommen. Je kleiner die Gruppengröße desto mehr individuelles Engagement wird gefordert. Durch das Format eines Wettbewerbs wird die Kooperation zwischen den Gruppen vermindert. Die Methoden und Lösungen unterscheiden sich dadurch stärker voneinander.

### Aufwertung der Mathematik

Ein Kernanliegen dieser Lernumgebung ist es, dass die SuS die Mathematik als ein sinnvolles und wertvolles Hilfsmittel erleben. Konkret können SuS folgende Erfahrungen sammeln:

- **Mathematik ist sinnvoll** : Ohne Lebensweltbezug verkommt Mathematik zum Selbstzweck. Die Anwendung von Mathematik im außerschulischen Lebensraum auf ein selbstgebautes Objekt bewirkt einen sinnstiftenden und motivierenden Lebensweltbezug.
- **Mathematik als notwendige Hilfe**: Das Budget, welches in ein Boot investiert werden muss, ist (durch die geforderte Mindesttraglast) nach unten und (durch das begrenzte Budget) nach oben beschränkt. Dadurch soll eine Genauigkeit erstrebenswert gemacht werden, für welche mathematische Methoden absolut notwendig sind. Im Idealfall kommt diese Lernumgebung daher ohne das explizite Diktat einer mathematischen Vorgehensweise aus.
- **Mathematik macht Spaß**: Es handelt sich hier um eine offene Lernumgebung, welche den SuS die Möglichkeit zu selbstbestimmtem Lernen bietet. Die Mathematik ist in eine haptisch-kreative Aufgabe eingebettet, welche in Form eines Spiels präsentiert wird. Darüber hinaus findet die Lernumgebung teilweise im Freien statt. Dies sind gute Voraussetzungen dafür, dass die Lernumgebung von den SuS positiv erlebt wird. Positive Assoziationen zum Mathematikunterricht sind in jedem Falle förderlich für langfristige Lernerfolge.
- **Mathematik ist wertvoll**: Mathematische Grundlagen und Tipps sind am Marktplatz nur gegen (leckere) Bezahlung erhältlich. Die SuS bezahlen für Mathematik und lernen dabei im Idealfall, dass Mathematik wertvoller ist als Gummibärchen ;-).

### 5.6 Anhang: Mathematisch-physikalisches Hintergrundwissen (Bootsbau)

Im folgenden werden aus Kräfteverhältnissen die Formeln hergeleitet, welche zur Bestimmung der Tragfähigkeit eines Bootes benutzt werden können. Nicht alle sind zwingend notwendig.

### 5.6.1 Physikalisches Grundwissen

Bekannt ist, dass für einen Körper der Masse  $m$  und Volumen  $V$  gilt:

$$F_G = m \cdot g \quad (\text{Gewichtskraft auf einen Körper}) \quad (1)$$

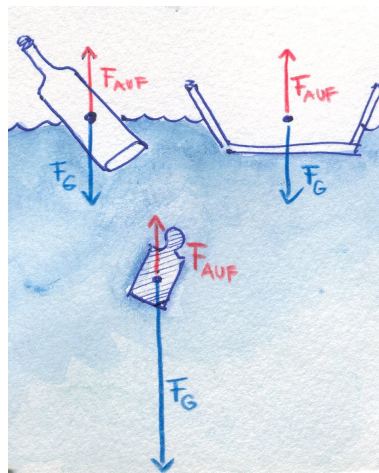
$$\rho = \frac{m}{V} \quad (\text{Dichte eines Körpers}) \quad (2)$$

Dabei ist  $g \approx 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  der Ortsfaktor bzw. die Erdschwerebeschleunigung.

### 5.6.2 Die Auftriebskraft

- **Definition der Auftriebskraft:**

Im Wasser wirkt auf den Körper zusätzlich zur Gewichtskraft  $\vec{F}_G$  eine Kraft nach oben: die Auftriebskraft  $\vec{F}_{\text{Auf}}$ .



Je nachdem welche Kraft größer ist, schwimmt ein Gegenstand nach oben oder geht unter. Ein Gegenstand schwimmt an die Oberfläche, falls gilt:

$$F_{\text{Auf}} > F_G \quad (3)$$

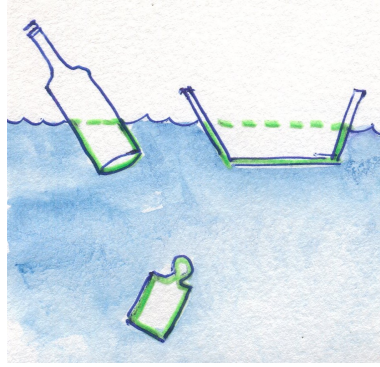
- **Definition des Verdrängungsvolumens:**

Die Auftriebskraft hängt davon ab, wie weit der Körper ins Wasser hineinragt. Das Volumen der vom Körper verdrängten Wassermasse  $m_{\text{Wasser}}$  heißt Verdrängungsvolumen  $V_{\text{Verdr.}}$ .

$$m_{\text{Wasser}} := \text{Masse des verdrängten Wassers} \quad (4)$$

$$V_{\text{Verdr.}} := \text{Verdrängungsvolumen} \quad (5)$$





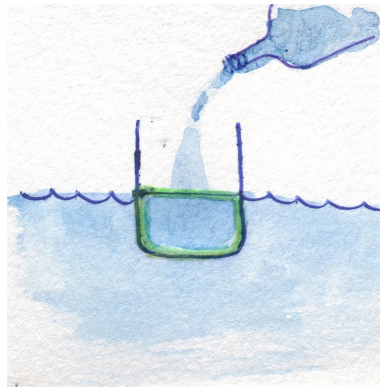
Das Verdrängungsvolumen der Schwimmkörper ist hier grün umrandet.

- **Berechnung der Auftriebskraft:**

Die Auftriebskraft ist so groß wie die Gewichtskraft der vom Körper verdrängten Wassermasse  $m_{\text{Wasser}}$ . Es gilt also:

$$F_{\text{Auf}} = m_{\text{Wasser}} \cdot g = (\rho_{\text{Wasser}} \cdot V_{\text{Verdr.}}) \cdot g \quad (6)$$

Die Dichte von Wasser beträgt  $\rho_{\text{Wasser}} \approx 1000 \text{ kg/m}^3$



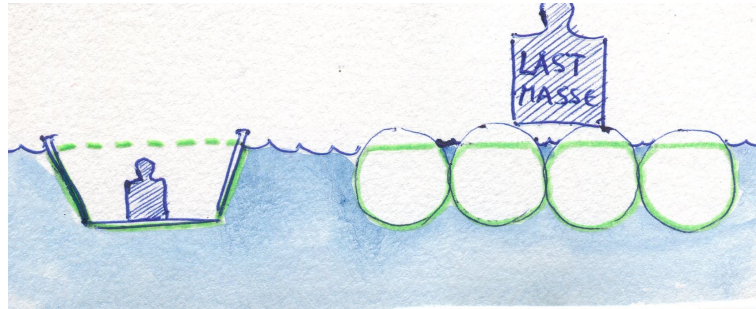
Mit dem hier abgebildeten Experiment kann die Formel leicht überprüft bzw. abgeleitet werden (Material: Wasser und Plastikbehälter)

- **Schwimmbedingung für einen Gegenstand:**

Damit ein Gegenstand mit Masse  $m_{\text{Gegenstand}}$  auf dem Wasser schwimmt, muss die nach oben wirkende Auftriebskraft mindestens so groß sein wie die nach unten wirkende Gewichtskraft (vergleiche (3)). Zusammen mit den vorhergehenden Definitionen kann diese Formel umgeformt werden, bis sie nur noch gut messbare Größen enthält:

$$\begin{aligned}
 & F_{\text{Auf}} > F_G \\
 \Leftrightarrow & \textcircled{1} \quad m_{\text{Wasser}} \cdot g > m_{\text{Gegenstand}} \cdot g \\
 \Leftrightarrow & \quad m_{\text{Wasser}} > m_{\text{Gegenstand}} \\
 \Leftrightarrow & \textcircled{2} \quad \rho_{\text{Wasser}} \cdot V_{\text{Verdr.}} > m_{\text{Gegenstand}} \\
 \Leftrightarrow & \quad \rho_{\text{Wasser}} > \frac{m_{\text{Gegenstand}}}{V_{\text{Verdr.}}} \quad (7)
 \end{aligned}$$

Das Verdrängungsvolumen kann hier abgeschätzt werden als das Volumen des Gegenstandes, welches sich bei maximaler Belastung unter Wasser befindet, ohne dass der Körper untergeht.



Skizze zur Bestimmung des Verdrängungsvolumen zweier maximal belasteter Schwimmkörper. Das Verdrängungsvolumen ist grün umrandet.

### 5.6.3 Tragfähigkeit eines Bootes

Die Masse eines belasteten Bootes bzw. Gegenstandes setzt sich zusammen aus der Bootsmasse und der Masse der Last. Es gilt also  $m_{\text{Gegenstand}} = m_{\text{Last}} + m_{\text{Boot}}$ . Die Formeln ergeben sich völlig analog zur Berechnung von (7):

$$\Leftrightarrow \textcircled{1} \quad m_{\text{Wasser}} \geq m_{\text{Last}} + m_{\text{Boot}}$$

$$\Leftrightarrow \textcircled{2} \quad \rho_{\text{Wasser}} \cdot V_{\text{Verdr.}} \geq m_{\text{Last}} + m_{\text{Boot}}$$

$$\Leftrightarrow \rho_{\text{Wasser}} \geq \frac{m_{\text{Last}} + m_{\text{Boot}}}{V_{\text{Verdr.}}}$$

Mit letzter Formel kann überprüft werden, ob ein Boot ein bestimmtes Gewicht tragen kann oder nicht. Als Verdrängungsvolumen  $V_{\text{Verdr.}}$  ist dazu das Wasservolumen zu bestimmen, welches vom Boot bei maximaler Belastung verdrängt wird. Vergleiche dazu die Skizze weiter oben.

### 5.6.4 Tragfähigkeit eines bestimmten Materials

Zur Berechnung der maximalen Tragfähigkeit eines Materials/Gegenstands setzt man in obige Formel folgende Informationen ein:

$$m_{\text{Boot}} = m_{\text{Material}}$$

$$V_{\text{Verdr.}} = V_{\text{Material}} \quad (\text{Das Materialvolumen ist vollständig unter Wasser gedrückt})$$

$$V_{\text{Material.}} = \frac{m_{\text{Material}}}{\rho_{\text{Material}}} \quad (\text{wobei } \rho_{\text{Material}} := \text{Materialdichte})$$

Man erhält dann einen linearen Zusammenhang zwischen der Materialmasse  $m_{\text{Material}}$  und der maximalen Lastmasse  $m_{\text{Last}}$ .

$$m_{\text{Material}} \cdot \left( \frac{\rho_{\text{Wasser}}}{\rho_{\text{Material}}} - 1 \right) \geq m_{\text{Last}} \quad (8)$$

Die Dichte des Materials kann durch Abschätzung des Volumens und Messung der Masse mithilfe einer Waage experimentell bestimmt werden.

### 5.6.5 Tragfähigkeit leichter Luftbehälter

Einweg Pet-Flaschen und Luftballons sind Gegenstände mit sehr geringer Dichte. Die Masse dieser Gegenstände ist daher experimentell schwer zu bestimmen. Die Tragfähigkeit kann daher leichter über das Volumen ermittelt werden. Dazu erinnern wir uns an die Schwimmbedingung (5.6.3). Und setzen folgende Informationen ein:

$$m_{\text{Boot}} = m_{\text{Material}} \approx 0 \quad (\text{Diese Masse ist vernachlässigbar gegenüber } m_{\text{Last}})$$

$$V_{\text{Verdr.}} = V_{\text{Material}} \quad (\text{Das Materialvolumen ist vollständig unter Wasser gedrückt})$$

Dies führt auf die einfache Bedingung:

$$\rho_{\text{Wasser}} \cdot V_{\text{Luftbehälter}} \geq m_{\text{Last}} \quad (9)$$

Die von einem leichten Luftbehälter tragbare Last entspricht demnach genau der Masse der verdrängten Wassermenge.

## 6 Escape Room (René Kirsch, Clara)

### 6.1 Herz der Sache

Lösen von Aufgaben im Team unter Zeitdruck in einer fiktiven Ausbruchsituation.

### 6.2 Bezug zum Bildungsplan

Ein Escape-Room als Lernumgebung ist ein vielseitig anwendbares Konzept, das vor allem fachübergreifende, allgemeine Kompetenzen, wie z.B. „Leistungsbereitschaft, Konzentrationsfähigkeit, Ausdauer, Sorgfalt, Exaktheit und Zielstrebigkeit“ (S.3) sowie soziale Kompetenzen wie das erfolgreiche Kommunizieren (S.15) und das Zusammenarbeiten mit Mitschülern fördert. „Dabei spielen die eigenständige Bearbeitung von Frage- und Problemstellungen, die Reaktivierung des Vorwissens, die Auseinandersetzung mit unterschiedlichen Zugangs- und Lösungsmöglichkeiten, ein konstruktiver Umgang mit Fehlern und die Möglichkeit zur Kooperation zwischen den Lernenden eine wichtige Rolle“ (S. 9). Besonders im Vordergrund der Lernumgebung steht die prozessbezogene Kompetenz des „Probleme Lösen“ (S.12), wie beispielsweise das Entnehmen von „Informationen aus den gegebenen Texten und Bildern“ (2.2.2, S. 12) , das „Zerlegen in Teilprobleme“ (2.2.6, S. 12) und das Nutzen von „Hilfsmitteln“ (2.2.4., S. 12) und „Zusammenhängen zwischen unterschiedlichen Teilgebieten der Mathematik zum Lösen“ (2.2.12, S.12) der Aufgaben. Außerdem werden Kompetenzen geschult, die auch zum „Modellieren“ (S. 13) wichtig sind wie: „wesentliche Informationen entnehmen und strukturieren.“ (2.3.1, S.13), „relevante Größen und ihre Beziehungen identifizieren“ (2.3.4, S.13) und „die Beziehungen zwischen Größen mithilfe von Variablen, Termen oder Gleichungen beschreiben“ (2.3.5, S.13) Nicht zuletzt wird natürlich auch der Umgang mit technischen Elementen der Mathematik durch das „Ausführen von Berechnungen“ (2.4.4, S.14) und das „Anwenden und Kombinieren von Routineverfahren“ (2.4.5, S.14) geschult.

Während des Escape Rooms oder in der anschließenden Diskussion können außerdem „Lösungswege verglichen werden“ (2.2.16, S.12).

Der Escape Room eignet sich unserer Meinung nach sehr gut, um auf spielerische und spaßige Art Wissen abzufragen.

## 6.3 Konkrete Umsetzung

### 6.3.1 Rahmenbedingungen

Material: Videoabspielgerät (Laptop bzw. Tablet), Papier, Stifte, Taschenrechner, 3 Umschläge mit Rätseln (s.u.), 2 Zahlenschlösser mit jeweils 3 Ziffern, 1 Vorhängeschloss mit Schlüssel, Expander, ein USB Stick, ein Kreuz an der Wand, Wolle, Kreppklebeband

Ort: Raum (mit Tür)

Vorbereitungszeit: beim ersten Mal 30h pro Person (das meiste in Partnerarbeit) Aufgabenverteilung innerhalb der Teams Am Ende eine persönliche CO.

Durchführungszeit: 1,5h

Zielgruppe hier Studierende (kann man aber auch für Schüler runterbrechen)

### 6.3.2 Durchführung

Wir empfehlen vor der eigenen Gestaltung eines Escape-Rooms ein Escape-Spiel (vor allem Brettspiele) selbst zu spielen, um ein Gefühl für den Aufbau, die Rätsel, die Hinweise und die Situation zu bekommen.

#### Einführung

Zuerst tauschen sich die Schüler nach einer Aufstellungsarbeit zur eigenen Erfahrung mit Escape-Rooms über diese aus. Nach dem Austausch bilden sie selbständig Dreier- und Vierer-Gruppen. Daraufhin gehen alle geschlossen in einen der vorbereiteten Räume (siehe Abbildung 1).



Abbildung 1: Vorbereiteter Tisch mit Videoabspielgerät, Papier, Stiften, Taschenrechner, drei Umschlägen mit Rätseln, wobei die letzten beiden mit dreistelligen Zahlenschlössern und Wollfaden gesichert sind. Der Türrahmen wird mit Hilfe eines Expanders und eines Vorhängeschlosses symbolisch verschlossen. An der Wand muss ein Kreuz hängen, hinter welchem ein USB Stick und der Schlüssel nach draußen versteckt sind.

Dort werden die Aufgaben und Regeln erklärt (gibt's auch noch einmal schriftlich):

- Ziel: Schlüssel finden, der aus dem Raum hinausführt.
- Dafür muss man durch drei Räume in Form von drei Umschlägen.
- Diese sind durch dreistellige Zahlenschlösser gesichert.
- Es kann auch etwas aus vorherigen Räumen gebraucht werden.
- Ein Video führt in die Geschichte ein und gibt Hinweise.
- Nur bei technischen Schwierigkeiten darf man nachfragen.

Die Gruppen verteilen sich auf die vorbereiteten Räume und starten das Einführungsvideo.

### **Escape Room**

Das Video zeigt einen Wissenschaftler, der berichtet, die Firma, in der er arbeitet, führe Tierversuche durch, von welchen er Fotos gemacht habe. Diese seien auf einem Stick abgespeichert und zusammen mit dem Schlüssel nach draußen in seinem Büro versteckt. Es beginnt ein Countdown von 60 Minuten.

Die Schüler müssen sich nun durch die verschiedenen Räume (Rätselumschläge) kämpfen und am Ende den Ort des Sticks und des Schlüssels herausfinden. Dabei beinhaltet ein Raum die Lösung für den Zahlencode des folgenden Raumes bzw. ein Lösungswort.

## Raum 1

1. Maß für die Streuung der Wahrscheinlichkeitsdichte  
 2. Bakterienwachstum  
 3. Kern  $= 0 \rightarrow$   
 4.  $\log(1)$   
 5. Fluss und Mathematiker  
 6. Gausssverteilung  
 7. Richtung des steilsten Anstiegs  
 8. Ana  
 9. Interpolation mit kubischen ...  
 10. Mathematischer Körperschmuck  
 11.  $34 \bmod 7$   
 12. Nicht semi-linear sondern ...linear  
 13. VR der Homos, die von V nach K abbilden  
 14. War auf 10 Mark Schein abgebildet  
 15. n lin.unabh. Vek. In einem n. dim. VR

*Liebe in Not, alle  
DREIcke dem der  
Teilt durch*

*Helfer der Zählt  
möglichst in Logo  
Firma, sic DREI.*

2  $\int (3x^2 + \pi \sin(\pi x)) dx = 2$

Abbildung 2: Die Rätsel des ersten Raumes. Die Schüler lösen ein Kreuzworträtsel, finden die korrekte Anzahl von Dreiecken in dem Firmenlogo und berechnen ein Integral. Die Reihenfolge der Lösungsziffern wird durch die großgeschriebenen Zahlen festgelegt

Der zum ersten Raum gehörende Umschlag ist mit einer „1“ versehen und ist unverschlossen. Die Schüler finden darin Rätsel (siehe Abbildung 2), deren Lösung zum Zahlencode für den zweiten Umschlag führt. Die Schüler können sich selbst organisieren und sich die Arbeit aufteilen oder sich gemeinsam der Herausforderung stellen.

Zur Wahl der Rätsel sei an dieser Stelle gesagt, dass es sich bewusst um Aufgaben handelt, welche man nicht ausschließlich mit Schulwissen lösen kann, um den Schwierigkeitsgrad zu erhöhen. (Dieser Escape Room ist für Mathe-Studierende erstellt worden). Die Rätsel sind so gestellt, dass es einige kleine Erfolgserlebnisse gibt, etwa wenn man die Wörter auf den Pergamentstücken in der richtigen Reihenfolge liest oder das Integral richtig löst. Auf diese Weise wird die Frustrationsgrenze, welche sich bei Knobelrätseln leicht einstellen kann, heruntersetzt.

Das Kreuzworträtsel stellt das schwierigste Rätsel in diesem Raum dar. Die vollständige Bearbeitung ist jedoch, nachdem man das Lösungswort herausgefunden hat, nicht nötig. Besonders eifrige Studenten können dann nach dem Ausbruch aus dem Tierversuchslabor die fehlenden Wörter herausfinden.

Um die Frustrationsgrenze noch weiter zu senken, werden im Video in regelmäßigen Abständen (ca. alle fünf Minuten) kleine Hinweise eingeblendet, die den Ausbruch erleich-

tern bzw. dem Schüler ein gutes Gefühl geben sollen, wenn sie bereits vor dem Hinweis auf die Lösung gekommen sind. Die Hinweise verraten den Knackpunkt der einzelnen Rätsel, ohne deren Lösung direkt anzugeben. Die Hinweise des ersten Raumes lauten:

- Berechnet das Integral.
- Lest die Seiten des Pergamentstücks abwechselnd.
- Das Kreuzworträtsel offenbart die Verwendung des Decodierers. Das Lösungswort gibt euch eine Zahl.

## Raum 2

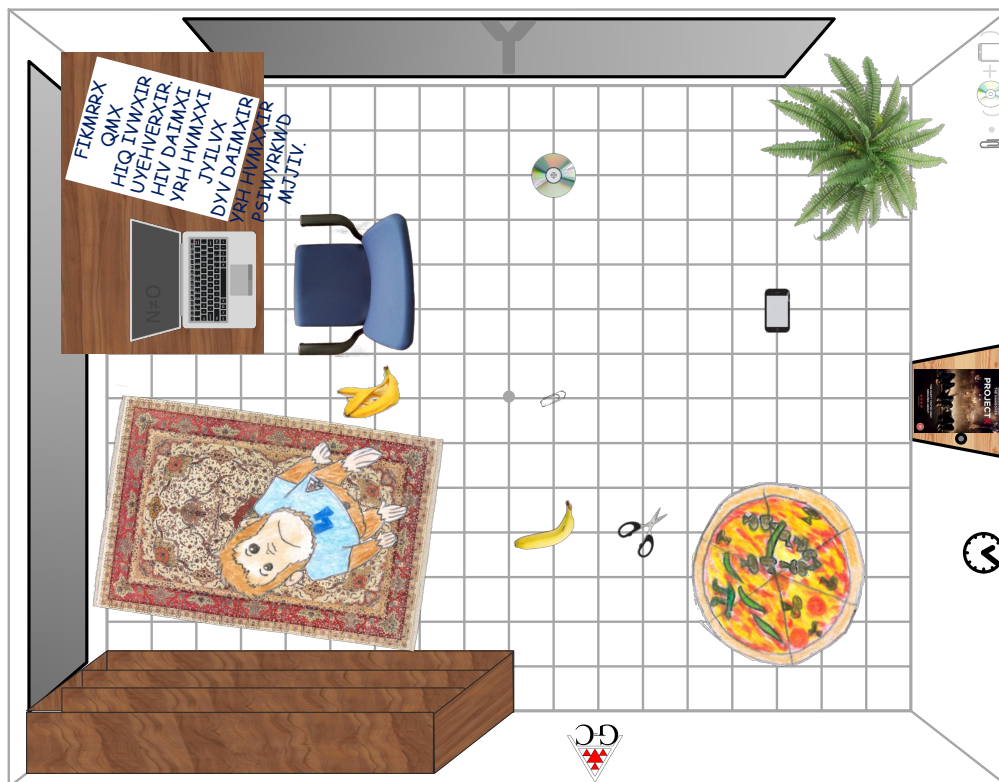


Abbildung 3: Das Büro des Sicherheitschefs aus dem Video. In diesem Raum sind alle Rätsel, welche zur Zahlenfolge für das dritte Schloss führen, in die Raumgestaltung integriert. Lösung: 744

Nachdem die Schüler das Zahlenschloss des zweiten Umschlags geknackt haben, gelangen sie in den zweiten Raum (siehe Abbildung 3), der diesmal wie ein Büro gestaltet ist. Es gibt keine zusätzlichen Rätsel, alle Aufgaben sind in den Raum integriert.

Mit Hilfe des „Decodierers“ aus dem ersten Umschlag können die Schüler die Schrift auf dem Zettel entziffern. Dieser Text offenbart die Reihenfolge der drei Lösungsziffern, welche es noch zu errechnen gilt. Oben rechts im Bild befindet sich eine Formel, welche Vektoraddition und Multiplikation erfordert, unten rechts befindet sich eine Pizza, deren Fläche durch geteilt werden muss und unten links steht eine „4“ auf dem Shirt des Affen.



Auch hier erhalten die Schüler Hinweise zur Lösung der Rätsel:

- Findet die Koordinatenachsen im Raum.
- Die Gegenstände sind nicht zufällig platziert.
- Der lat. Buchstabe auf der Pizza steht für ein zwei-dimensionales metrisches Maß.
- Schaut euch das Firmenlogo an der Wand genau an.

Zusätzlich zu den Hinweisen erhalten die Schüler die Lösung für das erste Zahlenschloss (um den zweiten Umschlag zu öffnen) im Video, falls sie nach einer gewissen Zeit (30 min) noch nicht auf dessen Lösung gekommen sind. Somit kann jede Gruppe jeden Raum bespielen, auch wenn sie nicht von selbst auf die Lösung gekommen ist.

### Raum 3

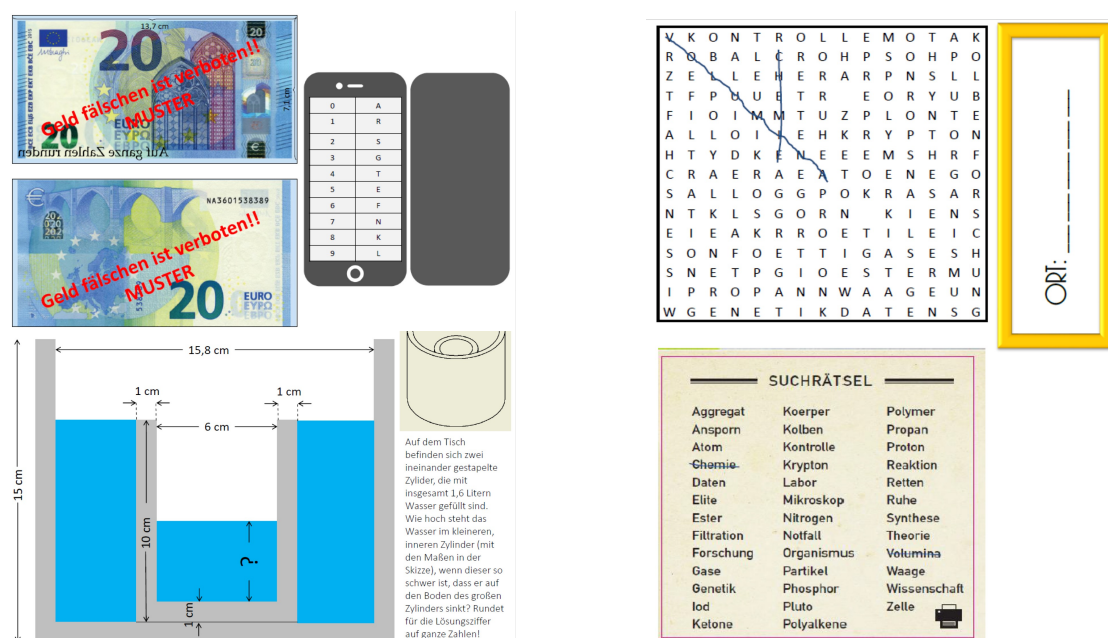


Abbildung 4: In diesem Raum müssen die Schüler die Länge der Geldscheinfalz bestimmen, wenn man eine Ecke des Scheins auf die diagonal gegenüber liegende faltet, ein Suchrätsel bearbeiten und die Höhe des Wasserstands in einem runden Zylinder ermitteln. Lösungswort: Kreuz.

Dieser Raum gleicht dem Design des ersten. Hier gibt es wieder einzelne Rätsel, welche diesmal jedoch nicht zu einer Lösungszahl, sondern zu einem Lösungswort führen. Dieses kennzeichnet den Ort des Schlüssels und des Sticks.

Diesmal lauten die Hinweise folgendermaßen:

- Die Länge der Geldscheinfalz gibt euch eine Zahl.
- Die verbleibenden Buchstaben im Buchstabensalat sind Bestandteile des (W)ortes.

- Der Decodierer ist überflüssig. Das Smartphone ist ein Zahlen-Übersetzer.

Wenn noch 10 min verbleiben, erscheint auch diesmal im Video wieder die Lösung des vorherigen Raumes, sodass jede Gruppe den dritten Raum zumindest betrachten kann. Die mathematischen Rätsel sind diesmal eher auf Geometrie und Gleichungen ausgelegt. Zusätzlich gibt es ein Buchstabenrätsel, welches sehr zeitintensiv, jedoch sehr leicht zu lösen ist.

Die Rätsel können für verschiedene Klassenstufen bzw. Themengebiete angepasst werden. Folgende Aspekte sind jedoch immer zu beachten:

- Man muss auf die Lösung eines Raums ohne Hinweise kommen können.
- Die Reihenfolge der Ziffern muss ersichtlich sein.
- Eine Mischung aus anspruchsvollen und leichten Rätseln fördert die Knobelbereitschaft.
- Zeitintensive Rätsel wie der Buchstabensalat eignen sich gut, um das Projekt in die Länge zu ziehen und dafür zu sorgen, dass sehr starke Teams nicht viel früher fertig sind.

Zeitintensive Rätsel wie der Buchstabensalat eignen sich gut, um das Projekt in die Länge zu ziehen und dafür zu sorgen, dass sehr starke Teams nicht viel früher fertig sind.



Abbildung 5: Das Video begleitet die Schüler während des ganzen Escape-Rooms. Links läuft die Zeit von 60 Minuten ab und rechts werden Hinweise bzw. die Lösungen der vorherigen Räume durchgegeben.

### Feedback

Nachdem jeder entkommen oder die 60 Minuten überschritten worden sind, treffen sich alle in einem der Räume. Dort werden folgende Aufstellungsarbeiten als Feedback durchgeführt:

- Wie anspruchsvoll war der Escape Room?



- "Welcher Raum war der schwierigste? und "Welcher Raum war der coolste?"



- Für Lehramtsstudierende: "Könnt ihr euch dieses Konzept für die Schule vorstellen?"

Zur letzten Frage wurden folgende Aspekte diskutiert.

- Der Escape Room als schöner Abschluss vor Ferien.
- Der Escape Room als Möglichkeit das Gelernte vor einer Klassenarbeit zu wiederholen.
- Das Konzept Escape Room als eine Form der Klassenarbeit. (Abfrage unter Zeitdruck)
- Schüler erstellen in Kleingruppen Aufgaben für einen Escape Room. Diese können (nachdem der Lehrer diese angeschaut hat) zu einem (oder mehreren) Escape Room(s) zusammgebaut werden, welche(n) die Schüler dann lösen können.

## 6.4 Didaktische/pädagogische Hintergründe

### Selbständigkeit und Selbstbestimmtheit der Schüler



Die ausbrechenden Schüler sind ein System, das keinen äußeren Einfluss braucht, um sich zu entwickeln und die gestellten Probleme zu lösen. Alle benötigten Informationen sind in den Umschlägen und im Video enthalten. Die Lehrperson kann sich vollkommen aus der Lernumgebung herausnehmen und den Schülern die Freiheit lassen, auf ihre eigene Art und Weise aus dem Raum zu entkommen. Der Lehrer kann sogar danebenstehen, ohne, dass die Schüler ihn als Störung wahrnehmen.

### Lernen durch Spielen

Kinder entwickeln kognitive, motorische, emotionale und soziale Fähigkeiten im Spiel. Spielen ist also eine ganz natürliche Form des Lernens, bei der die Spielenden oft gar nicht bemerken, dass gerade ein Lernprozess stattfindet. Außerdem weckt das Spiel automatisch Neugierde, Lernmotivation und Lernfreude.

Um den Schülern den nötigen Spielraum zu lassen, muss die Lehrperson vorher eine klare Struktur in Form von Spielregeln vorgeben, innerhalb derer sich die Schüler frei bewegen können. Diese Rolle wird in unserem Fall hauptsächlich von der Geschichte des Wissenschaftlers übernommen. Sie erklärt ganz eindeutig, dass man den USB Stick mit den geheimen Fotos und den Schlüssel aus dem Labor finden muss, der das Vorhängeschloss öffnet. Dass man im Raum eingeschlossen ist, impliziert dabei automatisch, dass z.B. nur das Material im Raum verwendet werden darf und dass es nicht möglich ist zwischendurch auf die Toilette zu gehen.

Dabei lassen die Rätsel und Regeln den Schülern so viel Freiheit, dass sie selbst entscheiden können, wie sie an die Aufgaben herangehen. Dabei entscheiden sie sich selbst für Lösungswege, die Aufgabenverteilung und die Reihenfolge.

Ein schöner Nebeneffekt von Spielregeln ist, dass der Lehrer die Verantwortung für die

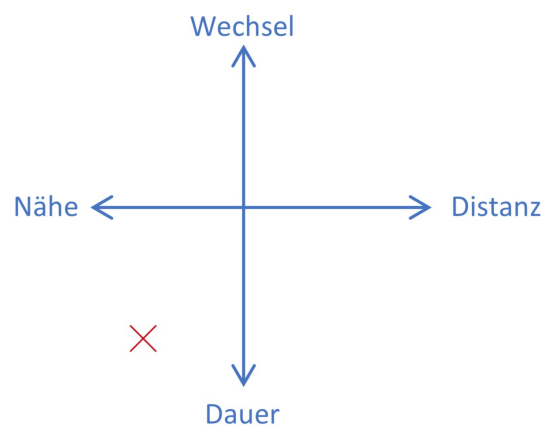
Regeln an das Spiel abgeben kann. Wie oben erwähnt werden so automatisch Regeln festgelegt, die sonst, wenn der Lehrer sie vorgäbe, u.U. zu Diskussionen führen könnten.

### Ressourcenknappheit

Besonders viel Adrenalin und damit auch Spielspaß erhält der Escape Room durch seine strikte Zeitvorgabe. Die Schüler erleben, wie schwer es sein kann, leichte Aufgaben unter Zeitdruck zu lösen und dass die vermeintlich perfekte Methode nicht zwangsläufig die zeiteffektivste ist. Auch das Material ist begrenzt (nur ein Taschenrechner, jedes Rätsel nur einmal ausgedruckt, ...). Um in der vorgegebenen Zeit herauszukommen ist also eine gute Absprache und Arbeitsteilung nötig.

### Einordnung im Modell von Riemann-Thomann

Die Gruppe befindet sich während des Escape Rooms die ganze Zeit in einem Raum (Nähe) und arbeitet gemeinsam (Nähe) dauerhaft daran mit Hilfe des Lösens von Rätseln aus dem Raum zu entkommen. Gelegentlich ist es sinnvoll sich die Rätsel untereinander aufzuteilen, was trotz räumlicher Nähe etwas Distanz mit einfließen lässt. Trotzdem verschimmt der individuelle Beitrag in der Gruppenleistung. Dies kann von Vorteil sein, um Bloßstellung zu vermeiden und Gruppengefühle zu verstärken.



Die Schüler können aber auch das Gefühl haben, dass der eigene Beitrag nicht gewürdigt wird. Die verschiedenen Räume (Umschläge) bringen Abwechslung in den Aufgaben, ändern jedoch nichts an der Tatsache, dass dauerhaft Rätsel gelöst werden müssen.