

# TECHMAX Heft 6

## Laser - Wunderlampe aus dem Quantenland

### Didaktisch-methodische Überlegungen

---

#### Inhalt

1. Thematischer Hintergrund
2. Didaktisch-methodischer Kommentar
3. Ziele des Kompetenzerwerbs
4. Anbindung an die Richtlinien/Zielgruppe
5. Vorschläge für einen fächerübergreifenden Unterricht

#### 1. Thematischer Hintergrund

Lichtblitze mit enormem Potenzial – wie Laser den Alltag revolutionieren

Sie überführen Autoraser, scannen Preisschilder, beschreiben oder lesen DVD's, reparieren fehlsichtige Augen und spüren sogar umweltschädliche Gase in der Erdatmosphäre auf: Laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) sind heute aus dem alltäglichen Leben nicht mehr wegzudenken.

Und das ist umso erstaunlicher als diese Schlüsseltechnologie noch nicht einmal 50 Jahre alt ist. Erst im Mai 1960 gelang es dem amerikanischen Physiker Theodore Maiman, mit einem einfachen Rubinlaser den ersten Laserpuls der Welt zu erzeugen. Seitdem hat sich die Laser-Technik ständig weiter verbessert. Mit den stärksten Laseranlagen der Welt können Wissenschaftler mittlerweile immer tiefer in die Materie hineinschauen und sogar Atomkerne verschmelzen.

Berühmt geworden ist ein ganz besonderer Kurzpuls laser, ein so genannter optischer Frequenzkamm. Mit diesem „Lineal“ aus reinem Licht gelang es erstmals die Frequenz von Licht und damit seine Farbe direkt und präzise zu messen. Sein Erfinder, Theodor W. Hänsch vom Max-Planck-Institut für Quantenoptik, hat für die Entwicklung dieses Hightech-Geräts im Jahr 2005 den Nobelpreis für Physik erhalten. Der Prototyp des Laserfrequenzkamms füllte mit seinem Gewirr von Kabeln, Laserlampen und Messapparaturen noch einen halben Raum. Inzwischen wird das „Laserlineal“ aber auch kommerziell hergestellt und hat nur noch die Größe eines Schuhkartons.

Doch trotz des Laserfrequenzkamms und anderer Forschungserfolge in den vergangenen Jahren ist ein Ende der Entwicklung bei Lasern, den „Wunderlampen aus dem Quantenland“, noch lange nicht in Sicht...

Eine Beschäftigung mit dem Thema Laser im Schulunterricht ermöglicht es den Schülern, elementare Grundkenntnisse zu erwerben über eine besonders wichtige, alltagsrelevante Technologie des 21. Jahrhunderts.

#### 2. Didaktisch-methodischer Kommentar

Die geplante Einheit gehört zu einer längeren Unterrichtsreihe im Fach Physik zum Thema „Licht“. Bevor jedoch die Stunde „Lichtblitze mit enormem Potenzial – wie Laser den Alltag revolutionieren“ durchgeführt werden kann, müssen im Unterricht zunächst wichtige Grundlagen der Strahlen- und Wellenoptik sowie der Quantenphysik erarbeitet werden.

Zu den vorab zu behandelnden Themen gehören unter anderem Reflexion, Brechung, Brechungsgesetz, Beugung und Interferenz von Licht sowie der Welle-Teilchen-Dualismus des Photons. Die Schüler sollten auch mit dem Bohr'schen Atommodell und dem Aufbau und der Wirkungsweise von Mikroskopen vertraut sein.

Nach Durchführung der vorbereiteten Stunde könnte der Unterricht dann mit weiteren aktuellen Forschungsergebnissen zur Bedeutung von Photonen für neue optische Speichermedien oder zukünftige Quantencomputer weitergehen. Spannend könnte für die Schüler aber auch eine Beschäftigung mit dem Schwerpunkt Quantenteleportation sein, da den meisten von ihnen das „Beamen“ aus Fernsehserien wie Raumschiff Enterprise bekannt ist.

#### Motivierender Einstieg in das Thema

Um die Schüler von Beginn an zu einer engagierten und hoffentlich motivierten Auseinandersetzung mit dem Thema Laser anzuregen, werden sie während des Unterrichtseinstiegs mit Abbildungen von zwei sehr

# TECHMAX Heft 6

## Laser - Wunderlampe aus dem Quantenland

### Didaktisch-methodische Überlegungen

---

unterschiedlichen technischen Erfindungen konfrontiert. Der althergebrachten Glühbirne wird dabei ein modernes Lasersystem gegenübergestellt.

Spontan oder auf der Basis ihres Vorwissens suchen die Schüler zunächst nach Gemeinsamkeiten und Unterschieden zwischen der klassischen Lichtquelle und der modernen „Wunderlampe aus dem Quantenland“. Schon in dieser frühen Phase des Unterrichts sollen sie anschließend erste Hypothesen über die Funktionsweise eines Lasers aufstellen. Nach Möglichkeit werden dann auch bereits aktuelle Anwendungsbeispiele für Laser im Kursverband diskutiert.

#### Kooperation und Lernfortschritt

Zwei Aspekte stehen während der beiden Erarbeitungsphasen im Mittelpunkt des Unterrichts: Teamarbeit und selbstständiges Aneignen von Wissen. Der Kurs wird deshalb in Teams mit jeweils drei bis vier Schülern aufgeteilt, die sich intensiv mit den Arbeitsblättern und den Begleitinformationen auseinandersetzen. Auftretende Probleme werden dabei teamintern diskutiert und gelöst. Der Lehrer springt nur in Ausnahmefällen als Vermittler bei hartnäckigen Differenzen oder als Berater ein.

Zur Suche nach ergänzenden Hintergrundmaterialien und zur Klärung von weiterführenden Problemen kann das Internet von den Schülern jederzeit genutzt werden. Der Lehrer gibt – wenn nötig - bei der Suche nach geeigneten Seiten Hilfestellungen. Dies gilt auch bei der Bearbeitung des Arbeitsauftrags 4 von Arbeitsblatt 2 (Ermitteln Sie mithilfe des Internets die heutigen Einsatzbereiche für Laser. Fassen Sie Ihre Ergebnisse in einer Übersichtstabelle zusammen).

Hier ist allerdings die Nutzung des Internets durch die Schüler obligatorisch, da auf dem Arbeitsblatt keine Informationen zur Lösung des Problems zur Verfügung gestellt werden. Wichtiges Ziel dieser Vorgehensweise ist es, die Medienkompetenz der Schüler zumindest ansatzweise zu verbessern.

#### Blick hinter die Kulissen der modernen Wissenschaft

Im Rahmen der Hausaufgabe geht es auf der einen Seite darum, eines der besonderen Highlights aus der Laserentwicklung – den so genannten optischen Frequenzkamm – aus technischer Sicht genauer vorzustellen. Die Schüler werden durch die Aufgabenstellung („Erläutern Sie die praktische Bedeutung des KurzpulsLasers.“) aber auch dazu angehalten, über Nutzen und Wert der Erfindung von Theodor W. Hänsch und seinen Kollegen vom Max-Planck-Institut für Quantenoptik nachzudenken. Auf der Basis aller verfügbaren Informationen sollen sie dann zu einer ersten fundierten Einschätzung zur Bedeutung des „Lineals aus reinem Licht“ kommen.

### **3. Ziele des Kompetenzerwerbs**

SchülerInnen können:

- den Aufbau und das Funktionsprinzip eines Lasers erarbeiten und beschreiben,
- wichtige Anwendungsbereiche für Laser nennen,
- in reduzierter Form wissenschaftliche Neuentwicklungen wie den Laserfrequenzkamm bewerten
- bestehende Fertigkeiten bei der Informationsrecherche im Internet erweitern,
- ihre Fähigkeiten im Bereich der selbständigen Erarbeitung von Wissen und der Teamarbeit verbessern.

### **4. Anbindung an die Richtlinien/Zielgruppe**

Die vorgelegte Unterrichtseinheit ist für den Einsatz in der gymnasialen Oberstufe konzipiert. Bei gutem Leistungsstand und Interesse der Schüler an physikalischen Themen ist aber auch eine Verwendung in den Jahrgangsstufen 9 und 10 der Gymnasien denkbar. Dann allerdings müssen die Texte deutlich vereinfacht (Erläuterung von Fachbegriffen) und die Aufgabenstellungen vom Umfang und Schwierigkeitsgrad her an das Leistungsvermögen in der Klasse angepasst werden.

Der Zeitbedarf beträgt 90 Minuten. Eine Durchführung der Doppelstunde in der vorgelegten Form ist nur dann möglich, wenn ausreichend Internetarbeitsplätze im Kurs- oder Klassenraum vorhanden sind. Stehen nur Einzelstunden für den Unterricht zur Verfügung, kann nach der Lehrer nach der ersten Erarbeitungsphase und dem anschließenden Zusammentragen der Ergebnisse die schulische Auseinandersetzung mit dem Thema

# TECHMAX Heft 6

## Laser - Wunderlampe aus dem Quantenland

### Didaktisch-methodische Überlegungen

---

zunächst beenden. Das Arbeitsblatt 2 „Lasermedien und Laseranwendungen“ ist nach einer kurzen thematischen Hinführung durch den Lehrer in einem solchen Fall als Hausaufgabe geeignet.

Zu Beginn der nächsten Unterrichtsstunde werden zunächst die Ergebnisse dieser Einzel- oder Partnerarbeit vorgestellt. Danach geht die Auseinandersetzung mit dem Thema „Ein Lineal aus reinem Licht - Aufbau und Funktionsweise eines optischen Frequenzkamms“ weiter.

#### Lehrplankonformität

In den Lehrplänen der Bundesländer sind an vielen Stellen Hinweise zur Nutzung des Themas „Lichtblitze mit enormem Potenzial – wie Laser den Alltag revolutionieren“ im Schulunterricht enthalten:

#### Beispiel Nordrhein-Westfalen:

Die Elektrizität gehört zu den fünf Sachbereichen, die der Physik-Lehrplan für die gymnasiale Oberstufe vorsieht. Dort sind unter anderem elektromagnetische Schwingungen und Wellen im Unterricht zu behandeln. Gut integrierbar wäre die vorgelegte Unterrichtsreihe/-stunde beispielsweise in den von den Richtlinien vorgegebenen Gegenstand „Ausbreitung von Licht (Beugung, Interferenz, Reflexion, Brechung, Polarisation)“.

#### Beispiel Sachsen:

„Optik, Atom- und Kernphysik“ – so lautet in den sächsischen Richtlinien für das Gymnasium der Titel von Grund- und Leistungskurs in der Jahrgangsstufe 12.1. Darin soll es im Schwerpunkt „Physik der Atomhülle“ explizit um Laser und Laser-Strahlung sowie ihre Nutzung in Wissenschaft, Technik und Medizin gehen. Die Schüler sollen dabei laut Lehrplan erkennen, „dass der Laser eine Lichtquelle mit außergewöhnlichen Eigenschaften ist.“

#### Beispiel Hessen:

„Mechanische und elektromechanische Schwingungen und Wellen“ sind nach dem Hessischen Lehrplan für das Gymnasium Thema des Grund- und Leistungskurses in der Jahrgangsstufe 12.2. Zu den möglichen Aspekten, die im Rahmen des Unterrichts erarbeitet werden können, gehören unter anderem Anwendungen in der Wellenoptik und da speziell Laser. Gut passen würde die vorgelegte Unterrichtsstunde aber auch in den Schwerpunkt der Jahrgangsstufe 13.1 „Quanten- und Atomphysik“, wo unter anderem Quanteneffekte und Atommodelle im Mittelpunkt der schulischen Auseinandersetzung stehen.

#### Beispiel Bayern:

Laut dem Fachlehrplan für Physik in Bayern bieten vor allem die Grund- und Leistungskurse der Jahrgangsstufe 13 Möglichkeiten zum Einsatz der geplanten Unterrichtsreihe/-stunde. Denn dort gehört der Aspekt „Elementare Quantenphysik“ zu den vorgesehenen Schwerpunkten des Unterrichts. Zu behandelnde Inhalte sind dabei beispielsweise der lichtelektrische Effekt oder der Wellen- und Teilchenaspekt von Licht und Materie.

Um eine „Einführung in die Strahlenoptik“ geht es laut dem bayerischen Lehrplan dagegen in der Klasse 9. Im Unterricht untersucht werden sollen dabei unter anderem die Grunderscheinungen des Lichts. Auch hier wäre eine Verwendung der vorgelegten Einheit (nach didaktischer Reduktion) denkbar.

## 5. Vorschläge für einen fächerübergreifenden Unterricht

„Faszination Licht“

So könnte der Titel einer interdisziplinären Unterrichtsreihe oder einer Projektwoche lauten, in die die geplante Unterrichtsstunde gut passen würde.

Im Physik- und Technikunterricht geht es dabei nicht nur um die Lasertechnologie, sondern auch um die Erarbeitung von grundlegenden Kenntnissen über das Phänomen Licht. Darüber hinaus sind Themen wie Max Plancks Quantenhypothese und Einsteins Nachweis des Welle-Teilchen-Dualismus bei Licht oder der Aufbau und die Funktionsweise von Mikroskopen zu berücksichtigen. Weitere spannende Themen der schulischen Auseinandersetzung könnten zudem Quantencomputer, organische Leuchtdioden, kurz OLEDs, oder Sonnenuhren sein. Auch die Möglichkeiten und Grenzen der Sonnenergie-Nutzung zur Strom- oder Wärmeherstellung sollten hier ausführlich diskutiert werden.

## **TECHMAX Heft 6**

### **Laser - Wunderlampe aus dem Quantenland**

### **Didaktisch-methodische Überlegungen**

---

Das Fach Biologie stellt die positiven und negativen Auswirkungen von (Sonnen-) Licht auf den menschlichen Körper vor. Dabei werden besonders die Gefahren, die sich aus dem Sonnenbaden am Strand oder auf der Sonnenbank (Hautalterung, Hautkrebs) ergeben, gezielt angesprochen. Hier sollte auch Zeit sein für Tipps zu einem richtigen Umgang mit Sonne und Licht – in freier Natur oder im Sonnenstudio. Neben diesem eher medizinischen Schwerpunkt stehen Themen wie Photosynthese und der Lichtsinn sowie Phänomene wie Biolumineszenz, Kurz- und Langtagpflanzen, die Photomorphogenese oder die Innere Uhr im Mittelpunkt des Unterrichts.

Das Fach Chemie beteiligt sich am fächerübergreifenden Unterricht mit Aspekten wie Lichtbeteiligung bei chemischen Reaktionen, Licht und Farbe, Photosmog und Ozonauf- und Abbau. Hier könnten aber auch ergänzend zum Physik- und Technikunterricht die chemischen Grundlagen bei der Produktion von Sonnenkollektoren untersucht werden.

Wie entstehen die Jahreszeiten? Was versteht man unter dem Zenitstand der Sonne oder der Albedo? Wie kommt es zum Treibhauseffekt? Welche Ursachen hat das Ozonloch und welche Folgen ergeben sich daraus für Mensch und Natur? Wie entstehen Sterne und warum leuchten sie? Warum gibt es Mondphasen? Welchen Zusammenhang gibt es zwischen Licht und Erosion? Diese und viele andere Fragen kommen dagegen im Erdkundeunterricht ausführlich zur Sprache.

Das Fach Geschichte könnte ergänzend dazu einen Streifzug durch die letzten Jahrhunderte zum Thema Licht unternehmen und dabei auf neue Entwicklungen von der Erfindung der Glühbirne über den Farbfernseher bis zum Handy oder zur Computerwelt eingehen. Dabei sollten auch wichtige Forscherpersönlichkeiten wie Michael Faraday oder Thomas Edison und ihre Entdeckungen, die oft den Alltag der Menschen entscheidend veränderten, ausführlich besprochen werden.