

$E = mc^2$: Herleitung im „Expertenkongress“

Binnendifferenzierung nach mathematischen Fähigkeiten und Fertigkeiten in der gymnasialen Oberstufe

Von Martin Henze

1	Interesse
2	individuelle Stärken
3	Leistungsfähigkeit
4	Vorwissen/Vorerfahrungen/Lernstand
5	verschiedene Verarbeitungsmodi
6	Lerntempo
7	Fähigkeit zum eigenständigen Arbeiten
8	sprachliche Fähigkeiten
9	mathematische Fähigkeiten

KLASSENSTUFE:	13 (GK, LK)
SCHULFORM:	Gymnasium
ZEITUMFANG:	Doppelstunde
THEMEN:	Relativitätstheorie, Teilthema Energie-Masse-Äquivalenz
METHODEN:	differenzierte Aufgaben; kooperatives Lernen
DIFFERENZIERUNGSBEREICHE:	Aufgaben; Aufgabenschwierigkeit

Viele Schülerinnen und Schüler in den Physikkursen der gymnasialen Oberstufe wählen Physik offensichtlich nicht wegen, sondern eher trotz der hier häufig auftauchenden Mathematik. Genauso beobachte ich aber auch, dass es in jedem Kurs einige Schülerinnen und Schüler gibt, die nicht nur ein besonderes Interesse an exakten mathematischen Herleitungen haben, sondern auch über sehr gute mathematische Fähigkeiten und Fertigkeiten verfügen.

Beides ist in Grund- und Leistungskursen unterschiedlich stark ausgeprägt, prinzipiell ist die Situation aber ähnlich. Das liegt auch daran, dass sich in beiden Kursen in der Regel Schülerinnen und Schüler aus Mathematik-Leistungskursen befinden.

Binnendifferenzierung im Expertenkongress

Das Bestreben, den einen nichts vorzuenthalten und dabei die anderen nicht zu überfordern, führt zur Binnendifferenzierung nach mathematischen Fähigkeiten und Fertigkeiten. Zu diesem Zweck wurde das auf S. 28–30 abgedruckte **Material** zur Herleitung der wohl populärsten Formel der Physik $E = mc^2$ erstellt und mehrfach in Grund- und Leistungskursen in der Jahrgangsstufe 13 eingesetzt. Es ist für den Einsatz in einem in einer Doppelstunde stattfindenden sog. „Expertenkongress“ gedacht, dessen zentrale

Phasen der Gruppenarbeiten in **Kasten 1** dargestellt sind (s. a. [1], Werkzeug 39, sowie [2], „Expertenkongress“).

Diese Methode ermöglicht neben der Binnendifferenzierung ein hohes Maß an Selbsttätigkeit der Schülerinnen und Schüler und fördert die Kommunikation im Physikunterricht. Da es sich um eine Methode für anspruchsvolle Kommunikationssituationen handelt, sollte sie nicht ohne entsprechende methodische Vorerfahrungen der Schülerinnen und Schüler aus vorangegangenen Unterricht eingesetzt werden.¹⁾ Die Lernenden sollten es bereits gewohnt sein, die Verantwortung für das von ihnen bearbeitete Thema zu übernehmen.

Durchführung der Unterrichtseinheit

Voraussetzungen

Neben den erwähnten Voraussetzungen bezüglich der Methode müssen im vo-



Abb. 1: Schülerinnen und Schüler beim Expertenkongress

rangegangenen Physik- und Mathematikunterricht die auf den **Arbeitsblättern** (s. S. 28–30) jeweils oben angegebenen fachlichen Voraussetzungen geschaffen worden sein (relativistischer Impuls, Integration durch Substitution etc.).

Vorbereitungen

Im Rahmen der hier vorgestellten Unterrichtsplanung haben die Schülerinnen und Schüler nicht die Möglichkeit, sich selbstständig hinsichtlich ihrer mathematischen Fähigkeiten einzuschätzen und das entsprechende Thema auszuwählen. Die Lehrkraft muss sich also vor dem Unterricht überlegen, welche Schülerinnen und Schüler sie den entsprechenden Themen zuordnet und dementsprechend eine Dreiteilung der Lerngruppe vornehmen. **Arbeitsblatt 3** ist dabei deutlich am anspruchsvollsten, **Arbeitsblatt 1** ist für leistungsschwächere Schülerinnen und Schüler gedacht.

Die Arbeitsblätter zu den Themen 1–3 werden auf farbiges Papier (z. B. Rot, Grün, Blau) kopiert, sodass jeweils ein Drittel der Schülerinnen und Schüler das Material in einer Farbe bekommen kann. Zusätzlich sollten genügend Kopien auf weißem Papier erstellt werden, damit alle Arbeitsblätter am Ende der Stunde für jeden zur Nacharbeit zur Verfügung stehen.²⁾ Zur späteren Gruppenfindung ist es hilfreich, die farbigen Arbeitsblätter fortlaufend durchnummerieren.³⁾

Ablauf

Der Unterricht der Doppelstunde gliedert sich in folgende Phasen (s. a. **Tab. 1**):

- Lehrervortrag,
- Einzelarbeit,
- Gruppenarbeit 1,
- Gruppenarbeit 2,
- Unterrichtsgespräch.

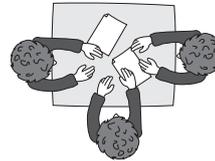
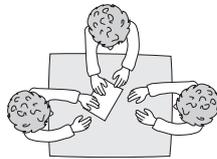
Lehrervortrag und Einzelarbeit

Nach einer geeigneten Motivation wird den Schülerinnen und Schülern der Unterrichtsablauf z. B. anhand einer Folie (s. z. B. **Kasten 1**) erläutert. Dann werden die Arbeitsblätter entsprechend der vorgenommenen Voreinteilung ausgeteilt,⁴⁾ wodurch automatisch eine Zuweisung in die drei Gruppen erfolgt. Dann wird der Arbeitsauftrag erteilt, in Einzelarbeit den jeweiligen Text sorgfältig durchzuarbeiten.

Expertenkongress

▼ **1. ARBEIT IN FARBGRUPPEN**

Die Farbgruppen (Rot, Grün, Blau, ...) bearbeiten verschiedene Aufgaben.



▼ **2. ARBEIT IN EXPERTENGRUPPEN**

- Jede Farbgruppe entsendet je einen Schüler in eine neue Expertengruppe.
- Alle Experten berichten einander und lösen gemeinsam eine Expertenaufgabe.



Motivation	Lehrervortrag <ul style="list-style-type: none"> • Motivation für die recht anspruchsvolle Herleitung der Formel $E = mc^2$ • Erläuterung des Unterrichtsablaufes anhand einer Folie nach Kasten 1 	ca. 5 min
Erarbeitung 1	Einzelarbeit <ul style="list-style-type: none"> • Erarbeitung der Texte/Herleitungen auf den Arbeitsblättern von jeweils einem Drittel der Schülerinnen und Schüler 	ca. 20 min
Erarbeitung 2	Gruppenarbeit 1 (Farbgruppen) <ul style="list-style-type: none"> • Zusammenfinden in den Farbgruppen anhand der Nummerierung auf den Arbeitsblättern (z. B. Rot 1 bis Rot 4 und Rot 5 bis Rot 8) • Aufgabenstellung: Durchsprechen der Texte/Herleitungen und Klären von Unklarheiten. Jeder soll im Anschluss in der Lage sein, sein Thema in der jeweiligen Expertengruppe vorzustellen. 	ca. 20 min
Erarbeitung 3	Gruppenarbeit 2 (Expertengruppen) <ul style="list-style-type: none"> • Bilden von Dreiergruppen anhand der Nummerierung auf den Arbeitsblättern (z. B. Rot 1, Grün 1 und Blau 1) • Aufgabenstellung: wechselseitiges Erklären der Texte/Herleitungen. Jeder soll nach dieser Gruppenarbeit in der Lage sein, die auf allen drei Arbeitsblättern dargestellten Grundgedanken bzw. wesentlichen Umformungen zu verstehen. Unklarheiten und Fragen der Gruppe sollen notiert werden. 	ca. 30 min
Sicherung	Unterrichtsgespräch/Zusammenfassung <ul style="list-style-type: none"> • Wiederholen der wesentlichen Gedanken bzw. Umformungen und Klären offener Fragen • Interpretieren der erhaltenen Formel 	ca. 15 min

Tab. 1: Schematischer Verlauf des Unterrichts