



TEASER

Teacher as Avatar

Lehr- und Lernszenario

Biomaterialien und 3D-Biodruck in
der Zellkultur



Von der Europäischen Union finanziert. Die geäußerten Ansichten und Meinungen entsprechen jedoch ausschließlich denen des Autors bzw. der Autoren und spiegeln nicht zwingend die der Europäischen Union oder der Nationalen Agentur Bildung für Europa beim Bundesinstitut für Berufsbildung wider. Weder die Europäische Union noch die Bewilligungsbehörde können dafür verantwortlich gemacht werden.



Kofinanziert von der
Europäischen Union

Inhalt

I. Stammdaten und Kontext.....	3
II. Pädagogisches Design	4
III. Technologische Umsetzung.....	5
IV. Detaillierter Unterrichtsablauf (Lesson Plan)	6
1. Einführung und Orientierung.....	6
2. Durchführung der Aufgabe	6
3. Bewertung / Überprüfung.....	7
4. Abschluss der Einheit	7
V. Ressourcen und Begleitmaterialien	8
1. Videos	8
2. Interaktive Komponenten.....	8
3. Medien-Portfolio	9

I. Stammdaten und Kontext

- **Szenario-Titel und Abstrakt:** Das Szenario trägt den Titel „**Biomaterialien und 3D-Biodruck in der Zellkultur**“. Es dient als fortschrittliche Lerneinheit, die auf den Grundlagen der klassischen 2D-Zellkultur aufbaut und die Brücke zu modernen **3D-Anwendungen und innovativen Forschungsansätzen** schlägt. Der Kerninhalt umfasst die theoretische Einführung und praktische Anwendung des **Tissue Engineering**. Die Lernenden erfahren, wie Hydrogele modifiziert werden, um Zellen optimal zu unterstützen, und wie Zellkulturen für den Prozess des **3D-Biodrucks** vorbereitet werden, um erste dreidimensionale Zellkonstrukte (z. B. Alginat-Strukturen) zu erzeugen. Wie in den TEASER-Szenarien üblich, erfolgt die Wissensvermittlung hybrid durch **KI-gestützte Lernvideos**, die direkt an den Laborstationen über QR-Codes abgerufen werden können.
- **Berufsfeld und Zielgruppe:** Dieses Szenario ist im Fachbereich der **Biologie, Chemie und Bioprozesstechnik** angesiedelt.
 - **Zielgruppe:** Primär richtet sich das Szenario an **Auszubildende (VET-Lernende) ab dem 2. Lehrjahr**.
 - **Berufsprofile:** Angesprochen sind insbesondere angehende **Biologielaboranten/-innen** und **Chemicolaboranten/-innen**, die bereits über grundlegende Kenntnisse im aseptischen Arbeiten verfügen und nun spezialisierte Kompetenzen in der regenerativen Medizin und additiven Fertigung erwerben sollen.
- **Lernziele:** Die Kompetenzentwicklung ist in drei Kategorien unterteilt:
 - **Wissen (Knowledge):** Die Teilnehmenden verstehen die physikalisch-chemischen Grundlagen der **Hydrogelmodifikation** sowie die technischen Prinzipien des **3D-Biodrucks**. Sie erwerben Kenntnisse über den Zusammenhang zwischen Materialeigenschaften (z. B. Viskosität, Biokompatibilität), Zellverträglichkeit und dem strukturellen Design von Gewebekonstrukten. Zudem kennen sie die spezifischen Gesundheits- und Sicherheitsvorschriften für den Betrieb von Biodruckern im Labor.
 - **Fähigkeiten (Skills):** Die Lernenden sind in der Lage, Hydrogele nach exakten Vorgaben zu modifizieren und Zellen sicher in diese einzubetten. Sie beherrschen das **Einrichten und Bedienen eines 3D-Biodruckers** sowie die Steuerung der Druckparameter. Zudem erlernen sie die Fertigkeit, die gedruckten 3D-Konstrukte mikroskopisch zu beurteilen und hinsichtlich Zellgesundheit, Strukturintegrität und Kontaminationsfreiheit zu dokumentieren.
 - **Kompetenzen (Competencies):** Die Auszubildenden entwickeln die Fähigkeit, die praktische Relevanz von 3D-Biodruck-Methoden für die Forschung und klinische Anwendung kritisch zu bewerten. Sie können eigenständig Transferideen für zukünftige Projekte entwickeln und ihre Ergebnisse systematisch mit Sollwerten vergleichen, um Optimierungspotenziale im Druckprozess zu identifizieren.

II. Pädagogisches Design

- **Die „Educational Question“:** Die zentrale pädagogische Herausforderung dieses Szenarios liegt in der Komplexität des Übergangs von der klassischen 2D-Zellkultur zu modernen **3D-Anwendungen wie dem Tissue Engineering**. Auszubildende müssen nicht nur hochsensible biologische Techniken beherrschen, sondern auch die physikalisch-chemischen Parameter neuer Werkzeuge wie **3D-Biodrucker** verstehen. Die spezifische „Educational Question“ lautet: „**Wie können KI-gestützte Avatare und adaptive Medien eingesetzt werden, um die Vermittlung komplexer, technologisch anspruchsvoller Prozessabläufe (wie die Hydrogelmodifikation) konsistenter, aufgabenbezogener und individueller zu gestalten?**“. Der Einsatz von KI-Medien löst hierbei das Problem der **kognitiven Überlastung** bei der gleichzeitigen Handhabung von biologischem Material und digitaler Maschinentechnik, indem er asynchrone Unterstützung direkt am Point-of-Action bietet.
- **Didaktisches Setting:** Das Szenario ist theoretisch in das **SAMR-Modell** eingebettet und erreicht die Stufe der „**Modification**“ (**Umgestaltung**), da der Einsatz von QR-Code-basierten Avatar-Instruktionen und KI-generierten Aufgaben den Lernprozess funktional verändert und eine Individualisierung ermöglicht, die ohne diese Technik nicht realisierbar wäre. Zudem findet der europäische Kompetenzrahmen **DigComp 2.2** (bzw. DigCompEdu) Anwendung, indem die **digitale Souveränität** der Lernenden im Umgang mit KI-Systemen und der Prozesssteuerung gefördert wird. Als Lehrmethode wird das **stationsbasierte Lernen** eingesetzt: Die Lernenden bewegen sich eigenständig oder in Kleingruppen zwischen verschiedenen Arbeitsplätzen (z. B. Sterilwerkbank zur Zellaufbereitung und Station des 3D-Biodruckers), wobei sie Theorie und Praxis durch die Interaktion mit dem Avatar und digitalen Arbeitsanweisungen verknüpfen.
- **Rolle des Ausbilders/Lehrers:** Die Lehrkraft vollzieht in diesem Szenario einen Wandel vom reinen Wissensvermittler hin zum **Moderator, Coach und pädagogischen Berater**. Während der Avatar die standardisierten, repetitiven Instruktionen (z. B. zur Gerätesicherheit oder Hydrogelherstellung) übernimmt, konzentriert sich der Ausbilder auf folgende Aufgaben:
 - **Sicherheits-Monitoring:** Überwachung der Einhaltung der Gesundheits- und Sicherheitsregeln (H&S) beim Betrieb des Biodruckers.
 - **Fachliche Expertise:** Beantwortung tiefgreifender wissenschaftlicher Fragen zur Zellverträglichkeit und Materialeigenschaften, die über die Standard-Instruktionen hinausgehen.
 - **Qualitätssicherung und Feedback:** Durchführung von Plausibilitätschecks der KI-Ergebnisse und individuelle Unterstützung bei der Analyse der mikroskopischen Bilder der 3D-Konstrukte.
 - **Reflexionsbegleitung:** Moderation der Abschlussdiskussion über die ethischen Aspekte und die Zukunft des Biodrucks in Forschung und klinischer Anwendung.

III. Technologische Umsetzung

- **KI- und Avatar-Lösung:** In diesem Szenario werden vorrangig **lineare 2D-KI-generierte Avatare** eingesetzt, die als **digitale Tutoren und Demonstratoren** fungieren. Der Avatar übernimmt im Lernprozess die Rolle eines spezialisierten Laborbegleiters, der in die komplexen theoretischen Grundlagen des **Tissue Engineering** einführt und die Lernenden schrittweise durch die Phasen der Hydrogelmodifikation leitet. Eine zentrale Funktion ist der Einsatz als **Demonstrator für Maschinensicherheit**, wobei der Avatar die korrekte Einrichtung und Bedienung des **3D-Biodruckers** visuell erklärt und am Ende von Videosequenzen gezielte Verständnisfragen stellt, die im System beantwortet werden müssen. Obwohl im Projekt auch mit 3D-Umgebungen und Avataren experimentiert wird, bleibt die visuelle Verkörperung hier bewusst niederschwellig, um eine einfache Praktikabilität im Laboralltag zu gewährleisten.
- **Technische Werkzeuge:** Die technologische Infrastruktur für dieses Szenario kombiniert reale Laborhardware mit spezialisierter KI-Software:
 - **KI-Software:** **ChatGPT** (GPT-4) wird zur didaktischen Skriptoptimierung und zur automatisierten Erstellung von Wissensquizzes aus Videotranskripten genutzt.
 - **Avatar- und Sprachgenerierung:** Für die visuelle Animation der Avatare kommt **HeyGen** zum Einsatz, während die natürliche Sprachausgabe über **Eleven Labs** (11 Labs) erzeugt wird.
 - **Interaktive Medien:** **H5P** und **Hedra** werden genutzt, um ergänzende 360-Grad-Lernumgebungen zu schaffen, in denen Auszubildende mit Laborobjekten interagieren können.
 - **Hardware-Trigger:** Physische **QR-Codes** sind direkt an den Laborstationen (z. B. am Biodrucker) angebracht und ermöglichen den mobilen Zugriff auf die Instruktionsvideos via **Tablets oder Smartphones**.
 - **Fachspezifische Hardware:** Die praktische Durchführung erfolgt an einem **3D-Biodrucker** (z. B. zur Erstellung von Alginat-Strukturen) und unter Nutzung eines **Umkehrmikroskops** zur Qualitätskontrolle.
- **Software-Hopping-Ansatz:** Die Erstellung der Inhalte erfolgt über eine im Projekt TEASER etablierte **technische Kette (Software-Hopping)**, die es Lehrkräften ermöglicht, professionelle Medien ohne Programmierkenntnisse zu produzieren:
 1. **Inhaltserfassung:** Die Lehrkraft erstellt zunächst eine fachliche Anleitung oder ein Roh-Skript basierend auf realen Laborprozessen.
 2. **Textoptimierung:** Dieses Transkript wird durch **ChatGPT** sprachlich verfeinert und in ein didaktisch strukturiertes Avatar-Skript umgewandelt.
 3. **Mediensynthese:** Der optimierte Text wird in **Eleven Labs** vertont und anschließend in **HeyGen** importiert, um den Avatar lippensynchron zu animieren.
 4. **Distribution:** Das fertige Video wird auf **YouTube** hochgeladen und über einen **QR-Code** verlinkt. Dieser Prozess sichert eine hohe Konsistenz der Instruktionen bei gleichzeitig minimalem Erstellungsaufwand.

IV. Detaillierter Unterrichtsablauf (Lesson Plan)

Dieser Unterrichtsplan ist darauf ausgelegt, die Grundlagen der klassischen Zellkultur mit modernster additiver Fertigung zu verknüpfen und wird hybrid durch KI-Medien unterstützt.

1. Einführung und Orientierung

- **Dauer:** 30–45 Minuten.
- **Inhalte:** Die Lernenden erhalten eine Einführung in die **Grundlagen der Hydrogelmodifikation** und die technischen Prinzipien des **3D-Biodrucks**. Es wird der kritische Zusammenhang zwischen Materialeigenschaften (z. B. Viskosität), der **Zellverträglichkeit** und dem strukturellen Design von Gewebekonstrukten vermittelt. Zudem werden die spezifischen **Gesundheits- und Sicherheitsvorschriften** für das Arbeiten mit Biodruckern im Labor erläutert.
- **Aktivitäten:**
 - **Lernende:** Verfolgen das **KI-gestützte Lernvideo via QR-Code**, fertigen Notizen zu den komplexen Abläufen an und planen die praktischen Arbeitsschritte für die anschließende Hydrogelmodifikation. Sie bereiten zudem eigenständig ihre Laborstation und die benötigten Materialien vor.
 - **Lehrende:** Moderieren die Einführung, klären fachliche Verständnisfragen und kontrollieren die Einhaltung der Sicherheitsvorschriften sowie die korrekte Bereitstellung der Ausgangsmaterialien.
- **Medien:** **KI-Avatar-Videos** (kombiniert mit KI-Sprecher), digitale Arbeitsanweisungen, Sicherheitsdatenblätter, Hydrogelmaterialien und Zellkulturen.

2. Durchführung der Aufgabe

- **Dauer:** 90–120 Minuten.
- **Inhalte:** Praktische Modifikation von Hydrogelen, **Aufbereitung von Zellen** (z. B. L929) und deren Einbettung in das Biomaterial sowie die **Erstellung erster 3D-Zellkonstrukte**. Fokus liegt auf der präzisen Steuerung der Druckparameter und der Überwachung der Materialintegrität.
- **Aktivitäten:**
 - **Lernende:** Modifizieren Hydrogele nach exakter Vorgabe, betten die Zellen aseptisch ein und richten den **3D-Bodrucker** ein. Während des Druckprozesses kontrollieren sie die Konstrukte kontinuierlich hinsichtlich Struktur, Zellgesundheit und potenzieller Kontamination.
 - **Lehrende:** Überwachen das **sterile Arbeiten** unter der Werkbank sowie die technischen Parameter des Druckers; sie geben bei Problemen sofortiges fachliches Feedback.
- **Medien:** 3D-Bodrucker, Sterilwerkbank, Umkehrmikroskop, Pipetten, spezielle KI-Lernvideos zur Druckerbedienung und Hydrogelmodifikation.

3. Bewertung / Überprüfung

- **Dauer:** 30–45 Minuten.
- **Inhalte:** Systematische **Dokumentation der Druckergebnisse** und der Materialmodifikation sowie die Beurteilung der **Zellmorphologie** innerhalb der gedruckten Strukturen.
- **Aktivitäten:**
 - **Lernende:** Fotografieren die gedruckten Zellkonstrukte mittels einer **Mikroskop-Okularkamera**. Sie erstellen ein detailliertes Protokoll, bewerten die **Druckgenauigkeit sowie Konfluenz** und führen einen kritischen Vergleich ihrer Ergebnisse mit den vorgegebenen **Sollwerten** durch.
 - **Lehrende:** Überprüfen die Dokumentation auf Vollständigkeit, unterstützen bei der diffizilen Bildanalyse der 3D-Konstrukte und geben Feedback zur erreichten Druckqualität.
- **Medien:** Umkehrmikroskop mit Okularkamera, Avatar-Video zur Kamerabedienung, digitale Protokollvorlagen.

4. Abschluss der Einheit

- **Dauer:** 20–30 Minuten.
- **Inhalte:** Reflexion über die **praktische Relevanz** der Methoden in Forschung und regenerativer Medizin sowie Diskussion über die Skalierbarkeit der Verfahren.
- **Aktivitäten:**
 - **Lernende:** Nehmen an einer Abschlusspräsentation teil, beobachten Beispiele für klinische Anwendungen und entwickeln **eigene Transferideen** für zukünftige Forschungsprojekte.
 - **Lehrende:** Präsentieren weiterführende Anwendungsbeispiele aus der Praxis (z. B. Tissue Engineering), moderieren die Diskussion und bewerten die Transfervorschläge der Auszubildenden.
- **Medien:** Digitale Präsentationen oder Poster, Protokollblätter für abschließende Reflexionen.

V. Ressourcen und Begleitmaterialien

1. Videos

Die fachliche Vermittlung stützt sich auf KI-optimierte **HeyGen-Avatar-Videos**:

- **Video 1: Herstellung der Alginattinte**
 - *Inhalt:* Anleitung zur präzisen Einwaage von **Natriumalginat (0,2 g)** und **Hyaluronsäure (0,02 g)**.
 - *Prozess:* Schritt-für-Schritt-Erklärung der Zugabe von deionisiertem Wasser und der Homogenisierung mittels Rührstab sowie der anschließenden Lagerung im 15-ml-Falcon-Röhrchen.
- **Video 2: Herstellung der Gelatinesuspension**
 - *Inhalt:* Vorstellung der benötigten Laborgeräte (Zentrifuge, Heizrührplatte, Küchenmixer) und Chemikalien (**Gelatinepulver** und **Calciumchloridlösung**).
 - *Prozess:* Fokus auf das Entfernen von Schaumbildung durch wiederholtes Zentrifugieren, um eine druckfähige Konsistenz zu erreichen.
- **Video 3: Vorbereitung und 3D-Biodruck**
 - *Inhalt:* Technische Einrichtung des Biodruckers, inklusive Befüllen der Druckspritze (Blasenfreiheit) und Fixierung der Petrischale mittels Vakuumfett.
 - *Software:* Anleitung für das Slicer-Programm **Cura Lulzbot**, insbesondere die Anpassung der **Flowrate von 75 % auf 100 %** für eine optimale Extrusion.
- **Video 4: Hydrogelmodifikation und Rekultivierung (L929)**
 - *Inhalt:* Vergleich verschiedener Beschichtungen (**Poly-L-Lysin vs. Kollagen**) zur Erhöhung der Zelladhärenz auf der biokompatiblen Oberfläche.
 - *Ergebnis:* Optische Auswertung der Gel-Stabilität und Rekultivierungsergebnisse nach Zugabe des Mediums.

2. Interaktive Komponenten

Das Szenario integriert verschiedene Werkzeuge zur aktiven Wissensüberprüfung und zur Unterstützung bei technischen Problemen:

- **Wissensquizze (Fragen 37–52):** Ein umfangreicher Katalog von 16 Fragen deckt alle prozessrelevanten Details ab.
 - *Beispiele:* Warum muss die Gelatine während des Aliquotierens durchmischt werden? (Gewährleistung gleicher Konzentration). Was passiert mit unbeschichtetem Alginat? (Es löst sich schnell auf).
 - *Feedbackschleifen:* Jede Frage liefert **sofortiges pädagogisches Feedback**, das nicht nur die korrekte Antwort bestätigt, sondern auch die wissenschaftliche Begründung (z. B. Einfluss von Luftblasen auf den Druck) liefert.

- **360-Grad-Umgebungen (H5P/Hedra):** Interaktive Visualisierungen ermöglichen es den Lernenden, virtuell mit Laborobjekten zu interagieren und tiefergehende Informationen zu den Materialeigenschaften abzurufen.

3. Medien-Portfolio

- **Avatar-Suite:** Lineare 2D-Videos, erstellt mit **HeyGen** und vertont über **11 Labs**, die als strukturierte visuelle Instruktionen fungieren.
- **YouTube-Archiv:** Alle Lehrvideos sind über den zentralen **TEASER YouTube-Account** zugänglich und über **QR-Codes** direkt an den Laborstationen (Biodrucker, Sterilwerkbank) verknüpft.
- **Visuelle Dokumentation:**
 - Screenshots der korrekten Einstellungen im Slicer-Programm (G-Code-Erstellung).
 - Grafische Darstellungen der Zellmorphologie in 3D-Konstrukten zur Unterstützung der Bildanalyse mittels **Mikroskop-Okularkamera**.
 - Plausibilitätscheck-Vorlagen zur Erkennung von KI-Fehlinformationen (Halluzinationen).