



Co-funded by
the European Union

Unterrichtseinheit: Der Laser und Lasengerät

DiFC – Universität Palermo



BIOS4YOU
AR 2.0

BIO-INSPIRED STEM TOPICS FOR ENGAGING YOUNG GENERATIONS
THANKS TO THE USE OF AUGMENTED REALITY

Project Number: KA220-BW-23-30-126516

"Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them."





Inhalt

Einführung:	2
Licht als Informationsträger.....	2
Abschnitt 1: Erkunden	5
Atome	5
Wie ist das Atom aufgebaut?	5
Der Lasereffekt.....	7
Die Laseremission.....	8
Das dreistufige Atom.....	9
Abschnitt 2: Ausführen	11
Abschnitt 3: Verbessern	12
Kohlendioxidlaser (CO ₂)	13
Argonlaser	13
Nd:YAG-Laser (Neodym-Yttrium-Aluminium-Granat).....	13
Behandlung von Krebs mit Lasern.....	13
Tumore direkt verkleinern oder zerstören.....	14
Laser in der photodynamischen Therapie	14
Fazit:	15
Referenzen:	17





Allgemeines Thema des Lernpfads	Biophotonik und lichtbasierte Diagnostik
Spezifischer Name der Lerneinheit	Lasertechnologie in der Medizin (Wie funktioniert ein Laser?)
Alter der Zielgruppe	14–18 Jahre
Voraussetzungen für die Lernenden	Grundkenntnisse in Mathematik, Physik, Chemie und Biologie.
Beschreibung der Lerneinheit	Sie führt Lehrer und Schüler durch einen fächerübergreifenden Lehr-/Lernpfad, um die Grundlagen der Lasertechnologie zu entdecken.
Thema: Beteiligte Parteien	Biologie, Chemie, Physik, Mathematik, Ingenieurwesen
Stichworte	Licht, Laser, Atom, Quantenmechanik, AR, Visualisierung
Wichtige Qualifikationen, Fähigkeiten und Kenntnisse, die erworben werden können	Problemlösung, Design Thinking, logisches Denken, konzeptionelle und praktische Kenntnisse in Physik, Chemie, Mathematik,
Verwendete Ressourcen und didaktische Hilfsmittel	Webressourcen, virtuelle Labore, Forschungsartikel, wissenschaftliche Datenbanken
Bewertungskriterien und Bewertung	Unterschiedliche Kenntnisstufen der erreichten Konzepte und Fähigkeiten





Einführung:

Licht als Informationsträger

Das Licht ist, wie wir alle wissen, ein sehr wichtiges Mittel zur Erforschung des Universums. Die Farben des Lichts, die wir sehen, liefern uns wichtige Informationen. Von Anfang an können wir die Dinge, die wir sehen, anhand ihrer Farben unterscheiden.

Die Diskussion über den Ursprung und die Struktur des Lichts beschäftigt Philosophen seit Anbeginn der Geschichte. Jeder der frühen Philosophen schrieb seine Meinung über die Natur des Lichts nieder. Erst im 17. Jahrhundert brachte die sich entwickelnde moderne Wissenschaft die Diskussion über dieses Thema mit einer mathematischen Theorie auf den neuesten Stand.

Wir wissen, dass die Dinge aus Teilchen bestehen (die Materie besteht aus diesen) und aus Wellen (die Seeleute und Musiker wissen das sehr gut...), also müssen wir verstehen, ob das Licht aus Teilchen oder Wellen besteht.

Isaac Newton leitete aus der Existenz der Strahlen und ihrer linearen Bahnen ab, dass Licht aus verschiedenen Materieteilchen (eines für jede Farbe) besteht, die von der Materie ausgestrahlt werden. Die Brechung lässt sich dann durch Kräfte erklären, die während des





Übergangs durch die Trennfläche zweier Medien auf die Lichtteilchen einwirken.

Umgekehrt schrieb Christiaan Huygens in seinem *Traité de la Lumière* (Abhandlung über das Licht), dass Licht aus Wellen besteht, die sich in einer sehr dünnen und besonderen Materie namens Äther ausbreiten, die das gesamte Universum durchdringt. Der Äther ist ein elastisches Medium, das aus sehr leichten Materieteilchen besteht. Diese Idee ermöglichte es ihm, die Eigenschaften des Lichts (Brechung, Interferenz, Beugung, Farben) auf sehr ähnliche Weise wie die bekannten Eigenschaften des Schalls zu erklären. So wie wir aus

verschiedenen Wellenlängen der Störung in Luft/Wasser/Flüssigkeit unterschiedliche Geräusche hören, so können wir aus den verschiedenen Wellenlängen der Störung im Äther die verschiedenen Farben sehen, die wir sehen können.

Der Erfolg der Wellentheorie von Huygens bei der Erklärung führte dazu, dass die wissenschaftliche Gemeinschaft seine Theorie übernahm und die Korpuskulartheorie des Lichts verwarf.

Die Erforschung elektrischer und magnetischer Phänomene führte James Clerk Maxwell zu der Erkenntnis, dass Licht ein elektrisches und magnetisches Phänomen ist. In seiner Vorstellung ist Licht eine Welle, die sich durch den Raum bewegt und von einer dünnen Substanz namens Äther getragen wird.

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts stellten Physiker fest, dass Licht manchmal kontinuierlich wie eine Welle mit Materie zu interagieren scheint, manchmal jedoch diskret wie ein Teilchen oder wie ein Energiepaket oder -quantum. Der photoelektrische Effekt, der





Compton-Effekt und die Schwarzkörperstrahlung sind einige dieser Phänomene. Die Erklärung für diese Effekte lieferte die Entwicklung der Quantenmechanik.

Die Entdeckung des LASER-Effekts (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) ist eine weitere Folge der Quantenmechanik, die vielleicht die physikalische Theorie mit dem größten Erfolg auf internationaler Ebene ist.

Das Ziel der Studie ist es, das Interesse an einem Thema zu wecken, das sich gut für einen multidisziplinären Ansatz im Bereich MINT eignet, indem die Grundlagen der Lasertechnologie entdeckt werden, und die Neugierde für ein Thema zu steigern, dessen Erforschung Spitzenforschung ist und wichtige Auswirkungen auf alle Bereiche des modernen Lebens hat, einschließlich des Wohlbefindens und der Gesundheit durch Diagnostik und chirurgische Anwendungen.

Die Erforschung der Entstehung und Nutzung der Lasertechnologie kann durch den Einsatz von Augmented-Reality-Tools (AR) und -Ressourcen erheblich verbessert werden. Mehrere innovative Tools und Erfahrungen können ein tieferes Verständnis der Lasertechnologie ermöglichen:

1. Verständnis des Lasereffekts AR/VR-Erfahrung: Diese Anwendung ermöglicht es den Schülern, die Physik des Lasereffekts zu verstehen. Der Benutzer kann ein Atommodell konstruieren und dessen relevante Ebene manipulieren, um die Emission der Strahlung zu erhalten.

2. Konstruktion AR/VR-Erfahrung: Diese Anwendung ermöglicht es den Schülern, mit einem Lasergerät zu interagieren. Die Benutzer





können Elemente manipulieren, um zu beobachten, wie diese die Emission von Strahlung beeinflussen.

Durch die Einbindung dieser AR-Tools in die Lernumgebung erhalten die Schüler immersive und interaktive Erfahrungen, die ihr Verständnis der Physik des Atoms und des Lasereffekts sowie der Lasertechnologie vertiefen.

Abschnitt 1: Erkunden

Atome

Wie ist das Atom aufgebaut?

Das Atom ist der kleinste Teil der Materie, der chemische Eigenschaften hat. In 1 Gramm Wasserstoff befinden sich $6,022 \cdot 10^{23}$ Atome. Es enthält die drei Arten von Elementarteilchen, aus denen die Materie besteht. Die Protonen (positiv geladene Teilchen) und die Neutronen (neutral geladene Teilchen) sind im Kern zusammengepackt, während die kleineren Elektronen (negativ geladene Teilchen) um ihn herum kreisen. Die Masse des Atoms ist die Summe der Massen dieser Teilchen, aber da die Elektronen leichter sind, machen sie nur 0,06 % der Masse des Atoms aus.

Die Elektronen verleihen dem Atom jedoch alle seine chemischen Eigenschaften. Die Anzahl der Elektronen ist die Ordnungszahl des Elements. Die Quantenmechanik sagt uns, dass die Elektronen im Atom nur bestimmte Energien in diskreter Weise haben können.



Die Energie der n-ten Energieebene wird durch die folgende Formel angegeben

$$E_n = -hcR_\infty \frac{Z^2}{n^2}$$

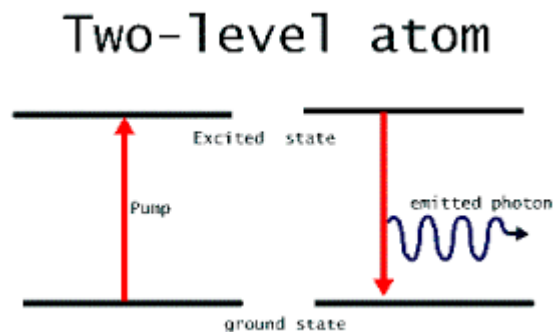
wobei h die Plancksche Konstante, c die Lichtgeschwindigkeit, R_∞ die Rydberg-Formel und Z die Ordnungszahl des Atoms ist.

Wenn ein Elektron von einer höheren Energieebene auf eine niedrigere Energieebene übergeht, sendet es ein Quant elektromagnetischer Energie (ein Photon) aus. Die Energie ist die Differenz der Energien der beteiligten Ebenen und wird mit einer Frequenz f ausgesendet, die durch die Formel

$$f = \frac{E_2 - E_1}{h}$$

wobei E_2 die Energie des höheren Niveaus (d. h. des Ausgangsniveaus des Elektrons) und E_1 die Energie des niedrigeren Niveaus (d. h. des Zielniveaus) ist.

Diese Art der Emission wird als **spontane** oder **strahlende Emission** bezeichnet.





Um die Dynamik dieser Art der Emission vollständig zu verstehen, ist es wichtig, sich einige Eigenschaften der Aufbau des Atoms in Erinnerung zu rufen.

Die Elektronen gehorchen den Gesetzen der Quantenmechanik, die besagen, dass

- wir die Position und den Impuls der Teilchen nicht mit unendlicher Genauigkeit bestimmen können (**Heisenbergsche Unschärferelation**)
- wir nur die Wahrscheinlichkeit kennen können, mit der ein Teilchen an einer bestimmten Position im Raum zu finden ist, indem wir die Schrödinger-Gleichung verwenden. Die Lösungen dieser Gleichung geben uns die Wahrscheinlichkeit als Funktion der Raumkoordinaten an. Dadurch können wir den Bereich des Raums visualisieren, in dem die Wahrscheinlichkeit einer Wechselwirkung mit einem Teilchen nicht vernachlässigbar ist.

Im Fall der Elektronen im Atom werden die Lösungen der Schrödinger-Gleichung als Orbitalen bezeichnet.

Das **Pauli-Prinzip** erlaubt es nur zwei Elektronen (eines für jede Richtung der elektronischen Eigenschaft namens Spin), ein Orbital zu besetzen, d. h. die Bedingungen der Schrödinger-Gleichung zu erfüllen.

Die Energiezustandsstruktur des Atoms und die Übergänge zwischen ihnen hängen von diesen Regeln ab.

Der Lasereffekt

Das Wort Laser ist die Abkürzung für Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (Lichtverstärkung durch stimulierte Emission von Strahlung).





Der Grund für diese Bezeichnung liegt in der Tatsache, dass, wenn sich einige Elektronen auf einem höheren Niveau als dem Niveau der Mindestenergie befinden, eine elektromagnetische Welle mit der richtigen Frequenz den Zerfall der Elektronen auf ein niedrigeres Niveau stimulieren kann. Das Erstaunliche an dieser Situation ist, dass die emittierte elektromagnetische Welle die gleiche Frequenz, Phase und Richtung wie die einfallende stimulierende Welle hat.

Das bedeutet, dass das einfallende Licht stark verstärkt wird, da

- die gleiche Richtung des emittierten Lichts zu einer sehr geringen Streuung des Lichtstrahls führt (**Kollimation**)
- die gleiche Phase bedeutet, dass es keine Interferenz zwischen den Photonen gibt (**Kohärenz**)

Um eine leistungsstarke stimulierte Emission zu erreichen, müssen wir eine große Anzahl von Elektronen auf das gleiche Niveau pumpen und sie gleichzeitig auf das niedrigere Niveau fallen lassen.

Das Problem in dieser Situation besteht darin, dass die Atome, wenn wir durch stimulierte Energieabsorption einige Elektronen in ein höheres Energieniveau pumpen, mit derselben Geschwindigkeit emittieren, mit der das Pumpen erfolgt. Wir müssen die Elektronen in einem Niveau „einschließen“, das nicht mit derselben Geschwindigkeit wie das Pumpen zerfällt.

Die Laseremission

Die Gesetze der Quantenmechanik, die auf die elektronischen Niveaus angewendet werden, sagen uns, dass die Zerfallsrate nicht für jedes Niveau-Paar gleich ist. Jeder Übergang hat eine charakteristische





Zerfallszeit. Einige Übergänge haben eine sehr kurze Zerfallszeit (d. h. das Elektron bleibt nur für eine minimale Zeit im oberen Niveau), während andere Übergänge möglicherweise lange Zeit nicht auftreten.

Ein System mit vielen identischen Atomen in einer bestimmten Zeit N_2 (in einer Volumeneinheit) Atome haben mindestens ein Elektron im Niveau **2**, das eine höhere Energie hat als das entsprechende Niveau **1** (niedrigere Energie), in das das Elektron übergehen kann.

Die Anzahl der Atome ΔN_2 , die diesen Übergang (**2** zu **1**) in einer bestimmten Zeit Δt durchführen, wird durch die folgende Formel angegeben

$$\frac{\Delta N_2}{\Delta t} = -A N_2$$

wobei die Zahl A als Einstein-Koeffizient bezeichnet wird und der Kehrwert der mittleren Lebensdauer durch spontane Emission τ_{spont} des Elektrons im Niveau **2** ist.

Nach der Lebensdauer τ_{spont} beträgt die mittlere Anzahl der Atome im Niveau $2 \frac{N_2}{e}$ wobei $e=2,71828...$ die Napier-Zahl ist.

Wenn das Atom von einer elektromagnetischen Welle getroffen wird, deren Frequenz mit der des atomaren Übergangs übereinstimmt, zwingen die Photonen der Welle das Atom, den Übergang zu vollziehen.

Der grundlegende Unterschied zwischen der stimulierten Emission und der spontanen Emission besteht darin, dass das emittierte Photon die gleiche Phase und Richtung wie die einfallende Welle hat.





Offensichtlich erhalten wir eine Verstärkung der Strahlung, wenn die Anzahl der Elektronen (Besetzung) im Niveau **2** höher ist als die Besetzung des Niveaus **1**.

Das dreistufige Atom

Eine effektive Konfiguration für die Realisierung einer Laservorrichtung besteht darin, nicht nur zwei Niveaus (das Niveau des Laserübergangs) eines Atoms zu verwenden, sondern eine Konfiguration mit drei Niveaus, um die sogenannte Besetzungsinversion im hohen Niveau zu erreichen, von dem aus die Atome durch den Reiz der einfallenden Welle gleichzeitig emittieren.

Um die Besetzungsinversion zu erreichen, müssen wir das Elektron im Niveau **1** über eine elektromagnetische Welle mit der richtigen Frequenz, die den Atomen die Energie zum Sprung auf das höhere Niveau gibt, auf das Niveau **2** pumpen.

Wenn wir nur zwei Niveaus haben, pumpt die elektromagnetische Welle die Elektronen im unteren Niveau mit derselben Geschwindigkeit auf das höhere Niveau, mit der die Welle die Emission vom Niveau **2** zum Niveau **1** stimuliert. Wir müssen das Elektron im höheren Niveau „einfangen“.

Mit drei Niveaus eines Atoms können wir das Elektron auf ein hohes Niveau (Niveau **3**) pumpen. Das Elektron zerfällt schnell in einem Zwischenniveau (Niveau **2**) und bleibt dort, bis eine Welle mit der richtigen Frequenz den Zerfall auf Niveau **1** stimuliert.

Für dieses Verfahren sind zwei verschiedene stimulierende Wellen mit unterschiedlichen Frequenzen erforderlich. Die erste (Pumpstrahlung)





hat die Frequenz $f_{31} = \frac{E_3 - E_1}{h}$, während die zweite (stimulierende Strahlung) die Frequenz $f_{21} = \frac{E_2 - E_1}{h}$ hat.

Das Gerät wird durch die durch die Pumpwelle verursachte Inversion der Population in einen „bereiten“ Zustand versetzt. Wenn wir die Laseremission benötigen, lassen wir die stimulierende Welle durch das Material laufen, und die Elektronen im zweiten Niveau zerfallen alle auf einmal, was zu einer starken Strahlungsemission führt.

Um die stimulierende einfallende Welle im Lasergerät vollständig zu nutzen, befindet sich das aktive Material innerhalb von Spiegeln.

Diese Spiegel bilden einen Resonanzhohlraum, der die Strahlungsemission verstärkt.

Außer dem aktiven Material wie Rubin werden in der modernen Technologie auch Diodenlaser verwendet.

Abschnitt 2: Ausführen

Um die Laseranordnung zu verstehen, müssen wir uns auf die Hauptmerkmale der Laseremission konzentrieren:

- **Monochromatizität:** Alle emittierten Photonen haben die gleiche Frequenz.
- **Kohärenz:** Die emittierte Welle hat in jedem ihrer Teile immer die gleiche Phase.
- **Richtungsabhängigkeit:** Die emittierte Welle hat eine sehr genau definierte Richtung mit sehr geringer Streuung.
- **Leuchtkraft:** Die emittierte Leistung pro Flächeneinheit und Raumwinkel ist sehr hoch.



- **Kurzer Impuls:** Das emittierte Licht kann eine sehr kurze Dauer haben.

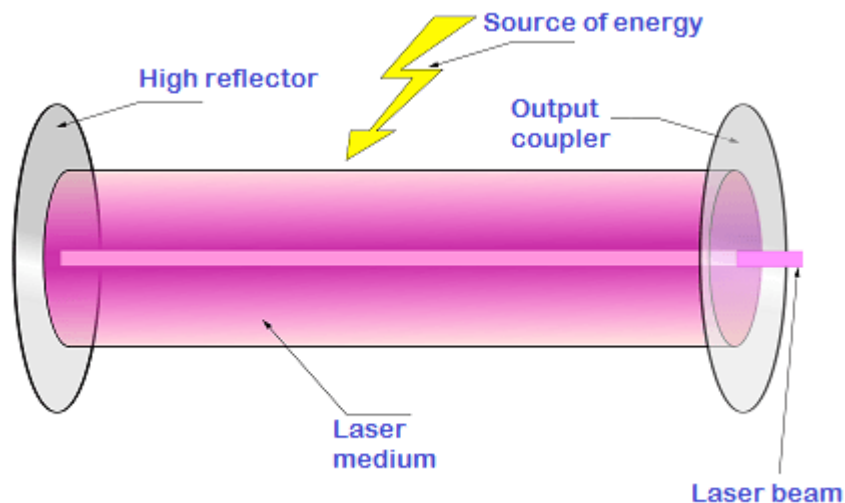
Die **monochromatische** Eigenschaft des Lasers ist vielleicht die wichtigere. Sie hat mehrere wichtige Anwendungen in der Biotechnologie. So ermöglicht sie beispielsweise die Übertragung von Energie nur auf das ausgewählte Gewebe. Dazu muss lediglich ein Lasergerät ausgewählt werden, dessen Emissionsfrequenz in dem Bereich liegt, in dem biologische Gewebe empfindlich sind (d. h. a).

Die **Kohärenz** und **Richtungsabhängigkeit** ermöglichen eine präzise Fokussierung auf die ausgewählte Position.

Die **Brillanz** verbessert die Energieübertragung auf das Gewebe.

Der **kurze Impuls** verhindert, dass zu viel Energie auf das Gewebe übertragen wird.

In den Übungen mit **AR** baut der Student ein Lasergerät, indem er die richtigen konstruktiven Elemente der K auswählt, um die gewünschten



Ergebnisse zu erzielen.





Abschnitt 3: Verbessern

Als Beispiel kann der Schüler die richtigen Atomzustände auswählen, die verwendet werden sollen, um einen Laser zu kalibrieren, der tumoröse Hautzellen zerstören kann.

Der Student wählt die richtigen Frequenzen aus, da er weiß, dass die zu zerstörenden Zellen empfindlich auf bestimmte Frequenzen reagieren.

Zu den wichtigsten Lasertypen, die derzeit in der Krebsbehandlung eingesetzt werden, gehören:

- Kohlendioxid (**CO₂**)
- Argon (**Ar**)
- Neodym: Yttrium-Aluminium-Granat (**Nd: YAG**)

Ärzte und andere Gesundheitsexperten, die diese Laser verwenden, benötigen eine spezielle Schulung in deren Anwendung und sicherem Umgang.

Kohlendioxidlaser (CO₂)

CO₂-Laser dringen nicht so tief in das Gewebe ein wie Nd:YAG-Laser. Sie können Gewebe schneiden oder verdampfen (auflösen) und verursachen nur geringe Blutungen. Sie schädigen das umliegende oder tiefliegende Gewebe nur geringfügig. Sie werden zur Behandlung von Krebsvorstufen und einigen Krebserkrankungen im Frühstadium eingesetzt.





Argonlaser

Argonlaser dringen wie CO₂-Laser nur wenig tief in das Gewebe ein. Sie sind nützlich bei der Behandlung von Hautproblemen und einigen Arten von Augentumoren. Manchmal werden sie bei Koloskopien (Untersuchungen zur Erkennung von Darmkrebs) eingesetzt, um Polypen zu entfernen, bevor sie zu Krebs werden. Sie können auch in Kombination mit lichtempfindlichen Medikamenten eingesetzt werden, um Krebszellen in einer als photodynamische Therapie (PDT) bekannten Behandlung abzutöten.

Eine weitere Anwendungsmöglichkeit besteht darin, Blutungen zu stoppen, indem Blutgefäße bei Patienten verschlossen werden, die wegen bestimmter Krebsarten eine Strahlentherapie erhalten. Dies kann erforderlich sein, da die Strahlentherapie manchmal die Blutgefäße in der Nähe von Tumoren schädigen kann, wodurch diese reißen und bluten.

Nd:YAG-Laser (Neodym:Yttrium-Aluminium-Granat)

Das Licht dieses Lasers dringt tiefer in das Gewebe ein als andere Lasertypen und kann es Blut schnell gerinnen lassen. Nd:YAG-Laser können durch dünne, flexible Schläuche, sogenannte Endoskope, eingesetzt werden, um schwer zugängliche Stellen im Körper zu erreichen, wie beispielsweise die Speiseröhre oder den Dickdarm. Dieses Licht kann auch durch flexible Glasfasern (dünne, durchsichtige Schläuche) geleitet werden, die in einen Tumor eingeführt werden, wo die Wärme des Lichts diesen zerstören kann.

Behandlung von Krebs mit Lasern

Laser können auf zwei Arten zur Behandlung von Krebs eingesetzt werden:

- Um einen Tumor mit Wärme zu verkleinern oder zu zerstören
- Zur Aktivierung einer Chemikalie (einem photosensibilisierenden Wirkstoff), die nur die Krebszellen abtötet

Laser können allein oder in Kombination mit anderen Krebsbehandlungen wie Chemotherapie (Chemo) oder Strahlentherapie eingesetzt werden.





Tumore direkt verkleinern oder zerstören

CO₂- und Nd:YAG-Laser werden zum Schrumpfen oder Zerstören von Tumoren eingesetzt. Sie können mit dünnen, flexiblen Schläuchen, sogenannten Endoskopen, verwendet werden. Endoskope ermöglichen es Ärzten, bestimmte Bereiche des Körpers zu sehen und zu behandeln, die sonst nur durch größere Operationen erreichbar wären. Die Verwendung eines Endoskops hilft auch dabei, den Laserstrahl genau auf sein Ziel auszurichten.

Hier sind einige Beispiele dafür, wie Laser zur Behandlung von Krebs oder Krebsvorstufen eingesetzt werden:

- **Kolorektale Polypen:** Laser können verwendet werden, um kleine Wucherungen im Dickdarm und Enddarm zu entfernen, die zu Krebs führen können und als Polypen bezeichnet werden.
- **Präkanzerosen und Krebs im Frühstadium:** Laser können zur Behandlung einiger Präkanzerosen der Haut und des Gebärmutterhalses sowie von Hautkrebs im Frühstadium eingesetzt werden.
- **Fortgeschrittener Krebs:** Laser können zur Behandlung von Krebserkrankungen eingesetzt werden, die eine Blockade der Atemwege verursachen, indem sie einen Teil des Tumors zerstören.
- **Hirntumoren:** Die laserinduzierte interstitielle Thermotheapie (LITT) kann zur Behandlung einiger Hirntumoren eingesetzt werden. Dabei wird Wärme eingesetzt, um Tumore zu verkleinern, indem Zellen geschädigt oder ihnen die für ihr Überleben notwendigen Stoffe (wie Sauerstoff und Nährstoffe) entzogen werden ().

Laser in der photodynamischen Therapie

Bei den meisten Arten der photodynamischen Therapie (PDT) wird ein spezielles Medikament, ein sogenannter Photosensibilisator, in die Blutbahn gegeben. Mit der Zeit wird es vom Körpergewebe aufgenommen. Das





Medikament verbleibt länger in Krebszellen als in normalen Zellen.

Photosensibilisatoren werden durch bestimmte Arten von Licht aktiviert. Wenn Krebszellen, die den Photosensibilisator enthalten, dem Licht eines Argonlasers ausgesetzt werden, löst dies eine chemische Reaktion aus, die sie abtötet. Die Lichtexposition muss sorgfältig zeitlich abgestimmt werden, damit sie dann erfolgt, wenn der größte Teil des Wirkstoffs die gesunden Zellen verlassen hat, sich aber noch in den Krebszellen befindet.

PDT wird manchmal zur Behandlung von Krebs und Krebsvorstufen der Speiseröhre, der Gallenwege, der Blase und bestimmter Arten von Lungenkrebs eingesetzt, die mit Endoskopen erreicht werden können.

Sie wird auch für die Anwendung bei anderen Krebsarten wie Hirn-, Bauchspeicheldrüsen- und Prostatakrebs untersucht. Forscher suchen nach verschiedenen Arten von Lasern und neuen photosensibilisierenden Medikamenten, die möglicherweise besser wirken.

Fazit:

In dieser Einheit untersuchen wir die Hauptmerkmale von Lasergeräten. Wir analysieren die Eigenschaften der Materie und der Atome, die es ermöglichen, Laserlicht zu erzeugen.

Wir sehen, dass die Dreistufen-Atomkonfiguration die beste ist, um die Besetzungsinversion zu erzeugen. Die Besetzungsinversion wirkt wie ein Elektronenreservoir. Bei Stimulation mit der richtigen Frequenz emittieren alle Elektronen gemeinsam mit derselben Frequenz und Phase.

Diese Art der Emission ermöglicht es, die elektromagnetische Welle auf einen kleinen Bereich mit geringer Intensität und für kurze Impulse mit der gewünschten Leistung zu fokussieren. Die anschließende Er der getroffenen Materie kann zum Schmelzen und Schweißen von Materialien oder in der Biomedizin zum Zerstören von krankem Gewebe oder zum Kauterisieren





genutzt werden.

Die Schüler können mithilfe der AR all diese Funktionen erkunden, um sich ein klares Bild von den physikalischen Prozessen zu machen, die beim Lasereffekt und beim Bau von Lasergeräten eine Rolle spielen.

Darüber hinaus können sie in der Vertiefungsphase das erworbene Wissen nutzen, um eine Sitzung zur photodynamischen Krebsbehandlung zu simulieren.

Phase	Beschreibung
Erkunden	- Forschung und Entdeckung: Quantenmechanik und Atomkonfiguration
	- Inhaltsentwicklung: Atomare Ebenen
	- Bedarfsanalyse: Elektromagnetismus, Wellen, Halbleiter, Dioden, Anatomie.
Durchführung	- Umsetzung des Lehrplans: Wissensüberprüfung
	- Interaktive Übungen: Einstellen von Lasergeräten
	- Feedback-Erfassung:
Verbessern	- AR-Integration: Bau eines Lasergeräts
	- Interaktives Lernen: Einstellen eines Lasergeräts für den Betrieb
	Gamifizierte Inhalte:
	- Punkte und Abzeichen: Dynamisches Punktesystem, bei dem die Teilnehmer durch die Beantwortung von Fragen „Punkte“ verdienen oder auch keine Punkte erhalten
	- Quests und Levels: Der Schwierigkeitsgrad der Fragen ermöglicht es, die Konzepte zu manipulieren.
	- Belohnungen für Erkundungen: Das Punktesystem motiviert die Teilnehmer, ihr Wissen anzuwenden, um in jeder Phase mehr Punkte zu sammeln. Am Ende können sie anhand der gesammelten Punkte eine Rangliste erstellen.
	- Kollaborative gamifizierte Aufgaben: Sie können zusammenarbeiten, um die besten Ergebnisse zu erzielen.
	AR-basierte Bewertungen: Ersetzen Sie traditionelle Tests durch AR-basierte Bewertungen.





Referenzen :

Atomstruktur und -niveaus: <https://www.youtube.com/watch?v=uiwRhxoZ5sl>

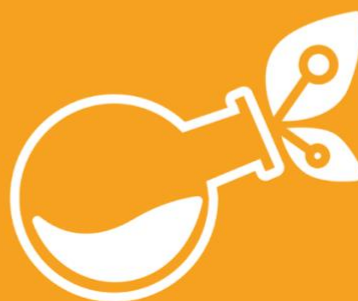
Diodenlaser: <https://www.youtube.com/watch?v=l4fyOtyvPg>

Krebsbehandlung: <https://www.cancerresearchuk.org/about-cancer/treatment/other/laser-treatment>





Co-funded by
the European Union



BIOS4YOU

AR 2.0

BIO-INSPIRED STEM TOPICS FOR ENGAGING YOUNG GENERATIONS
THANKS TO THE USE OF AUGMENTED REALITY



Project Number: KA220-BW-23-30-126516

*Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them.