



Co-funded by
the European Union

Die Reise der Photovoltaik: Die Sonne einfangen



BIO4YOU
AR 2.0

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

Project Number: 2023-1-DE03-KA220-SCH-000126516

"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."





Inhaltsverzeichnis

- Einleitung
- Allgemeine Informationen
- Pädagogische Spezifikationen
- Technische Spezifikationen





Einleitung

Dieses Dokument beschreibt die Augmented-Reality-Übung (AR) mit dem Titel „Die Photovoltaik-Reise: Die Sonne einfangen“, die für Schüler im Alter von 17 bis 19 Jahren im Rahmen des Projekts BioS4You AR 2.0 entwickelt wurde.

Ziel dieser Übung ist es, Schülern durch eine klare, sequenzielle und interaktive Lernerfahrung zu vermitteln, wie die Umwandlung von Sonnenenergie durch das Zusammenspiel von physikalischen Phänomenen (Photonenenergie), biologischen Strukturen (Halbleitermaterialien) und technologischen Prinzipien (Photovoltaik-Effekt) erfolgt. Mithilfe von Delightex Studio – Spaces (Marker) gelangen die Schüler in eine AR-Umgebung, in der sie durch aufeinander aufbauende Szenen navigieren, die zeigen, wie Lichtphotonen von Solarzellen absorbiert, am P-N-Übergang in Elektron-Loch-Paare umgewandelt und in nützlichen elektrischen Strom umgewandelt werden, der durch einen Stromkreis fließt.

Dieses Dokument folgt der Standardvorlage für BioS4You-AR-Übungen und ist in folgende Abschnitte gegliedert:

Allgemeine Informationen: Titel, Autoren, Zielgruppe, Dauer, Schlüsselwörter und Themen

Pädagogische Spezifikationen: Lernziele, Methodik, Integration in den Lehrplan

Technische Spezifikationen: Hardware, Software, AR-Erlebnisdesign

Die Übung wurde unter Verwendung des 3E-Ansatzes (Explore – Execute – Enhance) entwickelt, der die Schüler dazu anregt, photovoltaische Mechanismen Schritt für Schritt zu erforschen, mit animierten visuellen Darstellungen zu interagieren und während des gesamten Lernprozesses zu reflektieren.

Dank AR tauchen die Schüler in eine angereicherte Umgebung ein, in der Texte, Bilder, 3D-Objekte und Animationen über reale Oberflächen gelegt werden. Diese Kombination aus digitalen Medien und physischem Raum hilft dabei, unsichtbare Prozesse (Photonabsorption, Ladungstrennung, Elektronenfluss) zu visualisieren, interdisziplinäre Verbindungen zwischen Physik (Optik, Energie), Chemie (Halbleiter, Dotierung) und Ingenieurwesen (Schaltungsdesign, erneuerbare Energien) zu stärken und ein tieferes Verständnis dafür zu vermitteln, wie Lichtenergie durch photovoltaische Umwandlung in elektrische Energie umgewandelt wird.





Name der Übung:

Allgemeine Informationen

Die photovoltaische Reise: Die Sonne einfangen

Von Photonen zu Elektronen: Die Physik der
Solarenergieumwandlung

Der Titel spiegelt sowohl den wissenschaftlichen Inhalt als auch den immersiven Charakter der Übung wider. Die Photovoltaik-Reise betont den systematischen Prozess, durch den Licht in elektrische Energie umgewandelt wird, während Das Einfangen der Sonne durch progressive Szenennavigation den gesamten Weg von Sonnenphotonen zu nutzbarem Strom vermittelt.

Der Untertitel „Von Photonen zu Elektronen: Die Physik der Solarenergieumwandlung“ unterstreicht die interdisziplinäre Perspektive der Übung: die physikalische Seite, bei der die Photonenenergie die Bandlücke des Halbleiters überschreiten muss, um Elektron-Loch-Paare zu erzeugen, die chemische Seite, bei der die Dotierung des P-N-Übergangs ein eingebautes elektrisches Feld erzeugt, das Ladungsträger trennt und eine Rekombination verhindert, und die technische Seite, bei der Elektronen durch externe Schaltkreise fließen, um nützliche elektrische Energie an Verbraucher zu liefern. Diese Struktur macht das Thema interdisziplinär und für ein internationales Publikum von 17- bis 19-jährigen Schülern zugänglich, indem sie Physik (Photonenenergie, elektromagnetische Strahlung), Chemie (Halbleitermaterialien, Dotierungsmechanismen) und Technik (Schaltungsdesign, Technologie für erneuerbare Energien) in einem einzigen interaktiven Szenario integriert, das mit Delightex Studio – Spaces (Marker) umgesetzt wurde.

Beschreibung der
Übun-
gen:

Die Photovoltaik-Reise: Die Sonne einfangen wurde für Schüler im Alter von 17 bis 19 Jahren entwickelt, um die Grundprinzipien der Solarenergieumwandlung mithilfe von Augmented Reality zu erforschen. Das Hauptziel besteht darin, den Schülern zu vermitteln, wie Sonnenlicht durch eine Abfolge physikalischer, chemischer und technischer Prozesse in Elektrizität umgewandelt wird: Photonenabsorption durch Halbleitermaterialien, Erzeugung von Elektron-Loch-Paaren am P-N-Übergang, Ladungstrennung durch das eingebaute elektrische Feld und Stromfluss durch einen externen Stromkreis.

Mit Delightex Studio – Spaces (Marker) navigieren die Schüler durch fünf aufeinanderfolgende AR-Szenen, die auf einer realen Oberfläche (z. B. einem Schreibtisch oder einem





Teilnehmer:

Klassenzimmertisch) platziert sind. Die erste Szene führt mit einem Titel und einer START-Taste in das Thema ein. Die zweite Szene zeigt, wie Photonen auf das Solarpanel treffen, und veranschaulicht die Bedeutung der Photonenenergie im Verhältnis zur Bandlücke des Halbleiters. Die dritte Szene veranschaulicht, wie der P-N-Übergang, ein eingebautes elektrisches Feld erzeugt, das Elektron-Loch-Paare trennt, wobei animierte Kugeln Ladungsträger darstellen, die sich in entgegengesetzte Richtungen bewegen. Die vierte Szene zeigt den vollständigen Stromkreis mit Elektronen, die durch eine externe Last (Lampe) fließen, und demonstriert die Energieübertragung und den Stromfluss, was in einem visuellen Feuerwerkseffekt gipfelt, wenn die Lampe aufleuchtet. Die fünfte Szene präsentiert eine integrierte Bewertung mit drei aufeinanderfolgenden Quizfragen, die das konzeptionelle Verständnis von Reihenschaltungen, Infrarot-Photonenbeschränkungen und Rekombinationsverhinderungsmechanismen testen.

Die Übung folgt dem 3E-Ansatz (Explore – Execute – Enhance): Die Schüler erkunden Schritt für Schritt den photovoltaischen Mechanismus, führen Interaktionen durch, indem sie auf Schaltflächen tippen, um durch die Szenen zu gelangen und Quizfragen zu beantworten, und vertiefen ihr Verständnis durch sofortiges visuelles Feedback und sequenzielle Bewertung. Die gesamte Übung dauert etwa 5 bis 7 Minuten und eignet sich daher sowohl für den Einsatz im Unterricht als auch für individuelle Hausaufgaben. Durch die Kombination von Diagrammen, Textüberlagerungen, Animationen und interaktiven Elementen in AR macht die Übung unsichtbare Prozesse sichtbar und verbindet abstrakte physikalische Konzepte (Photonenenergie, Bandlücke) mit konkreten technischen Anwendungen (Solarzellen, erneuerbare Energien), wodurch interdisziplinäres STEAM-Lernen gefördert wird.

Die Übung eignet sich sowohl für einzelne Schüler als auch für kleine Gruppen von 3–5 Mitgliedern. Die Arbeit in Gruppen wird empfohlen, um Diskussionen anzuregen, verschiedene Beobachtungen in jeder Phase des photovoltaischen Prozesses (Photonenabsorption, Ladungstrennung, Stromfluss) zu vergleichen und Fähigkeiten zur gemeinsamen Problemlösung zu entwickeln.

In Gruppen können die Schüler gemeinsam analysieren, wie die Photonenenergie die Erzeugung von Elektron-Loch-Paaren bestimmt, die Rolle des P-N-Übergangs bei der Verhinderung der





Altersgruppe der
Teilnehmer:

Rekombination diskutieren und praktische Anwendungen wie Reihen- und Parallelschaltungen von Solarzellen erörtern. Dieser kooperative Ansatz fördert das gegenseitige Lernen und verstärkt die Auseinandersetzung mit den interdisziplinären Inhalten, wodurch abstrakte Konzepte wie Bandlückenenergie und Ladungsträgerdynamik durch die gemeinsame Erkundung der AR-Szenen besser verständlich werden.

- Mindestalter: 17 Jahre
- Höchstalter: 19 Jahre

Um an der Aktivität teilnehmen zu können, sollten die Schüler über grundlegende Kenntnisse in Physik und Chemie verfügen, insbesondere über die Konzepte Energie, Elektrizität, Licht als elektromagnetische Strahlung und Halbleitermaterialien. Vorkenntnisse über die grundlegende Atomstruktur (Elektronen, Kerne) und elektrische Schaltungen (Strom, Spannung) werden empfohlen. Diese Voraussetzungen stellen sicher, dass die Schüler die AR-Visualisierungen mit ihrem vorhandenen Wissen verknüpfen und den interdisziplinären Charakter der Photovoltaik-Technologie verstehen können.

MINT-Fach und
spezifisches Thema:

MINT-Fach: Physik, Chemie, Ingenieurwesen, Technologie

Spezifisches Thema: Photovoltaik-Effekt, Umwandlung von Sonnenenergie, Halbleiterphysik, P-N-Übergangsdynamik, elektrische Schaltkreise und Technologien für erneuerbare Energien

Hauptschwierigkeit des Themas:

Die Schüler haben oft Schwierigkeiten, abstrakte physikalische Konzepte (Photonenenergie, Bandlücke) mit chemischen Strukturen (Halbleiterdotierung, P-N-Übergang) und technischen Anwendungen (Schaltungsdesign, erneuerbare Energiesysteme) in Verbindung zu bringen. Solarenergie wird in der Regel in separaten Fachbereichen unterrichtet: Optik im Physikunterricht, Materialwissenschaften im Chemieunterricht und Schaltkreise im Ingenieurwesen, was es den Schülern erschwert, den gesamten integrierten Mechanismus zu verstehen. Darüber hinaus macht die Unsichtbarkeit der Elektron-Loch-Paarbildung und Ladungstrennung diese Prozesse abstrakt und schwer vorstellbar.

Wie AR zur Vereinfachung des Konzepts beiträgt:

Mit Delightex Studio können Schüler mit aufeinanderfolgenden AR-Szenen interagieren, die den gesamten photovoltaischen





Gamifizierungsprozess:

Prozess Schritt für Schritt zeigen. Jede Szene konzentriert sich auf eine bestimmte Phase (Ankunft der Photonen → P-N-Übergang → Stromfluss → Bewertung) mit visuellen Darstellungen: Diagramme, die den Aufbau von Solarzellen zeigen, animierte Partikeleffekte, die die Bewegung der Photonen veranschaulichen, farbcodierte Kugeln, die Elektronen und Löcher darstellen, und visuelle Feuerwerkeffekte, die die Energieübertragung demonstrieren. Diese sequenzielle AR-Visualisierung schließt die Lücke zwischen abstrakten Konzepten und greifbarem Verständnis und hilft den Schülern zu verstehen, wie Lichtenergie durch Halbleiterphysik in elektrischen Strom umgewandelt wird. Die integrierten Quizfragen fördern das kritische Denken über Energieschwellen, Reihenschaltungen und die Verhinderung von Rekombination.

Die Gamifizierungsstrategie folgt den Empfehlungen der BIOS4YOU WP2-Richtlinien und konzentriert sich auf herausforderungsbasiertes Lernen und sofortiges Feedback, das mit Delightex Studio – Spaces (Marker) realistisch umgesetzt werden kann.

Herausforderungsbasiertes Lernen:

Die Schüler haben die Aufgabe, den gesamten Weg der Sonnenenergie von der Ankunft der Photonen bis zur Erzeugung von elektrischem Strom zu verfolgen. Jede AR-Szene stellt eine bestimmte Stufe dieses Weges dar, und die Schüler müssen mit Schaltflächen interagieren, um sequenziell voranzukommen, wodurch der Lernprozess aktiv statt passiv wird.

Sofortiges Feedback:

Die integrierten Delightex-Quizze geben sofortiges automatisches Feedback, wenn die Schüler Fragen zu den Anforderungen an die Photonenenergie, der Funktion des P-N-Übergangs und den Mechanismen des Stromflusses beantworten. Richtige Antworten werden sofort mit visuellen Effekten (Lampenfeuerwerk, Farberhaltung) bestätigt, während falsche Antworten visuelle Konsequenzen (Farbsättigung, Animationsstopp) auslösen, ohne die Lösung direkt zu verraten, was zum Nachdenken und erneuten Versuchen anregt.





Schriftliche oder
grafische
Beschreibung der
erweiterten
Informationen:

Visuelle Konsequenzen:

Anstelle von Punkten oder Abzeichen wird das Feedback durch den Fortschritt der AR-Szenen selbst und durch visuelle Effekte dargestellt. Durch das erfolgreiche Beantworten von Quizfragen schreitet die Erzählung von der Ankunft der Photonen über die Ladungstrennung bis hin zum Stromfluss voran, wodurch ein Gefühl der Erforschung und Entdeckung entsteht. Animierte Elemente (Partikeleffekte für Photonen, sich bewegende Kugeln für Ladungsträger, Feuerwerkeffekte für die Energieübertragung) bieten visuelle Belohnungen, die das Verständnis vertiefen. Falsche Antworten führen zu einer visuellen Enttäuschung, wodurch die Auswirkungen des richtigen Wissens sofort sichtbar werden.

Rollenspielelement:

Die Lernenden schlüpfen in die Rolle von Forschern des Photovoltaiksystems und navigieren durch die Solarzelle, um zu entdecken, wie Sonnenlicht zu Strom wird. In Gruppen diskutieren und vergleichen sie gemeinsam ihr Verständnis der einzelnen Phasen und fördern so die kollaborative Problemlösung.

Die AR-Erfahrung wurde in Delightex Studio – Spaces (Marker) entwickelt und umfasst die folgenden Elemente:

Titel und Einführungsszene

3D-Text mit der Aufschrift „Die Photovoltaik-Reise: Die Sonne einfangen“ mit Untertitel und Hintergrundbild, mit einer START-Taste, um die Erkundung zu beginnen.

Diagramme und Bilder

Hochwertige Bilder, die den Querschnitt eines Solarmoduls mit n-Typ- und p-Typ-Schichten, Details zum p-n-Übergang mit Elektronen- und Lochflüssen sowie ein vollständiges Schaltbild zeigen, das eine mit einer Lampe/Last verbundene Solarzelle mit Rückleitung darstellt (Szenen 2, 3, 4).

Interaktive Schaltflächen

Rechteckige anklickbare Elemente mit den Bezeichnungen START, NEXT, QUIZ, RESTART, auf die die Schüler tippen können, um zwischen den Szenen zu navigieren.

Animierte visuelle Effekte

Gelbe Partikelsysteme, die Photonen simulieren, die von der Sonne zum Solarpanel wandern (Szene 2), blaue und rote Kugeln





Erforderliche externe (oder zusätzliche) Tools

mit Elektronen- (-) und Loch- (+) Symbolen, die sich in entgegengesetzte Richtungen bewegen, um die Ladungstrennung zu veranschaulichen (Szene 3), Kugelanimationen, die Elektronen zeigen, die durch den Stromkreis fließen und sich in der Lampe ansammeln (Szene 4), und Feuerwerkspartikeleffekte, wenn die Lampe aufleuchtet, um die Energieübertragung zu feiern.

Integrierte Quizmodule

Native Delightex-Quizze mit Fragen mit drei Antwortoptionen und automatischem verzweigtem Feedback. Szene 2 befasst sich mit der Photonenenergie im Vergleich zur Bandlücke, Szene 3 mit der Erzeugung eines elektrischen Feldes am P-N-Übergang, Szene 4 mit der Frage, warum der Stromfluss stoppt, wenn das Panel abgedeckt wird, und Szene 5 präsentiert drei aufeinanderfolgende konzeptionelle Fragen zu Reihenschaltungen, Infrarotbeschränkungen und Rekombinationsverhinderung.

Textüberlagerungen

Kurze erklärende Bildunterschriften in jeder Szene, die den Prozess beschreiben (z. B. „Photonen transportieren Energie zum Solarpanel“, „Der P-N-Übergang erzeugt ein elektrisches Feld, das Ladungsträger trennt“, „Elektronen fließen durch den externen Stromkreis und versorgen die Last mit Energie“).

Alle Elemente werden auf einer markererkannte Oberfläche positioniert, sodass die Schüler den gesamten Mechanismus der Photovoltaik in AR überlagert auf ihrem physischen Klassenzimmertisch oder -pult sehen können. Die sequenzielle Szenenstruktur führt die Schüler in einer logischen, leicht verständlichen Abfolge durch die interdisziplinären Inhalte (Physik → Chemie → Technik).

- Geräte: Smartphones oder Tablets mit installierter Delightex-App (iOS oder Android)
- AR-Marker: erforderlich; Delightex Studio – Spaces (Marker verwendet markerbasierte AR. Die Schüler scannen den bereitgestellten Marker, um das AR-Erlebnis zu starten und die Szenen des photovoltaischen Mechanismus auf ihrem Gerät anzusehen.
- Ausgedruckte Arbeitsblätter: Damit können die Schüler oder Gruppen die Abfolge der Ereignisse (Photonenabsorption, Ladungstrennung, Stromfluss) festhalten, über die Ergebnisse jeder Phase nachdenken und einen kurzen Bericht erstellen,





Links (Video, Bilder,
Online-Texte usw.).

der Physik (Energie, Optik), Chemie (Halbleiter, Dotierung) und Ingenieurwesen (Schaltungen, erneuerbare Energien) miteinander verbindet.

QUIZ

Die Quizze sind nativ in Delightex Studio integriert (Szenen 2–5) und erfordern keine externen Links. Die Schüler beantworten die Fragen direkt innerhalb der AR-Erfahrung und erhalten automatisches Feedback.





Pädagogische Spezifikationen

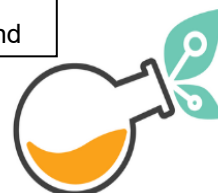
Hier sammeln wir Informationen darüber, wie die Übung in der Lernsituation eingesetzt werden kann und welche Ergebnisse und Vorteile sich aus ihrer Verwendung aus pädagogischer Sicht ergeben.

Wie können diese erweiterten Informationen genutzt werden, um ein STEAM-Thema für Schüler interessanter zu gestalten?

Die AR-Erfahrung verwandelt das abstrakte Konzept der Solarenergieumwandlung in eine greifbare, interaktive Reise, die die Schüler physisch an ihrem Schultisch erkunden können. Anstatt in einem Physikbuch über den photovoltaischen Effekt zu lesen oder sich die Bandstruktur von Halbleitern aus einem Chemiediagramm zu merken, navigieren die Schüler durch 5 aufeinanderfolgende Szenen, die den gesamten Mechanismus Schritt für Schritt zeigen. Die Kombination aus visuellen Diagrammen, animierten Effekten (Photonenpartikel, sich bewegende Ladungsträger, Lampenfeuerwerk) und interaktiver Progression schafft eine fesselnde Erzählung, in der Physik (Photonenenergie), Chemie (Halbleiterdotierung) und Technik (Schaltungsdesign) nahtlos miteinander verbunden sind. Die Schüler sehen, wie Photonen mit ausreichender Energie Elektron-Loch-Paare erzeugen, beobachten, wie sich diese Ladungen am P-N-Übergang trennen, und verfolgen, wie Elektronen durch einen externen Stromkreis fließen, um eine Last mit Energie zu versorgen. Dieser multisensorische AR-Ansatz macht das Unsichtbare sichtbar und das Abstrakte konkret und erhöht das Engagement und Verständnis im Vergleich zu traditionellem, vorlesungsbasiertem oder statischem, bildbasiertem Unterricht erheblich. Die herausfordernden Quizfragen in jeder Phase fördern das kritische Denken, und das visuelle Feedback-System (Farbsättigung bei falschen Antworten, Feuerwerk bei richtigen Antworten) schafft eine emotionale Bindung zum Lernstoff. Die optionale

Welche pädagogischen Ziele werden durch dieses Szenario verfolgt?

Die Übung fördert das interdisziplinäre Verständnis, indem sie physikalische Prinzipien (Photonenenergie, elektromagnetische Strahlung), chemische Strukturen (Halbleiterdotierung, P-N-Übergangsbildung) und technische Anwendungen (Schaltungsdesign, Technologie für erneuerbare Energien) miteinander verbindet. Die Schüler entwickeln die Fähigkeit, unsichtbare Prozesse wie die Erzeugung von Elektron-Loch-Paaren und die Trennung von Ladungsträgern zu visualisieren. Durch das Navigieren durch die Szenen in logischer Reihenfolge verstehen die Schüler die Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge im gesamten photovoltaischen Prozess: Die Absorption von Photonen erfordert ausreichend Energie im Verhältnis zur Bandlücke, der P-N-Übergang erzeugt ein eingebautes elektrisches Feld für die Ladungstrennung, und Strom fließt nur, wenn der externe Stromkreis geschlossen ist. Die Schüler identifizieren Schlüsselkonzepte wie Photonenenergieschwellen, Bandlückenbeschränkungen, n-Typ- und p-Typ-Halbleiterdotierung, Elektronen- und Lochladungsträger, elektrisches Feld des p-n-Übergangs sowie Reihen- und Parallelschaltungen und verstehen deren spezifische Funktionen bei der Umwandlung von Sonnenenergie. Die integrierten Quizfragen erfordern Überlegungen zu Energieanforderungen, Ladungstrennungsmechanismen und Schaltungsverhalten und





Welche Ergebnisse werden mit seiner Verwendung erwartet?

Von den Schülern wird erwartet, dass sie im Vergleich zum traditionellen Unterricht ein besseres Verständnis des gesamten photovoltaischen Mechanismus zeigen, gemessen anhand der Quizleistungen und Bewertungen nach der Aktivität. Die multisensorische AR-Erfahrung soll das Behalten wichtiger Konzepte wie Bandlückenenergie, Ladungstrennung und Schaltungsverhalten verbessern. Die Schüler sollten während der AR-Aktivität ein höheres Engagement und eine höhere Motivation zeigen als bei passiven Lernmethoden, was sich in aktiver Teilnahme, Diskussionen mit Gleichaltrigen und Neugierde für Anwendungen erneuerbarer Energien äußert. Die Schüler sollten Zusammenhänge zwischen Physik (Photonenenergie), Chemie (Halbleitereigenschaften) und Technik (Schaltungsdesign) artikulieren, anstatt sie als separate Themen zu behandeln. Sie sollten erklären, wie diese Disziplinen in der Photovoltaik-Technologie zusammenwirken. Die Schüler sollten richtig erkennen, dass die Photonenenergie die Bandlückenenergie überschreiten muss, verstehen, warum der P-N-Übergang die Rekombination verhindert, erklären, wie Reihenschaltungen die Spannung erhöhen, und erkennen, warum Infrarotlicht in Silizium-Solarzellen keinen Strom erzeugen kann. Bei der Arbeit in Gruppen sollten die Schüler eine verbesserte Diskussion unter Gleichaltrigen und eine verbesserte

Welche Vorteile werden durch den Einsatz erwartet?

AR macht fortgeschrittene interdisziplinäre Inhalte für 17- bis 19-jährige Schüler zugänglich, indem visuelle Darstellungen und sequentielles Storytelling eingesetzt werden, um die kognitive Belastung zu reduzieren. Durch die Überlagerung digitaler Informationen im physischen Klassenzimmer verbindet AR theoretisches Wissen mit alltäglichen Erfahrungen mit Licht und Elektrizität. Die integrierten Quizfragen bieten sofortiges Feedback zur Selbstkorrektur während des Lernens und nicht erst bei späteren Prüfungen, sodass die Schüler ihr Verständnis in Echtzeit anpassen können. Die Dauer von 5 bis 7 Minuten eignet sich für verschiedene Kontexte, darunter Unterrichtsaktivitäten, Hausaufgaben und Flipped-Learning-Szenarien, und funktioniert sowohl für Einzelpersonen als auch für Gruppen effektiv. Die Schüler entwickeln digitale Kompetenz mit AR-Lerntools, die für zukünftige Lernumgebungen und Karrieren in MINT-Bereichen relevant sind. Für die AR-Erfahrung sind lediglich Smartphones/Tablets und ein Marker erforderlich, was sie im Vergleich zu physischen Demonstrationsgeräten für Solarzellen kostengünstig macht. Die Kombination aus visuellen Diagrammen, Animationen, Text und kinästhetischen Interaktionen unterstützt verschiedene Lernstile (visuell, auditiv, kinästhetisch). Die AR-Visualisierung der Ladungsträgerbewegung und Energieübertragung fördert räumliches Denkvermögen, das in allen MINT-Disziplinen wertvoll ist. Durch die





Technische Spezifikationen

In diesem Teil muss angegeben werden, ob die Übung für die Umsetzung mit AR-Technologie konzipiert wurde. Dieser Teil ist für den Übersetzungsprozess von grundlegender Bedeutung. Bitte fügen Sie Text, Audiotext und alle erforderlichen Materialien bei.

AR-INFORMATIONEN

Technologie

<https://edu.delightex.com/NPS-QRW>



Delightex Studio – Spaces (Marker)

Die Übung ist vollständig für die Umsetzung mit Augmented Reality konzipiert. Sie nutzt markerbasierte AR, da Delightex Studio – Spaces (Marker) von den Schülern verlangt, einen gedruckten Marker zu scannen, um das AR-Erlebnis zu starten und die Szenen des Photovoltaik-Mechanismus überlagert auf ihrer physischen Umgebung zu sehen.

Wenn ein Marker erforderlich ist, Beschreibung des Markers

Für Delightex Studio – Spaces (Marker) ist ein spezieller Marker erforderlich. Der Marker ist ein gedrucktes Bild oder Muster, das die Schüler mit der Kamera ihres Smartphones oder Tablets scannen, um das AR-Erlebnis zu starten. Der Marker kann ein individuell gestaltetes Bild zum Thema Photovoltaik (z. B. eine Illustration der Sonne oder eines Solarpanels) oder ein von der Plattform bereitgestellter Standard-Delightex-Marker sein. Sobald der Marker von der Kamera des Geräts erkannt wird,





Benötigte Hardware und Software:

erscheinen die AR-Szenen an der Position des Markers und ermöglichen es den Schülern, den Ablauf des photovoltaischen Mechanismus überlagert auf ihrem physischen Arbeitsbereich zu sehen. Lehrer können den Marker auf Standardpapier ausdrucken und an die Schüler verteilen oder ihn auf einer größeren Fläche anzeigen, damit die Gruppe ihn gemeinsam betrachten kann.

- Hardware: Smartphones oder Tablets mit Kamera und Internetverbindung. Gyroskop und Beschleunigungsmesser sind erforderlich (in den meisten modernen Geräten standardmäßig vorhanden).
- Software: Delightex-App (kostenlos, verfügbar für Android und iOS). Lehrer benötigen ein Delightex-Bildungskonto, um auf das AR-Projekt zugreifen und es teilen zu können
- Sonstiges: Gedruckter Marker zum Starten des AR-Erlebnisses. Für den ersten Download des AR-Projekts ist eine Internetverbindung erforderlich.

Art der erweiterten Daten

- Das AR-Erlebnis integriert verschiedene Arten von Inhalten:
- 3D-Text (Titel „Die Photovoltaik-Reise: Die Sonne einfangen“, Szenenbeschriftungen, Beschriftungen der Schaltflächen)
 - Bilder (Solarpanel-Diagramme mit n-Typ-/p-Typ-Schichten, Details zum p-n-Übergang, Schaltplan mit Lampe/Last)
 - Interaktive Ebenen (rechteckige Schaltflächen mit den Beschriftungen START, NEXT, QUIZ, RESTART)
 - Animierte Partikel (gelbe Photonenpartikel von der Sonne zum Modul, blaue Elektronenkugeln mit dem Symbol $-$, rote Lochkugeln mit dem Symbol $+$, Feuerwerkseffekt für die Lampenbeleuchtung)
 - Textüberlagerungen (kurze erklärende Bildunterschriften, die jede Stufe des Photovoltaik-Mechanismus beschreiben)
 - Integrierte Quizmodule (native Delightex-Quizze mit Fragen und Multiple-Choice-Antworten)

Schriftliche Beschreibung der AR-Daten

Wenn die Schüler die Übung mit der Delightex-App öffnen und den Marker scannen, beginnen sie mit der Einführungsszene, in der der Titel „Die Photovoltaik-Reise: Die Sonne einfangen“ als 3D-Text mit Untertitel und Hintergrundbild angezeigt wird. Durch Tippen auf die START-Schaltfläche gelangen sie zur zweiten Szene, in der Photonen (gelbe Teilchen) von einer animierten Sonne zu einem Solarpanel-Diagramm wandern, mit einem erklärenden Text über die Anforderungen an die Photonenenergie





im Verhältnis zur Bandlücke von Halbleitern. Es erscheint eine Quiz-Schaltfläche mit der Frage, was darüber entscheidet, ob ein Photon Strom erzeugen kann.

Durch Tippen auf „NEXT“ nach der richtigen Antwort gelangt man zur dritten Szene, in der der P-N-Übergang mit animierten blauen Kugeln (Elektronen mit $-$ -Symbolen), die sich nach oben in Richtung des n-Typs bewegen, und roten Kugeln (Löcher mit $+$ -Symbolen), die sich nach unten in Richtung des p-Typs bewegen, dargestellt wird, um die Ladungstrennung durch das eingebaute elektrische Feld „ E “ zu veranschaulichen. In einem Quiz wird gefragt, wodurch dieses elektrische Feld entsteht.

Die vierte Szene zeigt den vollständigen Schaltplan von der Solarzelle über die Drähte bis zur Lampe/Last und zurück. Die Sonne positioniert sich links und sendet Photonenstrahlen aus. Blaue und rote Kugeln bewegen sich durch den Stromkreis und sammeln sich in der Lampe, die dann in einem Feuerwerkseffekt explodiert, um die Energieübertragung zu feiern. In einem Quiz wird gefragt, warum der Stromfluss stoppt, wenn das Panel abgedeckt wird.

Die fünfte Szene präsentiert drei aufeinanderfolgende Bewertungsquizze. Quiz 1 erscheint zuerst und fragt, wie man die Ausgangsspannung erhöhen kann (Antwort: Zellen in Reihe schalten). Nach der richtigen Antwort erscheint Quiz 2 mit der Frage, warum Infrarotphotonen in Silizium keinen Strom erzeugen können (Antwort: $E_{\text{Photon}} < E_{\text{Bandlücke}}$). Nach der richtigen Antwort erscheint Quiz 3 mit der Frage, was die Rekombination von Elektronen und Löchern verhindert (Antwort: elektrisches Feld am P-N-Übergang). Wenn Quiz 2 oder 3 falsch beantwortet werden, werden Quiz 2 und 3 auf Opazität 0 zurückgesetzt und der Schüler muss erneut mit Quiz 1 beginnen.

Nachdem alle drei Quizfragen richtig beantwortet wurden, erscheint eine motivierende Meldung: „Herzlichen Glückwunsch! Du hast die Photovoltaik-Reise erfolgreich abgeschlossen! Du verstehst nun, wie Sonnenlicht zu Strom wird.“ Anschließend erscheint eine RESTART-Schaltfläche, mit der die Schüler die Übung aus Szene 1 wiederholen können.

Der sequenzielle Ablauf dieser 5 Szenen dauert etwa 5-7 Minuten und führt die Schüler durch den gesamten interdisziplinären Weg von der Physik (Photonenenergie) über die Chemie (Halbleiterstruktur) bis hin zur Technik (Schaltungsdesign und Anwendungen für erneuerbare Energien).





Wenn Bild

Wenn es sich bei den AR-Daten um Bilder handelt, werden die Formate .jpg und .png benötigt (vorzugsweise mit einer Größe von weniger als 2 MB). Die Übung verwendet mehrere Bilder: Solarpanel-Diagramm mit n-Typ-/p-Typ-Schichten (Szene 2-3), blaue PNG-Datei mit Elektronenkugel und --Symbol (Szene 3-4), rote PNG-Datei mit Lochkugel und +-Symbol (Szene 3-4) und Schaltplan mit Solarzelle → Lampe → Rückleitung (Szene 4). Alle Bilder sollten hochauflösende Lehrdiagramme sein, die Strukturen und Abläufe klar darstellen und für die Anzeige auf Mobilgeräten optimiert sind.

Wenn Text

Kurze Erläuterungen werden als Textüberlagerungen in Delightex Studio angezeigt. Szene 1: Titel und Untertitel. Szene 2: „Ankunft der Photonen – Wenn Sonnenlicht auf das Solarpanel trifft, transportieren Photonen Energie zum Halbleitermaterial. Nur Photonen mit ausreichender Energie können Strom erzeugen.“ Szene 3: „Ladungstrennung – Der P-N-Übergang erzeugt ein eingebautes elektrisches Feld, das Elektron-Loch-Paare trennt.“ Szene 4: „Stromfluss – Elektronen fließen vom N-Typ-Anschluss durch den externen Stromkreis und versorgen die Last mit Strom.“ Szene 5: Bewertungstests mit Multiple-Choice-Optionen. Alle Texte verwenden klare, gut lesbare Schriftarten, die für die mobile AR-Anzeige geeignet sind.

Wenn Video

-

Wenn Audio

-

Wenn 3D-Modell

3D-Modelle in Delightex Studio können in mit der Plattform kompatiblen Formaten (.glb, .obj) verwendet werden. Die Übung verwendet in erster Linie 3D-Textelemente für Titel und Beschriftungen sowie ein animiertes 3D-Sonnengegenstand aus der Delightex-Bibliothek. Eine optionale Erweiterung könnte den Import von 3D-Modellen von Sonnenkollektoren oder Photovoltaikzellen aus externen Quellen (wie Sketchfab oder technischen Modellbibliotheken) umfassen, sofern Delightex den direkten Import von 3D-Modellen unterstützt. Die Kernimplementierung basiert jedoch auf 2D-Bildern (Sonnenkollektordiagramme, Schaltpläne), Textüberlagerungen, interaktiven Ebenen (Schaltflächen) und Partikeleffekten





Co-funded by
the European Union

(animierte Photonen, Elektronen-/Lochkugeln, Feuerwerkeffekte)
anstelle komplexer 3D-Modelle, um Kompatibilität und
reibungslose Leistung auf Standard-Mobilgeräten zu
gewährleisten.

Project Number: 2023-1-DE03-KA220-SCH-000126516

"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."





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: 2023-1-DE03-KA220-SCH-000126516

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.