

YPT TOOLKIT

Ein Leitfaden für die Implementierung von problembasiertem
Lernen im Unterricht und zur Vorbereitung auf YPT
Wettbewerbe



Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Unterstützung des Inhalts dar, der nur die Ansichten der Autoren widerspiegelt. Die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.



1. Über das Toolkit

Das Toolkit erfüllt einen doppelten Zweck wonach das Format des Toolkits ausgelegt ist:

Im Unterricht

1) Einerseits möchten wir Lehrerinnen ein Toolkit zur Verfügung stellen, das ihnen ermöglicht IYPT (International Young Physicists' Tournament) Probleme im normalen Unterricht zu verwenden. Das Toolkit bietet Lehrern Anweisungen und Vorschläge, um Lehreinheiten nach dem IYPT Prinzip zu gestalten. Diese Teile sind in Grün dargestellt und sollen Lehrerinnen bei der Implementierung von IYPT Aufgaben in einer normalen Unterrichtsumgebung helfen. Dies kann eine Einführung in das IYPT sein, aber es kann ebenso verwendet werden, um den Unterricht bunter zu gestalten. Wir hoffen, dass unsere Vorschläge dazu beitragen, Projekte zu gestalten, die die Zahl der physikinteressierten Schülerinnen erhöht.

IYPT

2) Andererseits soll dieses Toolkit eine Verbreitung der IYPT Plattform ermöglichen, indem es Lehrern und anderen Pädagogen hilft, mehr Schüler einzubeziehen. Wir wissen, dass das IYPT, obwohl es als außerschulische Aktivität anerkannt ist, sowohl für Lehrerinnen als auch für Schüler eine hohe Eintrittsbarriere aufweist. Dieses Toolkit soll diese Barriere verkleinern. Die Elemente, die für aktuelle YPT Wettbewerbe besonders wichtig sind, sind blau gekennzeichnet und dienen in erster Linie dazu, die Lehrer auf das IYPT (oder lokale Bewerbe wie das AYPT (Austrian Young Physicists' Tournament) oder GYPT (German Young Physicists' Tournament)) vorzubereiten.

Allgemein

3) Beide Implementierungen haben viele Gemeinsamkeiten. Diese sind gelb markiert. Sie enthalten Informationen, die sowohl für Aktivitäten in der Klasse als auch für die Vorbereitung des YPT Wettbewerbs relevant sind.

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Unterstützung des Inhalts dar, der nur die Ansichten der Autoren widerspiegelt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.



2. Einleitung

Allgemein

2.1. Was ist das IYPT?

Das IYPT ist ein Teamwettbewerb für Schülerinnen der die tatsächliche Forschung in der Physik so weit wie möglich nachahmt. Jedes Jahr am Ende des Sommers veröffentlicht das IYPT 17 offene Probleme. Das auffälligste Merkmal des Wettbewerbs ist, dass diese Probleme oft noch keine bekannte Lösung haben oder die vollständige Lösung für Schüler zu komplex ist. Das Ziel besteht also nicht darin eine richtige Antwort zu finden, sondern festzustellen, wie gut die gegebene Antwort der Schüler ist. In Teams zu fünft untersuchen Schülerinnen diese Probleme bis zum nächsten Sommer, in dem das IYPT Turnier stattfindet.

Während des Turniers übernehmen drei Teams in einem „Physics Fight“ die Rolle des Reporters, Opponents und Reviewers.

Der Opponent fordert den Reporter zunächst auf, eines der vorbereiteten Probleme vorzustellen. Der Reporter hat zwölf Minuten Zeit, um seine Lösung für das Problem zu präsentieren.

Anschließend hat der Opponent zwei Minuten Zeit, um kurze Fragen zu stellen und legt dann eine kritische Zusammenfassung des Reports vor (bis zu vier Minuten). Der interessanteste Teil ist die folgende zehnminütige Diskussion zwischen dem Opponent und dem Reporter. Die Aufgabe der Opponentin ist nicht die Forschung der Reporterin in Frage zu stellen, sondern ihre Solidität zu testen und die Stärken und Mängel, sowohl der Lösung als auch der Art und Weise wie sie präsentiert wurde, festzustellen. Von der Opponentin wird erwartet, dass sie die Lösung bewertet, die Erklärung der Reporterin für das Phänomen testet, auf mögliche Mängel in der Methodik, Ungenauigkeiten und Missverständnisse hinweist, und die Gültigkeit der gezogenen Schlussfolgerungen in Frage stellt. Wenn der Report gut erstellt wurde und keine schwerwiegenden Mängel festgestellt werden können, sollte dies anerkannt werden und die Opponentin erhält eine gute Note für eine gründliche Prüfung (während der Diskussion sollte der Opponent unter keinen Umständen eine eigene Lösung präsentieren, sondern nur auf die Lösung des Reporters reagieren).

Der Reviewer hat dann zwei Minuten Zeit, um dem Reporter und dem Opponent Fragen zu stellen. Danach ist es die Aufgabe des Reviewers die Diskussion in vier Minuten zusammenzufassen und anschließend zu bewerten. Es wird erwartet, dass die Präsentation und die Schlussfolgerungen der Reporterin zusammengefasst und dargelegt werden. Ebenso gehört aber auch eine Zusammenfassung der relevanten Fragen in der Diskussion dazu. Dabei soll der Reviewer immer auch seine eigene Meinung kundtun und auf Mängel oder Unklarheiten (falls vorhanden) hinweisen.

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Unterstützung des Inhalts dar, der nur die Ansichten der Autoren widerspiegelt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.

Schlussendlich hat die Jury die Möglichkeit allen drei Teilnehmerinnen kurze Fragen zu stellen und bewertet anschließend die Teams.

Es sollte erwähnt werden, dass jedes Team von der Opposition und dem Review gemeinsam ebenso viele Punkte erhalten kann wie von dem Report. Dies unterstreicht den Fokus auf Diskussion und Kommunikation sowie die Fähigkeit, die Arbeit eines anderen Teilnehmers schnell zu verstehen und zu überprüfen.

Die Variante des Austrian Young Physicists' Tournaments (AYPT) unterscheidet sich nur dadurch, dass die Teams nur aus drei statt aus fünf Schülern bestehen und das Team nicht für (fast) alle 17 Probleme Lösungen benötigen muss, sondern nur für drei.

Das IYPT ist ein vorrangig experimenteller Wettbewerb. Daher wird der wissenschaftlichen Methodik (Anhang) große Bedeutung zugeordnet. Viele Aspekte dieser Methodik sind den teilnehmenden Schülerinnen, die meist auf traditionelle Weise unterrichtet werden, unbekannt. Viele Aspekte von dieser Methode können jedoch in den gewöhnlichen Unterricht eingebunden werden. Ein gut erforschter Ansatz ist die Lehrmethode ISLE (Investigative Science Learning Environment), bei der neben wissenschaftlichen Erkenntnissen auch der wissenschaftliche Ansatz hervorgehoben wird. Für den interessierten Leser steht ein Lehrbuch [1] und ein Buch mit konkreten Beispielen [2] zur Verfügung. Der gewöhnliche Unterricht bietet die Möglichkeit den wissenschaftlichen Ansatz kennenzulernen und das YPT Format die Möglichkeit, ihn von Anfang bis Ende zu erleben. Mehrere Veröffentlichungen zeigen die breiten Vorteile, die Schüler im Rahmen solcher Aktivitäten erlangen, auf (siehe Abschnitt 2.2.).

Bevor Sie mit dem nächsten Abschnitt fortfahren, in dem die Bearbeitung eines YPT-Problems beschrieben wird, empfehlen wir Lesern, die mit dem IYPT nicht vertraut sind, Anhang 5 zu lesen. Dort wird ein Beispiel IYPT Problem beschrieben. Dadurch kann ein guter Einblick über den Ablauf erlangt werden.

[1] Etkina E, Planinsic G and Van Heuvelen A 2019 College Physics: Explore and Apply 2nd edn. (San Francisco, CA: Pearson)

[2] Etkina E, Brookes D, Planinsic G and Van Heuvelen A 2019 Active Learning Guide for College Physics: Explore and Apply 2nd edn. (New York: Pearson)

2.2. IYPT und problembasiertes Lernen (PBL)

Problembasiertes Lernen ist der beste Weg, um Lehr- und Lernmethoden auf der Grundlage von Aufgaben oder Problemen im weitesten Sinne zu beschreiben.

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Unterstützung des Inhalts dar, der nur die Ansichten der Autoren widerspiegelt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.



Trotz des jüngsten Interesses an PBL gibt es außer dem IYPT (und daraus abgeleiteten Wettbewerben, welche meist durch YPT gekennzeichnet sind) keinen Wettbewerb der PBL verwendet.

Es ist aus diesem Grund erstaunlich, dass das IYPT im Jahr 1988 gegründet wurde, lang bevor PBL ein Schlagwort war. Die Geburtsstätte ist Moskau wo der Wettbewerb, mit dem Hintergedanken junge Menschen für die Wissenschaft zu begeistern, ins Leben gerufen wurde.

Rasch weckte das IYPT internationales Interesse und entwickelte sich so zu dem weltweiten Wettbewerb wie wir ihn heute kennen. In dem Jahr 2013 wurde der Wettbewerb mit der Medaille für *'International Union of Pure and Applied Physics'* ausgezeichnet.

2.3. IYPT = offene Problemstellungen + Diskussion + ...

Wenn man zusammenfassen will, was das IYPT so besonders macht, dann ist es die Kombination von offenen Problemstellungen und der Diskussion während des Wettbewerbs (dieser Prozess ahmt die Verteidigung einer akademischen Arbeit mit Reporter, Opponent und Reviewer nach).

Was das IYPT besonders ausmacht:

- Es ist ein Team-Wettbewerb und dementsprechend ist Teamwork für den Erfolg unersetzbar.
- Die Idee des IYPT ist nicht Schülerinnen Aufgaben zu geben, bei denen sie „einfach“ die richtige Lösung ausrechnen sollen. Die Probleme sollen zu offenem Arbeiten anregen und Interesse wecken.
- Die Teilnehmer arbeiten oft schon Monate an den Problemen und alle Experimente werden vor dem Wettbewerb durchgeführt.

Der Umfang der experimentellen Arbeit und die Erwartungen, die Ergebnisse in einer Diskussion zu verteidigen, machen den Wettbewerb selbst für Schüler, die gut darin sind theoretische Probleme zu lösen, sehr herausfordernd.

IYPT Probleme werden bewusst sehr offen gestellt („Untersuchen Sie das Phänomen“, „Was ist die Abhängigkeit von den relevanten Parametern“ usw.). Dies öffnet die Tür zu unterschiedlicher Interpretation und Teams können ganz unterschiedliche Wege einschlagen, um das gleiche Problem anzugehen. Solange sie innerhalb der Erklärung bleiben, sind alle Routen legitim und die Teams werden nach den Tiefen beurteilt, die durch ihre Untersuchungen erreicht wurden.



3. Die Arbeit an YPT Problemen in der Klasse und darüber hinaus

Allgemein

3.1. Vorbereitung und Problemauswahl

Alle YPT-bezogenen Aktivitäten beinhalten notwendigerweise viel experimentelle Arbeit. Dies bedeutet, dass

- die notwendigen Mittel verfügbar sein müssen,
- den Schülerinnen die Zeit gegeben werden muss, um Experimente durchzuführen.

Die Auswahl eines Problems ist sehr unterschiedlich, je nachdem, ob wir eine Aktivität in der Klasse oder ein Team für das IYPT (und ähnliche Wettbewerbe) vorbereiten.

- Die Probleme **im Unterricht** sollten für die meisten Schüler lösbar sein. Sie sollten auch eine Herausforderung für die besseren Schüler darstellen (siehe Anhang 5). Sie können auch außerhalb der veröffentlichten IYPT Probleme für das Jahr liegen.
- Für das **AYPT** müssen nur drei Probleme gelöst werden. Dies ermöglicht eine ähnliche Auswahl wie bei Aktivitäten im Unterricht, es können jedoch nur IYPT Probleme für das Jahr ausgewählt werden.
- Das **IYPT** erfordert mindestens 14 gelöste Probleme und mindestens ein oberflächliches Verständnis der verbleibenden drei. Daher sind die Auswahlmöglichkeiten begrenzt. Trotzdem kann ein Team mit Taktiken während eines Kampfes erfolgreich sein, wenn weniger Probleme gelöst werden.

Im Unterricht

Verschiedene Schulen haben unterschiedliche experimentelle Ausrüstungen. Für eine Einheit in der Klasse sollten Probleme ausgewählt werden, die mit den verfügbaren Geräten bearbeitet werden können. Beachten Sie, dass zur Verwendung der YPT Methode das Problem nicht aus der IYPT Liste der Probleme stammen muss. Der Lehrer kann sich ein eigenes Problem ausdenken (wie das Oszillator Beispiel in Anhang 5), das dem Niveau der Schüler entspricht.

Verschiedene Länder haben unterschiedlich organisierten Physikunterricht. IYPT Einheiten eignen sich am besten für 80 bis 100 Minuten Einheiten (Doppelstunde). Teile können jedoch auch in Lektionen von 40 bis 50 Minuten durchgeführt werden, wie im einleitenden Beispiel in Anhang 5 beschrieben.

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Unterstützung des Inhalts dar, der nur die Ansichten der Autoren widerspiegelt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.



Bei der Vorbereitung auf **offene Schulprojekte** wählt die Lehrerin die potenziellen Probleme, welche die Schülerinnen bearbeiten sollen, aus. Dabei ist zu berücksichtigen:

Ist die Aufgabe experimentell möglich? Das beinhaltet:

- Benötigt es spezielle Messgeräte? Wenn Sie diese nicht haben, lohnt es sich nicht, in theoretische Forschung zu investieren, da die YPT Aktivitäten auf experimentellen Beobachtungen beruhen.
- Ist das Experiment ohne Gefahren (Starkstrom, Chemikalien, etc.) durchführbar?
- Ist der Effekt reproduzierbar (z.B. [„Magic motor“ \(1999\)](#))?
- Ist der experimentelle Aufwand teuer oder ist es für den Unterricht leistbar?

Verstehen wir die physikalischen Grundlagen?

- Haben wir und die Schüler die erforderlichen physikalischen Kenntnisse um das Phänomen zu verstehen und zu beschreiben?
- Verstehen wir und die Schülerinnen die notwendige Mathematik? Für Aktivitäten im Unterricht sollte die Mathematik zumindest für das Grundphänomen innerhalb des erwarteten Wissens des Durchschnittsschülers liegen.

Wenn wir das Experiment zusammenbauen, das Phänomen reproduzieren können, aber seinen physischen Hintergrund nicht verstehen, sind die Lernvorteile begrenzt und folgen sicherlich nicht den Zielen der YPT Methode. Für YPT Aktivitäten im Unterricht ist es ratsam, dass der Lehrer den Kern des Problems ohne weiteres versteht. Wenn das Problem so ist, dass der Lehrer nicht sofort eine gute Vorstellung von den grundlegenden Mechanismen und der qualitativen Erklärung bekommt, ist es für einen durchschnittlichen Schüler mit Sicherheit zu schwierig.

Spaß durch Erfolg

Für YPT Aktivitäten in der Klasse sollten die Erwartungen viel niedriger sein als für die Wettbewerbe. So sollten auch die Probleme gewählt sein. Besonders passend sind Probleme, die unterschiedliche Schwierigkeiten und Tiefe in der „Forschung“ ermöglichen. Ein Beispiel wäre der Oszillator in Anhang 5. Dies ermöglicht die Einbindung aller Schülerinnen und die Differenzierung innerhalb der Klasse. Ein sehr charakteristischer Aspekt von YPT im Vergleich zu anderen forschungs- oder projektbasierten Ansätzen ist die formelle Diskussion mit Kollegen. Daher sollte immer Zeit für eine Diskussion eingeplant werden.

Wenn die Probleme gut ausgewählt und angemessen dargestellt werden (siehe Abschnitt mit den Schritten der Aktivität), sollten alle Schülerinnen in der Lage sein, mindestens die einfachsten Aufgaben zu erledigen und so auch etwas Erfolg genießen.

Zeitmanagement

Während der ersten Vorbereitung sollte die Physiklehrerin die für das Projekt benötigte Zeit richtig einschätzen. Unserer Erfahrung nach basiert ein realistischer Zeitrahmen auf drei 45-minütigen Einheiten. Ein detailliertes Zeitmanagement wird in Abschnitt 4 vorgestellt, in dem eine konkrete Implementierung vorgestellt wird. Abhängig von der Anzahl der Schüler in der Klasse kann es bis

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Unterstützung des Inhalts dar, der nur die Ansichten der Autoren widerspiegelt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.



zu zwei Schuleinheiten dauern, die Präsentationen oder Diskussionen durchzuführen. Die in Kapitel „Diskussion“ vorgestellte Methode ermöglicht es unseren Schülerinnen, dies in nur einer Unterrichtseinheit durchzuführen. Es ist ratsam, die Aktivität nicht zu hetzen, sondern sich die nötige Zeit zu nehmen. Für eine erfolgreiche Projektarbeit sollten die Schüler die Aktivität leiten und nicht versuchen, aufzuholen.

IYPT

Für die IYPT Vorbereitung sollte die überwiegende Mehrheit der 17 Probleme gelöst werden. Schüler oder Lehrer haben manchmal Zugang zu zusätzlicher Ausrüstung, die nicht für die Arbeit im Klassenzimmer geeignet ist. Manchmal können Sponsoren oder Institutionen (Universitäten, Unternehmen) kontaktiert werden, um die notwendige Ausrüstung auszuleihen oder Schülerinnen die Möglichkeit zu geben, Experimente an Forschungseinrichtungen durchzuführen. Die Schüler benötigen auch einen Aufbewahrungsort für die Ausrüstung, da die Experimente wahrscheinlich über einen längeren Zeitraum durchgeführt werden.

Die Schülerinnen arbeiten meistens in ihrer eigenen (Frei)Zeit. Die Lehrerin sollte von Zeit zu Zeit zur Verfügung stehen, um Vorschläge zu geben und den Fortschritt zu überprüfen. Je mehr der Lehrer anwesend ist, desto mehr kann er dem Team helfen und desto besser sind natürlich die Erfolgchancen. Dennoch sollte das selbstständige Arbeiten der Schüler immer im Vordergrund stehen.

Der erste Schritt

Bei der Vorbereitung auf das IYPT und IYPT-ähnlichen Wettbewerben ist zu beachten, dass sich diese Arbeit stark von der traditionellen Wettbewerbsvorbereitung und der Arbeit von Lehrern unterscheidet. Offene Forschungsprobleme erfordern andere Aufgaben und Arbeitsorganisationen als das Lösen von Problemen mit Stift und Papier oder Vorträge.

Obwohl ein Großteil der 17 Probleme für das IYPT vorbereitet sein sollte, könnten mit etwas Glück zwölf ausreichen. Für das AYPT werden nur genau drei gelöste Probleme benötigt. Eine überlegte Auswahl der Probleme kann die Vorbereitung stark erleichtern. Für den Wettbewerb gelten neben den Auswahlpunkten für die Klasse noch ein paar zusätzliche Kriterien:

Ist die Aufgabe experimentell möglich? Das beinhaltet:

- Einige Schüler basteln selbst gerne und können so einige experimentelle Aufbauten selbst bauen.
- Oft können auch Forschungseinrichtungen (z.B. Universitäten) kontaktiert werden, um Messgeräte zu verwenden, die im normalen Unterricht nicht verfügbar sind.

Verstehen wir die physikalischen Grundlagen?

- Wir verstehen das Phänomen möglicherweise nicht sofort. Sind wir bereit und in der Lage, die Physik und Mathematik hinter dem Phänomen zu lernen? Einen guten Start bietet das [Reference Kit](#) oder [die Website des Canadian YPT Teams](#).

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Unterstützung des Inhalts dar, der nur die Ansichten der Autoren widerspiegelt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.



- Falls die Mathematik zu komplex ist, verstehen wir die physikalischen Grundprinzipien genug, um das Phänomen qualitativ zu beschreiben und experimentelle Ergebnisse zu erklären oder das Phänomen numerisch zu modellieren?
- Falls die Mathematik zu komplex ist, können wir den Grundprozess und die zugrundeliegenden Annahmen zur Ableitung des Ergebnisses verstehen? Verstehen wir die physikalische Bedeutung des Endergebnisses und die Rolle verschiedener physikalischer Parameter und können wir ihre Rolle mit Worten und physikalischen Grundprinzipien erklären?

Wenn wir feststellen, dass wir entweder keinen Zugang zu den erforderlichen Geräten haben oder nicht vorhersehen können, dass die Schüler die Physik mindestens auf einer der oben beschriebenen Ebenen lernen, ist es nicht ratsam, mit der Arbeit an dem Problem zu beginnen. In vielen Fällen wird das Interesse der Schüler auf die schwierigste Aufgabe gelenkt, aber dann ist ein Scheitern sehr wahrscheinlich, was weder für die Schülerinnen noch für die Lehrer wünschenswert ist. Um dies zu vermeiden, sollten Lehrerinnen das Interesse der Schüler auf Probleme lenken, die gelöst werden können.

Experten kontaktieren

Wenn die experimentelle oder theoretische Arbeit spezielle Werkzeuge oder Kenntnisse erfordert, sollte man keine Angst haben, sich an Expertinnen zu wenden! Oft kann eine einzelne gute Messung oder ein Gedanke (Literaturvorschlag) durch einen Experten Wochen bei der Vorbereitung ersparen. Versuchen Sie, eine Kontaktbasis für zugängliche Expertinnen in grundlegenden Bereichen der Physik aufzubauen, einschließlich Mechanik, Elektrizität und Magnetismus, Optik, und Gas- und Fluidynamik. Möglicherweise werden noch andere Themen benötigt, die genannten sind jedoch Bereiche, die in vielen IYPT Aufgaben wiederholt auftreten.

Zeitmanagement

Die Bearbeitung von IYPT Problemen ist ein langfristiges Unternehmen. Die Schüler arbeiten normalerweise in Schüben, wenn andere schulische Aktivitäten weniger anspruchsvoll sind. Der Lehrer sollte dies berücksichtigen. Es ist auch hilfreich, kurzfristige Ziele (etwa eine Woche) anzugeben und zu überprüfen, wie gut diese erreicht wurden. Dies hält die Schülerinnen und die beteiligte Lehrerin immer auf dem neuesten Stand.

Allgemein

3.2. Durchzuführende Aufgaben

Unabhängig davon, ob Sie eine Aktivität in der Klasse durchführen oder sich auf den IYPT-Wettbewerb vorbereiten, ist die Struktur des Forschungsprozesses dieselbe. Das Niveau, bis zu dem jeder Schritt ausgearbeitet wird, unterscheidet sich jedoch drastisch zwischen einer Einheit in der Klasse und der IYPT Vorbereitung.

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Unterstützung des Inhalts dar, der nur die Ansichten der Autoren widerspiegelt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.



Die Schritte

I) Erste Beobachtung: Reproduzieren Sie das Phänomen.

II) Erste Idee: Formulieren Sie eine anfängliche (naive) Idee der Physik hinter dem Phänomen.

IIIa) Was ist zu untersuchen: Machen Sie sich von der ersten Idee an ein Bild davon, welche Parameter relevant sein könnten, wie sie sich auf das Endergebnis auswirken könnten, und entscheiden Sie, was weiter untersucht werden soll.

IIIb) Planung der Experimente: Entwerfen Sie basierend auf der Entscheidung, was untersucht werden soll, das durchzuführende Experiment.

IIIc) Systematische Experimente: Führen Sie systematische Experimente durch, um zu untersuchen, wie das Ergebnis von den gewählten Parametern abhängt.

IVa) Modell: Erstellen Sie ein komplexeres Modell des Phänomens, mit dem die gemessenen Ergebnisse vorhergesagt werden können.

IVb) Modellvorhersagen: Machen Sie Vorhersagen basierend auf dem Modell. Haben Sie klare Erwartungen an das Ergebnis des Experiments, wenn das Modell korrekt ist.

V) Vergleich Modell und Experiment: Vergleichen Sie Ihre Messergebnisse mit Ihren Modellvorhersagen. Wenn diese nicht übereinstimmen, kehren Sie zu VI) zurück. Manchmal ist es notwendig, zu II) zurückzukehren, weil die ursprüngliche Idee nicht ausreichend war.

VI) Präsentieren: Bereiten Sie eine Präsentation Ihres Modells und Ihrer Ergebnisse vor. Der Vergleich von Experiment und Modell ist hier entscheidend.

VII) Verteidigen: Verteidigen Sie Ihre Ergebnisse gegen den Opponent. Der Zweck der Opposition besteht darin, die Gültigkeit der Ergebnisse zu prüfen und **nicht** diese um jeden Preis zu untergraben. Wenn die Arbeit gut gemacht ist, sollte sie anerkannt werden. Wenn es schlecht gemacht wurde, sollten die Mängel aufgezeigt werden.

Die Schritte III) und IV) sind im Allgemeinen austauschbar, da sie unabhängig sind. Ein Modell wird aus der Physik abgeleitet, die dem beobachteten Phänomen zugrunde liegt, während das Experiment eine Untersuchung der Realität ist. Einige Schüler entscheiden sich möglicherweise dafür, zuerst das eine und andere das andere zu tun. **Für einige Schülerinnen dient die naive Idee**

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Unterstützung des Inhalts dar, der nur die Ansichten der Autoren widerspiegelt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.



in II) bereits als das unter IV) diskutierte Modell, da sie das Modell niemals verfeinern werden und daher die ursprüngliche Idee das einzige Modell ist, das sie haben.

Der innovativste Teil der YPT Methode, der sie von anderen PBL Methoden unterscheidet, ist der Diskussionsteil bei der Verteidigung der Ergebnisse. In YPT wird die Opposition **von Gleichaltrigen** durchgeführt, nicht vom Lehrer.

Jeder Teil wird in unterschiedlichem Maße ausgeführt, abhängig davon, ob es sich um eine Aktivität in der Klasse oder um ein YPT handelt. Im Folgenden beschreiben wir die Niveaus, die bei Einheiten im Unterricht erwartet werden, und erweitern sie in den IYPT Teilen. Um das obige Schema besser verfolgen zu können, unterstreichen wir die Schritte, die den obigen entsprechen.

Um das Dokument kürzer zu halten, **organisieren wir die Arbeit im Unterricht bereits in 20-minütigen Einheiten**. Einige Einheiten sind möglicherweise etwas kürzer und andere etwas länger, aber die 20-Minuten-Abschnitte ermöglichen es den Lehrerinnen, die Aktivität besser anhand der Dauer ihrer Vorlesungen zu planen. Dieser Vorschlag zum Zeitmanagement gilt **nicht für IYPT Vorbereitung**, da diese viel flexibler sind und längere Zeiten erfordern.

Allgemein

3.2.1. I), II), IIIa): Erste Beobachtung, erste Idee und was untersucht werden soll (erste 20 Minuten Einheit)

Im Unterricht

- Die Schülerinnen werden in Gruppen eingeteilt - Zweiergruppen sind vorzuziehen, aber größere Gruppen können verwendet werden, wenn nicht genügend Ausrüstung für die Experimente verfügbar ist.
- **Erste Beobachtung.** Die Lehrerin erklärt das Experiment. Das Experiment kann in Videoaufnahmen oder als tatsächliches Experiment gezeigt werden. Es dient den Schülern, das erste naive Modell zu bauen.
- **Was ist zu untersuchen.** Der Lehrer erklärt das Ziel. Dies kann die Bestimmung einer funktionalen Abhängigkeit von einem Parameter oder die Analyse des Ergebnisses eines Experiments sein. Dies sollte offen genug sein, damit der Ansatz für die Schüler nicht offensichtlich ist, aber klar genug, damit sie wissen, was erforderlich ist.
- **Erste Idee.** Die Schülerinnen bauen ein naives Modell. Der Lehrer sollte die Schüler ermutigen, das Modell explizit anzugeben, auch wenn es sich nur um ein Teilmodell handelt. Es dient den Schülern, darüber nachzudenken, welche Parameter relevant sein könnten und was sie messen könnten.

IYPT

Zusätzlich zu dem bereits genannten:

- **Mehrere Ebenen und Ansätze.** IYPT Probleme werden typischerweise sehr allgemein formuliert und ermöglichen eine Lösung auf einer Vielzahl von Ebenen. Es ist üblich, dass verschiedene Teams grundsätzlich unterschiedliche Ansätze verfolgen. Die Schüler sollten

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Unterstützung des Inhalts dar, der nur die Ansichten der Autoren widerspiegelt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.



über verschiedene Lösungsansätze nachdenken: Während sie eine kleine Teilmenge für ihre eigene Lösung auswählen, müssen sie sich auch anderer Ansätze bewusst sein, um in der Diskussion erfolgreich zu sein.

- **Literaturübersicht.** Für YPT Wettbewerbe wird eine Kenntnis der Literatur erwartet. Es ist eine gute Idee, zunächst die Literatur zu überprüfen, da man häufig Artikel findet, die das Phänomen im Detail erklären. Dazu gehört normalerweise ein Versuchsaufbau, der bei der Gestaltung der Experimente hilft. Spezielle Webseiten und das Internet bieten im Allgemeinen einen großen Ressourcenpool. Allerdings verlieren sich Schülerinnen oft in der großen Menge an Literatur. Dementsprechend sollte die zu verwendende Literatur gefiltert werden. Gute Quellen für spezifische Informationen sind:
 - Das [Reference Kit](#) und [die Website des Canadian YPT Teams](#).
 - Wikipedia; die Suche in den zitierten Quellen wird empfohlen.
 - Zeitschriften wie „American Journal of Physics“ oder „Physics Education“ können relevante Texte enthalten, die in einer zugänglichen Sprache verfasst sind.
 - Zusatzinformation zu der Physikolympiade.
 - Eine gute Quelle für allgemeines Physikwissen sind Physiklehrbücher die für die breite Öffentlichkeit geschrieben sind. Das sind unter anderen: Physik von Halliday, Resnick, & Walker; Survey of Applicable Mathematics von K. Rektorys oder gleichwertiges. Trotz der Ära des Internets sollten die Schüler diese Ressourcen in der gedruckten Version zur Verfügung haben, um die Möglichkeit zu haben, in den Büchern zu stöbern und einen breiteren Hintergrund in Physik und Mathematik zu erhalten.
- **Originalität der Forschung.** Oft wird die Frage gestellt, wie innovativ die Ergebnisse sein sollen. Insbesondere in Fällen, in denen ein wissenschaftlicher Artikel das Thema in seiner Gesamtheit zu behandeln scheint. Im IYPT Scoresheet gibt es auch Rubriken für „eigenen Beitrag“. In Anhang 8 stellen wir vor, was in einem YPT Wettbewerb als neu erwartet wird.

Allgemein

3.2.2. IIIb): Planung des Experiments (zweite 20 Minuten Einheit)

Im Unterricht

- **Planung des Experiments.** Die Schülerinnen legen fest, was sie messen möchten – welche Größe sie messen möchten und welche Parameter variiert werden sollen. Der Rest der Unterrichtseinheit sollte genutzt werden, um das Experiment zu entwerfen, das sie durchführen möchten – dies kann bereits mit dem Aufbau verknüpft werden. Sie sollten auch über die Messgeräte entscheiden (Stoppuhren, Amperemeter, ...). Wenn Zeit bleibt, sollte auch getestet werden, ob das ausgewählte Gerät in der Lage ist, die gewünschte Größe zu messen (sind die Zeiten lang genug für die manuelle Auslösung, sind die Ströme groß genug für übliche Amperemeter, ...). Die Experimente in der Klasse sollten so gewählt werden, dass die erforderlichen Messgeräte zur Verfügung stehen.

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Unterstützung des Inhalts dar, der nur die Ansichten der Autoren widerspiegelt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.



- **Naive Idee.** Technisch gesehen sind dies **Modellvorhersagen**, bei denen das Modell die naive Idee ist. Für eine höhere Produktivität sollte man bereits in dieser Phase Erwartungen haben. Die Schüler denken oft nicht daran, deshalb sollten ihre Erwartungen, basierend auf ihrem naiven Modell, explizit angegeben werden. Wenn das Modell komplex ist, reicht eine Vorstellung von den Ergebnissen aus. Wenn es ziemlich einfach ist, kann eine funktionale Abhängigkeit bereits erraten werden. Es ist sehr wichtig, dass es zu diesem Zeitpunkt vollkommen in Ordnung ist, wenn die Erwartungen des Schülers falsch sind. Es ist wichtig zu klären, dass nicht die Schülerin falsch liegt, sondern das Modell. Der gleiche Schüler kann sich ein besseres Modell ausdenken. Das Nachdenken über das Modell hilft den Schülerinnen mehr aus dem Experiment zu lernen, da es ihre Erwartungen bestätigt oder widerlegt. Der Lehrer sollte anwesend sein, um Fragen zu beantworten und den Schülern beim Design zu helfen, aber nicht bei den Ergebnissen.
- Am Ende der Einheit sollte jede Gruppe ein Experiment entworfen und eine Erwartung des Ausgangs dieses Experiments formuliert haben.

IYPT

- **Tieferegehende Überlegungen zu Parametern.** Es ist am besten, die Parameter aufzulisten, die das Phänomen bestimmen, bevor Sie mit systematischen experimentellen Arbeiten beginnen, da es sich lohnt, unseren Versuchsaufbau so zu entwerfen und zu konstruieren, dass die meisten Parameter variiert werden können. Es ist wichtig, den genauen Wortlaut des Problems zu verstehen! Wenn es klar definierte Parameter gibt, muss man sich an diese anpassen (z.B. im Fall von „Hot Water Fountain“ (2016) ist zuerst explizit Wasser zu behandeln bevor zu anderen Flüssigkeiten übergegangen werden sollte). Die im Problem angeführten Parameter sollten untersucht werden. Beachten Sie, dass es zunächst nicht möglich ist, den perfekten Versuchsaufbau zu entwerfen. Dieser muss oft im Laufe der Vorbereitung verbessert werden. Vergessen Sie niemals, experimentelle Fehler zu erkennen und zu quantifizieren!
- **Selbstgebaute, geliehene oder neue Geräte?** Beginnen Sie mit der einfachsten verfügbaren Ausrüstung. Überlegen Sie bei Bedarf, wie Sie detailliertere und genauere Ergebnisse erzielen können. Dies bedeutet nicht nur bessere Instrumente, sondern auch eine bessere Analyse der Bedingungen, unter denen bessere / anschaulichere Experimente durchgeführt werden können. Einige nicht verfügbare Geräte können von guten Schülern gebaut oder an akademischen Einrichtungen ausgeliehen werden. Manchmal ist weniger mehr.

Allgemein

3.2.3. IIIc): Systematische Experimente (dritte 20 Minuten Einheit)

Im Unterricht

- Die Schüler bauen die Experimente.
- **Abhängigkeiten überprüfen.** Es ist ratsam, zunächst nur wenige Messungen über den gesamten Bereich des ausgewählten Parameters durchzuführen. Dies dient dazu, zu sehen welche Teile des Bereichs feinere Messungen erfordern (sich schnell änderndes Ergebnis) und für welche Teile mehr Grobmessungen reichen aus (sich langsam änderndes Ergebnis).

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Unterstützung des Inhalts dar, der nur die Ansichten der Autoren widerspiegelt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.



- **Systematische Experimente.** Die Schüler beginnen mit den systematischen Messungen. Sie sollten sich bewusst sein, dass sorgfältige und präzise Messungen für eine spätere Bewertung von entscheidender Bedeutung sind. Die Schülerinnen sollten jedoch keine Anweisungen erhalten, wie viele Messungen durchgeführt werden sollen. Stattdessen sollten die Richtlinien lauten: „Nehmen Sie genügend Messungen vor, um die Funktionsabhängigkeit zu identifizieren“ und „Bestimmen Sie den Fehler jedes gemessenen Punktes“. Die Schüler sollten durch diese Art von Experimenten schrittweise gelernt haben, wie viele Messungen ausreichen, um diese Ziele zu erreichen. Beim Extrahieren von Parameterabhängigkeiten sollte es den Schülerinnen überlassen bleiben, zu entscheiden, wie viele Datenpunkte erforderlich sind. Dies hängt von der für jede Messung erforderlichen Zeit ab. Im Allgemeinen sind **drei Punkte** minimal, um die **funktionale Abhängigkeit** zu identifizieren, und **drei wiederholte Messungen sind das Minimum**, um den experimentellen Fehler zu bestimmen. Obwohl **zwischen sechs und zehn Messungen** für jeden Punkt empfohlen werden.
- Die Schüler sollten bedenken, dass bei den meisten Problemen das Ziel darin besteht, die Messungen mit den Modellvorhersagen zu vergleichen. Eine perfekte Übereinstimmung ist nicht zu erwarten, daher ist die Abweichung entscheidend, um zu beurteilen, wie gut die beiden übereinstimmen.

IYPT

Zusätzlich zu dem bereits oben erwähntem:

- Für das IYPT ist es im Allgemeinen nicht ausreichend, wenn nur ein Parameter untersucht wird. Idealerweise sollten **alle variierbaren Parameter** zumindest oberflächlich untersucht werden, während zwei oder drei im Detail untersucht werden sollten.
- **Reproduzierbarkeit.** Überprüfen Sie immer, ob eine Messung innerhalb eines experimentellen Fehlers reproduzierbar ist. Denken Sie über mögliche Einflüsse nach, die die Reproduzierbarkeit einschränken oder verhindern.
- Stellen Sie immer sicher, dass die Ergebnisse aussagekräftig und zumindest intern konsistent sind.
- Versuchen Sie, die Leistung Ihres Messgerätes zu überprüfen. Wenn Sie Zweifel an den Messergebnissen haben, zögern Sie nicht, die Experimente erneut durchzuführen.
- Denken Sie daran, nicht nur die zu beobachtende Größe, sondern auch die für das Experiment wichtigen Parameter und Umgebungsbedingungen zu messen! Es wäre schade, wenn Ergebnisse nach einer längeren Messung verworfen werden müssen, nur weil sich niemand an einen einzelnen trivialen Parameter erinnert. Die Schülerinnen sollten ein Protokoll aller gemessenen Daten führen. Dies könnte zu einem späteren Zeitpunkt nützlich sein.
- Den Schülern wird empfohlen, immer zu versuchen, die Fehler (Konfidenzintervall) von Messungen ernsthaft abzuschätzen. Die Rolle von Fehlern besteht darin, zu bestimmen, inwieweit wir den Messungen vertrauen können. Und als solche sind sie im Vergleich zum Modell von grundlegender Bedeutung. Fehlerbalken stellen normalerweise zufällige Fehler in Kombination mit deklarierten Messfehlern eines Geräts dar. Es können jedoch weitere systematische Fehler auftreten, die auch die Ergebnisse beeinträchtigen. In bestimmten Fällen von schwierigen Messungen ist möglicherweise nur eine qualifizierte Schätzung eines Fehlers verfügbar (siehe Anhang 5, Zeile 12).

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Unterstützung des Inhalts dar, der nur die Ansichten der Autoren widerspiegelt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.



Allgemein

3.2.4. IV): Modell und Modellvorhersagen (vierte 20 Minuten Einheit)

Im Unterricht

- **Modell.** Die Schülerinnen sollen ein geeignetes Modell bauen. Sie sollen von grundlegenden physikalischen Gesetzen ausgehen, die das Phänomen beschreiben, und zu einem Modell gelangen. Dieses soll beschreiben wie die von ihnen gemessene Größe von der von ihnen variierten Parameter abhängt. Abhängig von der Schwierigkeit des Problems und den Fähigkeiten der Schüler, kann es qualitative oder quantitative Varianten dieses Modells geben:
 - **Qualitativ:** Beschreiben Sie mit Worten, was das Ergebnis beeinflussen soll, warum und wie (das Ergebnis erhöhen, das Ergebnis verringern, ...). Die anfängliche naive Idee kann manchmal als qualitatives Modell dienen.
 - **Quantitativ:** Ableiten einer Gleichung für das Ergebnis in Abhängigkeit vom untersuchten Parameter.
- **Modell Vorhersagen.** Basierend auf dem Modell sollen die Schüler eine klare Vorhersage der erwarteten Ergebnisse treffen. Wenn das Modell quantitativ ist, soll eine quantitative Vorhersage erstellt werden, normalerweise in Form eines Diagramms, um es mit den gemessenen Daten zu vergleichen. Abhängig von den Daten sind möglicherweise andere Darstellungen besser geeignet (Tabelle, Skizze, Animation).

Die Aufgaben in der vierten 20-minütigen Sitzung können zu Hause erledigt werden, die Zusammenarbeit der gesamten Gruppe beim Erstellen des Modells wird aber empfohlen. Es mag sein, dass einige Schüler theoretischer und andere experimenteller begabt sind, deswegen ist Gruppenarbeit eine Gelegenheit für die Schülerinnen, voneinander zu lernen, insbesondere die Gebiete, mit denen sie sich weniger wohl fühlen.

IYPT

Es gibt verschiedene Arten von Modellen (siehe Anhang 3). Für den IYPT Wettbewerb werden unterschiedliche Niveaus des Modells für Probleme mit unterschiedlichen Schwierigkeitsgraden erwartet.

- **Analytisches quantitatives Modell.** Bei IYPT Problemen sind die Modelle häufig in der Literatur verfügbar und manchmal zu komplex, als dass die Schüler die Ableitung reproduzieren könnten. In jedem Fall sollten die Schülerinnen jedoch in der Lage sein:
 - Die Schüler sollten in der Lage sein, die dynamischen Gleichungen des Systems zu erklären. Dies bedeutet die grundlegenden physikalischen Gesetze, die das Verhalten des Systems bestimmen. Eine Kombination dieser Gesetze ist normalerweise der Weg zum Endergebnis.
 - Die Schülerinnen sollten in der Lage sein, die in der Ableitung unternommenen

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Unterstützung des Inhalts dar, der nur die Ansichten der Autoren widerspiegelt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.



- Schritte zu rechtfertigen. Dies bedeutet, wie sie die verschiedenen dynamischen Gleichungen in Beziehung setzen. Wenn sie die Ableitung reproduzieren können ist dies noch besser.
- Die Schüler sollten die getroffenen Annahmen identifizieren und kritisch bewerten, ob sie auf ihr eigenes Experiment anwendbar sind. Manchmal behandelt die Literatur ein etwas anderes Problem, das sehr ähnlich ist, aber unterschiedliche Umstände und damit unterschiedliche Annahmen haben kann.
 - Die Schülerinnen sollten in der Lage sein, die Rolle der verschiedenen Parameter in den Gleichungen sowie ihre physikalische Herkunft und Bedeutung zu erklären. Zum Beispiel: „Der erste Begriff leitet sich aus dem [...] Gesetz ab. Der Koeffizient im zweiten Term repräsentiert [...]. Der dritte Term im Nenner ist vernachlässigbar, wenn [...]“ und dergleichen.
 - Auch wenn die Schüler in der Lage sind, die gesamte Ableitung zu reproduzieren, sollten sie diese in der Präsentation überspringen und sich eher auf die Elemente in dieser Liste konzentrieren. Für die Jury ist es schwierig, einer Ableitung zu folgen, wenn sie mit dieser nicht vertraut ist, und die meisten werden eine physikalische Erklärung der Ableitung mehr zu schätzen wissen.
 - **Numerisches quantitatives Modell.** Wenn die dynamischen Gleichungen verstanden werden, aber nicht mehr analytisch gelöst werden können, können die Schülerinnen ein numerisches Modell (Simulation) erstellen. In diesem Fall müssen die Schüler in der Lage sein, die obigen Punkte i), ii) und iii) zu erklären. Anstelle der Punkte iv) und v) hilft es, wenn die Schüler das Ergebnis der Simulation erklären können. Etwas wie: "Es ist vernünftig, dass die Kurve bei [...] Werten abnimmt, weil an diesem Punkt [...] passiert."

Allgemein

3.2.5. V): Vergleich von Modell und Experiment, sowie Präsentationsvorbereitung (fünfte 20 Minuten Einheit)

Im Unterricht

Dies sind zwei sehr wichtige Teile des Prozesses. Für eine Einheit in der Klasse sollten sie jedoch nicht lange dauern. Das Modell sollte einfach sein und die Präsentation auch. Die Präsentation kann auch auf Whiteboards erfolgen. Dennoch müssen die grundlegendsten Elemente der beiden Schritte gut gemacht werden.

Vergleich Modell-Experiment

- Die Schüler sollen die von ihnen generierten Daten analysieren, einschließlich der Schätzung der Fehler.
- Die Schülerinnen sollen ihre Daten in einer Form präsentieren, die mit der Modellvorhersage verglichen werden kann. Normalerweise erfolgt dies in Form eines Diagramms, in dem die gemessenen Daten als Punkte mit Fehlerbalken und die Modellvorhersage als Linie dargestellt werden. Es ist wichtig, dass die Achsen beschriftet werden.

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Unterstützung des Inhalts dar, der nur die Ansichten der Autoren widerspiegelt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.



Vorbereitung der Präsentation. Die Präsentation soll folgende Punkte beinhalten:

- Die erste Beobachtung soll beschrieben werden.
- Die Ziele (Forschungsfragen). Eine kurze Erklärung darüber, was die Schülerinnen zu messen und zu bestimmen versuchten.
- Eine kurze Beschreibung, Skizze oder ein Bild des Versuchsaufbaus.
- Eine Beschreibung des Modells. Es reicht aus, wenn die Startgleichungen angegeben und der Ableitungsprozess schnell erklärt wird. Die detaillierte Ableitung soll übersprungen werden. Für Einheiten im Unterricht sollte die Ableitung für die meisten untersuchten Parameter einfach genug sein. Es ist zu erwarten, dass nur die schwierigsten Aufgaben eine anspruchsvolle Ableitung haben.
- **Der Vergleich zwischen Messdaten und Modellvorhersage.** Dies bedeutet normalerweise, die theoretische Kurve über die Daten zu zeichnen oder gegebenenfalls eine andere Darstellung (Vergleichen von Tabellen, Vergleichen von Effekten) zu verwenden. Dies ist sehr wichtig! Dies entscheidet darüber, wie gut die Erklärung ist, und die Erklärung ist das Ziel. Wie gut das Ziel erreicht wurde, ist durch den Vergleich zwischen Messung und Modell gegeben.
- **Eine Schlussfolgerung.** eine klare Antwort auf die Forschungsfragen.
- Der Lehrer kann Fragen stellen, die während dem Report beantwortet werden.

Die Aufgaben hier können zu Hause erledigt werden. Wir empfehlen dringend die Verwendung von Whiteboards (A3- oder A2-Format, laminiertes Papier funktioniert einwandfrei). Mit Whiteboards können Schüler Präsentationen im laufenden Betrieb erstellen, während sie Daten sammeln. Die Details in einer Einheit in der Klasse sind weniger wichtig als der Prozess. Die Schülerinnen sollten sich darauf konzentrieren, was präsentiert werden soll, wie es präsentiert werden soll und nicht so sehr auf die detaillierte Genauigkeit der Daten und Grafiken. Sollte die Präsentation zuhause erstellt werden, kann mehr Finesse bei der Datendarstellung erwartet werden.

IYPT

Für das IYPT wird dieselbe grundlegende Struktur erwartet mit ein paar wenigen Modifikationen:

- Die Beschreibung des Versuchsaufbaus sollte sehr detailliert sein. Zusätzliche Folien zum Setup können als Anhänge für die Diskussion hinzugefügt werden. Manchmal sind die kleinsten Dinge wichtig, z.B. wie die Schülerinnen bei einem Experiment, wo es auf eine ebene Oberfläche ankommt, den Aufbau mit so wenig Neigung wie möglich gestaltet haben.
- Die Beschreibung des Modells sollte alles enthalten, was im Abschnitt über das Modell aufgeführt ist, jedoch nicht die gesamte detaillierte Ableitung. Dies kann in die Anhänge für die Diskussion aufgenommen werden.
- Der Vergleich zwischen Modell und Experiment sollte detailliert und sorgfältig durchgeführt werden. Die Fehlerschätzung ist entscheidend.
- Diskrepanzen im Vergleich zwischen Modell und Experiment müssen analysiert und diskutiert werden. Es wird erwartet, dass die Schüler eine Erklärung für Abweichungen liefern. Dies kann auch ein Thema für die Diskussion sein.
- Die Rolle der Zusammenfassung besteht nicht darin, die geleistete Arbeit

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Unterstützung des Inhalts dar, der nur die Ansichten der Autoren widerspiegelt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.



zusammenzufassen, sondern tatsächlich etwas aus der Forschung zu schließen, wie zum Beispiel: „Basierend auf unserer Forschung ist das Phänomen auf [...] zurückzuführen.“ Es ist am besten, die Forschungsfragen klar zu formulieren und abschließend klare Antworten auf die Forschungsfragen zu geben.

- Es ist ratsam, die Folien zur schnellen Referenz zu nummerieren.

Die Schülerinnen messen während ihrer Arbeit häufig große Datenmengen. Es ist dann manchmal schwierig, sie davon zu überzeugen, dass nur die wichtigen Ergebnisse präsentiert werden sollten, während viele Daten ausgelassen werden. Die Schüler sollten nur Daten verwenden, die Antworten auf die Forschungsfragen liefern können. Der Schwerpunkt sollte daraufgelegt werden, wie die Anzahl der Daten reduziert werden kann, während relevante Informationen extrahiert werden.

Ein Plot fasst häufig die Arbeit einer Schülerin über mehrere Monate zusammen. Daher sollte der Erstellung des Diagramms angemessene Sorgfalt und Zeit gewidmet werden. Das Einfügen von Rohdaten in eine Software kann ohne weitere Bearbeitung zu katastrophalen Ergebnissen führen. Diagramme sind in mündlichen Präsentationen leichter zu lesen. Gehen Sie vorsichtig mit Tabellen um. Die meisten Grafiken sind vom Typ XY. Einige andere Diagramme wie Histogramme, Konturdiagramme oder Polardiagramme können in bestimmten Situationen ebenfalls nützlich sein. Verwenden Sie nicht-standardmäßige Diagramme nur mit großer Sorgfalt. Diese sind manchmal schwer zu lesen und ohne Vorwissen unverständlich.

Die Schüler sollten darauf achten, Achsen (einschließlich korrekter und angemessener Einheiten) zu kennzeichnen und Beschriftungen hinzuzufügen, die für eine breite Audienz verständlich sind. Denken Sie an den Achsentyp (linear, logarithmisch, andere) und den Achsenbereich.

Symbole sollten spärliche Daten darstellen (typischerweise experimentelle Ergebnisse), während Linien für Daten verwendet werden sollten, die einen sich kontinuierlich ändernden Parameter darstellen (typischerweise theoretische Vorhersagen oder Fits). Unterschiedliche Daten sollten klar unterscheidbar sein (Farbe, Liniestil, Symbolstil). Bei Diagrammen mit vielen Datensätzen sollte die Mnemonik berücksichtigt werden (z. B. blaue Farbe für Daten, die bei niedriger Temperatur gemessen werden, und rote Farbe für Daten bei hoher Temperatur).

Allgemein

3.2.6. VI), VII): Präsentation und Opposition (sechste und alle weiteren 20 Minuten Einheiten)

Dieser Abschnitt ist für Einheiten im Unterricht und für das IYPT sehr unterschiedlich, aber der Zweck ist der gleiche: **den Report kritisch zu bewerten**. Der im YPT Jargon verwendete Begriff „Opposition“ ist irreführend, da er um jeden Preis eine gegenteilige Meinung impliziert. Stattdessen bedeutet er „kritisch bewerten“ („ablehnen“ im YPT Jargon), Lob zu geben, wo Lob gebührt, und herauszufordern, was nicht überzeugend präsentiert wurde, sowie Meinungsverschiedenheiten zu äußern und zu erwähnen, was nicht klar genug erklärt wurde.

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Unterstützung des Inhalts dar, der nur die Ansichten der Autoren widerspiegelt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.



Die kritische Bewertung von Berichten ist für die breite Öffentlichkeit wohl eine der wichtigsten Fähigkeiten des 21. Jahrhunderts. Sei es Nachrichtenberichte, Berichte über wissenschaftliche oder pseudowissenschaftliche Erkenntnisse, Marketing-Ergänzungen oder anderes. Dies ist auch der Teil, der YPT Aktivitäten so innovativ und einzigartig macht. Als solches sollte diesem Prozess angemessen Zeit zugeordnet werden.

Behalte im Kopf, dass:

- Es wichtig ist, **dem Reporter zu helfen**, seine Präsentation so überzeugend wie möglich zu gestalten.
- Dies eine **Diskussion** sein soll, ein Austausch von Meinungen, keine bloße Frage-und-Antwort-Sitzung.
- Es dem Opponent auch möglich sein soll, sein eigenes Verständnis der dem Phänomen zugrunde liegenden Physik zu zeigen.

Im Unterricht

Angesichts der oben genannten Bedeutung für die breite Öffentlichkeit und für das Verständnis der Erkenntnistheorie der Wissenschaft sollte dem Oppositionsteil des YPT Prozesses bei Aktivitäten im Unterricht ein angemessener Schwerpunkt eingeräumt werden.

Hier sind die nützlichsten Fragen, über die Sie als Opponent (im YPT Jargon) nachdenken sollten:

- Welche Teile haben Sie nicht überzeugt? Denken Sie nicht, dass Sie etwas hätten verstehen sollen und dass es jemand anderes an Ihrer Stelle verstanden hätte. Sie sind der „Peer Reviewer“ und wenn Sie etwas nicht verstehen oder nicht überzeugt sind, fragen Sie.
- Folgen die Schlussfolgerungen den Daten? Wäre es nicht möglich, eine andere Schlussfolgerung zu ziehen? Beispiel: Wenn drei gemessene Punkte mit experimentellen Fehlern dargestellt werden und eine gerade Linie durch sie gezogen wird, ist dies wirklich die einzige Option? Könnte eine Parabel nicht gleich gut zu den Punkten passen? Wenn ja, was ist die Rechtfertigung für die Wahl einer geraden Linie? Dies ermöglicht dem Opponent, seine eigene Meinung zu äußern.
- Stellen Sie grundlegende physikalische Fragen zum vorgestellten Modell. Fragen wie: „Was denkst du würde passieren, wenn wir [...] anstelle von [...] verwenden würden?“ Auf diese Weise können Sie Ihre eigenen Kenntnisse der Physik nachweisen. Vor allem, wenn Sie mit dem Reporter nicht einverstanden sind. Machen Sie immer klar, ob Sie dem Reporter zustimmen oder nicht. Wenn Sie nicht einverstanden sind, teilen Sie Ihre eigene Meinung.
- War das Experimentelle Setup angemessen? Wenn Sie Zweifel an einem Teil davon haben, den Sie für relevant halten, stellen Sie Fragen und geben Sie an, warum Sie dies für wichtig halten. Eine Messung der Reichweite einer Kanone hängt beispielsweise vom Anfangswinkel der Kanone ab. Wenn der Reporter nicht erklärt hat, wie er diese ausgerichtet hat, fragen Sie.

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Unterstützung des Inhalts dar, der nur die Ansichten der Autoren widerspiegelt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.



- Es gibt verschiedene Möglichkeiten, wie die Präsentation und Diskussion in einer Einheit im Unterricht behandelt werden kann. Wir geben hier zwei an:

Methode „Gute Arbeit teilen“ (GAT)

- Nur die besten beiden Teams/Gruppen präsentieren basierend auf dem Report aus der fünften Einheit.
- Die zwei nächstbesten Teams machen die Opposition.
- Der Rest der Teams führt den Review durch.
- Bericht/Präsentation (acht Minuten), damit noch Zeit für die Diskussion und das kurze Feedback der Lehrerinnen bleibt. In der Praxis wird empfohlen, dass jedes Mitglied des Reporterteams während der Präsentation einige Worte sagt. Der Lehrer kann dies jedoch frei an die Klasse anpassen.
- Opposition und Diskussion. Basierend auf den vorbereiteten Präsentationen können die dritt- und viertplatzierten Teams über die Präsentationen der Reporter diskutieren. Die folgenden Punkte/Schritte illustrieren wie so etwas ablaufen könnte:
 - **Bewertung während der Präsentation:** Das Oppositionsteam bewertet den Report anhand einer Vorlage (siehe Anhang).
 - **Vorbereitung (eine Minute):** Nach dem Report hat das Oppositionsteam eine Minute Vorbereitungszeit, um seine Gedanken zu ordnen und seine Sprecherin auf die „Bühne“ vor der Klasse zu schicken.
 - **Zusammenfassung (zwei Minuten):** Der Opponent beginnt mit einer zweiminütigen Zusammenfassung und Bewertung der Präsentation der Reporterin. Zu diesem Zeitpunkt wird kein Computer benötigt und die Verwendung der Vorlage für die Opposition wird empfohlen.
 - **Diskussion (drei Minuten):** Als nächstes folgt die dreiminütige Diskussion mit dem Sprecher des Reporterteams. Hier werden der Reporterin konkrete Fragen zu der Präsentation gestellt.
- **Review (zwei Minuten):** Während der Präsentation des Reporterteams und der Diskussion beobachten und bewerten die Reviewer die Leistung der beiden anderen Teams anhand der Review Vorlage (siehe Anhang). Bei nur einem Reviewerteam (in kleineren Klassen) hat das Reviewerteam zwei Minuten Zeit (bei zwei Reviewerteams jeweils nur eine Minute), um die Diskussion zu bewerten und den Gewinner zu nennen.
- **Fragen der Lehrerin und kurzes Feedback (max. vier Minuten):** Es lohnt sich auch, sich die Zeit zu nehmen, um die Fragen des Lehrers zu beantworten, da die Schüler möglicherweise viele Aspekte oder sogar schwerwiegende Fehler übersehen, die korrigiert werden müssen. Während die Schüler evaluiert werden, kann die technische Vorbereitung für die nächste Präsentation beginnen.

Mit diesem Szenario können Physiklehrerinnen innerhalb von nur 20 Minuten einen „Physics Fight“ führen, sodass innerhalb einer 45-minütigen Lektion Zeit für einen zweiten ist. Um die

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Unterstützung des Inhalts dar, der nur die Ansichten der Autoren widerspiegelt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.



Opposition und den Review zu vereinfachen, sind Opponent und Reviewer Vorlagen beigelegt (siehe Anhänge 10 und 11). Aufgrund des Zeitmangels reduzieren wir die Reports nur auf die besten Teams gemäß der folgenden einfachen Methode: In der letzten Lektion vor den Reports sammeln wir alle Präsentationen (z.B. PPT-Dateien) von den Teams ein. Vor der Präsentation wählen wir die beiden besten Teams aus (die Entscheidung wird zu Beginn dieser Einheit bekannt gegeben), die zusätzliche Punkte erhalten. So wird nicht nur kostbare Zeit gespart, sondern die Schülerinnen sehen auch nur die besten Beispiele und werden nicht durch unausgearbeitete Präsentationen gelangweilt. Durch den Review können aber dennoch alle Schüler aktiv am Unterricht teilnehmen.

Methode „Alle Schüler präsentieren“ (ASP)

- Ein Team präsentiert seine Ergebnisse mithilfe von Whiteboards, Postern oder einer kurzen Präsentation. Dafür haben die Schüler drei Minuten. Dies sollte ausreichen, um die wichtigsten Ergebnisse in folgender Form wiederzugeben:
 - Die Forschungsfragen und eine Skizze des Geräts und der Messausrüstung (30 Sek.)
 - Das Modell (qualitativ oder quantitativ) (eine Min.)
 - Die Daten und der Vergleich mit dem Modell (eine Min.)
 - Die Zusammenfassung (30 Sek.)
- Ein anderes Team ist Opponent, und stellt Fragen (fünf Minuten). Unser Vorschlag ist, „Was wäre, wenn“-Fragen zu stellen und nach der Antwort der Reporterin eine eigene Meinung hinzuzufügen, um bei Meinungsverschiedenheiten eine kurze Diskussion auszulösen. Eine Frage reicht aus, besonders dann, wenn mehr als ein „Physics Fight“ beabsichtigt ist. Einige Beispiele für Fragen, die auf dem Beispielproblem eines fallenden Magneten basieren, wären: „Was wäre, wenn das Rohr nicht leitend wäre?“. Dies zeigt Verständnis dafür, dass Ströme entscheidend sind. Oder: „Was wäre, wenn das Rohr horizontale Schlitze hätte?“ zeigt Verständnis dafür, dass die wichtigsten Ströme horizontal im Kreis verlaufen. Oder: „Würden Sie eine Kraft spüren, wenn Sie den Magneten langsam durch das Rohr absenken würden?“ zeigt Verständnis dafür, dass die Wirbelströme von der Änderung des Magnetfelds abhängen. Diese Art von Fragen kann das physikalische Wissen sowohl des Reporters als auch der Opponentin zeigen.
- Der Review wird von allen anderen Teams anhand von Anhang 12 durchgeführt. Die Bewertungen werden anschließend gesammelt und die Gewinnerin kann anhand der durchschnittlichen Punktzahl ermittelt werden.

Es wird empfohlen, dass Projekte im Unterricht nicht zu schwierig sind. Darüber hinaus sollten mehrere Parameter variiert werden können. Auf diese Weise sind die Reports für viele Teams interessant, da sie verschiedene Parameter untersucht haben.

Bei Verwendung des obigen Formats sollten zehn Minuten für einen „Physics Fight“ ausreichen. In so kurzer Zeit ist es schwierig, gute Fragen zu bekommen. Dies kann aber mit etwas Übung verbessert werden. Der Lehrer kann die Zeit basierend auf seiner Erfahrung schrittweise ändern und entscheiden, dass nur zufällig ausgewählte Gruppen präsentieren. Wenn das YPT Format

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Unterstützung des Inhalts dar, der nur die Ansichten der Autoren widerspiegelt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.



mehrmals im Jahr verwendet wird, sollten alle Gruppen die Möglichkeit haben, zu präsentieren, und die Qualität der Opposition wird sich verbessern.

IYPT

3.2.6.1. Präsentation

Die Richtlinien für die Vorbereitung der Präsentation wurden in den vorherigen Kapiteln beschrieben, daher werden wir sie hier nicht wiederholen. Das einzige wichtige zusätzliche Element für die Präsentation selbst ist die Klarheit der Sprache. Dies beinhaltet angemessene Lautstärke und angemessenes Englisch. Das Englisch muss nicht perfekt sein, aber die Schüler sollten die englische Terminologie und die Aussprache unbekannter Wörter nachschlagen. Ein interessantes Beispiel ist das Wort „Impuls“, da einige Sprachen ein ähnliches Wort für „Drehmoment“ verwenden. Die Verwendung des falschen Wortes kann zu unnötiger Verwirrung führen.

3.2.6.2. Diskussion

Die Diskussion ist vielleicht der wichtigste Punkt in einem „Physics Fight“. Selbst nach einer beeindruckenden Leistung eines Reporters kann eine gute Opposition das positive Image der Jury des Reports verändern, die Punkte des Reporters erheblich verringern, und die Punkte des Opponents erhöhen. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass es beim IYPT keinen eindeutigen Lehrbuchansatz für die Opposition gibt. Dies liegt zum einen daran, dass unterschiedliche Probleme unterschiedliche Diskussionen erfordern, und vor allem daran, dass die Reports in Richtung, Tiefe, Qualität und Fokus unterschiedlich sind. Daher ist es möglicherweise nicht die beste Idee, allgemeine Fragen vorzubereiten. Stattdessen ist es ratsam, ein grundlegendes Verständnis der an der Aufgabe beteiligten Physik sowie der Parameter zu erarbeiten, die wahrscheinlich wichtig sind und betrachtet werden sollten.

Der Oppositionsteil ist in vier Phasen unterteilt: Kurze Fragen, Rede der Opponentin, Diskussion und Zusammenfassung der Opponentin. Im Folgenden werden für jede Phase Empfehlungen sowohl für die Reporterin als auch für den Opponent gegeben.

3.2.6.2.1. Kurze Fragen (2 Minuten)

Kurze Fragen des Opponents: Der Zweck dieser Fragen ist noch offene oder unklare Punkte zu klären, bevor die Opponentin ihre Zusammenfassung der Präsentation präsentiert.

- Die Fragen sollten sich fast nur auf die Arbeit des Reporters konzentrieren.
- Sie sollten Fragen zu dem experimentellen Aufbau oder des Modells fragen, welche nach der Präsentation nicht ganz geklärt sind.
- Fragen nach Begründungen für verschiedene Annahmen, die getroffen wurden, sind oft hilfreich um das Verständnis der Reporterin zu überprüfen.
- Frage ob X oder Y gemacht wurde. Gehe hierbei aber nicht ins Detail.
- Allgemeinere Fragen mit kurzen Antworten sind zu bevorzugen.
- Ziel dieser kurzen Fragen ist es nicht eine Diskussion zu starten. Dafür gibt es später extra Zeit.

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Unterstützung des Inhalts dar, der nur die Ansichten der Autoren widerspiegelt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.



- Es lohnt sich, die Fragen in der Reihenfolge ihrer Wichtigkeit zu stellen. Stellen Sie Fragen zu Theorie, Experimentieren und Schlussfolgerung!
- Warten Sie bis zu 30 Sekunden pro Frage. Wenn sich der Reporter in einer langen Antwort verirrt, bedanken Sie sich höflich bei ihm und gehen Sie zur nächsten Frage! Sie können das Problem später im Diskussionsabschnitt fortsetzen. Eine kurze Ja- oder Nein-Antwort ist für zu detaillierte/umfangreiche Fragen schwer zu bekommen, daher kann man sie lieber für die Diskussion überspringen!

Antworten der Reporterin auf die kurzen Fragen: Die Rolle des Reporters besteht darin, die Fragen zu beantworten.

- Die Antworten sollten klar und präzise sein. Es ist ratsam, sich im Voraus auf mögliche Fragen vorzubereiten.
- Wenn eine Frage eine detailliertere und ausführlichere Antwort erfordert, sollte die Reporterin versuchen, sie trotzdem so klar und präzise wie möglich zu beantworten. Wie oben erläutert, ist es Aufgabe des Opponents, die Reporterin zu stoppen und die Frage gegebenenfalls in die Diskussion zu übertragen.
- Es lohnt sich, seine eigenen Folien zu kennen, damit die entsprechende Folie bei Bedarf schnell gefunden werden kann.

3.2.6.2.2. *Präsentation des Opponents (max. 4 Minuten)*

Der Zweck dieser Präsentation ist es, die wichtigsten Ergebnisse zusammenzufassen, die Problemlösung zu bewerten und den guten und den schlechten Inhalt sowohl in der Theorie als auch in Experimenten hervorzuheben. Hierbei ist erwünscht die vier Minuten voll auszunutzen.

- Die Opponentin sollte eine kritische Zusammenfassung des Reports geben, aus der hervorgeht, dass der Opponent die Hauptteile der Präsentation verstanden hat.
- Die positiven Aspekte sollten hervorgehoben werden (mit der richtigen Begründung). Haben Sie keine Angst, eine gute Leistung zu loben!
- Die Opponentin sollte auf die Mängel des Reports hinweisen. Konzentrieren Sie sich zuerst auf das, was getan wurde, man aber besser hätte machen können. Erst dann auf das, was noch getan werden könnte aber nicht getan wurde.
- Hervorzuheben ist, ob die Problemstellung vollständig erfüllt wurde. Jeder fehlende Punkt ist sorgfältig zu erklären.
- Es empfiehlt sich die Punkte für die anstehende Diskussion bereits anzusprechen.
- Die Qualität der Präsentation und die Qualität der Folien sollten ebenfalls bewertet werden.

3.2.6.2.3. *Diskussion (10 Minuten)*

Die Rolle des Opponents: Während der Diskussion sollte die Opponentin einen detaillierten Dialog mit dem Reporter über die Themen führen, die sie für die Lösung und das Verständnis des Reporters für Physik als relevant erachtet. Ziel des Opponents ist es, eine höfliche, aber effiziente Diskussion zu ermöglichen und eine ehrliche und detaillierte wissenschaftliche Kritik abzugeben. Damit soll die Lösung des Reports weiterentwickelt werden. Idealerweise verstehen die Zusehenden nach der Diskussion mehr als davor.

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Unterstützung des Inhalts dar, der nur die Ansichten der Autoren widerspiegelt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.



- Konzentrieren Sie sich auf die Arbeit der Reporterin. Eine gute Diskussion wird den Report als Grundlage verwenden und die Physik über das Präsentierte hinaus untersuchen oder Mängel aufdecken. Selbst wenn die Theorie oder das Experiment des Reporters stark fehlerhaft war, sollte die Diskussion konstruktiv und zielgerichtet bleiben: Identifizierung des Fehlers, Klärung des Fehlers, Entwicklung einer Lösung für das Problem oder eines Lösungsansatzes.
- Wenn der Report stark war, diskutieren Sie mögliche Erweiterungen der Theorie oder experimentellen Arbeit. Besprechen Sie, was möglicherweise noch interessanter gewesen wäre und was passieren könnte, wenn wir X oder Y ändern.
- Wenn ein Bericht Inkonsistenzen aufweist, z.B. falsche oder widersprüchliche Annahmen, ist dies oft ein guter Punkt, um die Diskussion zu starten.
- Konzentrieren Sie sich auf wesentliche Punkte, priorisieren Sie Themen, bleiben Sie nicht in einfachen formalen, theoretischen oder experimentellen Details stecken.
- Formulieren Sie kurze und klare Fragen und verwenden Sie während der gesamten Diskussion eine einfache Sprache. Sprachliche Schwierigkeiten können zu einer ineffizienten Diskussion führen.
- Wenn die Reporterin die Frage nicht zufriedenstellend beantworten kann, versuchen Sie die Reporterin auf den richtigen Weg zu führen. Im Zweifelsfall kann man offen sagen, dass man nicht einer Meinung mit dem Reporter ist, seine Meinung **kurz** erläutern und dann zum nächsten Punkt übergehen.
- Nach der Diskussion jedes Punktes lohnt es sich, das Ergebnis der Diskussion in wenigen Worten festzuhalten und zusammenzufassen. Es ist immer von größter Bedeutung, Ihre eigene Meinung zu diesem Thema hervorzuheben. Wenn Sie einer Meinung mit dem Reporter sind ist es auch gut die so darzustellen.
- Bringen Sie keine eigene Interpretation des Problems oder Ihrer Lösung ein! Wenn Grund zu der Annahme besteht, dass die Reporterin die Aufgabe eindeutig nicht erfüllt hat, sollte dies zur Kenntnis genommen werden. Die Diskussion sollte sich jedoch weiterhin auf den Report und dessen Inhalt konzentrieren.
- Der Opponent sollte unter keinen Umständen Argumente vorbringen wie: „Ihre Ergebnisse müssen falsch sein, denn als wir X experimentiert haben, haben wir Y beobachtet, was nicht mit Ihrem übereinstimmt.“ Wenn Sie ein starkes physikalisches Argument vorbringen können, warum die Erklärung der Reporterin wahrscheinlich falsch ist, ist dies in Ordnung und sollte durchgeführt werden. Da jedoch niemand die Experimente des Opponents gesehen hat oder deren Gültigkeit überprüfen konnte, sollten sie auch nicht als Argument verwendet werden.
- Wenn die Opponentin ein eigenes Modell hat, das nicht mit dem Modell des Reporters übereinstimmt, sollte sie die möglichen entscheidenden Schritte identifizieren, die zu der Meinungsverschiedenheit geführt haben. Anschließend sollte sie die Diskussion nutzen, um über die Meinungsverschiedenheiten zu sprechen, wobei sie sich auf das Modell des Reporters und nicht auf ihr eigenes konzentrieren sollte. Beispielfragen: „Warum haben Sie sich für diese grundlegenden Gesetze entschieden?“, „Haben Sie beim Erstellen des Modells andere Gesetze berücksichtigt?“, „Ich denke an [hier ein Gesetz einfügen], haben Sie es berücksichtigt? Warum nicht? „Können Sie bitte erklären, warum Sie sich für [einen bestimmten] Schritt entschieden haben?“.

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Unterstützung des Inhalts dar, der nur die Ansichten der Autoren widerspiegelt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.



- Ein häufiger Fehler besteht darin, sich auf irrelevante Physik zu konzentrieren. Zum Beispiel ist es nicht angemessen, die Vernachlässigung des Luftwiderstands als einen Fehler im Problem des fallenden Magneten zu erwähnen. Die Opponentin sollte ein Gefühl dafür haben, was für die Aufgabe wichtig ist und was vernachlässigt werden kann - und man vielleicht sollte.
- Wenn der Reporter eine Frage stellt, sollte die Opponentin antworten. Es handelt sich um eine Diskussion, keine Frage-und-Antwort-Sitzung. Der Opponent sollte jedoch die Debatte führen.

Die Rolle des Reporters: Während der Diskussion muss die Reporterin ihre Lösung verteidigen und ihr objektives Wissen über das Thema nachweisen.

- Es ist wichtig, dass der Reporter die Frage vollständig verstanden hat. Wenn etwas nicht absolut klar ist, können Sie die Opponentin um Klärung bitten oder Ihr Team zu Hilfe holen. Es ist sehr kontraproduktiv, sich auf eine Debatte einzulassen, die auf Missverständnissen beruht.
- Der Reporter sollte die Antwort an den Umfang der Frage anpassen und so klar und präzise wie möglich sein. Wenn die Opponentin mit der Antwort zufrieden ist und das Thema nicht weiterverfolgt, sollte sie mit der nächsten Frage fortfahren.
- Der Opponent sollte die Diskussion leiten und kann die Reporterin stoppen, wenn die Diskussion nicht mehr zum Thema gehört, unnötig lang oder unproduktiv ist. Wenn der Reporter jedoch der Meinung ist, dass in der Antwort noch eine wichtige Erklärung fehlt, kann er die Opponentin höflich bitten, ihn vollständig antworten zu lassen. Er hat dann aber darauf zu achten, dass seine Antwort so präzise wie möglich ist.
- Haben Sie keine Angst, den Opponent zu fragen, wenn er seine Meinung nicht teilt (z.B. „Warum halten Sie das für wichtig?“ oder „Wie ist Ihre Meinung zu dieser Frage?“). Es ist häufig der Fall, dass die Opponentin blind fragt, und der Reporter kann dies aufdecken, indem er die Opponentin nach ihrer eigenen Meinung fragt. Darüber hinaus müssen beide Parteien in einer echten Diskussion das Recht haben, Fragen zu stellen. Der Opponent sollte jedoch die Diskussion führen.
- Denken Sie daran, dass die Reporterin am Ende des „Physics Fights“ noch zwei Minuten Zeit hat, um ihre Position zu klären und auf unbegründete Kritik zu reagieren.
- Es lohnt sich, die Folien der Präsentation zu kennen und zu nummerieren, damit Sie bei Bedarf direkt zur entsprechenden Folie springen können.
- Es ist ratsam, sich auf mögliche Fragen vorzubereiten (man kann sich fragen, welche Fragen man zu seiner eigenen Präsentation stellen würde). Dazu kann man dann Folien vorbereiten, wie zum Beispiel mit zusätzlichen Daten oder Ergebnissen, die für die Diskussion relevant sein könnten.

3.2.6.2.4. Zusammenfassung der Diskussion (1 Minute)

Dieser Teil ist sehr wichtig und wird oftmals etwas vernachlässigt! Ziel des Opponents ist es hier, eine allgemeine Zusammenfassung der Diskussion und Präsentation zu geben. Denken Sie daran, dass die Opponentin danach nur noch Fragen anderer beantworten darf.

- Nur die wichtigsten Teile der Diskussion und deren Ergebnisse sollte zusammengefasst werden.

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Unterstützung des Inhalts dar, der nur die Ansichten der Autoren widerspiegelt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.



- Es empfiehlt sich, die wichtigsten positiven Ergebnisse hervorzuheben, aber noch einmal kurz Mängel und Meinungsverschiedenheiten zu erwähnen.

Allgemein

3.2.7. Review

Ziel des Reviews ist es, ein Urteil über die Forschung zu fällen. Die Reviewerin sollte der Präsentation und der Diskussion aufmerksam zugehört haben. Die Aufgabe ist es, diese zu bewerten und ein Urteil zu fällen: Wer war überzeugender? Wie gut hat der Reporter seine Ergebnisse verteidigt? War die Reporterin bereit, Kritik anzunehmen und zuzugeben, wenn etwas ungenau oder sogar fehlerhaft gemacht wurde? Wie relevant waren die Fragen des Opponenten und haben diese zu einer besseren Lösung oder einem besseren Verständnis der Lösung beigetragen?

Im Unterricht

Die Vorschläge zur Durchführung von Reviews in der Klasse sind unterschiedlich. In beiden oben gegebenen Vorschlägen bewertet der Reviewer sowohl die Reporterin als auch den Opponenten.

- Bei der GAT Methode wird eine Siegerin ausgewählt und die Entscheidung kurz begründet.
- Bei der ASP Methode werden der Reporter und die Opponentin anhand eines vorgegebenen Schemas bewertet. Der Lehrer kann diese Bewertung verwenden, um am Ende einen Sieger zu küren.

Für den Klassenunterricht wird der Review nicht stark fokussiert, bietet jedoch die Möglichkeit, Schülerinnen einzubeziehen, die nicht der Reporter oder die Opponentin sind. Da die Unterrichtszeit begrenzt ist, sollte sie eher für die Diskussion verwendet werden.

IYPT

Ein Teil der Arbeit des Reviewers ähnelt der kritischen Analyse der Opponentin, erfordert jedoch, dass innerhalb einer Zeit viel mehr Themen behandelt werden. Umso wichtiger ist es, hier präzise und artikuliert, sowie auf die Hauptmerkmale fokussiert zu sein.

Bei IYPT Wettbewerben erhält die Reviewerin drei Möglichkeiten, Punkte zu sammeln: Fragen stellen, den gesamten Prozess bewerten, und ein Urteil abgeben oder eine eigene Meinung äußern. Der Reviewer soll sein eigenes Verständnis der Physik zeigen, ohne an einer Diskussion teilnehmen zu können. Als Faustregel gilt, dass die Reviewerin aufzeigen sollte, was die Jury aufzeigen würde. Gute Noten werden in der Regel vergeben, wenn die Reviewerin die Punkte anspricht, die nach Ansicht der Jury angesprochen werden sollten.

Fragen des Reviewers: Der Reviewer sollte den gesamten „Physics Fight“ sorgfältig verfolgen und diese Zeit nutzen, um Probleme zu lösen, die nicht klar genug dargelegt wurden. Es gibt einige Arten von Fragen, die die Reviewerin stellen kann:

- Bitten Sie um Begründung für eine bestimmte Entscheidung, falls die Begründung nicht

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Unterstützung des Inhalts dar, der nur die Ansichten der Autoren widerspiegelt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.



gegeben wurde. Dies zeigt, dass der Reviewer die Physik versteht.

- Fragen Sie die Reporterin oder den Opponent nach der Meinung zu einem bestimmten Thema, falls dieses nicht bereits angesprochen wurden, oder in der Diskussion keine klare Meinung geäußert wurde. Manchmal stellt die Opponentin Fragen, gibt aber keine eigene Meinung zu der Antwort ab.

Die Beurteilung des Reviewers: Die Reviewerin soll eine Bewertung der Präsentation, der Rede des Opponents und der Diskussion abgeben. Gleichzeitig soll die eigene Meinung zu den wesentlichen Themen abgeben werden. Die übliche Strategie ist folgende:

- Bewerten Sie die von der Reporterin durchgeführten Forschungsarbeiten und betonen Sie ihre Stärken und Mängel. Einige Reports haben möglicherweise eine starke experimentelle Grundlage, aber ein schlechtes theoretisches Modell, bei anderen ist es möglicherweise umgekehrt. Die meisten Reports befinden sich in der Mitte, daher sollte der Reviewer sorgfältig eruieren, welche Punkte gut gemacht werden und welche fehlen und was unklar geblieben ist. **Die Reviewerin sollte die Gültigkeit der Schlussfolgerungen beurteilen.**
- Beurteilen Sie die Erfüllung des Problems durch den Reporter und dessen Bewertung durch die Opponentin. Hat die Opponentin die Ergebnisse und die Präsentation des Reporters richtig bewertet?
- Der Reviewer kann seine eigene Meinung dazu abgeben, wie der Report verbessert werden könnte.
- Fassen Sie die Präsentation der Opponentin zusammen. Dies besteht hauptsächlich darin, dass der Reviewer die Stärken und Schwächen des Reports identifiziert und bewertet, ob diese Stärken und Schwächen auch vom Opponent hervorgehoben wurden. Die Reviewerin muss mit dem Opponent nicht einer Meinung sein und kann die Reporterin verteidigen, wenn sie die Kritik für unbegründet hält. Sie können auch Punkte ansprechen, die der Opponent ausgelassen hat.
- Die Reviewerin sollte alle wesentlichen Punkte der Diskussion notieren und ihre Meinung zu jedem einzelnen von ihnen angeben. Insbesondere sollten alle Meinungsverschiedenheiten angesprochen und die Position der Reviewerin zu jedem Punkt klar dargelegt werden.
- Der Reviewer sollte die Diskussion per se bewerten, z.B. kann er seine Meinung äußern, ob die Diskussion zur Klärung des Reports nützlich war und sich eingehender mit der Physik befasste, oder ob sie nicht viel zu diesem Aspekt beigetragen hat, ob es interessant oder langweilig war, ob es wichtige/relevante Themen behandelte oder die meiste Zeit mit kleinen Details usw. verschwendete.
- Es wird empfohlen, auf wesentliche Aspekte des Problems (falls vorhanden) hinzuweisen, die weder im Report noch in der Präsentation des Opponents oder in der Diskussion vorhanden waren. Die Reviewerin sollte angeben, warum sie diese Aspekte für wichtig hält.
- Der Reviewer sollte seine Meinung zu der Präsentation abgeben, wie überzeugend sie war und wie gut die Opponentin ihre Gültigkeit überprüft hat.

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Unterstützung des Inhalts dar, der nur die Ansichten der Autoren widerspiegelt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Development of Inquiry Based
Learning via IYPT



4. Zusammenfassung

Wir sind am Ende des Toolkits angekommen. Mit diesem Toolkit möchten wir die notwendigen Informationen vermitteln, die zur Durchführung einer YPT Aktivität in der Klasse und zur Vorbereitung der Schülerinnen auf IYPT Wettbewerbe erforderlich sind. Zusätzliche Informationen oder Vertiefungen wurden in den Anfang verschoben um das Toolkit präzise zu halten. Der Hauptteil ist wie ein Handbuch, ausreichend und kurz, gestaltet, um jedes Mal verwendet werden zu können, wenn eine YPT Aktivität vorbereitet wird. Die Informationen in den Anhängen sind dagegen anderer Natur. Sie erklären Teile des Prozesses, müssen jedoch nicht jedes Mal neu gelesen werden, wenn eine YPT Aktivität vorbereitet wird. Deshalb haben wir sie aus dem Hauptteil entfernt.

Wir wünschen Ihnen viel Glück bei den YPT Aktivitäten in der Klasse und/oder der Teamvorbereitung!

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Unterstützung des Inhalts dar, der nur die Ansichten der Autoren widerspiegelt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Development of Inquiry Based
Learning via IYPT



Anhang



Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Unterstützung des Inhalts dar, der nur die Ansichten der Autoren widerspiegelt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.

Anhang 1: Referenzen zu Forschung bezüglich problembasiertem Lernen

Allgemein

Mehrere Arbeiten weisen auf breite Vorteile für Schülerinnen hin, welche an offenen Problemen forschen. In [1] haben die Autoren 61 Wissenschaftler und Lehrerinnen speziell zum Einfluss von IYPT auf Schüler befragt. Die Antworten bestätigten positive Auswirkungen auf den Erwerb von Fähigkeiten für die zukünftige Arbeit in der Wissenschaft, Kommunikationsfähigkeiten sowie den Erwerb von kollektiven Fähigkeiten zur Problemlösung.

In [2] wurde eine Umfrage unter erfolgreichen slowakischen Wissenschaftlern durchgeführt, um die wichtigsten Faktoren zu ermitteln, die ihr Interesse an Naturwissenschaften an Grundschulen, Gymnasien, Universitäten und Doktoranden beeinflussten. Wissenschaftliche Wettbewerbe waren zusammen mit der Qualität des Lehrers die wichtigsten.

Miroslava Urbašiková befragte in [3] und [4] von 1998 bis 2004 mehr als 100 ehemalige slowakische IYPT und IPhO Teilnehmerinnen. Mehr als 75% arbeiteten in der Wissenschaft. Sie wandte auch YPT Elemente in Standard-Physikklassen an und zeigte, dass dies zur Entwicklung von Lehrplankompetenzen beitrug.

- [1] Kluiber, Zdenek; Stanisic, Tomislav; Skocdopole, Vaclav: The Future is influenced by the Gifted. Orbis, Praha 2008, ISBN: 987-80-902616-0-0
- [2] Pišút, Ján: Vzdelávacie cesty špičkových vedcov na Slovensku. Českosloveský časopis pro fyziku. ISSN 0009-0700. Sv. 62. č. 5-6 (2012). s. 472-476
- [3] Urbašiková, Miroslava: The Impact of a Development of Ability to Science Process Skills on Choice of Career in Science. Proceedings of conference „DIDFYZ 2016“, 19.-22.10.2016, Račková dolina, Slovakia
- [4] Urbašiková, Miroslava: Spôsobilosti vedeckej práce v súťaži Turnaj mladých fyzikov. PhD thesis. Faculty of Mathematics, Physics and Informatics, Comenius University, Slovakia, 2017

Anhang 2: Arten von Experimenten

Allgemein

Experimente in der Wissenschaft haben unterschiedliche Zwecke. Es hilft, die Art des Experiments zu identifizieren um dadurch seinen Zweck und damit seine Ziele zu identifizieren. Beim ISLE-Ansatz werden die Experimente als Beobachtung, Prüfung und Anwendung klassifiziert.

- **Beobachtungsexperiment.** Der Zweck des Beobachtungsexperiments besteht darin, eine Erklärung für das beobachtete Phänomen zu finden. Die Schritte sind normalerweise die folgenden:
 - **Beobachte** ein Phänomen oder eine Abhängigkeit.

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Unterstützung des Inhalts dar, der nur die Ansichten der Autoren widerspiegelt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.



- **Schlage ein Modell** (Erklärung) für das Phänomen vor. In Anhang 3 finden Sie eine Erläuterung der Modelltypen. Eine einfache Erklärung des Phänomens in Worten würde man als qualitatives mechanistisches Modell klassifizieren.
- Es ist wichtig, die Annahmen zu berücksichtigen, die beim entwickeln des Modells getroffen wurden.
- **Testexperiment.** Der Zweck des Testexperiments besteht darin, ein Modell zu testen. Beim Testen eines Modells werden immer die Vorhersagen des Modells mit den Ergebnissen eines Experiments verglichen. Die Schritte sind normalerweise die folgenden:
 - **Schlage ein Testexperiment vor.** Es gibt zwei Untertypen von Testexperimenten.
 - **Neues Experiment.** Dies ist die stärkste Art von Testexperiment und sollte ein völlig neues Experiment sein, das sich vom Beobachtungsexperiment unterscheidet. Eine erfolgreiche Vorhersage zeigt, dass das vorgeschlagene Modell auf andere Kontexte und Situationen übertragbar ist.
 - **Eine Systematische Messung des Beobachtungsexperimentes.** Das Ziel dieses Subtyps ist zu zeigen, dass das vorgeschlagene Modell tatsächlich das Ergebnis des Beobachtungsexperiments erklärt. Es wird normalerweise durchgeführt, wenn die Modellvorhersage oder das Ergebnis des Beobachtungsexperiments so komplex sind, dass eine sofortige Übereinstimmung zwischen beiden nicht offensichtlich ist. Dies ist auch der Subtyp, der normalerweise bei YPT Problemen ausgeführt wird.
 - **Erweiterung des Bereichs der Parameter** außerhalb des ursprünglichen Bereichs ist ein Testexperiment, bei dem es sich um eine Mischung beider Typen handelt.
 - **Formuliere eine Vorhersage** über das Ergebnis des Testexperiments basierend auf dem Modell, d. h. wenn das Modell korrekt ist und wir [Testexperiment] durchführen, sollte das Ergebnis [Modellvorhersage] sein. Vorhersagen sollten gemacht werden, bevor das Experiment durchgeführt wird, um Bestätigungsverzerrungen zu vermeiden. Mit angemessener Disziplin können die Vorhersagen jedoch nach dem Experiment gemacht werden, wenn klar ist, welche Experimente mit dem Modell verglichen werden.
 - **Führe das Experiment durch.** Zeichne die Daten auf.
 - **Vergleiche** das Ergebnis des Experiments mit dem vorhergesagten Ergebnis des Modells. Führen Sie die entsprechende Datenanalyse durch, um die beiden zu vergleichen. Berücksichtigen Sie experimentelle Unsicherheiten.
 - **Bewerte das Modell.** Stimmt seine Vorhersage ausreichend gut mit dem experimentellen Ergebnis überein?
 - **Falls sie übereinstimmen**, akzeptiere das Modell vorläufig.
 - **Falls sie nicht übereinstimmen**, überprüfe die Annahmen des Modells.
 - **Falls diese berechtigt sind**, verwirf das Modell. Dies kann zwischen verschiedenen vorgeschlagenen Modellen unterscheiden oder die Konstruktion eines völlig neuen Modells erfordern. Wiederholen Sie den Vorgang mit dem neuen Modell.

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Unterstützung des Inhalts dar, der nur die Ansichten der Autoren widerspiegelt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.

- Falls diese nicht berechtigt sind, ändern Sie die Annahmen und machen Sie eine neue Vorhersage basierend auf dem Modell. Wiederholen Sie den Vorgang mit der neuen Vorhersage.
- **Anwendungsexperiment.** Anwendungsexperimente dienen zur Lösung eines konkreten Problems. In YPT ist das Problem „Invent yourself“ normalerweise von diesem Typ. Das Ziel des Anwendungsexperiments besteht darin, die bekannte Physik zu verwenden, um ein praktisches Problem zu lösen, sei es das Messen des Wertes einer Konstante oder eines Parameters wie der Gravitationskonstante, der Wärmekapazität, des Trägheitsmoments usw. oder das Erfinden eines Geräts, das einem bestimmten Zweck dient wie ein Seismometer, ein Thermometer, ein Zufallszahlengenerator usw. Die Schritte sind normalerweise die folgenden:
 - **Identifizieren Sie das erforderliche Physikwissen** um das Problem zu lösen.
 - **Entwerfen Sie das Gerät/Verfahren** und führen Sie die Aufgabe durch.
 - **Bewerten Sie die Leistung** des Geräts/Verfahrens. Finden Sie eine unabhängige Methode, um die Leistung des Geräts/Verfahrens zu testen. Dies beinhaltet den Vergleich des Ergebnisses der Vorrichtung/des Verfahrens mit einem Ergebnis eines unabhängigen Experiments oder, wenn ein unabhängiges Experiment nicht durchgeführt werden kann, mit dem in der Literatur akzeptierten Wert.

Appendix 3: Modellarten

Allgemein

Modell. Mit Hilfe eines Modells kann man ein Ergebnis anhand von Eingabeparametern vorhersagen. Es gibt verschiedene Arten von Modellen.

- **Phänomenologisches Modell.** Diese Art von Modell beschreibt die Abhängigkeit zwischen zwei Größen, ohne zu versuchen, sie zu erklären.
 - Das niedrigste Level des Modells bestimmt nur, ob es sich um eine steigende oder fallende Funktion handelt.
 - Das phänomenologische Modell enthält normalerweise eine empirische Form der Funktion (exponentiell, polynomisch, sinusförmig, ...). Diese Form wird aus den Daten empirisch abgeleitet und basiert nicht auf einer physikalischen Beziehung oder Ableitung.
- **Mechanistisches Modell.** Diese Art von Modell beinhaltet eine Ursache-Wirkungs-Beziehung zwischen Mengen. Hier sind die wichtigsten Typen die für das IYPT relevant sind.
 - **Qualitatives Modell.** Die Schülerinnen verstehen die grundlegende Dynamik auf einer deskriptiven Ebene. Sie können erklären, wie sich der Parameter auf das System auswirkt und wie sich dies auf die Messgröße auswirkt. Sie können jedoch kein mathematisches Modell erstellen, das den Parameter mit der gemessenen Größe in Beziehung setzt. Dieses Modell ist in der Lage, das Verhalten der beobachteten Menge in Bezug auf Zunahme oder Abnahme und ähnlichem vorherzusagen. Bei sehr schwierigen Problemen ist dies möglicherweise das Beste, was von den Schülern erwartet werden kann.

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Unterstützung des Inhalts dar, der nur die Ansichten der Autoren widerspiegelt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.

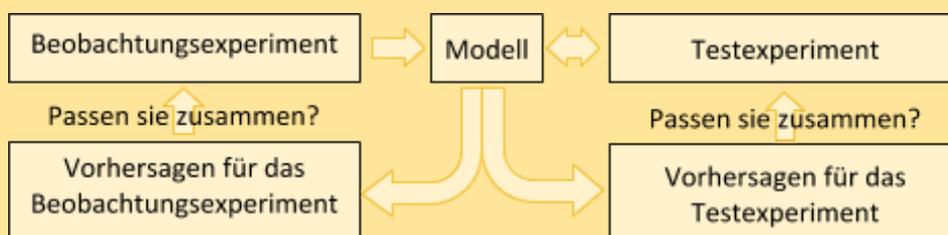


- **Numerisches quantitatives Modell.** Die Schülerinnen verstehen die Dynamik und können sie in mathematischen Begriffen beschreiben, aber eine analytische Ableitung des Endergebnisses ist für die Schüler zu komplex (nichtlineare Differentialgleichungen, nicht integrierbare Funktionen, ...). In solchen Fällen kann die zeitliche Entwicklung des Systems aus den dynamischen Gleichungen numerisch modelliert werden. Das Ergebnis des Modells kann als Vorhersage verwendet werden und liegt normalerweise in Form eines Diagramms oder einer Simulation vor.
- **Das vorhandene quantitative Modell verstehen.** Für einige Probleme wurde das Modell bereits in der Literatur abgeleitet, ist aber zu komplex, um von den Schülern erwarten zu können, dass diese die Ableitung wiederholen. In solchen Fällen reicht es aus, wenn die Schülerinnen das Endergebnis erklären können. Dies bedeutet die Annahmen für die dynamischen Gleichungen und deren Aussage zu verstehen. Schließlich sollten die Schüler in der Lage sein, die Rolle der Parameter im Endergebnis zu erklären und diese mit den anfänglichen Annahmen zu begründen.
- **Analytisches quantitatives Modell.** Die Schülerinnen schlagen die dynamischen Gleichungen vor und leiten das Endergebnis ab. Dieses Modell wird normalerweise als analytische Gleichung (Funktion) angegeben, die den untersuchten Parameter mit der gemessenen Größe in Beziehung setzt.
- **Annahmen.** Ein Modell besteht aus physikalischen Gesetzen, Mechanismen wie Newtonschen Gesetzen, Lenzschen Regeln usw. und Annahmen wie kein Luftwiderstand, adiabatischer Änderung, konstanter Druck usw. Manchmal ist eine Regel nur gültig, solange die Annahmen gültig sind (zum Beispiel die Gleichung für das Magnetfeld eines langen Solenoids - es hat „lang“ im Namen, um uns daran zu erinnern). Wenn ein Modell versagt, kann das daran liegen, dass die Annahmen nicht gültig sind und nicht, dass die falschen Gesetze verwendet werden. Ein typisches Beispiel ist die Ballistik, wenn der Luftwiderstand nicht vernachlässigbar ist.

Anhang 4: Etwas mehr über Testexperimente

Allgemein

Beobachtung, Modell, Test. Beobachtungsexperimente dienen zur Erstellung eines Modells (Erklärung, Gleichungen). Testexperimente dienen zum Testen des Modells. In der Forschung sind Beobachtungen, Modell, und Tests häufig miteinander verflochten, wie in Anhang 2 beschrieben:



Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Unterstützung des Inhalts dar, der nur die Ansichten der Autoren widerspiegelt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.



Nachfolgend finden Sie Beispiele für die beiden Subtypen von Testexperimenten und eine kurze Diskussion darüber, wann der jeweilige Subtyp geeignet ist.

Beispiele für die Verwendung von Testexperimenten. Unserer Erfahrung nach wird das Testexperiment am wenigsten verstanden. Daher geben wir hier einige Beispiele, eines für jede Anwendung des Testexperiments.

Beispiel: Fallender Magnet	
Beobachtung:	Ein Magnet fällt langsamer in einer Metallröhre als in Luft.
Erklärung (qualitative):	Der Magnet induziert über und unter sich Kreisströme, die über das Lenzsche Gesetz eine Kraft auf den Magneten ausüben.
Testexperiment: (Subtyp "Neu")	Schneide einen Schlitz in das Rohr, um Kreisströme zu vermeiden.
Vorhersage basierend auf der Erklärung:	Die Ströme können nicht mehr fließen, der Magnet fällt schneller oder verzögert sich nicht.
Ergebnis:	Der Magnet fällt schneller, allerdings dennoch langsamer als in Luft.
Beurteilung:	Das Ergebnis stimmt qualitativ mit der Vorhersage überein. Der neue Weg der Wirbelströme bremst weniger stark.

Beispiel: Federoszillator	
Beobachtung:	Die Schwingungsdauer nimmt mit der Masse zu.
Erklärung (quantitativ):	Dieselben Federn erzeugen dieselbe Kraft, daher bedeutet die größere Masse eine geringere Beschleunigung. Die Schwingperiode ist proportional zur (Wurzel der) Beschleunigung. Die Periode nimmt also mit zunehmender Masse zu. $t_0 = 2\pi\sqrt{m/k}$.
Testexperiment: (Subtyp „Wiederholung“)	Miss die funktionale Abhängigkeit zwischen Masse und Periode. (Technisch gesehen ist das wieder das Beobachtungsexperiment, aber wenn man systematisch auf Details eingeht und ein Modell hat, mit dem man das Ergebnis vergleichen kann, ist es ein Testexperiment.)
Vorhersage basierend auf der Erklärung:	Die Abhängigkeit sollte quadratwurzelartig sein. Linearisiert: $t_0^2 \propto m$.
Ergebnis:	Die Abhängigkeit sollte quadratwurzelartig sein. Linearisiert: $t_0^2 \propto m$. Hinweis: Dies setzt natürlich voraus, dass die Parameter innerhalb des Hooke-Regimes bleiben. Auslenkung außerhalb dieses Regimes könnte eine Aufgabe für fortgeschrittene Schülerinnen sein.
Auswertung:	Das Ergebnis stimmt mit der Vorhersage überein. Die Werte des Fitkoeffizienten können dann mit dem Wert des Federkoeffizienten k verglichen werden.

Wann ist ein neues Testexperiment erforderlich?

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Unterstützung des Inhalts dar, der nur die Ansichten der Autoren widerspiegelt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.



Im YPT ist eine systematische Messung des Beobachtungsexperiments ein geeignetes Testexperiment, wenn:

- Die Ergebnisse des Beobachtungsexperiments komplex sind. Typischerweise eine Abhängigkeit, die nicht durch eine einfache mathematische Funktion erklärt werden kann.
- Das Modell eine komplexe Gleichung bietet, für die die Visualisierung nicht trivial ist. Typischerweise ein mathematischer Ausdruck, der aus vielen einfachen Ausdrücken besteht.

In beiden Fällen geht es bei der Anpassung der Modellvorhersage an die experimentellen Ergebnisse nicht nur darum, die richtigen Koeffizienten zu finden, sondern auch darum, die richtige Gleichung /den richtigen Ausdruck zu finden. Die Gleichungsergebnisse (Modellvorhersagen) sind daher nicht offensichtlich und müssen getestet werden, um zu überprüfen, ob das Modell das Phänomen tatsächlich zufriedenstellend erklärt.

Ein neues Testexperiment, das sich vom Beobachtungsexperiment unterscheidet, ist im Allgemeinen erforderlich, wenn:

- Die anfängliche Erklärung einfach ist und offensichtlich mit dem Beobachtungsexperiment übereinstimmt.
- Eine quantitative Vorhersage für das Ergebnis des Beobachtungsexperiments nicht auf der Grundlage des Modells getroffen werden kann (die Gleichungen sind zu komplex, das Phänomen ist von Natur aus qualitativ usw.). Ein solches Beispiel wäre der fallende Magnet, bei dem es nur die Fallzeit gibt, die im ursprünglichen Beobachtungsexperiment quantifiziert werden kann. Ein Modell zur Vorhersage der Abfallzeit kann mit ausreichendem Wissen erstellt werden, kann jedoch über das Wissen einiger Teams hinausgehen. Für diese Teams ist es besser, ein neues Experiment zu erstellen, z.B. durch eine Reihe isolierter Schleifen zu fallen und eine qualitative Vorhersage über die Richtung des Stroms in den Schleifen über und unter dem Magneten zu treffen. Oder Sie schlagen ein anderes neues Experiment vor, z.B. das Fallen durch ein Rohr mit einem Schlitz und die Vorhersage, dass die Fallzeit abnehmen sollte.

Anhang 5: Ein einfaches Experiment für den Unterricht – Federoszillator

Im Unterricht

Der YPT Prozess ahmt den Prozess wissenschaftlicher Untersuchungen nach. In diesem Kapitel beschreiben wir ein einfaches Beispiel, das für eine ganze Klasse verwendet werden kann, und veranschaulichen den Prozess und seine Schritte.

Wähle das Problem aus

Oft wird es natürlich vom Lehrer vorgeschlagen.

1	Problem	<i>Ein Federoszillator besteht aus einer oder mehreren Federn, die an einem Träger angebracht sind, und einer Masse, die an der Feder (den</i>
---	---------	--

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Unterstützung des Inhalts dar, der nur die Ansichten der Autoren widerspiegelt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.



		<i>Federn) angebracht ist. Untersuchen Sie, wie das Schwingungsmuster und die Periode von relevanten Parametern abhängen.</i>
2	Zeigen Sie bei Bedarf das Experiment	Man kann eine Zeichnung, ein Video oder ein tatsächliches Experiment zeigen, damit die Schüler das beabsichtigte Phänomen sehen können.

Was wir bereits wissen: erstes Modell

3	Vorläufiges (naives) Modell	Die Schüler haben automatisch eine Vorstellung davon, was los ist.
		Die Schülerinnen sollen ermutigt werden, ihre Idee ausdrücklich zu formulieren.
		Diese naive Idee ist die Quelle dafür was man untersuchen soll und für mögliche Forschungsfragen.
		Die Feder übt eine Rückstellkraft auf die Masse aus, wenn die Masse aus der Gleichgewichtsposition bewegt wird.
4	Relevante Parameter	Aus dem Setup: Es gibt Masse, Federn, Reibung, anfängliche Auslenkung. Aus der Theorie: Federn üben Kraft auf die Masse aus. Die Masse bewegt sich eine bestimmte Strecke. Möglicherweise ist auch Reibung beteiligt. Newtons Bewegungsgesetze, Hookes Gesetz. Also: Federkoeffizient, Masse, Reibung, Anfangsauslenkung.

Wählen Sie aus, was weiter untersucht werden soll

Jede Gruppe entscheidet, welche Abhängigkeit sie messen wird. Daraus ergeben sich die Forschungsfragen (FFs).

5	Basis FFs	Wie hängt die Periode von der Federsteifigkeit ab?
		Wie hängt die Periode von der Masse ab?
		Wie hängt die Periode von der Anfangsamplitude ab?
6	Mittlere FFs	Wie hängt die Periode von der Neigung ab?
		Wie hängt die Periode von der Reibung ab (unter dem kritischen Fall)?
7	Fortgeschrittene FFs	Wie hängt die Periode von der Reibung ab (kritisch und über dem Fall)?
		Wie ändert sich die Schwingungsperiode bei großen Schwingungsamplituden?
		Ist die Bewegung perfekt harmonisch? Was ist die Anharmonizität der Bewegung?
		Wie ändert sich die Bewegung, wenn die angebrachte Masse kleiner oder mit dem Gewicht der Feder vergleichbar ist?
		Wie ändert sich die Bewegung, wenn die Federverformung nicht mehr elastisch ist?
		Was ist, wenn die Schwingungen senkrecht zur Feder stehen? Unter welchen Umständen sind die Schwingungs- und Pendelmoden am meisten gekoppelt?

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Unterstützung des Inhalts dar, der nur die Ansichten der Autoren widerspiegelt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.



Einige der oben genannten Phänomene können von der Lehrerin dargestellt werden, damit die Schüler wissen, dass die Phänomene existieren, und untersucht werden können. Diese Vorbereitungsphase kann bis zu 20 Minuten dauern.

Geräte bauen und Beobachtungsexperimente durchführen

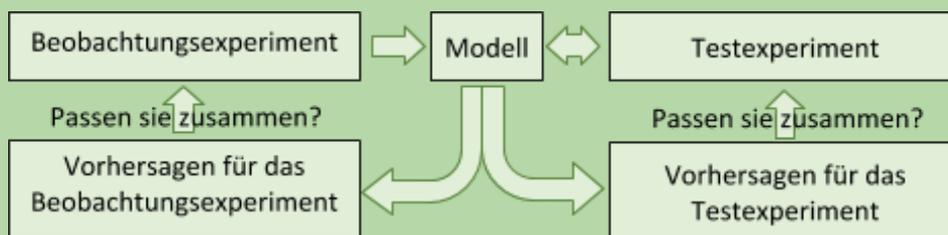
In den nächsten 20 Minuten bauen die Schüler ihre Geräte und führen einige vorläufige Messungen durch.

8	Die Messvorrichtung bauen	Baue die Messvorrichtung.
		Wählen Sie Messgeräte (Stoppuhren, Lineale, Waagen).
9	Vorläufiges (Beobachtungs-) Experiment	<p>Führen Sie einige Messungen durch:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Machen Sie sich ein Bild von dem wichtigen Bereich der Parameter. • Machen Sie sich ein Bild von der allgemeinen Abhängigkeit. • Identifizieren Sie mögliche Probleme (Dehnungsgrenzen der Federn...).

Diese vorläufigen Experimente dienen zwei Zwecken: Sie vermitteln ein Gefühl für systematischere Experimente und geben einen Ausgangspunkt für die Erstellung eines Modells oder einer Erklärung.

Systematische Beobachtungs-/Testexperimente

Beobachtungsexperimente dienen zur Erstellung eines Modells (Erklärung, Gleichungen). Testexperimente dienen zum Testen des Modells. In der Forschung sind Beobachtungen, Modelle, und Tests oft miteinander verflochten:



Die Schülerinnen sollten bedenken, dass das ultimative Ziel darin besteht, das Experiment mit der Theorie zu vergleichen, oder besser ausgedrückt die experimentellen Ergebnisse mit Modellvorhersagen. Dies bedeutet, dass die Schüler zumindest ein teilweise naives Modell im Kopf haben sollten, um zu wissen, womit sie die Messungen vergleichen werden. Aus diesem Grund ist es von Vorteil, ihnen zu helfen, ihr naives Modell explizit anzugeben. Der Zweck der systematischen Messungen besteht darin, das Modell zu verfeinern und Daten für den eventuellen Vergleich mit dem Modell zu erhalten.



10	Systematisches (Test-) Experiment	Der Zweck der systematischen Experimente besteht darin, festzustellen, ob die Vorhersagen des Modells mit den experimentellen Ergebnissen übereinstimmen. Unabhängig davon, ob das Modell vorher oder nachher gebaut wird.
11	Sammele Daten	Wählen Sie genügend Werte für die unabhängigen Parameter. Mindestens drei. Für die Masse, Federkoeffizient und Amplitude sollten um die fünf Parameter ausreichen.
		Verteile diese so, dass sie den gesamten interessanten Bereich abdecken: den größten Teil des verfügbaren Bereichs oder den Bereich, in dem Änderungen in der abhängigen Parameter (in unserem Fall) erheblich sind.
		Messen Sie jeden Punkt mehrmals, um eine Statistik und eine Fehlerschätzung zu erhalten. Mindestens drei Messungen (um die sechs wären aber besser) für jeden Punkt.
12	Schätze Ungenauigkeiten	Berechnen Sie aus den wiederholten Messungen den Durchschnitt und die Standardabweichung jedes Punktes. Daraus ergeben sich die Fehlerbalken.
		Eine zweite Quelle für Unsicherheiten sind die Messgeräte selbst. Skalen, Maßbänder, optische Tore und Thermometer haben alle eine begrenzte Auflösung und eine inhärente Unsicherheit. Die Abschätzung von Unsicherheiten ist besonders wichtig, wenn die Messungen nicht wiederholt werden können.
13	Daten präsentieren	Zeichne nach Möglichkeit ein Diagramm.
		Beschrifte Achsen und Einheiten.
		Zeichne Fehlerbalken.

Ein Modell bauen

Das Modell ist das ultimative Ziel der Wissenschaft. Eine Erklärung der Phänomene. Es gibt drei Modellebenen, die die Schüler erstellen können.

14	Phänomenologisches Modell	Dieses Modell soll die Daten beschreiben .
		Beispiel: $t_0 = C\sqrt{m}$, $t_0 = C\sqrt{1/k}$. Die Periode t_0 ist unabhängig von der Amplitude. Den Schülerinnen kann beigebracht werden zu diesen Modellen zu gelangen, indem die Daten in verschiedenen Formen dargestellt werden: y vs. x , y^2 vs. x , y vs. x^2 , $\ln(y)$ vs. x , y vs. $\ln(x)$, y vs. $1/x$, etc.
		Es handelt sich nur um eine mathematische Beschreibung der beobachteten Daten (ist die Beziehung quadratisch, exponentiell, linear, ...) ohne einer physikalischen Erklärung, warum das so ist.
		Dies ist das niedrigste Niveau. In einer einfachen Aufgabe wird von allen Schülerinnen erwartet ein Modell zu erstellen und die Aufgabe erfolgreich zu erfüllen. Die meisten Schülerinnen sollten in der Lage sein, eine einfache physikalische Erklärung abzugeben.

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Unterstützung des Inhalts dar, der nur die Ansichten der Autoren widerspiegelt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.

		Bei sehr komplexen Problemen könnte dies auch bei YPT Wettbewerben akzeptabel sein, würde jedoch nicht sehr gut abschneiden.
15	Qualitative Erklärung	<p>Schlage eine qualitative Erklärung vor. Beschreibe in Worten warum das passiert.</p> <p>Finden Sie qualitative Beziehungen: Je stärker die Kraft, desto größer die Beschleunigung. Je größer die Beschleunigung, desto weniger Zeit wird für eine bestimmte Strecke benötigt. Je größer die Masse, desto geringer die Beschleunigung...</p>
16	Quantitatives Modell	<p>Schlage ein quantitatives Modell vor:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Finde quantitative Beziehungen zwischen Mengen ($F = kx$, $a = F/m$, $x = at^2/2$). • Versuche, die abhängige Variable (Zeit) mit den unabhängigen Variablen (Masse, Federkoeffizient, ...) in Beziehung zu setzen. In der Schule wird von den Schülerinnen nicht erwartet, dass sie Differentialgleichungen lösen können, aber sie sollten in der Lage sein, zu $t_0^2 \propto k/m$ zu gelangen.

Vergleich

Der wichtigste Teil eines wissenschaftlichen Ansatzes besteht darin, die Vorhersage des Modells mit den Ergebnissen des Experiments zu vergleichen. Dies ist auch der wichtigste Teil des Forschungsteils einer YPT Aktivität.

17	Vorhersage	<p>Qualitativ: Die Periode sollte mit der Masse bei gleicher Kraft abnehmen und mit dem Federkoeffizienten bei gleicher Masse zunehmen. Ähnliche Vorhersagen können für andere Parameter gemacht werden.</p> <p>Quantitativ: Das quantitative Modell liefert $t_0 = 2\pi\sqrt{m/k}$. Für den Vergleich ist jedoch $t_0 = C\sqrt{m/k}$ ausreichend. C ist hier ein unbekannter Koeffizient.</p>
18	Vergleich	<p>Plotten sie die gemessenen und vorhergesagten Daten in einem Diagramm.</p> <p>Linearisiere: Plotte t_0^2 auf der vertikalen Achse statt t_0. Das ist der beste Weg, um die Form des Diagramms zu überprüfen, ohne auf die genauen Koeffizienten achten zu müssen.</p> <p>Wie gut passt die vorhergesagte Linie zu den Daten? Liegt sie innerhalb der Fehlerbalken oder nicht? In unseren einfachen Fällen sollte die Quadratwurzelabhängigkeit ausreichen. Das richtige Modell für das Experiment ist $t_0 = 2\pi\sqrt{m/k}$. Es ist jedoch nicht von allen Schülerinnen zu erwarten, dass sie das Modell ableiten. Ein akzeptables Modell für die Aktivität in der Klasse ist $t_0 = \sqrt{2}\sqrt{m/k}$, abgeleitet unter Annahme einer konstanten Kraft.</p>

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Unterstützung des Inhalts dar, der nur die Ansichten der Autoren widerspiegelt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.



		<p>Erklären Sie etwaige Unstimmigkeiten. Einige Schüler sind möglicherweise nicht in der Lage, den Faktor 2π statt $\sqrt{2}$ vollständig zu erklären. Sie können jedoch berücksichtigen, dass die Annahme einer konstanten Kraft nicht gerechtfertigt ist. Die Kraft und damit die Beschleunigung nimmt in der Nähe der Gleichgewichtsposition ab. Das sollte die Periode verlängern, was der Faktor 2π widerspiegelt. Dies ist auf dieser Ebene eine hinreichende Erklärung. Einige Schülerinnen können möglicherweise die richtige Gleichung ableiten, aber selbst dann kann es zu Abweichungen vom Modell kommen, die einer Erklärung bedürfen (anharmonisches Verhalten etc.).</p>
--	--	--

Ergebnisse präsentieren und Peer Review

Die nächste und wohl wichtigste Phase in der gesamten YPT Aktivität ist der Bericht und das Peer Review. Die Peer Review umfasst eine Gruppe, deren Aufgabe es ist, die Stärke des Berichts zu testen.

19	Report	Die Schüler geben ihre Forschungsfragen an; ihre Ziele.
		Sie präsentieren ihren Versuchsaufbau und den Datenerfassungsprozess.
		Sie präsentieren ihre Ergebnisse. Vorzugsweise in grafischer Form. Die Abhängigkeit der Periode von der Masse kann leicht grafisch dargestellt werden. Fehlerbalken sollten gezeichnet werden.
		Die Schülerinnen präsentieren ihre Erklärung des Phänomens: Je höher die Masse, desto geringer die Beschleunigung, desto höher die Periode. Wenn die Schüler das quantitative Modell finden können, noch besser: $t_0 \propto \sqrt{m/k}$.
		Die Schüler präsentieren den Vergleich zwischen ihrem Modell und den Messungen.
		Die Studierenden geben eine klare Antwort auf ihre Forschungsfrage.
20	Peer Review (Diskussion)	Eine andere Gruppe von Schülerinnen prüft, wie stark die Schlussfolgerungen der Berichtsgruppe sind.
		Sie überprüfen jeden Teil des Berichts, der ihrer Meinung nach erklärt werden muss oder der ihrer Meinung nach falsch ist (normalerweise das Modell). Wenn sich herausstellt, dass die Daten unerwartet sind, sollte der Versuchsaufbau überprüft werden.
		Sie stellen Fragen, um das Wissen der Gruppe des Reporters über grundlegende relevante Physik zu überprüfen.

Damit ist der YPT Prozess abgeschlossen. Es kann eine Bewertungsphase hinzugefügt werden, in der jemand (vorzugsweise die anderen Teams) den Bericht und die Diskussion bewertet. Mehr dazu später.

Appendix 6: Ein IYPT Beispiel – Falling Magnets

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Unterstützung des Inhalts dar, der nur die Ansichten der Autoren widerspiegelt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.



IYPT

Dieser Anhang enthält eine Beschreibung davon, wie ein Problem für einen IYPT Wettbewerb bearbeitet wird.

Das Problem

1	Problembeschreibung	<i>Wenn ein starker Magnet durch eine nicht ferromagnetische Röhre fällt, spürt er eine rücktreibende Kraft. Untersuche das Phänomen.</i>
---	---------------------	---

Dieses Problem steht im Einklang mit allen Vorschlägen zur Problemauswahl: Magnete sind relativ einfach zu erwerben, ebenso Metallrohre. Es gibt Oszilloskop-Apps, die gut funktionieren, solange die Spannungen niedrig genug sind.

Erste Beobachtung

2	Führe das Experiment wie beschrieben durch	Es ist leicht, einen Magneten durch ein Metallrohr fallen zu lassen. In fast allen Fällen ist der Effekt sehr ausgeprägt, solange die Durchmesser ähnlich sind.
---	--	---

Was wir bereits wissen: erstes Modell

3	Erstes (naives) Modell	Die Schüler haben automatisch eine Vorstellung davon, was los ist.
		Sie sollten ermutigt werden, diese Idee ausdrücklich zu formulieren.
		Diese naive Idee ist die Quelle dafür was man untersuchen soll und für mögliche Forschungsfragen.
		Wenn ein Magnet fällt, ändert sich das Magnetfeld an jeder Position in der Röhre. Dies führt zu Wirbelströmen, die nach Lenz' Regel der Änderung des Magnetfeldes entgegenwirken. Das Feld dieser Ströme führt zur Bremsung des Fallens.
4	Relevante Parameter	Fallen: Masse des Magneten. Elektrische Ströme: Widerstand des Rohres: spezifischer Widerstand des Materials, Rohrdicke, Rohrdurchmesser. Wechselwirkung zwischen Magnetfeld und Röhre: Stärke des Magnetfeldes (Anzahl der Magnete), Abstand zwischen Magnet und Röhre.

Wähle aus, was weiter untersucht werden soll

Verschiedene Teams entscheiden über verschiedene Untersuchungsziele. Es wird jedoch erwartet, dass die Abhängigkeit von identifizierten Parametern untersucht wird. Je mehr Parameter untersucht werden, desto besser. Im Allgemeinen ist es besser, einen Parameter in der Tiefe und einige oberflächlich zu untersuchen als viele oberflächlich und keinen in der Tiefe.

5	Basis FFs	Wie hängt die Fallzeit vom Rohrdurchmesser ab?
		Wie hängt die Fallzeit vom Rohrmaterial ab?
		Wie hängt die Abfallzeit von der Masse des Magneten ab (bei gleichem Magnetfeld)?

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Unterstützung des Inhalts dar, der nur die Ansichten der Autoren widerspiegelt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.



6	Mittlere FFs	Wie hängt die Abfallzeit von der Anzahl der Magneten ab? (Die Anzahl der Magneten ändert die Masse, die Geometrie und die Stärke des Magnetfelds.)
		Können wir nachweisen, dass sich Ströme in dem Rohr befinden?
7	Fortgeschrittene FFs	Was ist die Form der Ströme in dem Rohr?
		Welche andere Bewegung führt der Magnet aus, außer dass er fällt?
		Wie wirkt sich die Form des Magneten auf seine Bewegung beim Fallen aus? (Es ist sehr schwierig, die Geometrie des Magneten zu ändern, während die Stärke des Magnetfelds konstant gehalten wird.)

Versuchsaufbau bauen und Beobachtungsexperimente durchführen

Abhängig von den gestellten FFs bauen die Schüler ihre Geräte und führen Messungen durch.

Dieser Prozess wird häufig parallel zum Erstellen des Modells durchgeführt. Die Schülerinnen sind sich der zugrundeliegenden Schritte oft nicht bewusst: Modell erstellen, Experimente durchführen, mit Modell vergleichen, Modell verfeinern, Experimente durchführen, mit Modell vergleichen, ... Normalerweise werden nur das endgültige Modell und der endgültige Vergleich für die Präsentation ausgearbeitet.

8	Versuchsaufbau bauen	Baue den Versuchsaufbau.
		Wählen Sie Messgeräte (Stoppuhren, Lineale, Waagen).
9	Vorläufiges (Beobachtungs-) Experiment	<p>Führen Sie einige Messungen durch:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Machen Sie sich ein Bild von dem wichtigen Bereich der Parameter. • Machen Sie sich ein Bild von der allgemeinen Abhängigkeit. • Identifiziere mögliche Probleme (Fallart im Rohr, Reibung am Rand vom Rohr, etc.).

Das Folgende bezieht sich in diesem Fall hauptsächlich auf Basis FFs und mittlere FFs.

10	Systematische (Beobachtungs-) Experimente	Der Zweck der systematischen Testexperimente besteht darin, festzustellen, ob die Vorhersagen des Modells mit den experimentellen Ergebnissen übereinstimmen. In diesem Fall wird es jedoch wahrscheinlich kein quantitatives Modell geben, mit dem die Ergebnisse verglichen werden können. Diese systematischen Experimente sind also keine Tests, sondern Beobachtungsversuche .
		Der Zweck systematischer Beobachtungsexperimente besteht darin, ein Modell zu erstellen. In diesem Fall besteht der Zweck, der auf den Basis und mittleren FFs basiert, darin, ein phänomenologisches Modell zu erstellen (siehe Anhang 3): eine quantitative Beschreibung des Phänomens. Während die Erklärung wahrscheinlich qualitativ bleiben wird.
11	Sammele Daten	Wähle genügend Werte für die unabhängige Variable. Mindestens drei (Rohrdurchmesser, Rohrmaterial, Rohrdicke, ...).

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Unterstützung des Inhalts dar, der nur die Ansichten der Autoren widerspiegelt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.



		Verteile die Werte so, dass sie möglichst den gesamten interessanten Bereich abdecken.
		Miss jeden Punkt mehrmals, um eine Statistik und eine Fehlerschätzung zu erhalten. Mindestens drei Messungen (um die sechs wären aber besser) für jeden Punkt.
12	Datenvisualisierung	<p>Plote ein Diagramm.</p> <p>Beschrifte Achsen und Einheiten.</p> <p>Zeichne Fehlerbalken (abgeleitet aus wiederholten Messungen).</p>
Das Folgende bezieht sich hauptsächlich auf die fortgeschrittenen FFs.		
13	Neues Testexperiment	<p>In diesem Fall müssen Testexperimente zum Testen des qualitativen Modells ebenfalls qualitativ sein. Das Modell identifiziert eine entscheidende Ursache für die Verzögerung des Magneten: die Ströme im Rohr. Testversuche müssen daher untersuchen, ob tatsächlich Ströme in der Leitung vorhanden sind.</p> <p>Experiment 1: Schneiden Sie einen oder mehrere Schlitze entlang der Rohrlänge. Wirbelströme sollten dadurch verhindert werden oder deren Geometrie zumindest drastisch verändert.</p> <p>Experiment 2: Ersetzen Sie das Rohr durch eine Spule. In diesem Fall sollten sich die Ströme, die über und unter dem Magneten in entgegengesetzte Richtungen fließen, aufheben (außer am Anfang und am Ende). Dies sollte die Verzögerung fast aufheben. Verwenden Sie mehrere Spulen, um den Effekt an den Kanten zu verstärken. Die Bremswirkung sollte damit erhöht werden.</p> <p>Experiment 3: Lassen Sie den Magneten durch leitende Ringe (kurze Spulen) fallen. Vor und nach dem Durchgang des Magneten sollte zwischen den Kontakten der Ringe ein EMK Impuls registriert werden. Verwenden Sie mehrerer solche Ringe als Ersatz für das Rohr, um die Positions- und Zeitabhängigkeit der Wirbelströme zu ermitteln.</p> <p>Experiment 4: Verwenden Sie Ringe unterschiedlicher Form und Geometrie, um die erwarteten Formen von Wirbelströmen in früheren Experimenten zu modellieren. Vergleichen Sie die Ergebnisse: Stimmen die Auswirkungen der unterschiedlich geformten Ringe mit den Auswirkungen des Rohrs, das die Ringe modellieren sollte, überein?</p>
14	Sammele Daten	<p>Wähle genügend Werte für die unabhängige Variable. Mindestens drei (Rohrdurchmesser, Rohrmaterial, Rohrdicke,...).</p> <p>Verteile die Werte so, dass sie möglichst den gesamten interessanten Bereich abdecken.</p> <p>Miss jeden Punkt mehrmals, um eine Statistik und eine Fehlerschätzung zu erhalten. Mindestens drei Messungen (um die sechs wären aber besser) für jeden Punkt.</p>

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Unterstützung des Inhalts dar, der nur die Ansichten der Autoren widerspiegelt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.



15	Datenvisualisierung	Plotte ein Diagramm.
		Beschrifte Achsen und Einheiten
		Zeichne Fehlerbalken (abgeleitet aus wiederholten Messungen).
<p>Ein Modell bauen</p> <p>Das Modell ist das ultimative Ziel, aber je nach Problem werden unterschiedliche Ebenen des Modells erwartet. Für den fallenden Magneten wären ein phänomenologisches und ein qualitatives Modell zu erwarten. Ein quantitatives Modell würde weit über das hinausgehen, was die Schüler wissen sollen, könnte aber dennoch erreicht werden.</p>		
16	Phänomenologisches Modell	Dieses Modell soll die Daten beschreiben .
		Beispiel: Finden einer Funktion, die mit angemessener Genauigkeit die Abhängigkeit der Fallzeit von Rohrmaterial, Rohrdurchmesser oder Rohrdicke beschreibt. Dies ist nur eine mathematische Beschreibung ohne physikalische Rechtfertigung.
17	Qualitative Erklärung	Schlage eine qualitative Erklärung vor. Beschreibe in Worten warum das passiert.
		<p>Beispiel:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aufgrund der Bewegung des Magneten ändert sich das Magnetfeld im Rohr ständig. Dies induziert eine elektromagnetische Kraft, was wiederum elektrische Wirbelströme verursacht. • Nach der Lenzschen Regel wirkt das Magnetfeld dieser Ströme der Ursache entgegen. Vor dem Magneten nimmt das Magnetfeld zu. Die Wirbelströme erzeugen daher ein Magnetfeld, das der Richtung des Magnetfelds des Magneten entgegengesetzt ist. Hinter dem Magneten nimmt das Magnetfeld ab. Die Wirbelströme erzeugen daher ein Feld, das in der gleichen Richtung wie das Magnetfeld des Magneten liegt. • Das Feld unter dem Magneten drückt den Magneten nach oben und das Feld hinter dem Magneten zieht den Magneten nach oben. Dies ist die beobachtete Rücktreibkraft.
18	Quantitatives Modell	Fügen Sie dem qualitativen Modell die quantitativen Gleichungen hinzu.
		<p>Beispiel:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Das magnetische Moment kann aus dem Magnetfeld als $m = C_1 B V$ angenähert werden, wobei V das Volumen des Magneten und C_1 eine Konstante ist. • Die induzierte EMK in einer Schleife kann als $EMK = C_2 dB/dt$ angenähert werden. • Der Strom aufgrund der EMK kann als $dI = C_3 EMK w dz / (\zeta r)$ angenähert werden, wobei r der Radius des Rohrs, w die

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Unterstützung des Inhalts dar, der nur die Ansichten der Autoren widerspiegelt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.



		<p>Dicke des Rohrs und ζ der spezifische Widerstand des Rohrmaterials ist.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Das magnetische Moment einer Stromschleife kann als $m = C_4 I r^2$ angenähert werden. • Die Kraft zwischen zwei magnetischen Momenten kann als $F = C_5 m_1 m_2 / z^4$ angenähert werden, wobei z der Abstand zwischen den magnetischen Momenten ist. • Wenn man diese Formeln kombiniert, bekommt man $F = C_6 V B dz/dt w r / \zeta \int_0^l \text{grad}(B(z'))/z'^4 dz' \quad (1)$ <p>Hier ist dz / dt die vertikale Geschwindigkeit des Magneten, die als Konstanten betrachtet werden kann, wenn das Gleichgewicht erreicht ist.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aus dieser Gleichung kann eine Schätzung für die Endgeschwindigkeit erhalten werden: $v_{z0} = C_7 m g \zeta / (V B w r \int_0^l \text{grad}(B(z'))/z'^4 dz')$ <ul style="list-style-type: none"> • Mit geeigneten Näherungen kann das Integral berechnet werden. <p>Wir haben hier nur die Fallzeit berücksichtigt. Aufgrund des instabilen Gleichgewichts, das durch die Ströme unter dem Magneten erzeugt wird, tritt eine Präzession des Magneten auf. Dies ist ein fortgeschrittenes Phänomen, das auf ähnliche Weise wie das Fallen selbst untersucht werden kann. In diesem Beispiel wird dies jedoch nicht berücksichtigt.</p>
19	Numerisches Modell	<p>Wenn das quantitative Modell nicht analytisch gelöst werden kann, kann stattdessen eine numerische Simulation verwendet werden. Wenn man das Rohr in verschiedene Scheiben schneidet, kann man eine vernünftige Vorhersage für den Strom in jeder Scheibe und die Kraft aufgrund des Stroms erhalten. Dann kann eine numerische Berechnung das Ergebnis entweder die Endgeschwindigkeit oder die Abfallzeit liefern.</p>
<p>Vergleich</p> <p>Der wichtigste Teil eines wissenschaftlichen Ansatzes besteht darin, die Vorhersage des Modells mit den Ergebnissen des Experiments zu vergleichen. Dies ist auch der wichtigste Teil des Forschungsteils der IYPT-Vorbereitung.</p>		
20	Vorhersage	<p>Qualitativ:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wenn wir einen Schlitz in das Rohr machen, verringert sich die Abfallzeit. • Wenn wir das Rohr durch eine Spule ersetzen, ist die Fallzeit dieselbe wie beim freien Fall.

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Unterstützung des Inhalts dar, der nur die Ansichten der Autoren widerspiegelt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.



		<ul style="list-style-type: none"> • Je stärker der Magnet (bei gleicher Masse) ist, desto länger ist die Fallzeit. • Je größer die Leitfähigkeit des Rohrs ist, desto länger ist die Fallzeit. • Je dicker das Rohr, desto länger die Fallzeit. • Je größer die Masse des Magneten (bei gleichem Magnetfeld) ist, desto kürzer ist die Abfallzeit.
		<p>Quantitativ: Das quantitative Modell gibt die obige Gleichung (1) an. Mit dieser Gleichung können Werte vieler Größen vorhergesagt werden: die Abfallzeit, die Endgeschwindigkeit, der Graph der Geschwindigkeit gegen die Position, die Abhängigkeit all dieser von allen Parametern in der Gleichung. Die Vorhersage sollte die Werte vorhersagen, die experimentell gemessen wurden. Am einfachsten experimentell zu messen sind wahrscheinlich $T_{\text{Fall}}(m)$, $T_{\text{Fall}}(w)$, $T_{\text{Fall}}(r)$ und $T_{\text{Fall}}(B)$.</p>
21	Vergleich	<p>Vergleichen Sie zur qualitativen Vorhersage die Vorhersage qualitativ mit dem Ergebnis. Da der Vergleich nur qualitativ ist, ist es vorteilhaft, solche Vorhersagen über verschiedene Effekte zu haben.</p> <p>Für quantitative Vorhersagen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zeichnen Sie ein Diagramm des vorhergesagten Werts gegenüber der unabhängigen Variablen. Zum Beispiel ein Diagramm von $T_{\text{Fall}}(m)$, $T_{\text{Fall}}(w)$, $T_{\text{Fall}}(r)$ und $T_{\text{Fall}}(B)$. • Linearisieren: Machen Sie die Diagramme linear, indem Sie beispielsweise $1/w$ oder $1/r$ auf der horizontalen Achse zeichnen. Dies sollte linear sein, wenn die Annahme, dass die Endgeschwindigkeit sehr schnell erreicht wird, richtig ist. • Wie gut passt die vorhergesagte Linie zu den Daten? Liegt es innerhalb der Fehlerbalken oder nicht? • Erklären Sie etwaige Unstimmigkeiten. Wenn die linearisierten Graphen nicht linear sind, was könnten die Ursachen sein? War die Annahme, dass die Endgeschwindigkeit sehr bald erreicht ist, richtig? Welche Art von Änderungen erwarten wir in der Grafik, wenn die Annahme nicht korrekt ist und sind dies die Änderungen, die wir tatsächlich beobachten? Wurde die Form des Magnetfeldes korrekt angenähert?
<p>Ergebnisse präsentieren und Peer Review</p> <p>Dies ist die wichtigste Phase eines IYPT Prozesses und die Phase, die beim Turnier durchgeführt wird.</p>		
22	Report	<p>Die Schülerinnen geben ihre Forschungsfragen an; ihre Ziele.</p> <p>Sie präsentieren ihren Versuchsaufbau und den Datenerfassungsprozess.</p> <p>Sie präsentieren ihre Ergebnisse. Vorzugsweise in grafischer Form. Die Abhängigkeit der Abfallzeit von der Masse kann leicht grafisch dargestellt werden. Fehlerbalken sollten gezeichnet werden.</p>

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Unterstützung des Inhalts dar, der nur die Ansichten der Autoren widerspiegelt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.



		Die Schüler erklären das Phänomen: Das sich ändernde Magnetfeld aufgrund eines fallenden Magneten induzierte Wirbelströme im Rohr, die nach dem Lenzschen Gesetz mit ihrem eigenen Magnetfeld auf den fallenden Magneten einwirken.
		Die Schüler präsentieren den Vergleich zwischen ihrem Modell und den Messungen.
		Die Studierenden geben eine klare Antwort auf ihre Forschungsfrage.
23	Peer Review (Diskussion)	Ein anderer Schüler (der Opponent) prüft, wie stark die Schlussfolgerungen der Reporterin sind.
		Sie überprüfen jeden Teil des Berichts, der ihrer Meinung nach erklärt werden muss oder der ihrer Meinung nach falsch ist (normalerweise das Modell). Wenn sich herausstellt, dass die Daten unerwartet sind, sollte der Versuchsaufbau überprüft werden.
		Sie stellen Fragen, um das Wissen des Reporters über grundlegende relevante Physik zu überprüfen.
		Der Opponent sollte keine eigene Lösung des Problems vorstellen. Die Fragen sollten auf dem basieren, was die Reporterin präsentiert hat. Sie basieren normalerweise auf der Grundphysik des Modells des Reporters, dem Versuchsaufbau und der Minimierung experimenteller Fehler. Die Opponentin wird jedoch ermutigt, ihre eigene Meinung zu den diskutierten Themen zu äußern, und kann ihr Wissen über das Problem einbringen.
		Beispiele für geeignete Fragen und Meinungen: <ul style="list-style-type: none"> • „Warum glauben Sie, dass die Endgeschwindigkeit bald erreicht wird?“ Der Opponent kann wissen, dass bei dem Versuchsaufbau der Reporterin die Annahme nicht gerechtfertigt ist, muss dies aber nicht sagen, da dies nicht in den vom Reporter präsentierten Daten enthalten ist. Stattdessen kann man diesen Fehler aufdecken und seine eigene Meinung in Form von „Beim Modell des freien Falls würde der Magnet die gemessene Geschwindigkeit bei (zum Beispiel) der halben Länge des Rohrs erreichen, also ich bin nicht davon überzeugt, dass es viel früher erreicht wird“, äußern. Dies basiert auf grundlegender Physik und Argumentation und nicht auf eigenen Daten oder Modellen der Opponentin. • „Der Vergleich zwischen Daten und Theorie weist Diskrepanzen auf. Wie kannst du sie erklären?“ Dies soll das Wissen des Reporters über die zugrundeliegende Physik offenlegen. Die Opponentin kann ihre eigene Meinung wie folgt äußern: „Ich glaube, das ist eine Folge davon, dass die Endgeschwindigkeit nicht erreicht wird, sobald dies vom Modell angenommen wird...“. Eine gute Diskussion kann entstehen, wenn sich der Reporter und die Opponentin über die möglichen Ursachen nicht einig sind.

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Unterstützung des Inhalts dar, der nur die Ansichten der Autoren widerspiegelt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.



		<ul style="list-style-type: none"> • „Wenn die Endgeschwindigkeit nicht bald erreicht wird, wie würde das Ihre theoretische Vorhersage ändern?“ Diese Frage basiert auf dem vorgestellten Modell und ist hypothetisch, so dass der Opponent seine eigene Meinung abgeben kann, ohne auf seine eigenen Daten Bezug zu nehmen: „Ich glaube, dass sich dies im ersten Teil auf [solche oder solche] Weise ändern würde“. • „Wie würden Sie die Messfehler weiter minimieren?“ Die Opponentin kann ihre eigene Meinung präsentieren: „Sie könnten mehr Wiederholungen machen. Sie könnten optische Tore verwenden, um die Zeit zu messen“. Die Opponents sollen hier ermutigt werden Verbesserungsvorschläge zu formulieren. <p>Beispiele für unangemessene Fragen und Meinungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • „Der Reporter hat [dieses und jenes] Modell vorgestellt, aber wir wissen, dass, wenn man die Gleichung richtig ableiten ...“ Dies führt die eigenen Daten oder Modelle der Opponentin ein. • „Die Reporterin hat behauptet, dass wenn man einen Schlitz in das Rohr machen, dies die Abfallzeit nicht beeinflussen sollte, aber wir wissen aus unseren eigenen Experimenten, dass ...“ Dies führt wiederum die eigenen Daten des Opponents ein. Auf der anderen Seite wäre es angebracht, die Stellungnahme wie folgt zu präsentieren: „Ihr Modell sagt, dass Wirbelströme die Ursache für die Verzögerungskraft sind, daher würde ich mir vorstellen, dass ein Schnitt im Rohr Wirbelströme abschwächt und so die Rücktreibende Kraft verringert“.
<p>Damit ist der IYPT Prozess abgeschlossen.</p>		

Anhang 7: Leitfaden für experimentelle Arbeit

Im Unterricht

Experimentelle Arbeit kann auf verschiedene Arten durchgeführt werden. Rubriken haben sich als eine gute Möglichkeit erwiesen, experimentelle Arbeit ohne spezifische Anweisungen zu leiten. Die Rolle einer Rubrik besteht darin, eine Beschreibung dessen zu erstellen, was für eine bestimmte Aufgabe erwartet wird. Die Schüler sollten sie während der Arbeit konsultieren und selbst beurteilen, ob sie alles erreicht haben, was erwartet wird oder nicht. Wir fügen im Anhang zwei Rubriken hinzu. Die Lehrer sollten sie ausprobieren, um herauszufinden, welche am besten zu sich und ihren Schülerinnen passt. Eine gut recherchierte Reihe von Rubriken, die von den Entwicklern des ISLE Ansatzes entworfen wurden, finden Sie auch unter [1]. Für eine Klassenaktivität kann letztere jedoch zunächst zu viel sein. Das IYPT Scoresheet von 2018 enthält auch Anleitungen ähnlich den Rubriken und ist in Anhang 13 enthalten. Natürlich benötigen diejenigen Schülerinnen, die noch nie Rubriken verwendet haben, eine Einarbeitung. Diese lohnt sich aber, da Rubriken sehr allgemein gehalten sind und auf alle Laborprobleme ohne Änderungen

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Unterstützung des Inhalts dar, der nur die Ansichten der Autoren widerspiegelt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.



angewendet werden können. Die Rubriken können dann während der gesamten Oberstufe verwendet werden. Wenn Schüler im Alter von 16 oder 17 Jahren an YPT Wettbewerben teilnehmen, sind sie bereits mit der Verwendung von Rubriken vertraut.

[1] <https://sites.google.com/site/scientificabilities/rubrics>

Anhang 8: Was wird erwartet? Wie „neu“ muss die Forschung sein?

IYPT

Im IYPT Scoresheet gibt es die Rubrik „Eigener Beitrag“. Die Frage, wie innovativ die Ergebnisse sein sollten, wird häufig gestellt, insbesondere in Fällen, in denen ein wissenschaftlicher Artikel das Thema eines bestimmten Problems in seiner Gesamtheit behandelt. Hier präsentieren wir, was in einem YPT Wettbewerb als „neu“ erwartet wird.

- Wissenschaftliche Artikel sind normalerweise überformalisiert. In diesen Fällen verbirgt sich die grundlegende physikalische Erklärung hinter den höheren mathematischen Berechnungen. Die Erfindung einer quantitativen Beschreibung und die Vereinfachung der Mathematik können als neue Ergebnisse angesehen werden.
- Es ist auch akzeptabel, Experimente mit dem eigenen Aufbau zu wiederholen und die Ergebnisse zu validieren oder zu verfeinern.
- Für viele Aufgaben im Zusammenhang mit der Fluidodynamik ist das grundlegende Verständnis des Phänomens, einige quantitative Experimente und der Versuch einer phänomenologischen Beschreibung ausreichend.
- Andererseits muss bei Aufgaben, bei denen die elementare Erklärung einfach ist, mehr Gewicht auf die Originalität der Forschung und auf die Tiefe der experimentellen/theoretischen Studie gelegt werden. Das heißt, dass fortgeschrittene Fragen gestellt und untersucht werden sollten.

Anhang 9: Wie man Schüler motiviert

Im Unterricht

Obwohl die Lehrerin beschließt, eine Aktivität im Unterricht durchzuführen, ist es für die Schüler wichtig, einen Sinn und Zweck in dieser Aktivität zu erkennen, um wirklich engagiert zu sein. Die Hauptmotivation für die meisten Schülerinnen ist die Möglichkeit zu Kreativität und Erfolg, die aus dem offenem Problem hervorgeht: die Möglichkeit, selbst über den Prozess zu entscheiden und mit unterschiedlichen Fähigkeiten (z.B. Kommunikation, Berechnung, Experiment, Visualisierung, Präsentation) einen Beitrag zu leisten. Der Grund, alle Schüler Projektaktivitäten auszusetzen, besteht darin, eine Reihe von Kompetenzen aufzubauen, die über ein bestimmtes Fach hinausgehen. Dies Schülern zu erklären, kann bereits zur Motivation beitragen.

So finden Sie zukünftige Teilnehmer des YPT Wettbewerbs:

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Unterstützung des Inhalts dar, der nur die Ansichten der Autoren widerspiegelt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.



Wir haben Schüler mit unterschiedlichen Talenten. Wenn wir unseren Schülerinnen verschiedene Arten von Aufgaben im Physikunterricht zur Verfügung stellen (z.B. nicht nur auf numerische Aufgaben oder Präsentationsaufgaben beschränken), können die für das IYPT in Frage kommenden Schüler auf Basis der Ergebnisse im Unterricht ausgewählt werden.

Da die Schülerinnen das IYPT zum ersten Mal in der 10. Klasse besuchen können (aufgrund der Altersgrenze von 16 Jahren), ist es ratsam, den Schülern bereits in der 9. Klasse mindestens drei verschiedene Arten von Aufgaben zu geben:

- **Traditionelle Rechenaufgaben:** Diese werden hauptsächlich verwendet, um das allgemeine wissenschaftliche Denken und die mathematischen Fähigkeiten der Schülerinnen zu bewerten. Es ist wichtig, sich nicht nur auf die in der Klasse erzielten Ergebnisse zu konzentrieren, da viele Schüler aufgrund des Zeitdrucks in der Klasse völlig andere Ergebnisse erzielen als in einer entspannten, häuslichen Umgebung.
- **Experimente/Messungen:** Bei einfacheren oder komplexeren Projekten können Schüler mit guten experimentellen Fähigkeiten bemerkt werden. Diese Projekte können Aufgaben beinhalten, die während des Unterrichts durchgeführt werden, oder es können Experimente für zu Hause sein. Die Schülerinnen sollten Messprotokolle ihrer Experimente erstellen. Stellen Sie sicher, dass Projekte sowohl einfachere Aufgaben (um den Erfolg sicherzustellen) als auch schwierigere Aufgaben (um talentierte Schüler auszuwählen) umfassen.
- **Präsentation (und mögliche Diskussion):** Die Schüler sollten ihre Projektergebnisse präsentieren, da Präsentations- und Kommunikationsfähigkeiten beim IYPT Wettbewerb äußerst wichtig sind - und natürlich auch im Leben sehr nützlich sind.
Im Allgemeinen können Schülerinnen, die in mindestens zwei der oben genannten Aufgaben gute Leistungen erbringen und im dritten Typ mindestens durchschnittlich sind, sehr erfolgreiche IYPT Teilnehmerinnen werden.

IYPT

Das IYPT ist äußerst komplex. Die Schülerinnen müssen sich mit vielen neuen Aufgaben befassen (z.B. Experimentieren, wissenschaftliche Debatte). Deshalb kann man ohne erheblichen eigenen Zeitaufwand nicht erfolgreich sein. Daher ist es sehr wichtig, die interne Motivation der Teilnehmer zu erhöhen, da sie sich sonst keine Zeit nehmen, um das Problem zu vertiefen oder ihre Kommunikation zu verbessern und ein Team zu bilden. Die folgenden Punkte sprechen für eine Teilnahme an dem Wettbewerb:

1) Reisemöglichkeit, multikulturelle Erfahrung. Der Wettbewerb findet normalerweise auf einem anderen Kontinent statt, an dem Teams aus mehr als 30 Länder teilnehmen. Die lokalen Organisatoren geben ihr Bestes, um die lokalen Sehenswürdigkeiten zu präsentieren. Dementsprechend können die Teilnehmerinnen exotische Ziele und interessante Menschen treffen.

2) Intensive Teamerfahrung. Der IYPT Wettbewerb bietet die Möglichkeit für Schüler in einem Team zu arbeiten.

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Unterstützung des Inhalts dar, der nur die Ansichten der Autoren widerspiegelt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.



3) Interessante physikalische Probleme. Viele der 17 Probleme wecken das Interesse der Schülerinnen: Die Schüler wollen das Phänomen verstehen und das Problem lösen. Beachte jedoch, dass es sich nicht immer lohnt, die Schülerinnen nach ihren Interessen wählen zu lassen. Die Schüler neigen oft dazu, zu schwierige Probleme zu wählen, was zum Scheitern führt (siehe Abschnitt 3.1).

4) Englisch üben und vertiefen. Für Teams deren Muttersprache nicht Englisch ist, bietet die Teilnahme eine hervorragende Gelegenheit die englische Sprache zu üben.

5) Universelle Wissens Elemente. Eine erfolgreiche Teilnahme am Wettbewerb erfordert viele Kompetenzen, z.B. Präsentations-, Programmierungs-, wissenschaftliche Kommunikations-, oder Diskussionsfähigkeiten. Diese zu beherrschen ist auch im Leben nützlich, selbst wenn die Schüler keine Physiker werden wollen.

6) Lernen Sie die Fachleute und Spezialwerkzeuge kennen. Man kann Schüler für den Wettbewerb gewinnen, indem man ihnen Möglichkeiten bietet sich mit speziellen (modernen, teuren) Werkzeugen vertraut zu machen, sowie mit (akademischen) Lehrerinnen, Forschern oder Ingenieurinnen zu arbeiten.

7) Vertretung des Landes. Es ist wichtig zu wissen, dass Schülerinnen bei diesem prestigeträchtigen Wettbewerb ihr eigenes Land vertreten. Das macht viele Schüler stolz, deshalb nehmen sie die Aufgabe ernster und geben sich mehr Mühe, sich vorzubereiten.

8) Es zählt nicht nur materielles Wissen! Viele Schülerinnen können durch den Namen des Wettbewerbs entmutigt werden, da von Physikern ein hohes Maß an theoretischem Wissen erwartet wird. Für die Schüler ist jedoch hervorzuheben, dass Kommunikationsfähigkeiten in diesem Wettbewerb mindestens genauso wichtig sind wie andere Fähigkeiten. Darüber hinaus ist die Entwicklung eines Problems keine rein theoretische Übung. Ebenso wichtig sind die experimentelle Umsetzung und die qualitativ hochwertige Auswertung der Ergebnisse.

Wie bereits erwähnt, ist der Wettbewerb im Gegensatz zu herkömmlichen Wettbewerben sehr komplex. Neben dem reinen Physikwissen gibt es noch viele andere Kompetenzen die für den Erfolg relevant sind. Bei der Auswahl der Schülerinnen sind daher viele Aspekte zu berücksichtigen:

1) Motivation. Wie bereits zu Beginn dieses Kapitels erwähnt, erfordert dieser Wettbewerb einen erheblichen Aufwand an Zeit und Energie. Auf diese Weise werden nur diejenigen Schüler wirklich Erfolg haben, die mit Herz und Seele teilnehmen.

2) Teamgeist. Sowohl das Turnier als auch die Vorbereitung vor dem Turnier erfordern Teamwork und ständige Zusammenarbeit.

3) Kreativität. In diesem Wettbewerb ist es wichtig, dass die Schülerinnen in der Lage sind, neuartige Messungen zu entwerfen und die Theorie auf ihr eigenes Problem anzuwenden.



4) Gute Englischkenntnisse. IYPT Teilnehmer sollten in der Lage sein, eine wissenschaftliche Diskussion (Dialog) in fließendem Englisch zu führen. Mangelnde Englischkenntnisse hindern die Schülerinnen daran, ein ausreichendes Diskussionsniveau zu erreichen, und können daher ihre tatsächlichen physikalischen Kenntnisse nicht präsentieren. Es ist wichtig zu erwähnen, dass Englisch als Muttersprache nicht erforderlich ist, jedoch eine solide Sprachgrundlage vorhanden sein sollte.

5) Gute Debattierfähigkeiten. Dies beinhaltet schnelles Denken, korrekte Einschätzung der Situation und Selbstvertrauen. Während der Diskussion müssen sich die Schüler möglicherweise damit auseinandersetzen, dass das andere Team häufig eine völlig andere Lösung findet. Als Opponentin bleibt nicht viel Zeit, um sich nach dem Report vorzubereiten, Fragen zu stellen (um die kritischsten Punkte zu identifizieren) und dann einen Dialog über die Ergebnisse zu führen, in dem ihre eigenen Ansichten stark vertreten werden müssen.

6) Gute Präsentationsfähigkeiten. Natürlich basieren „Physics Fights“ auf einer wissenschaftlichen Präsentation. Die Präsentation muss logisch strukturiert und geplant sein und die rhetorischen Regeln müssen eingehalten werden.

Die Auswahl eines vollständigen Teams erfordert nicht, dass alle Schüler in allen Bereichen gleich kompetent sind.



Anhang 10: Opponent Vorlage zur Auswertung des Reports

Problem: _____ Reporter: _____ Opponent: _____ Reviewer: _____

1. Qualität der Erklärung des Phänomens

5 😊😊😊	4 😊😊	3 😊	2 😞	1 😞😞
Vollständig verständliche, genaue Erklärung	Verständliche, genaue Erklärung	Teilweise verständliche Erklärung, wenige unbeantwortete Fragen	Unvollständige Erklärung, viele Fragen offen.	Keine Erklärung

Kommentare/Fragen:

2. Qualität des theoretischen Modells, mit dem der Reporter das Phänomen beschreibt

5 😊😊😊	4 😊😊	3 😊	2 😞	1 😞😞
Genaues und detailliertes Modell	Grundsätzlich gutes Modell	Grundsätzlich gutes Modell mit einigen Fehlern	Nur einen kleinen Teil davon beschrieben	Es gab kein Modell

Kommentare/Fragen:

3. Qualität der experimentellen Arbeit der Reporterin

5 😊😊😊	4 😊😊	3 😊	2 😞	1 😞😞
Viele und genaue Experimente	Einige genaue Experimente	Genügend Experimente	Wenige Experimente	Keine oder zu ungenaue Experimente

Kommentare/Fragen:



4. Vergleich zwischen Theorie und Experiment

5 😊😊😊	4 😊😊	3 😊	2 😞	1 😞😞
Theoriegrenzen erklärt, schlüssig	Abweichungen qualitativ analysiert	Teilweise ok, aber nicht gut passend	Ein paar Vergleiche	Keiner/fast keiner

Kommentare/Fragen:

5. Aufgabenerfüllung

4 😊😊	3 😊	2 😞	1 😞😞
Interessante Lösung	Einige Aspekte über dem Durchschnitt	Durchschnitt	Wenig bis nicht erfüllt

Kommentare/Fragen:

6. Eigener Beitrag

4 😊😊	3 😊	2 😞	1 😞😞
Viele neue/kreative Ideen	Es gab einige neue/kreative Ideen	Es gab eine neue/kreative Idee	Es gab keine eigenen Ideen

Kommentare/Fragen:

7. Präsentation und Kommunikation

4 😊😊	3 😊	2 😞	1 😞😞
Insgesamt klar, überzeugend	Einige Teile sehr gut gemacht	Durchschnitt	Wenig bis unklar

Kommentare/Fragen:



Anhang 11: Reviewer Vorlage für die Bewertung des Reports und der Diskussion

Problem: _____ Reporter: _____ Opponent: _____ Reviewer: _____

1. Qualität der Erklärung des Phänomens

5 😊😊😊	4 😊😊	3 😊	2 😞	1 😞😞
Vollständig verständliche, genaue Erklärung	Verständliche, genaue Erklärung	Teilweise verständliche Erklärung, wenige unbeantwortete Fragen	Unvollständige Erklärung, viele Fragen offen	Keine Erklärung

Kommentare/Fragen:

2 Qualität des theoretischen Modells, mit dem der Reporter das Phänomen beschreibt

5 😊😊😊	4 😊😊	3 😊	2 😞	1 😞😞
Genaues und detailliertes Modell	Grundsätzlich gutes Modell	Grundsätzlich gutes Modell mit einigen Fehlern	Nur einen kleinen Teil davon beschrieben	Es gab kein Modell

Kommentare/Fragen:

3. Qualität der experimentellen Arbeit der Reporterin

5 😊😊😊	4 😊😊	3 😊	2 😞	1 😞😞
Viele und genaue Experimente	Einige genaue Experimente	Genügend Experimente	Wenige Experimente	Keine oder zu ungenaue Experimente

Kommentare/Fragen:

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Unterstützung des Inhalts dar, der nur die Ansichten der Autoren widerspiegelt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.



4. Anmerkungen und Meinungen der Opponentin bezüglich des Reporters

4 😊😊	3 😊	2 ☹️	1 ☹️☹️
Stärken und Schwächen wurden angemessen beurteilt	Stärken und Schwächen wurden ungleich behandelt	Nur wenige Stärken/Schwächen wurden erwähnt	Weder Stärken noch Schwächen wurden erwähnt

Kommentare/Fragen:

5. Qualität und Anzahl der Fragen des Opponents in der Diskussion

4 😊😊	3 😊	2 ☹️	1 ☹️☹️
Ausgezeichnete Fragen	Gute Fragen	Wenige oder irrelevante Fragen	Keine Fragen

Kommentare/Fragen:

6. Kooperation der Reporterin in der Diskussion

4 😊😊	3 😊	2 ☹️	1 ☹️☹️
Jede Frage wurde höflich und korrekt beantwortet	Einige Fragen wurden beantwortet	Wenige Fragen wurden ausreichend beantwortet	Keine Fragen wurden hinreichend beantwortet/die Reporterin war unhöflich

Kommentare/Fragen:

7. Kooperation der Opponentin in der Diskussion

4 😊😊	3 😊	2 ☹️	1 ☹️☹️
Keine eigenen Ergebnisse eingebracht und höflich gefragt	Eigene Ergebnisse ein wenig eingebracht oder einige Fragen nicht so relevant	Die Diskussion war in einem akzeptablem Stil jedoch nicht herausragend	Keine Diskussion kam zustande oder die Fragen waren irrelevant

Kommentare/Fragen:

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Unterstützung des Inhalts dar, der nur die Ansichten der Autoren widerspiegelt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Development of Inquiry Based Learning via IYPT



8. Noch ausständige Fragen:

9. Ich denke der Sieger der Debatte ist:

Reporter	Opponent	Equal
----------	----------	-------

10. Kommentare zu anderen Aspekten:

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Unterstützung des Inhalts dar, der nur die Ansichten der Autoren widerspiegelt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.

Appendix 12: Rubriken für die Evaluierung von YPT Aktivitäten

Problem: _____ Reporter: _____ Opponent: _____ Reviewer: _____

Reporterin

0	1	2		
Forschungsfragen	Nicht klar definiert	Klar definiert		
0	1	2	3	
Wahl des Experiments	Keine Experimente	Keine ausreichenden Experimente, oder ungenau durchgeführt	Gut ausgewählte und durchgeführte Experimente	
0	1	2	3	4
Die Physik (Modell)	Das Modell ist nicht korrekt für das behandelte Problem	Es gibt Fehler in Annahmen oder der Ableitung. Die Grundidee des Modells ist aber korrekt	Das Modell ist angemessen, aber vielleicht etwas zu vereinfacht oder beinhaltet minimale Fehler	Das Modell ist detailliert und korrekt
0	1	2	3	4
Daten	Keine Daten wurden gemessen	Die Datenanalyse hat gravierende Fehler	Kleine Fehler in der Datenauswertung oder etwas ungenaue Messungen. Fehler nicht perfekt ausgewertet	Die Datenanalyse wurde korrekt durchgeführt. Fehler wurden analysiert
0	1	2	3	4
Schlussfolgerung	Keine Schlussfolgerung oder gravierend falsche	Keine klare Antwort auf die Forschungsfragen, oder Daten nicht ausreichend um die Schlussfolgerung zu ziehen	Kleine Punkte wurden bei der Zusammenfassung übersehen, sonst gut	Forschungsfragen wurden überzeugend beantwortet

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Unterstützung des Inhalts dar, der nur die Ansichten der Autoren widerspiegelt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.



Opponent

0	1	2	3	4
Fragen	Keine oder nur irrelevante Fragen	Wenige Fragen	Die Fragen haben zum tieferen Verständnis beigetragen	Die Fragen haben das Verständnis des Reporters und der Opponentin gezeigt und das Thema vertieft
0	1	2	3	4
Die Physik (Modell)	Das Modell ist nicht korrekt für das behandelte Problem	Es gibt Fehler in Annahmen oder der Ableitung. Die Grundidee des Modells ist aber korrekt.	Das Modell ist angemessen, aber vielleicht etwas zu vereinfacht oder minimale Fehler	Das Modell ist detailliert und korrekt
0	1	2	3	
Vorge-schlagene Verbesser-ungen	Keine Verbesserungen vorgeschlagen	Nur Vorschläge zu Experiment oder Theorie	Ausgezeichnete Vorschläge und Anmerkungen zur Präsentation	

Die Zahlen in dieser Tabelle sind als kontinuierliche Skala gedacht (man könnte zum Beispiel 1,6 auswählen). Man kann sich jedoch auch auf nur ganze Zahlen beschränken.



Anhang : Offizielles Bewertungsblatt des IYPT

SCORESHEET		room: _____	problem no.: _____	Juror's name: signature: _____
stage: _____		fight (round no.): _____	reviewers: _____	
reporter: _____		opponent: _____		

REPORTER	$1 + \square + \square = \square$ $2 + \square + \square = \square$ $3 + \square + \square = \square$ $4 + \square + \square = \square$	$5 + \square + \square = \square$ $6 + \square + \square = \square$ $7 + \square + \square = \square$ $8 + \square + \square = \square$	$9 + \square + \square = \square$ $10 + \square + \square = \square$ $11 + \square + \square = \square$ $12 + \square + \square = \square$	$13 + \square + \square = \square$ $14 + \square + \square = \square$ $15 + \square + \square = \square$ $16 + \square + \square = \square$	$17 + \square + \square = \square$ $18 + \square + \square = \square$ $19 + \square + \square = \square$ $20 + \square + \square = \square$		
REPORT	<p>0 — relevant explanation</p> <p>1 — some</p> <p>2 — fair</p> <p>3 — good</p> <p>4 — clear, detailed</p> <p>5 — clear, detailed, well-organized</p> <p>6 — clear, detailed, well-organized, convincing</p>	<p>0 — comparison between theory and experiment</p> <p>1 — fair</p> <p>2 — not well fitted</p> <p>3 — fair</p> <p>4 — clear, detailed</p> <p>5 — clear, detailed, convincing</p> <p>6 — clear, detailed, convincing, analytical, conclusive</p>	<p>0 — own contribution</p> <p>1 — others' data, incorrect plotted</p> <p>2 — reuse of results, cited</p> <p>3 — some own input</p> <p>4 — clear, detailed, convincing</p> <p>5 — clear, detailed, convincing, analytical, conclusive</p> <p>6 — clear, detailed, convincing, analytical, conclusive, and theoretical</p>	<p>0 — task fulfillment</p> <p>1 — sources good</p> <p>2 — good</p> <p>3 — good</p> <p>4 — clear, detailed</p> <p>5 — clear, detailed, convincing</p> <p>6 — clear, detailed, convincing, analytical, conclusive</p>	<p>0 — scientific contribution</p> <p>1 — some</p> <p>2 — fair</p> <p>3 — good</p> <p>4 — clear, detailed</p> <p>5 — clear, detailed, convincing</p> <p>6 — clear, detailed, convincing, analytical, conclusive</p>	<p>0 — reporter's conduct at the discussion</p> <p>1 — some aspects</p> <p>2 — good</p> <p>3 — clear, detailed</p> <p>4 — clear, detailed, convincing</p> <p>5 — clear, detailed, convincing, analytical, conclusive</p> <p>6 — clear, detailed, convincing, analytical, conclusive, overall excellent</p>	<p>0 — ANSWERS TO JURY QUESTIONS</p> <p>1 — some</p> <p>2 — fair</p> <p>3 — good</p> <p>4 — clear, detailed</p> <p>5 — clear, detailed, convincing</p> <p>6 — clear, detailed, convincing, analytical, conclusive</p>

OPPONENT	$1 + \square + \square = \square$ $2 + \square + \square = \square$ $3 + \square + \square = \square$ $4 + \square + \square = \square$	$5 + \square + \square = \square$ $6 + \square + \square = \square$ $7 + \square + \square = \square$ $8 + \square + \square = \square$	$9 + \square + \square = \square$ $10 + \square + \square = \square$ $11 + \square + \square = \square$ $12 + \square + \square = \square$	$13 + \square + \square = \square$ $14 + \square + \square = \square$ $15 + \square + \square = \square$ $16 + \square + \square = \square$	$17 + \square + \square = \square$ $18 + \square + \square = \square$ $19 + \square + \square = \square$ $20 + \square + \square = \square$	
OPPONENT	<p>0 — almost no, irrelevant</p> <p>1 — relevant, clear points in the report</p> <p>2 — clear, detailed, well presented, full use</p> <p>3 — clear, detailed, well presented, full use, convincing</p> <p>4 — clear, detailed, well presented, full use, convincing, analytical, conclusive</p>	<p>0 — own opinions presented</p> <p>1 — some</p> <p>2 — fair</p> <p>3 — good</p> <p>4 — clear, detailed</p> <p>5 — clear, detailed, convincing</p> <p>6 — clear, detailed, convincing, analytical, conclusive</p>	<p>0 — relevance of topics</p> <p>1 — some</p> <p>2 — fair</p> <p>3 — good</p> <p>4 — clear, detailed</p> <p>5 — clear, detailed, convincing</p> <p>6 — clear, detailed, convincing, analytical, conclusive</p>	<p>0 — scientific contribution</p> <p>1 — some</p> <p>2 — fair</p> <p>3 — good</p> <p>4 — clear, detailed</p> <p>5 — clear, detailed, convincing</p> <p>6 — clear, detailed, convincing, analytical, conclusive</p>	<p>0 — opponent's conduct at the discussion</p> <p>1 — some aspects</p> <p>2 — good</p> <p>3 — clear, detailed</p> <p>4 — clear, detailed, convincing</p> <p>5 — clear, detailed, convincing, analytical, conclusive</p> <p>6 — clear, detailed, convincing, analytical, conclusive, overall excellent</p>	<p>0 — ANSWERS TO JURY AND REVIEWER'S QUESTIONS</p> <p>1 — some</p> <p>2 — fair</p> <p>3 — good</p> <p>4 — clear, detailed</p> <p>5 — clear, detailed, convincing</p> <p>6 — clear, detailed, convincing, analytical, conclusive</p>

REVIEWER	$1 + \square + \square = \square$ $2 + \square + \square = \square$ $3 + \square + \square = \square$ $4 + \square + \square = \square$	$5 + \square + \square = \square$ $6 + \square + \square = \square$ $7 + \square + \square = \square$ $8 + \square + \square = \square$	$9 + \square + \square = \square$ $10 + \square + \square = \square$ $11 + \square + \square = \square$ $12 + \square + \square = \square$	$13 + \square + \square = \square$ $14 + \square + \square = \square$ $15 + \square + \square = \square$ $16 + \square + \square = \square$	$17 + \square + \square = \square$ $18 + \square + \square = \square$ $19 + \square + \square = \square$ $20 + \square + \square = \square$	
REVIEWER	<p>0 — too few, hardly relevant</p> <p>1 — some relevant, sufficient</p> <p>2 — clear, detailed, well presented, full use</p> <p>3 — clear, detailed, well presented, full use, convincing</p> <p>4 — clear, detailed, well presented, full use, convincing, analytical, conclusive</p>	<p>0 — own opinions presented</p> <p>1 — some</p> <p>2 — fair</p> <p>3 — good</p> <p>4 — clear, detailed</p> <p>5 — clear, detailed, convincing</p> <p>6 — clear, detailed, convincing, analytical, conclusive</p>	<p>0 — relevance of topics</p> <p>1 — some</p> <p>2 — fair</p> <p>3 — good</p> <p>4 — clear, detailed</p> <p>5 — clear, detailed, convincing</p> <p>6 — clear, detailed, convincing, analytical, conclusive</p>	<p>0 — scientific contribution</p> <p>1 — some</p> <p>2 — fair</p> <p>3 — good</p> <p>4 — clear, detailed</p> <p>5 — clear, detailed, convincing</p> <p>6 — clear, detailed, convincing, analytical, conclusive</p>	<p>0 — reviewer's conduct at the discussion</p> <p>1 — some aspects</p> <p>2 — good</p> <p>3 — clear, detailed</p> <p>4 — clear, detailed, convincing</p> <p>5 — clear, detailed, convincing, analytical, conclusive</p> <p>6 — clear, detailed, convincing, analytical, conclusive, overall excellent</p>	<p>0 — ANSWERS TO JURY QUESTIONS</p> <p>1 — some</p> <p>2 — fair</p> <p>3 — good</p> <p>4 — clear, detailed</p> <p>5 — clear, detailed, convincing</p> <p>6 — clear, detailed, convincing, analytical, conclusive</p>

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Unterstützung des Inhalts dar, der nur die Ansichten der Autoren widerspiegelt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.