

# Projektbasierter Unterricht mit Problemen des Swiss Young Physicists' Tournament

Eric G. Schertenleib, Alisa Miloglyadova, Emilie Hertig, Markus Niese und Daniel Keller  
Verein Pro IYPT-CH, eric.schertenleib@sypt.ch

## Zusammenfassung

Projektbasierte Unterrichtsformen erlauben eine vertiefte Auseinandersetzung mit einem Thema und fördern die kreative Lösungsfindung. Allerdings hängt der Lernerfolg stark von einer geeigneten Fragestellung sowie der Betreuung (Coaching) ab. Die Probleme des Swiss Young Physicists' Tournament bieten einen geeigneten Ausgangspunkt für solche Unterrichtsformen im Fach Physik. In diesem Artikel präsentieren wir anhand eines Beispiels, wie ein solches Problem angegangen werden kann, und legen ein besonderes Augenmerk auf die Rolle der betreuenden Lehrperson. Zusätzlich stellen wir die Implementierung an zwei Schulen vor, die seit einigen Jahren erfolgreich am Swiss Young Physicists' Tournament teilnehmen.

## 1 Einleitung

Projektbasierte Unterrichtsformen in MINT-Fächern erfreuen sich auf allen Bildungsstufen wachsender Beliebtheit. Nebst der Maturitätsarbeit haben viele Kantone in den letzten Jahren Unterrichtsgefässe an den Mittelschulen eingeführt, die sich für solche Projekte eignen können. Gut implementiert, erlaubt diese Unterrichtsform den Lernenden, sich über längere Zeit vertieft mit einem Thema auseinanderzusetzen, und fördern eine Vielzahl überfachlicher Kompetenzen [1–5].

Allerdings ist bei dieser Unterrichtsform die Wahl eines geeigneten Themas bzw. Fragestellung entscheidend. Zu weit gefasste oder zu ambitionierte Projekte bergen die Gefahr, nie zu einem vernünftigen Abschluss gebracht zu werden. Andererseits schränken zu spezifische Fragestellungen die Kreativität der Schülerinnen und Schüler stark ein und laufen dem Sinn dieser Unterrichtsform zuwider. Des Weiteren ist die Rolle der Betreuungsperson entscheidend für den Erfolg dieser Unterrichtsform [6].

Wir glauben, dass das Swiss Young Physicists' Tournament (SYPT) geeignete Fragestellungen für projektbasierten Unterricht im Fach Physik bietet. Jedes Jahr werden 17 Probleme veröffentlicht, welche den Projektrahmen klar abstecken, gleichzeitig aber den Schülerinnen und Schüler genug Freiraum für unterschiedliche Lösungsansätze einräumt.

In diesem Artikel stellen wir anhand eines Problems des SYPT 2019 dar<sup>1</sup> wie Schritt für Schritt eine solche Lösung erarbeitet werden kann. Wir beginnen mit sehr einfachen qualitativen Argumenten und vertiefen und verfeinern die Ansätze nach und nach<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup>Die hier vorgestellte Lösung wurde von einer damaligen Schülerin der Kantonsschule Zürich Nord, A. Miloglyadova, über einen Zeitraum von drei bis vier Monaten erarbeitet.

<sup>2</sup>Falls die SchülerInnen Mechanik (insb. Drehmomente) und Elektrodynamik (insb. Induktion) in der Schule noch nicht behandelt haben, so ist eine kurze Einführung in die Theorie erforderlich.

## 2 Probleminterpretation und Setup

Wir stellen ein SYPT-Problem vor, welches in abgeänderter Form häufig als Demonstrationsexperiment präsentiert wird [7,8]. Die Formulierung der Problemstellung lautet [9]:

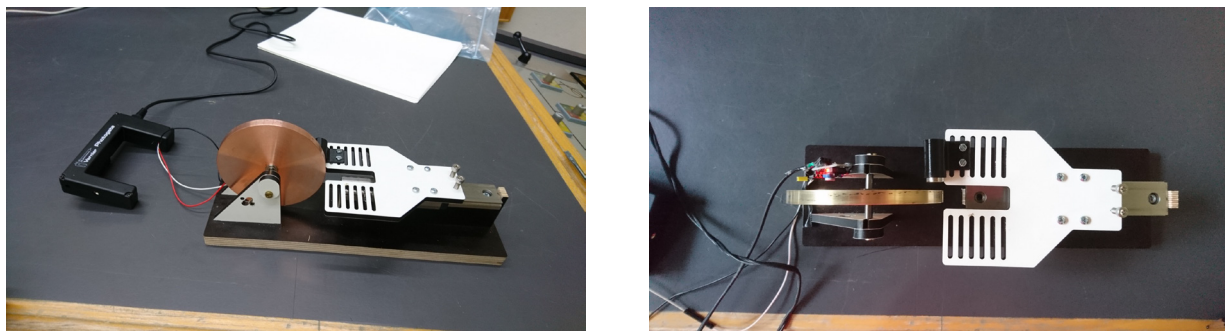
*A spinning gyroscope made from a conducting, but non-ferromagnetic material slows down when placed in a magnetic field. Investigate how the deceleration depends on relevant parameters.*

Offensichtlich behandelt das Problem ein rotierendes Gyroskop aus einem leitenden Material, welches auf Grund der induzierten Wirbelströme abgebremst wird. Dennoch sind einige Aspekte bewusst offengelassen. Dazu gehören beispielsweise die Freiheitsgrade des Gyroskops, das leitende Material oder die Geometrie des Magnetfeldes. Zu Beginn bedarf es folglich einer *Interpretation*, welche dann direkt in die Gestaltung des experimentellen Aufbaus einfließt. Im vorliegenden Fall ist es beispielsweise klar, dass ein Gyroskop mit zwei (Winkel-)Freiheitsgraden in einem beliebigen Magnetfeld sowohl experimentell wie auch theoretisch viel zu anspruchsvoll für ein Mittelschulprojekt ist.

Wir haben uns auf den Fall einer Kreisscheibe mit fixierter Drehachse beschränkt. Trotz dieser Einschränkung bietet diese Problemstellung genügend physikalische Aspekte, die von den SchülerInnen sowohl qualitativ wie auch quantitativ untersucht werden können. Die Interpretation der Problemstellung und der daraus resultierende experimentelle Aufbau erfolgt idealerweise unter Einbezug sowohl der SchülerInnen wie auch der MechanikerIn.

Unser experimenteller Aufbau (siehe Abb. 1) bestand aus einer Kreisscheibe mit Radius  $(48.5 \pm 0.1)$  mm und Dicke  $(7.9 \pm 0.2)$  mm. Um die Leitfähigkeit zu verändern, wurden Aluminium-, Kupfer- sowie Messingscheiben verwendet. In der Mitte der Scheibe wurde jeweils ein kleines Loch gebohrt, so dass ein drehbares Lager eingeführt werden konnte. Angetrieben wurde die Scheibe mit Hilfe einer Bohrmaschine. Die Drehfrequenz während des Abbremsvorgangs konnte dank einer Lichtschranke digital erfasst werden.

Das Magnetfeld wurde von einem zylinderförmigen Permanentmagneten mit Radius  $(6.0 \pm 0.1)$  mm und Achse parallel zur Drehachse der Scheibe erzeugt. Der Permanentmagnet wurde auf einer Schiene arretiert, so dass sowohl der axiale als auch der radiale Abstand zur Scheibe einfach variiert werden konnte.



**Abbildung 1** – Ansicht des experimentellen Aufbaus von der Seite (links) und von oben (rechts). Eine leitende Kreisscheibe wurde mit fixer horizontaler Drehachse eingespannt. Ein zylinderförmiger Permanentmagnet konnte mit Achse parallel zur Drehachse auf einer fahrbaren Schiene arretiert werden, so dass sowohl der vertikale wie auch der radiale Abstand zur Scheibe leicht variiert werden konnte. Die Scheibe wurde von Hand oder durch eine Bohrmaschine beschleunigt. Die Drehfrequenz während des Abbremsvorgangs konnte mit Hilfe einer Lichtschranke digital erfasst werden.

### 3 Qualitative Analyse

Am Anfang des Projekts empfiehlt es sich, gemeinsam mit den SchülerInnen die zu Grunde liegenden Effekte zu diskutieren. Im vorliegenden Fall führen drei Effekte zum Abbremsen der Scheibe:

1. Eine geschwindigkeitsunabhängige Reibung, welche am drehbaren Gelenk auftritt.
2. Luftwiderstand.
3. Die Abbremsung auf Grund der Wechselwirkung der induzierten Stromdichte mit dem externen Magnetfeld.

Diese drei Effekte verursachen je ein Drehmoment, welche wir entsprechend mit  $\mathbf{M}_R$ ,  $\mathbf{M}_L$  und  $\mathbf{M}$  bezeichnen, wobei der Hauptfokus der eingangs erwähnten Fragestellung auf letzterem liegt. Darauf aufbauend lässt sich eine Liste relevanter Parameter für das Drehmoment  $\mathbf{M}$  aufstellen. Für unser System sind die wichtigsten Grössen

- Leitfähigkeit der Scheibe,
- Drehfrequenz der Scheibe,
- Stärke des Permanentmagneten,
- Position des Permanentmagneten,
- Grösse der Scheibe.

Auch wenn ein akkurates quantitatives Modell zu komplex ist, um von MittelschülerInnen komplett selbständig implementiert zu werden (siehe Abschnitt 4.3), können mit einfachen Argumenten Proportionalitätsbeziehungen zu den oben aufgelisteten Parametern gewonnen werden. Diese Relationen sind verständlich für SchülerInnen und können mit ein paar Hinweisen von ihnen selbst hergeleitet werden. Im Folgenden wollen wir eine Auswahl dieser Relationen herleiten<sup>3</sup>.

Als erstes kann die Abhängigkeit des induzierten Drehmoments von der Leitfähigkeit des Materials der Kreisscheibe  $\sigma_{el}$  diskutiert werden. Auf Grund des Ohm'schen Gesetzes ist klar, dass die induzierte Stromstärke direkt proportional zur Leitfähigkeit ist, und da die Lorentzkraft direkt proportional zur Stromstärke ist, gilt

$$\mathbf{M} \propto \sigma_{el}. \quad (1)$$

Als nächstes betrachten wir die Abhängigkeit von  $\mathbf{M}$  von der Winkelgeschwindigkeit der Scheibe  $\omega$ . Auf Grund des Faraday'schen Gesetzes ist die induzierte Spannung (bzw. das elektrische Feld) direkt proportional zur lokalen zeitlichen Änderung des magnetischen Flusses. Diese zeitliche Änderung korrespondiert eins zu eins mit  $\omega$  und folglich ist auch das induzierte Drehmoment direkt proportional zu  $\omega$

$$\mathbf{M} \propto \omega. \quad (2)$$

Man beachte, dass die Zeitabhängigkeit von  $\mathbf{M}$  ausschliesslich von der während des Abbremsvorgangs ändernden Winkelgeschwindigkeit geerbt wird. Folglich ist die Grösse  $\mathbf{M}/\omega$  für Winkelgeschwindigkeiten ungleich Null zeitlich konstant und hängt nur von geometrischen Grössen sowie dem Magnetfeld ab.

Der Einfluss der Magnitude des Magnetfeldes  $B$  ist doppelter Natur. Einerseits sind die induzierten Ströme proportional zu  $B$ , da der magnetische Fluss durch ein (mitrotierendes) Flächenelement  $\Delta\mathbf{A}$  der Scheibe proportional zu  $B$  ist und daher auch die zeitliche Änderung des magnetischen Flusses

<sup>3</sup>In dieser Diskussion verwenden wir grösstenteils makroskopische Grössen wie Kraft, Strom oder Spannung, da diese für gewöhnlich im Unterricht besprochen werden. Allerdings wären die korrespondierenden mikroskopischen Grössen wie Kraftdichte, Stromdichte oder elektrisches Feld teilweise geeigneter.

durch  $\Delta \mathbf{A}$ . Andererseits kann die Kraft auf die Platte approximiert werden mit  $\mathbf{F} = I(\mathbf{r}_{\text{eff}} \times \mathbf{B})$ , welche eine zusätzliche explizite Abhängigkeit von  $B$  aufweist. Demzufolge gilt für das induzierte Drehmoment

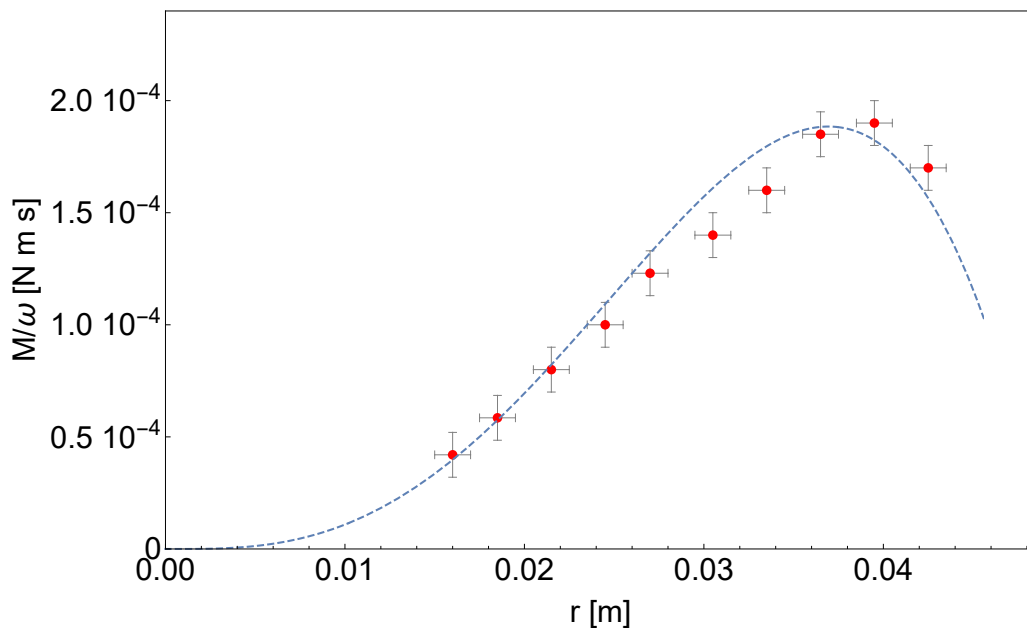
$$\mathbf{M} \propto B^2. \quad (3)$$

Ist die Abhängigkeit des  $\mathbf{B}$ -Feldes vom axialen Abstand bekannt (siehe Abschnitt 4.2), gibt Gleichung (3) auch die Relation zwischen dem Drehmoment und dem axialen Abstand vor.

Physikalisch interessanter ist der Zusammenhang des Drehmoments und der radialen Position des Permanentmagneten  $r$  (gemessen vom Zentrum der Platte). Einerseits gibt  $r$  direkt den Hebelarm vor, andererseits nimmt die Bahngeschwindigkeit eines Punktes auf der Kreisscheibe direkt mit  $r$  zu, was wiederum bedeutet, dass die induzierten Ströme direkt proportional zu  $r$  sind. Folglich erwarten wir

$$\mathbf{M} \propto r^2. \quad (4)$$

Diese Beziehung gilt nur, wenn der Magnet weit vom Rand der Scheibe entfernt ist. Nähert sich  $r$  dem Radius der Platte  $R$  an, so nimmt die induzierte Stromstärke und folglich auch das Drehmoment ab, da Strom nur innerhalb der Platte fließen kann. Dieses Verhalten ist in Abb. 2 klar ersichtlich. Darüber hinaus zeigt dies, dass die (radiale) Grösse der Platte in erster Linie den Punkt dieses Übergangs bestimmt.



**Abbildung 2** – Geschwindigkeitsunabhängiges Drehmoment auf Grund der induzierten Stromdichte als Funktion der radialen Position des Magneten. Nahe am Zentrum der Scheibe ist das induzierte Drehmoment ca. proportional zu  $r^2$ , wobei ein Faktor  $r$  vom Hebelarm abstammt und der zweite Faktor  $r$  sich durch die direkte Proportionalität der induzierten Stromstärke zur Bahngeschwindigkeit  $\omega r$  erklären lässt. Platziert man den Permanentmagneten am Rand oder sogar ausserhalb der Scheibe, so sinkt die induzierte Stromstärke. Die gestrichelte Linie repräsentiert die numerische Lösung, welche im Abschnitt 4.3 diskutiert wird.

## 4 Quantitatives Modell

### 4.1 Reibung und Luftwiderstand

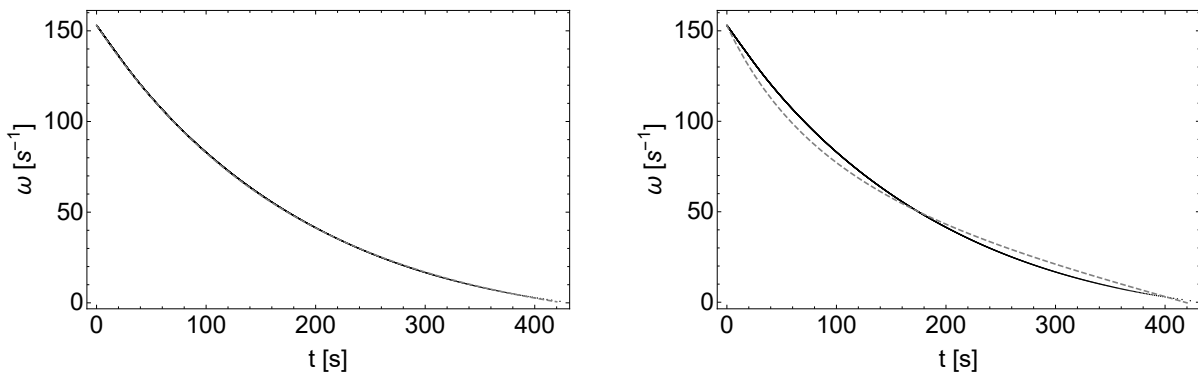
Auch wenn für den zuvor beschriebenen experimentellen Aufbau die Abbremsung auf Grund der induzierten Ströme typischerweise viel grösser ist als durch Reibung und Luftwiderstand, so sollten

die SchülerInnen dennoch eine experimentelle Untersuchung der letzteren beiden Effekte durchführen<sup>4</sup>.

Dafür beobachtet man die zeitliche Entwicklung von  $\omega$  in Abwesenheit des Magnetfeldes. In diesem Fall lässt sich die Bewegungsgleichung schreiben als

$$I\dot{\omega} + M_R + C_L\omega^\alpha = 0, \quad (5)$$

wobei  $M_R$  und  $C_L$  als experimentelle Konstanten behandelt werden und der Exponent  $\alpha$  entweder gleich 1 oder 2 ist, je nachdem ob die Umströmung der Luft laminar oder turbulent ist. Zur Bestimmung der Umströmungsart löst man die Bewegungsgleichung (5) für beide Fälle und bestimmt die Parameter  $M_R$  und  $C_L$  mit Hilfe der experimentellen Daten für die zeitliche Entwicklung der Winkelgeschwindigkeit. Wie in Abb. 3 zu sehen ist, beschreibt eine laminare Reibung unser System deutlich besser.



**Abbildung 3** – Zeitliche Abnahme der Winkelgeschwindigkeit der Scheibe auf Grund von Luftwiderstand und statischer Reibung (schwarze durchgezogene Linie). Die grau gestrichelte Linie entspricht der Lösung von Gl. (5) für laminaren (links) und turbulenten (rechts) Luftwiderstand, wobei die Grössen  $M_R$  und  $C_L$  Fitparameter sind. Die Resultate demonstrieren, dass trotz der eher hohen Drehzahl die Umströmung als laminar angenommen werden kann.

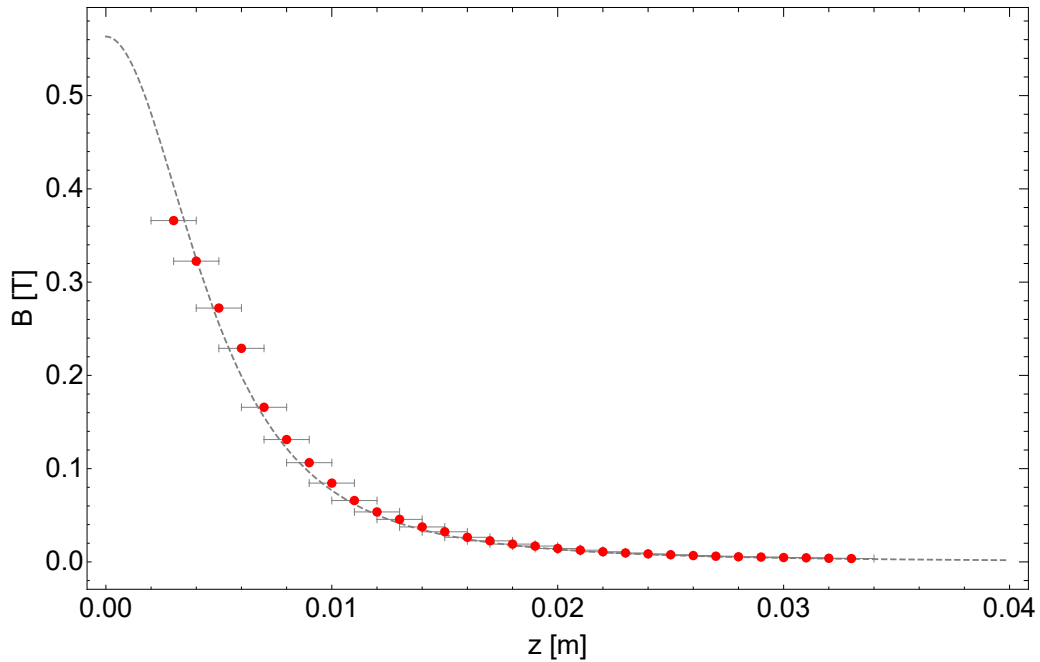
## 4.2 Modell für Magnetfeld

Im gewählten Setup wird die Stärke des Magnetfeldes durch eine Änderung der relativen Position des Permanentmagneten zur Scheibe erreicht. Um diese Abstandsänderung in die Feldstärke umzurechnen, modellieren wir das Feld als kreisförmige stromdurchflossene Leiterschleife mit dem Radius des Permanentmagneten.

Um die fiktive Stromstärke zu finden, misst man am besten das Magnetfeld entlang der Zylinderachse als Funktion des Abstandes zum Zentrum des Permanentmagneten  $z$  und bestimmt die Stromstärke als Fitparameter (siehe Abb. 4). Dieser Wert kann anschliessend in den Ausdruck für das magnetische Feld im ganzen Raum eingesetzt werden (siehe z.B. [10]).

Mit diesem Modell können die SchülerInnen die Proportionalität in Gl. 3 verifizieren und zudem die Abhängigkeit des induzierten Drehmoments vom vertikalen Abstand zwischen Platte und Magneten untersuchen. Darüber hinaus ermöglicht der analytische Ausdruck für das Magnetfeld im ganzen Raum ein quantitatives Modell, welches wir im folgenden Abschnitt kurz diskutieren.

<sup>4</sup>Ansonsten kann das Drehmoment, welches durch die induzierten Ströme verursacht wird,  $\mathbf{M}$  nicht bestimmt werden, sondern nur das Gesamtdrehmoment  $\mathbf{M}_{\text{tot}} = \mathbf{M} + \mathbf{M}_R + \mathbf{M}_L$ .



**Abbildung 4** – Magnetfeld des Permanentmagneten entlang der Zylinderachse (Punkte). Die gestrichelte Linie entspricht dem axialen Feld einer stromdurchflossenen kreisförmigen Leiterschleife mit gleichem Radius wie der des Permanentmagneten, wobei der Strom ein Fitparameter ist.

### 4.3 Induzierte Ströme

Um unsere qualitativen Argumente im Abschnitt 3 zu untermauern, lösen wir die Maxwell-Gleichungen numerisch für unser System. Dafür verwenden wir körperfeste (mitrotierende) Koordinaten, was dazu führt, dass die Position des Magneten zeitabhängig wird. Auf Grund der geringen Dicke unserer Platte können wir diese als zweidimensional betrachten. Für unser System lassen sich die relevanten Maxwell Gleichungen schreiben als

$$\nabla \times \mathbf{E}(\mathbf{r}', t) = -\frac{\partial \mathbf{B}(\mathbf{r}', t)}{\partial t}, \quad (6)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{E}(\mathbf{r}', t) = 0, \quad (7)$$

wobei wir den Positionsvektor im mitrotierenden Koordinatensystem mit  $\mathbf{r}'$  bezeichnen und wie zuvor erwähnt für das Magnetfeld das Feld einer kreisförmigen Leiterschleife benutzen. In Gl. (7) verwenden wir ausserdem, dass die Platte ungeladen ist. Berechnen wir die Rotation von Gl. (6) erhalten wir unter Verwendung von Gl. (7) die inhomogene Laplace Gleichung

$$\nabla^2 \mathbf{E}(\mathbf{r}', t) = \nabla \times \left( \frac{\partial \mathbf{B}(\mathbf{r}', t)}{\partial t} \right). \quad (8)$$

Die Randbedingung für Gl. (8) ergeben sich aus der Bedingung, dass am Rand der Scheibe der Strom entlang der Normalen verschwindet (Dirichlet-Randbedingung) sowie dass ausserhalb der Platte das elektrische Feld verschwindet (Neumann-Randbedingung). Für eine vorgegebene Winkelgeschwindigkeit  $\omega$  lässt sich die rechte Seite von Gl. (8) direkt auswerten, so dass man diese Gleichung numerisch nach dem  $\mathbf{E}$ -Feld lösen kann<sup>5</sup>. Die induzierte Stromdichte erhält man dann mit Hilfe des mikroskopischen Ohm'schen Gesetz  $\mathbf{J} = \sigma_{el} \mathbf{E}$ . Abbildung 5 zeigt eine typische Lösung für die Stromdichte. Auch

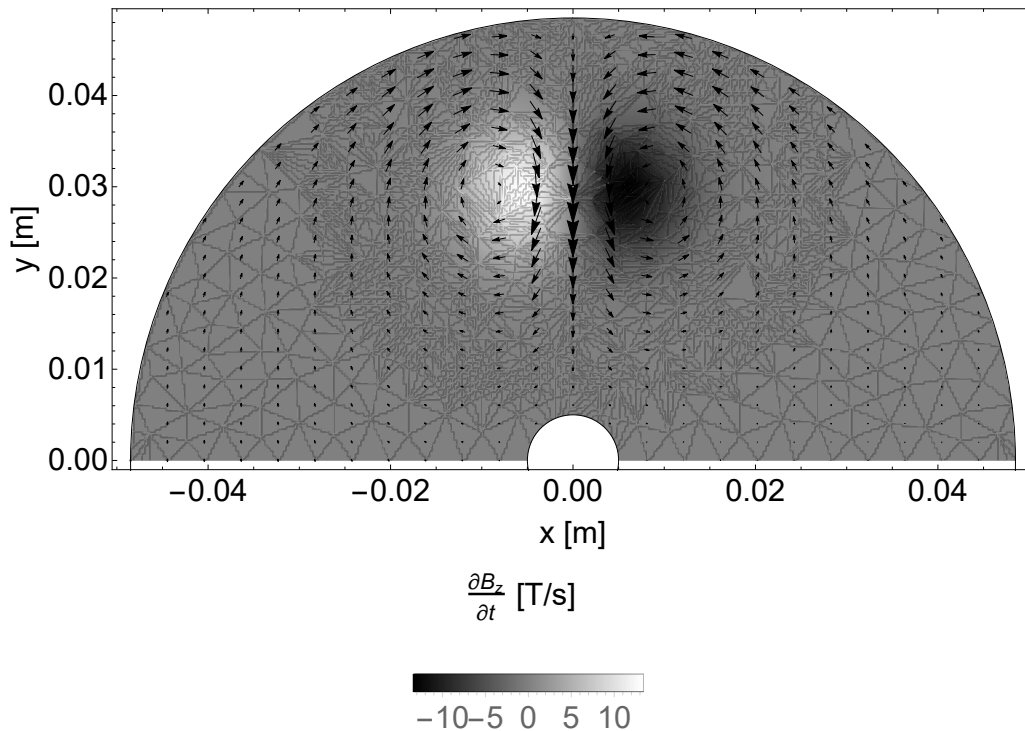
<sup>5</sup>Diese Gleichung kann beispielsweise in *Mathematica* mit der eingebauten Funktion *NDSolve* gelöst werden.

wenn die numerische Lösung für SchülerInnen zu anspruchsvoll ist, sollten sie in der Lage sein, die induzierten Ströme qualitativ zu skizzieren.

Schliesslich findet man das induzierte Drehmoment durch Integration der Kraftdichte  $\mathbf{J} \times \mathbf{B}$  über die Platte

$$\mathbf{M} = \int \mathbf{r}_m \times (\mathbf{J} \times \mathbf{B}) d^3r', \quad (9)$$

wobei  $\mathbf{r}_m$  die aktuelle Position des Permanentmagneten im gewählten Koordinatensystem repräsentiert. Ein Vergleich des Drehmoments für verschiedene radiale Positionen des Magneten mit den experimentellen Daten befindet sich in Abb. 2 und zeigt eine gute Übereinstimmung, sowohl mit den experimentellen Daten sowie unserer qualitativen Analyse.



**Abbildung 5** – Numerische Lösung für die induzierte Stromdichte (Pfeile) in der oberen Halplatte. Die Grauskala zeigt die zeitliche Änderung des axialen Feldes.

## 5 Implementierung an Schulen – Zwei Beispiele

### 5.1 Gymnasium Kirschgarten

Am Gymnasium Kirschgarten in Basel können sich Schülerinnen und Schüler sowohl im Freiwahlkurs wie auch im Pflichtwahlkurs für SYPT-Probleme entscheiden. Dabei arbeiten die rund 15 SchülerInnen jeweils zu dritt an einer Fragestellung. Die erwähnten Unterrichtsgefässe sind mit 2 Wochenlektionen dotiert, wobei motivierten SchülerInnen die Möglichkeit geboten wird, sich zusätzlich mit ihrem Projekt auseinanderzusetzen. Die SYPT-Probleme kommen sowohl bei leistungsschwächeren wie auch leistungstärkeren SchülerInnen sehr gut an, so dass sich viele im Folgejahr für eine erneute Teilnahme am SYPT entscheiden.

Zusätzlich können SchülerInnen, die sich fürs Schwerpunktfach Physik und Angewandte Mathematik entscheiden, zwei reguläre Physikpraktikumsexperimente mit einem SYPT-Problem substituieren. Zudem werden am Gymnasium Kirschgarten immer wieder SYPT-Probleme als Maturarbeit gewählt.

Alle SchülerInnen werden bei ihren Projekt von einer Lehrperson sowie von *GKGresearch* [12] unterstützt.

## 5.2 MNG Rämibühl

Am MNG Rämibühl in Zürich wird bereits seit einigen Jahren die Vorbereitung und Teilnahme am SYPT als Wahlpflichtfach (*Gruppenunterricht*) im 11. Schuljahr angeboten. Dabei arbeiten die rund  $15 \pm 3$  SchülerInnen über ein Semester hinweg (2 Wochenlektionen) an einem SYPT-Problem ihrer Wahl. Die Arbeiten sind unbenotet, aber die Teilnahme am SYPT ist Pflichtbestandteil des Gruppenunterrichts. Betreut werden die SchülerInnen von zwei Lehrpersonen.

Auch wenn das Niveau der Arbeiten selbstredend stark variiert, kommt der Gruppenunterricht bei den SchülerInnen sehr gut an, so dass viele ihr Projekt als Maturitätsarbeit weiterverfolgen. Darüber hinaus finden SYPT-Probleme immer wieder Eingang in diverse weitere Unterrichtsgefässe wie dem regulären Physikpraktikum, Ergänzungsfach oder dem Projektunterricht im Schwerpunktfach Physik/Angewandte Mathematik.

## 6 Schlussfolgerung

Es entspricht der Erfahrung der Autorenschaft, dass projektbasierte Unterrichtsformen oftmals an schlecht definierten Fragestellungen oder einer falschen Erwartungshaltung von Seiten der SchülerInnen oder der Betreuungsperson leiden. Wir glauben, dass Probleme des SYPT geeignet sein können für diese Form des Unterrichts im Fach Physik, sofern den SchülerInnen genügend Zeit eingeräumt wird und sie von einer Betreuungsperson unterstützend begleitet werden. SYPT-Probleme eignen sich nach unserer Erfahrung hingegen nicht, wenn die SchülerInnen ganz auf sich alleine gestellt sind. Die Betreuungsperson muss versuchen abzuschätzen, was erfolgsversprechende Ansätze sein könnten und die Schülerinnen und Schüler in diese Richtung lenken<sup>6</sup>. Darüber hinaus muss die Lehrperson damit umgehen können, dass ihr womöglich die "Lösung" zum Problem nicht im Vorhinein bekannt ist und sollte dies gegenüber den SchülerInnen offen kommunizieren.

Wie wir anhand eines SYPT-Problems von 2019 demonstrieren, bieten diese Fragestellungen viele physikalisch interessante Aspekte, welche mit einfachen, für SchülerInnen zugänglichen, qualitativen Argumenten oftmals gut beschrieben werden können. Diese Herangehensweise erlaubt es MittelschülerInnen, komplexe Phänomene zu untersuchen und fördert ihr konzeptionelles Verständnis.

## Danksagung

Wir danken Bruno Thurnheer (Kantonsschule Zürich Nord) für seine Hilfe beim experimentellen Aufbau und danken Reinhard Weiss (Gymnasium Kirschgarten) für seine Unterstützung.

---

<sup>6</sup>Beispielsweise eine qualitative Herangehensweise anregen mit dem Ziel Proportionalitätsbeziehungen zu wichtigen physikalischen Grössen zu erhalten.

### Das Swiss Young Physicist' Tournament

Das SYPT ist ein projektorientierter Teamwettbewerb für physik- und technikbegeisterte Gymnasiastinnen und Gymnasiasten aus der ganzen Schweiz. Jedes Jahr veröffentlicht ein internationales Komitee 17 offen gestellte Physikprobleme, welche die SchülerInnen motivieren sollen, selbst in die wissenschaftliche Forschung einzutauchen.

Anders als bei anderen wissenschaftlichen Wettbewerben handelt es sich beim SYPT um einen Team Event. Die SchülerInnen bilden Dreiergruppen und treten am Turnier in sogenannten „Physics Fights“ an. Als Erstes präsentiert eine Gruppe ihre selber erarbeitete Lösung, welche dann in einer wissenschaftlichen Debatte vom gegnerischen Team hinterfragt und diskutiert wird. Das dritte Team fasst dann die Präsentation und Diskussion noch einmal kritisch zusammen. Zuletzt werden die Leistungen aller drei Teams von einer fachkundigen Jury benotet.

Seit einigen Jahren wird eine nationale Vorbereitungswoche unter dem Namen „SYPT Physics Week“ durchgeführt. Diese steht MittelschülerInnen aus der ganzen Schweiz offen und ermöglicht ihnen eine optimale Vorbereitung aufs Turnier. Darüber hinaus runden attraktive soziale Events den Anlass ab.

Lehrpersonen, welche sich für das SYPT interessieren, werden gebeten, sich an uns zu wenden (info@sypt.ch).

## Referenzen

- [1] A. Bicer, B. Navruz, R. M. Capraro und M. M. Capraro, *Comparing students' mathematics state-based test performance*, International Journal of Global Education **3**, 3 (2013).
- [2] M. Dischino, J. A. Donnelly, N. M. Massa und F. Hanes, *Increasing the STEM pipeline through problem-based learning*, Technology interface International Journal **12**, 1 (2011).
- [3] J. R. Margendoller, N. L. Maxwell und Y. Bellissimo, *A comparative study of instructional methods and student characteristics*, Interdisciplinary Journal of Problem Based Learning **1**, 2 (2006).
- [4] A. Miller, *PBL and STEAM Education: A Natural Fit*, available online: <https://www.edutopia.org/blog/pbl-and-steam-natural-fit-andrew-miller> (eingesehen am 13.5.2020).
- [5] A. Bicer, Y. Lee, R. M. Capraro, M. M. Capraro, L. R. Barroso und M. Rugh, *Examining the Effects of STEM PBL on Students' Divergent Thinking Attitudes Related to Creative Problem Solving*, IEEE Frontiers in Education Conference (2019).
- [6] R. M. Capraro und S. W. Sloug, *Why PBL? Why STEM? Why now? an Introduction to STEM Project-Based Learning* (SensePublishers 2013).
- [7] D. S. Ainslie, *Demonstration Experiments in Electromagnetic Induction*, Am. J. Phys. **19**, 232 (1951).
- [8] G. Donoso, C. L. Ladera und P. Martín, *Damped fall of magnets inside a conducting pipe*, Am. J. Phys. **79**, 193 (2011).
- [9] *Swiss Young Physicists' Tournament* (www.sypt.ch).
- [10] J. C. Simpson, J. E. Lane, C. D. Immer, R. C. Youngquist, T. Steinrock, *Simple Analytic Expressions for the Magnetic Field of a Circular Current Loop*, online verfügbar: <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20010038494.pdf> (eingesehen am 14.5.2020).
- [11] *Swiss Young Naturalists' Tournament* (www.synt.ch).
- [12] *GKGResearch* (www.gkgbs.ch/schulleben/gkgresearch).