



Co-funded by
the European Union

Städte neu denken: Gestaltung biophiler städtischer Räume mit AR für MINT-Schüler (14–18)



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."





INHALTSVERZEICHNIS

· Einleitung.....	2
· Was ist biophiles Design?.....	3
· Beteiligte MINT-Konzepte	8
· Was sind nachhaltige Materialien?.....	11
· Was ist Design Thinking?.....	12
· Umsetzung – Anwendung von biophilem Design in der Praxis und Prototypen mit AR.....	12
· AR-Prototyping: Visualisierung naturinspirierter urbaner Zukunftsszenarien.....	14
· VERBESSERN – Werkzeuge und Konzepte beherrschen.....	17
· Empfohlene AR-Tools für biophiles Design und MINT-Lernen.....	17
· Ressourcen.....	21





Allgemeines Thema des Lernpfads	Biophile Städte: Naturbasiertes Design für städtische Räume
Spezifischer Name der Lerneinheit	Städte neu denken: Gestaltung biophiler städtischer Räume mit AR
Zielgruppe	14–18 Jahre
Voraussetzungen für Lernende	Grundkenntnisse in Umweltwissenschaften, Biologie und Geometrie
Beschreibung der Lerneinheit	In dieser Einheit untersuchen die Schüler, wie die Natur zu einer nachhaltigen und gesünderen städtischen Umwelt beitragen kann. Mithilfe von AR-Tools visualisieren die Lernenden biophile Elemente wie begrünte Dächer, natürliche Beleuchtungssysteme und von Ökosystemen inspirierte Belüftungssysteme und interagieren mit ihnen. Die Aktivität fördert systemisches Denken, Kreativität und Problemlösungskompetenz durch immersives STEM-basiertes Lernen.
Beteiligte Fächer	Umweltwissenschaften, Biologie, Physik, Mathematik, Technik
Stichworte	Biophiles Design, Stadtplanung, AR, Nachhaltigkeit, Biomimikry, interaktives Lernen, von der Natur inspirierte Innovation
Erwerbbarer Schlüsselkompetenzen, Fähigkeiten und Kenntnisse	Verständnis biophiler Prinzipien und ihrer Anwendung im städtischen Kontext; Anwendung von MINT-Konzepten zur Gestaltung nachhaltiger Räume; Entwicklung von Fähigkeiten zur AR-basierten Visualisierung und Prototypenerstellung; Verbesserung der Problemlösungsfähigkeit und des kritischen Denkens
Verwendete Ressourcen und didaktische Hilfsmittel	AR-Tools (z. B. CoSpaces Edu, Assemblr EDU, Merge Cube, JigSpace), Karten und Stadtpläne, wissenschaftliche Datenbanken, visuelle Ressourcen, Online-Plattformen, Fallstudien zu biophilen Städten
Bewertungskriterien und Beurteilung	Die Bewertung basiert auf der Fähigkeit der Studierenden, biophile Designkonzepte anzuwenden, AR-





Tools zur Vermittlung ihrer Ideen zu integrieren und ihr Verständnis für ökologische und wissenschaftliche Prinzipien durch Präsentationen, digitale Prototypen und reflektierendes Feedback unter Beweis zu stellen

Einleitung:

Da globale Städte wachsen und immer dichter besiedelt werden, verlieren die Menschen zunehmend den Bezug zu den natürlichen Umgebungen, in denen sich der Mensch entwickelt hat. Die städtische Bevölkerung steht heute vor dringenden Herausforderungen wie Luftverschmutzung, geistiger Erschöpfung, sozialer Isolation und der Verschärfung des Klimawandels. Biophiles Design ist eine der vielversprechendsten und wissenschaftlich fundiertesten Antworten auf diese Probleme, ein interdisziplinärer Ansatz, der darauf abzielt, die Natur wieder in die gebaute Umwelt zu integrieren.

Diese Schulungseinheit soll den Lernenden das biophile Design und seine Relevanz für städtische Räume, Nachhaltigkeit und menschliches Wohlbefinden näherbringen. Sie präsentiert wissenschaftliche Grundlagen, Fallstudien und designorientiertes Denken, um zu zeigen, wie von der Natur inspirierte Lösungen Städte auf gesündere und nachhaltigere Weise umgestalten können.

Biophiles Design baut auf *der Biophilie* auf, die die angeborene Neigung des Menschen beschreibt, sich mit der Natur und anderen lebenden Systemen zu verbinden (Wilson, 1984). Anstatt lediglich dekorative Pflanzen in Gebäude zu integrieren, umfasst biophiles Design die durchdachte Integration von natürlichem Licht, Belüftung, Wasser, Materialien, räumlichen Formen und ökologischen Systemen in die Architektur und Planung städtischer Räume. Studien haben gezeigt, dass der Kontakt mit natürlichen Elementen in bebauten Umgebungen zu einer besseren Gesundheit, weniger Stress, mehr Kreativität und einer verbesserten kognitiven Funktion beiträgt (Kellert et al., 2008; Browning et al., 2014).

Diese Verbindung fehlt häufig in modernen Städten, die oft von Betonflächen, künstlicher Beleuchtung und geschlossenen Strukturen dominiert werden. Untersuchungen haben gezeigt, dass ein begrenzter Zugang zu natürlichen Elementen wie Tageslicht oder Blick ins Grüne die Genesungsraten, die Stimmung und die Aufmerksamkeitsspanne erheblich verbessern kann. Ulrich (1984) stellte fest, dass Patienten, die sich nach einer Operation in Krankenzimmern mit Blick auf Bäume erholten, schneller genesen und weniger Schmerzmittel benötigten. Ähnliche Ergebnisse von Li und Sullivan (2016) zeigten, dass Schüler, die sich von geistiger Erschöpfung erholten, bessere Leistungen erbrachten, wenn sie vom Klassenzimmer aus Blick ins Grüne hatten.





Biophiles Design spielt auch eine entscheidende Rolle bei der Förderung der städtischen Nachhaltigkeit. Es verbessert das Regenwassermanagement durch durchlässige Landschaften und grüne Infrastruktur, mildert die städtische Hitze durch Vegetation und Beschattung, unterstützt die biologische Vielfalt durch die Wiedereinführung von Lebensraum-Nischen und senkt den Energieverbrauch durch passive Beleuchtungs- und Belüftungsstrategien. Jamei et al. (2016) heben hervor, wie die städtische Geometrie und natürliche Elemente den thermischen Komfort im Freien erheblich verbessern können, während Beatley (2016) die umfassenderen städtebaulichen Vorteile biophiler Maßnahmen für die Schaffung widerstandsfähiger, lebenswerter Gemeinden betont.

Diese Einheit untersucht die Anwendung biophiler Prinzipien aus der Perspektive von MINT, also Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik. Sie befasst sich damit, wie biologische Systeme die biologische Vielfalt in der Stadt en, wie Licht und Luftbewegung den Komfort und die Energieeffizienz beeinflussen, wie geometrische Muster aus der Natur das strukturelle Design inspirieren und wie nachhaltige Materialien und digitale Werkzeuge wie Augmented Reality (AR) innovatives und umweltbewusstes Bauen unterstützen können. Der interdisziplinäre Charakter dieses Ansatzes fördert technisches Wissen, kritisches Denken und Problemlösungsfähigkeiten im Kontext realer urbaner Herausforderungen.

Aktuelle Literatur bestätigt, dass die Einbeziehung biophiler Muster in die Gestaltung von Gebäuden und öffentlichen Räumen zu messbaren psychologischen und physiologischen Vorteilen führt. Browning, Ryan und Clancy (2014) identifizierten 14 biophile Designmuster, wie dynamisches Licht, natürliche Formen und die Verbindung von Materialien mit der Natur, die sich positiv auf die Gesundheit und Produktivität sowohl in Arbeits- als auch in Lernumgebungen auswirken.

Durch die Auseinandersetzung mit biophilen Konzepten werden Lernende befähigt, städtische Räume neu zu denken und zu entwerfen, die eine tiefere Beziehung zwischen Menschen und ihrer Umwelt fördern. Ob in Schulen, Parks, Wohngebäuden oder öffentlicher Infrastruktur – biophiles Design bietet einen Rahmen für nachhaltigere und erholsamere Städte, die ökologische Integrität und menschliches Wohlbefinden in den Vordergrund stellen.

1. ENTDECKEN – Kontext und Schlüsselkonzepte verstehen

Was ist biophiles Design?

- Definition und Ursprung:

Biophilie kann als Liebe zum Leben oder zu lebenden Systemen definiert werden. Es wird angenommen, dass Menschen ein angeborenes Bedürfnis haben, sich mit der Welt um sie herum zu verbinden, und von Natur aus dazu neigen. Diese Neigung ist angeboren, und so sehr wir uns auch danach sehnen, können wir ihr auch abgeneigt sein. Beispielsweise möchten wir vielleicht ganz natürlich an einem Sommertag draußen in der Sonne und Wärme sein, aber wir möchten uns auch nicht in der Nähe einer giftigen Schlange wiederfinden. Biophiles Design hilft uns zu entdecken, wie die gebaute Umwelt radikal neu konzipiert werden könnte und sollte, und





zwar auf der Grundlage der grundlegenden Funktionsweise des menschlichen Geistes (Vagal, 2020).

- Wie kommt biophiles Design den Menschen zugute?

In den letzten 5.000 Jahren stellen der Aufstieg der großflächigen Landwirtschaft, der Fertigung, der Technologie, der industriellen Produktion, des Ingenieurwesens und des modernen städtischen Lebens nur ein kurzes Kapitel in der Geschichte der Menschheit dar. Trotz dieser Fortschritte haben sie die Vorteile eines Lebens im Einklang mit der natürlichen Umwelt nicht ersetzt. Ein Großteil unseres emotionalen Wohlbefindens, unserer Problemlösungsfähigkeiten, unseres kritischen Denkens und unserer kreativen Fähigkeiten beruht nach wie vor auf Fähigkeiten und Instinkten, die durch eine tiefe Verbindung mit natürlichen Systemen entwickelt wurden. Diese Verbindungen spielen weiterhin eine wichtige Rolle für unsere Gesundheit, Entwicklung und Produktivität (Kellert, 2015).

Biophiles Design bietet messbare Vorteile, indem es den Menschen wieder mit den natürlichen Mustern und Sinneserfahrungen verbindet, die unsere Evolution über Jahrtausende geprägt haben. Dieser Designansatz, der in unserer biologischen Affinität zur Natur verwurzelt ist, einem Konzept, das als Biophilie bekannt ist (Wilson, 1984), erkennt an, dass unsere kognitiven, emotionalen und physiologischen Systeme am besten auf Umgebungen abgestimmt sind, die denen ähneln, in denen sich der Mensch entwickelt hat, wie Wälder, Savannen und andere natürliche Umgebungen (Kellert et al., 2008).

Wissenschaftliche Studien haben gezeigt, dass selbst minimaler Kontakt mit natürlichen Elementen, wie Tageslicht, Blick auf Grünflächen, frische Luft oder taktile Interaktion mit organischen Materialien, das psychische Wohlbefinden erheblich verbessern kann. Zu diesen Vorteilen gehören ein geringerer Stresslevel, eine bessere Stimmung, mehr Kreativität und eine gesteigerte kognitive Leistungsfähigkeit (Ulrich et al., 1991; Kaplan & Kaplan, 1989). Der Kontakt mit der Natur wird auch mit schnelleren Genesungsraten im Gesundheitswesen, einer verbesserten Konzentration in Bildungsumgebungen und einer höheren Arbeitszufriedenheit am Arbeitsplatz in Verbindung gebracht (Terrapin Bright Green, 2012).

Aus Sicht der körperlichen Gesundheit fördern biophile Umgebungen durch natürliche Belüftung eine bessere Luftqualität, reduzieren durch die Integration von Pflanzen und natürlichen Materialien die Lärmbelastung und regen durch gut gestaltete Grünflächen zu körperlicher Bewegung an. Der Kontakt mit natürlichem Licht, insbesondere wenn er auf den Tagesrhythmus abgestimmt ist, verbessert die Schlafqualität und die allgemeine Vitalität (Van den Berg et al., 2010).

Zusätzlich zu den individuellen Vorteilen fördert biophiles Design die soziale Gesundheit, indem es ein Gefühl der Zugehörigkeit und Gemeinschaft schafft. Räume mit natürlichen Elementen wie Innenhöfen, Promenaden und öffentlichen Gärten sind einladender und integrativer und fördern Interaktion, Zusammenarbeit und gemeinsame Erfahrungen (Beatley, 2011). Diese





Umgebungen können stärkere Gemeinschaftsbindungen fördern und zu widerstandsfähigeren, sozial kohärenteren städtischen Umgebungen beitragen.

- Sechs Elemente des biophilen Designs

Biophiles Design ist ein evidenzbasierter Ansatz, bei dem natürliche Elemente in gebaute Umgebungen integriert werden, um das Wohlbefinden des Menschen zu steigern. Diese Designphilosophie, die auf dem Konzept der Biophilie, der angeborenen Affinität des Menschen zur Natur, basiert, hat sich weiterentwickelt und umfasst heute verschiedene Rahmenwerke, die ihre Anwendung in der Architektur und Stadtplanung leiten.

Eines der grundlegenden Rahmenwerke, entwickelt von Stephen R. Kellert, umreißt sechs Kernelemente des biophilen Designs:

1. Umgebungsmerkmale: Einbeziehung natürlicher Elemente wie Licht, Luft, Wasser, Pflanzen und natürliche Materialien.
2. Natürliche Formen: Verwendung biomorpher Formen, Fraktale und natürlicher Muster.
3. Natürliche Muster und Prozesse: Integration von Merkmalen, die die Rhythmen, Veränderungen und sensorische Variabilität der Natur widerspiegeln.
4. Licht und Raum: Gestaltung mit natürlichem Licht, dynamischer Beleuchtung und räumlicher Variabilität, um natürliche Erfahrungen zu evozieren.
5. Ortsbezogene Beziehungen: Schaffung von Räumen, die die lokale Ökologie, Kultur und ein Gefühl der Zugehörigkeit widerspiegeln.
6. Weiterentwickelte Beziehungen zwischen Mensch und Natur: Anerkennung psychologischer Zusammenhänge mit der Prospect-Refuge-Theorie, Angst und Ehrfurcht sowie den regenerativen Vorteilen der Natur.

Jüngste Studien haben diese Elemente erweitert und ihre Relevanz für die zeitgenössische Designpraxis hervorgehoben. So betont beispielsweise eine Studie von Wijesooriya et al. aus dem Jahr 2023 die Integration von biophilen Designkonzepten in nachhaltige Designkriterien und unterstreicht die Bedeutung der Abstimmung biophiler Prinzipien auf Umweltleistungsstandards.

Darüber hinaus zeigen die Forschungsergebnisse von Al Sayyed und Al-Azhari (2025) die physiologischen Vorteile biophiler Designelemente wie natürliches Licht und Belüftung für die Stressreduzierung und die Steigerung des Komforts in Wohnräumen. Diese Ergebnisse unterstreichen die Bedeutung der Einbeziehung biophiler Elemente zur Förderung von Gesundheit und Wohlbefinden in bebauten Umgebungen.

Durch das Verständnis und die Anwendung dieser sechs Elemente können Designer und Pädagogen Räume schaffen, die die Verbindung zwischen Mensch und Natur fördern und die kognitiven Funktionen, das emotionale Wohlbefinden und die allgemeine Gesundheit unterstützen.

- Biophilie und Wohlbefinden:





Die Verbundenheit mit der Natur als angeborene Neigung des Menschen ist die Theorie der Biophilie; Wilson machte diesen Begriff 1984 populär. Kellert und Calabrese (2015) befürworteten die Praxis des biophilen Designs. Sie definierten es als einen Prozess, der eine nachhaltige Designstrategie bietet, die darauf abzielt, Menschen und Natur auf der Grundlage von drei Erfahrungen und vierundzwanzig Designattributen miteinander zu verbinden. Die Stärkung dieser Verbindung zur Natur reduziert Stress und verbessert die Gesundheit und das Wohlbefinden.

Da Menschen in der Regel mehr Zeit in Gebäuden als im Freien verbringen, ist die Umsetzung eines biophilen Innenraumdesigns besonders wichtig. Dieses Thema wird jedoch noch erforscht, und die einschlägige Literatur ist noch recht begrenzt. Zugegebenermaßen lassen die Prinzipien und Designprozesse vielfältige Interpretationen zu, was zu Unklarheiten führt. „Das Ziel des biophilen Designs ist zwar klar, sein Verständnis und seine Anwendung jedoch weniger“ (Vagal, 2020).

Biophiles Design berücksichtigt andere Lebensformen (Beatley, 2017) und funktioniert in verschiedenen Kontexten effizient (Orman, 2017). Es besteht aus direkten, indirekten und symbolischen Erfahrungen, die die Verbindung zwischen Mensch und Natur fördern (Bewza, 2012). Zu den Merkmalen gehören der Zugang zu verschiedenen Raumtypen mit unterschiedlichen räumlichen Qualitäten (Mangone et al., 2017), unterschiedliche Oberflächenstrukturen, Glas, natürliche Aussicht, natürliche Materialien, warme Farben (Spivack und Rogelberg, 2010), Pflanzen, natürliches Sonnenlicht, Belüftung, offene Räume und Fenster (Gray und Birrell, 2014).

- Beispiel für biophiles Design:

1- Apple Park, Kalifornien, USA

Der neue Campus von Apple gilt weithin als eines der führenden Beispiele für biophiles Design. Die donutförmige Struktur ahmt die natürlichen Kurven der Natur nach und lässt Licht aus jedem Winkel in die Büros fallen. Der Campus ist außerdem von einem neuen Waldgebiet mit 9.000 Bäumen umgeben.



2- Bosco Verticale, Mailand, Italien

Natur in einem Hochhaus zu finden, scheint utopisch, aber vielleicht ist es genau das, was dicht besiedelte Städte brauchen. Nach Jahrhunderten der Trennung von Stadt und Wildnis haben zwei Wohnhochhäuser in Mailand, Italien, dieses Paradigma auf den Kopf gestellt, indem sie eine neue soziale Ökologie innerhalb ihrer Gebäudefassade vorschlagen und eine Möglichkeit für den Zugang zur Natur in der Großstadt bieten.

Bosco Verticale, entworfen vom Architekten Stefano Boeri, wurde 2014 eröffnet, um den Bewohnern eine Alternative zu Einfamilienhausvierteln in Vororten zu bieten. Boeri stellte sich einen öffentlichen Austausch mit den Nachbarn über eine Terrassenlandschaft an der Außenfassade des Gebäudes vor. In diesem Raum hätten die Bewohner einen Blick auf die Natur, direkten Zugang zu Vegetation und die Möglichkeit zum nachbarschaftlichen Austausch über die Freuden des Gärtnerns, der Pflanzen und der Tierwelt. Basierend auf der kompakten Intimität der Gärtnertradition erweitert Bosco Verticale die kulturellen Gewohnheiten Mailands im Bereich des Terrassengärtnerns zu einem gemeinschaftlichen Gut, das sich als Wald auf einem Gebäude in der Stadt präsentiert.



3- Kampung Admiralty

Kampung Admiralty bietet eine Fallstudie darüber, wie die Natur zu einem primären Element dieser Wohngebäude werden kann. Auch hier stehen den Bewohnern Dachgärten und Gärten zur Verfügung. Die mehrstöckigen Ebenen des Gebäudes behandeln schrittweise das Regenwasser, das durch das Gelände fließt. Das Gebäude hat sich in den drei Jahren seit seiner Eröffnung für die Bewohner zu einem florierenden Ort entwickelt.





Quelle: Jana Soderlund

Beteiligte MINT-Konzepte:

Biophiles Design ist von Natur aus multidisziplinär und greift auf Prozesse und Formen der Natur zurück, um die gebaute Umwelt so zu verbessern, dass sie die menschliche Gesundheit, das ökologische Gleichgewicht und den ästhetischen Reichtum fördert. Durch die Integration von MINT-Bildung, Wissenschaft, Technologie, Ingenieurwesen und Mathematik in das biophile Design können Schüler reale Fähigkeiten erforschen und anwenden, während sie sich mit Herausforderungen der Nachhaltigkeit und Umweltbewusstsein auseinandersetzen.

Jede MINT-Disziplin bietet eine einzigartige Perspektive für das Verständnis und die Anwendung von naturinspirierten Lösungen:

- Die Biologie vertieft unser Verständnis von natürlichen Systemen, Ökosystemen und Biodiversität, was für die Gestaltung von Umgebungen, die harmonisch mit Lebewesen interagieren, unerlässlich ist.
- Die Physik hilft uns, das Verhalten natürlicher Kräfte wie Licht, Luftströmung und Energieübertragung zu erforschen, die alle den Komfort und die Effizienz der Umgebung beeinflussen.
- Die Mathematik liefert die Werkzeuge, um natürliche Muster wie Symmetrie, Fraktale und die Fibonacci-Folge zu erkennen und anzuwenden, die oft als Leitlinien für Form und Proportionen im naturbasierten Design dienen.
- Technologie ermöglicht es den Lernenden, mit innovativen Materialien und digitalen Werkzeugen wie Augmented Reality (AR) zu experimentieren, um nachhaltige, in die Natur integrierte Räume zu prototypisieren und zu visualisieren.

Durch diesen Ansatz sammeln die Schüler praktische Erfahrungen in wissenschaftlicher Beobachtung, kritischem Denken, räumlichem Denken und ökologischer Kompetenz. Diese Verbindungen unterstützen die Entwicklung technischer Fähigkeiten und r Kompetenzen sowie ein tieferes Verständnis für die Rolle der Natur bei der Lösung von Designherausforderungen, die den Menschen in den Mittelpunkt stellen, und schlagen eine Brücke zwischen Bildung, Innovation und Nachhaltigkeit.

Aktuelle Studien betonen die Kraft des naturbasierten MINT-Lernens zur Förderung von Kreativität, Wohlbefinden und Umweltbewusstsein bei jungen Lernenden (z. B. Wijesooriya et





al., 2023; Al Sayyed & Al-Azhari, 2025). Diese Erfahrungen werden noch immersiver und wirkungsvoller, wenn sie durch interaktive Technologien wie AR unterstützt werden.

- Natürliche Systeme und Ökosysteme (Biologie)

Biophiles Design integriert natürliche Systeme und Ökosysteme in städtische Umgebungen, um das Wohlbefinden der Menschen und das ökologische Gleichgewicht zu verbessern. Städtische Räume können natürliche Lebensräume nachahmen, indem sie begrünte Dächer, vertikale Gärten und Biodiversitätskorridore integrieren und so das ökologische Gleichgewicht und psychologische Vorteile fördern.

Aktuelle Forschungsergebnisse unterstreichen die Bedeutung der Biodiversität in städtischen Umgebungen. So wird beispielsweise in der Studie „Biophilic Design Integration: Enhancing Sustainability and Human Well-Being in Modern Architecture“ (Integration biophilen Designs: Verbesserung der Nachhaltigkeit und des menschlichen Wohlbefindens in der modernen Architektur) erörtert, wie die Integration natürlicher Elemente in die architektonische Gestaltung die psychische Gesundheit und die ökologische Nachhaltigkeit verbessern kann.

Darüber hinaus können städtische Gebiete eine überraschend hohe Biodiversität beherbergen und einzigartige Ökosysteme in verschiedenen Größenordnungen bieten. Die städtische Natur bietet das Potenzial, die notwendige ökologische Vernetzung zwischen fragmentierten Landschaften herzustellen, den ökologischen Fußabdruck pro Kopf zu verringern und klimaresistente Ökosysteme zu fördern (https://www.nlc.org/article/2025/04/09/catalyzing-biodiversity-on-buildings/?utm_source=chatgpt.com).

Die Umsetzung von biophilem Design, insbesondere in urbanisierten Gebieten, kann manchmal zu unbeabsichtigten negativen Folgen für natürliche Ökosysteme führen. Daher sind sorgfältige Planung und Überlegungen unerlässlich, um sicherzustellen, dass die Integration natürlicher Elemente in die Stadtgestaltung bestehende Ökosysteme unterstützt und verbessert, anstatt sie zu stören (Szewrański et al., 2024).

Die Einbeziehung natürlicher Systeme in die Stadtgestaltung kommt der Umwelt zugute und fördert die menschliche Gesundheit. Studien haben gezeigt, dass der Kontakt mit natürlichen Umgebungen Stress reduzieren, die kognitiven Funktionen verbessern und die Produktivität am Arbeitsplatz steigern kann (Senthil & Jayalakshmi, 2025).

Schüler können die Zusammenhänge zwischen menschlicher und ökologischer Gesundheit verstehen, indem sie die Prinzipien natürlicher Systeme und Ökosysteme in der Stadtplanung kennenlernen und anwenden. Dieses Wissen befähigt sie, städtische Räume zu schaffen, die nicht nur nachhaltig, sondern auch das Wohlbefinden aller Bewohner fördern.





- Licht und Belüftung (Physik)

Licht und Belüftung sind grundlegende physikalische Elemente im biophilen Design, die sich direkt auf den Komfort, die Gesundheit und die Produktivität des Menschen auswirken. Das Verständnis der physikalischen Grundlagen von natürlichem Licht und Luftströmung ermöglicht die Schaffung von gebauten Umgebungen, die mit natürlichen Prozessen harmonisieren und das Wohlbefinden der Bewohner sowie die ökologische Nachhaltigkeit verbessern.

Natürliches Licht

Natürliches Licht oder Tageslicht spielt eine entscheidende Rolle bei der Regulierung des menschlichen Tagesrhythmus, der für die Aufrechterhaltung des Schlafverhaltens, des Hormonhaushalts und der allgemeinen Gesundheit unerlässlich ist. Die strategische Nutzung von Tageslicht in der Architektur umfasst die Berücksichtigung der Gebäudeausrichtung, der Fensteranordnung und reflektierender Oberflächen, um die Lichtdurchlässigkeit zu maximieren und gleichzeitig Blendung und Wärmegewinn zu minimieren.

Jüngste Forschungsergebnisse unterstreichen die Vorteile der Einbeziehung von natürlichem Licht in die Gebäudegestaltung. So hat beispielsweise eine in *Frontiers in Virtual Reality* veröffentlichte Studie gezeigt, dass Umgebungen mit biophilen Elementen, darunter natürliches Licht, die physiologischen Stressindikatoren im Vergleich zu nicht-biophilen Umgebungen deutlich reduzieren (Al Sayyed & Al-Azhari, 2025).

Darüber hinaus können tageslichtabhängige Beleuchtungssteuerungssysteme die Abhängigkeit von künstlicher Beleuchtung verringern, wodurch Energie gespart und Treibhausgasemissionen reduziert werden. Die Integration solcher Systeme erfordert ein Verständnis der Physik des Lichts, einschließlich seiner Intensität, Richtung und spektralen Eigenschaften. Für MINT-Lernende im Alter von 14 bis 18 Jahren bietet die Erforschung der Physik des natürlichen Lichts praktische Möglichkeiten, Konzepte wie Lichtreflexion, Lichtbrechung und Energieeffizienz zu verstehen.

- Geometrie und Muster in der Natur (Mathematik)

Geometrie und mathematische Muster sind grundlegend für das Verständnis der natürlichen Welt und spielen eine entscheidende Rolle im biophilen Design. Durch das Studium dieser Muster können Schüler Einblicke in die zugrunde liegenden Prinzipien gewinnen, die natürliche Formen bestimmen, und dieses Wissen anwenden, um harmonische und nachhaltige städtische Räume zu schaffen.

- Fraktale und Selbstähnlichkeit

Fraktale sind komplexe geometrische Formen, die Selbstähnlichkeit aufweisen, d. h. sie sehen in verschiedenen Maßstäben ähnlich aus. Diese Muster kommen häufig in Schneeflocken,





Küstenlinien und Ästen vor. Die Fraktalanalyse wird verwendet, um die Komplexität natürlicher Systeme zu verstehen, und findet Anwendung in Bereichen von der Ökologie bis zur Medizin.

- Fibonacci-Folge und der Goldene Schnitt

Die Fibonacci-Folge und der damit verbundene Goldene Schnitt sind mathematische Konzepte, die in der Natur häufig vorkommen. Sie lassen sich in der Anordnung der Blätter an einem Stiel, dem Muster der Samen in einer Sonnenblume und den spiralförmigen Schalen von Weichtieren beobachten. Das Verständnis dieser Muster hilft den Schülern, die mathematische Ordnung zu verstehen, die natürlichen Formen zugrunde liegt.

- Symmetrie und Tessellationen

Symmetrie ist ein häufiges Merkmal natürlicher Organismen und trägt zu ihrer strukturellen Stabilität und ästhetischen Anziehungskraft bei. Tessellationen oder Kachelmuster finden sich ebenfalls in der Natur, beispielsweise in den Wabenstrukturen von Bienenstöcken. Durch das Studium dieser Muster können Schüler Konzepte wie Gleichgewicht und Wiederholung im Design erforschen.

- Anwendungen im biophilen Design

Die Einbeziehung natürlicher geometrischer Muster in die Stadtgestaltung kann das ästhetische und psychologische Wohlbefinden der Bewohner verbessern. So können beispielsweise fraktale Muster in architektonischen Elementen Stress reduzieren und die kognitiven Funktionen verbessern. Das Verständnis und die Anwendung dieser mathematischen Prinzipien ermöglichen es den Schülern, Designs zu entwerfen, die mit natürlichen Formen im Einklang stehen und die Nachhaltigkeit fördern.

- Nachhaltige Materialien und Design Thinking (Technologie)

Was sind nachhaltige Materialien?

Nachhaltige Materialien sind umweltfreundlich. Sie wachsen entweder schnell nach, sind recycelbar oder verbrauchen weniger Energie bei der Herstellung. Wenn sie im biophilen Design verwendet werden, fördern diese Materialien auch die Gesundheit und das Wohlbefinden.

Hier sind einige spannende Beispiele, die derzeit erforscht und verwendet werden:

- Bambus, Kork und Hanfbeton sind pflanzliche Materialien, die schnell wachsen und auf natürliche Weise Kohlendioxid absorbieren. Sie erfordern weniger Verarbeitung als herkömmliche Materialien wie Beton oder Kunststoff. Diese biobasierten Materialien können den CO₂-Fußabdruck von Gebäuden erheblich reduzieren (Mnasri et al., 2021).
- Myzel ist die Wurzelstruktur von Pilzen. Es kann zu Bausteinen oder Platten gezüchtet werden. Dieses Material ist leicht, vollständig kompostierbar und erfordert keine





chemische Verarbeitung. Es wird häufig in der grünen Architektur verwendet (Alaneme & Anaele, 2023).

- Biokonkret ist eine spezielle Art von Beton, der seine Risse mithilfe von Bakterien heilt. Diese Bakterien produzieren eine natürliche Substanz, die den Riss abdichtet, wenn Feuchtigkeit eindringt. Diese Innovation reduziert den Wartungsaufwand und verlängert die Lebensdauer von Gebäuden (Aytekin et al., 2024).
- Low-E-Glas (Low-Emission) reflektiert Wärme, lässt aber natürliches Licht herein. Dieses Glas trägt dazu bei, den Energieverbrauch für Heizung und Kühlung zu senken und gleichzeitig Tageslicht hereinzulassen, was in biophilen Räumen von entscheidender Bedeutung ist (Elverici, 2024).

Die Verwendung dieser Materialien macht Städte nachhaltiger und unterstützt das wichtigste Ziel des biophilen Designs: die Verbesserung unserer Verbindung zur Natur bei gleichzeitigem Schutz der Umwelt.

Was ist Design Thinking?

Design Thinking ist ein kreativer Prozess, der Menschen dabei hilft, Lösungen für komplexe Probleme zu finden. Es geht nicht nur darum, Dinge schön aussehen zu lassen, sondern echte Bedürfnisse auf intelligente und effektive Weise zu erfüllen.

Es umfasst fünf Schritte:

1. Einfühlen – Verstehen, was Menschen brauchen.
2. Definieren – Das Kernproblem identifizieren.
3. Ideenfindung – Brainstorming für kreative Lösungen.
4. Prototyp erstellen – Ein Modell oder eine Testversion bauen.
5. Test – Probieren Sie es aus und verbessern Sie es anhand des Feedbacks.

Im biophilen Design können Sie Design Thinking nutzen, um Folgendes zu schaffen:

- Eine Parkbank aus lokalem Holz und Myzelschaum.
- Einen Schulhof mit natürlichem Licht, Bäumen und Sitzgelegenheiten in Form von Blättern.
- Ein kleines Dachgewächshaus, das Regenwasser sammelt.

Untersuchungen zeigen, dass die Anwendung von Design Thinking in Nachhaltigkeitsprojekten dazu beiträgt, dass Menschen besser zusammenarbeiten und realistische Lösungen entwickeln. Es wird bereits eingesetzt, um bedeutende Herausforderungen wie den Klimawandel, umweltfreundlichen Verkehr und ökologisches Wohnen anzugehen (Leal Filho et al., 2024).

2. Umsetzung – Anwendung von biophilem Design in der Praxis und Prototyping mit AR

Einleitung:

Um vom Verständnis des biophilen Designs zur Anwendung überzugehen, müssen die Lernenden untersuchen, wie naturbasierte Strategien in reale städtische Räume umgesetzt





werden können. Biophiles Design ist nicht nur eine Reihe von Ideen, sondern ein Designansatz, der eine durchdachte Integration von Umweltsystemen, Materialien und Technologien in das städtische Gefüge erfordert.

Dieser Teil der Trainingseinheit ist praxisorientiert, kreativ und digital ausgerichtet. Die Lernenden werden dazu angeregt, wie Planer, Architekten und Stadtökologen zu denken, indem sie neue Ideen vorschlagen, die biophile Prinzipien verkörpern. Gleichzeitig werden digitale Tools wie Augmented Reality (AR) als unterstützende Plattformen eingeführt, mit denen die Lernenden ihre Entwürfe visualisieren und prototypisieren können. AR bietet eine interaktive Ebene für die Lernerfahrung, die konzeptionelles Denken und Raumplanung miteinander verbindet und gleichzeitig zum Experimentieren in einer virtuellen Umgebung anregt. Aktuelle Studien bestätigen, dass AR-Tools das räumliche Bewusstsein und das Design-Denken der Lernenden verbessern, wenn sie sich mit Nachhaltigkeits- und MINT-Projekten beschäftigen (Wu et al., 2020; Bower et al., 2017).

Dieser Abschnitt fördert das technische und kreative Wachstum durch die Kombination von fallbasierter Analyse, Design-Prototyping und AR-gestützter Modellierung. Er hilft, die Lücke zwischen theoretischem Wissen und praktischer Anwendung zu schließen, was ein entscheidender Schritt ist, um junge Lernende zu befähigen, sich Städte vorzustellen, die grüner, gesünder und menschenzentrierter sind.

Design Thinking Challenge: Überdenken von städtischen Räumen mit biophilen Prinzipien

Die kreative Anwendung biophiler Prinzipien beginnt mit der Fähigkeit, Räume durch eine problemlösungsorientierte Brille zu beobachten, zu kritisieren und zu verbessern. Design Thinking, eine strukturierte, menschenzentrierte Methodik, bietet einen robusten Rahmen für diese Aufgabe. Design Thinking wird häufig in den Bereichen Bildung, Ingenieurwesen und Architektur eingesetzt und fördert Innovation durch Empathie, Ideenfindung, Prototyping und Iteration. Nachhaltigkeit und bebaute Umgebungen ermutigen Lernende, komplexe Herausforderungen anzugehen, indem sie ökologisches Wissen mit kreativer Erforschung verbinden (Leal Filho et al., 2024).

Diese Aktivität führt die Lernenden durch einen Design-Thinking-Zyklus, während sie einen bestehenden städtischen Raum neu gestalten, sei es in ihrer lokalen Umgebung oder in einem fiktiven Kontext. Der Prozess beginnt mit einer kritischen Bewertung der aktuellen Einschränkungen des Standorts. Dazu können Hitzeeinwirkung, schlechte Belüftung, fehlende Vegetation, undurchlässige Oberflächen oder geringe Artenvielfalt gehören. Auf der Grundlage dieser Bewertung definieren die Lernenden eine Reihe von Bedürfnissen oder Designherausforderungen, die die Prioritäten der Umwelt und der Menschen widerspiegeln.

In der Ideenfindungsphase werden biophile Lösungen vorgestellt: Strategien, die sich von der Natur inspirieren lassen, um Probleme wie Überhitzung, schlechte Luftqualität oder soziale Isolation zu lösen. Auf der Grundlage der in „14 Patterns of Biophilic Design“ (Browning et al., 2014) dargelegten Prinzipien werden die Lernenden dazu angeregt, direkte und indirekte





Verbindungen zur Natur zu berücksichtigen, darunter Begrünung, Wasserspiele, Materialauswahl und räumliche Konfigurationen, die ein Gefühl der Zuflucht oder Perspektive vermitteln. Lösungen können die Einführung von schattigen Versammlungsräumen mit Baumkronen, die Integration von grünen Wänden zur Verbesserung der Luftqualität und des thermischen Komforts oder die Einbeziehung von Wasserkanälen zur Aufnahme und Bewirtschaftung von Regenwasser umfassen.

Als Teil ihrer kreativen Arbeit entwickeln die Lernenden einen konzeptionellen Plan für den neu gestalteten Raum, wobei sie sich auf Tageslichtzugang, natürliche Luftzirkulation, Biodiversitätskorridore und sensorische Interaktion mit organischen Materialien konzentrieren. Diese Ideen basieren auf biophilen Prinzipien und MINT-bezogenen Analysen, beispielsweise der Anwendung von Geometrie zur Optimierung des Layouts, Biologie zur Auswahl geeigneter Pflanzenarten und Physik zur Planung passiver Belüftungsstrategien.

Um diesen Prozess weiter zu begleiten, bietet das Global Wellness Institute (2018) einen praktischen Rahmen dafür, wie biophiles Design das Wohlbefinden der Gemeinschaft durch Zugang zur Natur, verbesserte Mobilität und sensorische Vielfalt verbessern kann. Diese Leitlinien ermutigen Designer zu ganzheitlichem Denken und dazu, städtische Räume nicht nur als physische Infrastruktur, sondern als Orte für Gesundheit, emotionale Verbundenheit und Umweltresilienz zu betrachten.

Letztendlich fördert diese Herausforderung das Verständnis von biophilem Design als wissenschaftliches und menschenzentriertes Unterfangen, das technisches Denken, Empathie und Kreativität erfordert, um reale städtische Probleme zu lösen.

AR-Prototyping: Visualisierung naturinspirierter urbaner Zukunftsszenarien

Nachdem die Lernenden im Rahmen des Design-Thinking-Prozesses ein Neugestaltungskonzept entwickelt haben, fahren sie mit der Prototypentwicklung ihrer Ideen mithilfe von Augmented Reality fort. AR bietet eine spannende Möglichkeit, biophile Visionen zum Leben zu erwecken, indem es den Lernenden ermöglicht, natürliche Elemente in eine digitale Nachbildung des ausgewählten städtischen Raums zu integrieren. Diese Phase stärkt das räumliche Denken und ermöglicht eine tiefere Auseinandersetzung mit zuvor konzipierten Designelementen.

Mithilfe von Plattformen wie CoSpaces Edu oder Assemblr EDU erstellen die Lernenden interaktive 3D-Visualisierungen, die wichtige biophile Komponenten enthalten. Dazu können von Bäumen gesäumte Promenaden, Dachgärten, reflektierende Wasserbecken, natürlich belüftete Korridore oder von fraktaler Geometrie inspirierte Blättermuster-Überdachungen gehören. Das Ziel ist es, den neu gestalteten Raum unter genauer Berücksichtigung der Umweltleistung und der Benutzererfahrung zu modellieren.

Jüngste Studien zeigen, dass AR die Umweltbildung und Kreativität erheblich fördern kann, insbesondere wenn Lernende mit Nachhaltigkeitszielen entwerfen (Wu et al., 2020). In dieser





Übung werden die Lernenden dazu angeregt, ihre Entwürfe zu kommentieren und die Funktion jedes biophilen Merkmals, das darin zum Ausdruck kommende MINT-Prinzip und den erwarteten Nutzen für die menschliche und ökologische Gesundheit zu beschreiben.

Über die digitale Modellierung hinaus können die AR-Prototypen für Präsentationen und Peer-Reviews verwendet werden, bei denen die Lernenden ihre Designentscheidungen erklären und verteidigen. Diese Reflexionsphase fügt eine Ebene des kritischen Denkens und der Kommunikationsfähigkeiten hinzu und stärkt so die Designkompetenz und das Umweltbewusstsein.

Schulbasierte Projekte im Bereich biophiles Design: Lernen durch Erfahrung in der Sekundarstufe

Die Einführung des biophilen Designs für Schüler der Sekundarstufe bietet eine hervorragende pädagogische Gelegenheit, theoretisches Wissen mit realen ökologischen Herausforderungen zu verbinden. In den letzten Jahren haben mehrere Gymnasien in ganz Europa biophil orientierte Projekte durchgeführt, bei denen Schüler dazu angeregt werden, gebaute Umgebungen durch naturbasiertes Denken neu zu denken. Diese Initiativen fördern das ökologische Bewusstsein, das Wohlbefinden und das interdisziplinäre Lernen, das Biologie, Umweltwissenschaften, Design und Architektur umfasst.

Obwohl sie nicht immer als *biophiles Design* bezeichnet werden, befassen sich viele dieser Projekte ausdrücklich mit zentralen biophilen Prinzipien, wie der Verbesserung des sensorischen Kontakts mit natürlichen Elementen, der Verbesserung der Luftqualität und der Gestaltung von Lernumgebungen im Freien. Durch solche Aktivitäten sammeln Schüler im Alter von 14 bis 18 Jahren praktische Erfahrungen beim Umdenken von städtischen und Bildungsräumen und erstellen oft Modelle, Zeichnungen oder Nachhaltigkeitsvorschläge, die auf ihren Beobachtungen und Interaktionen mit der Natur basieren.

- Ausgewähltes Projektbeispiel aus weiterführenden Schulen

Die Putney High School, die zum Girls' Day School Trust in London gehört, startete 2021 ein innovatives Pilotprojekt für biophile Klassenzimmer, um zu untersuchen, wie sich natürliche Elemente in Lernumgebungen auf das Wohlbefinden, die Konzentration und die kognitive Beteiligung der Schüler auswirken. Das Projekt wurde speziell für ältere Schüler der Key Stages 4 und 5 (14–18 Jahre) konzipiert und in Zusammenarbeit mit Forschern der Oxford Brookes University und Studio P Architects entwickelt.

Das neu gestaltete Klassenzimmer enthielt mehrere Elemente, die aus den *14 Mustern des biophilen Designs* (Browning et al., 2014) abgeleitet wurden, darunter

- Natürliche Materialien und Texturen: Holzpaneele, Wolltextilien und rohe Oberflächen reduzierten die sensorische Ermüdung und schufen eine beruhigende visuelle Ästhetik.





- **Pflanzen und Grün:** Zimmerpflanzen wurden nicht nur integriert, um eine visuelle Verbindung zur Natur herzustellen, sondern auch, um die Luftqualität zu verbessern und eine mikro-restaurative Wirkung zu erzielen.
- **Dynamische Beleuchtung:** LED-Systeme wurden so eingestellt, dass sie den Tagesrhythmus nachahmen und so die Aufmerksamkeit und Stimmungsregulierung während verschiedener Phasen des Schultages unterstützen.
- **Akustisches Design:** Schallabsorbierende Materialien und Ruhezeiten wurden integriert, um Überreizung zu begrenzen und Bereiche zu schaffen, in denen sich die Schüler kognitiv zurückziehen können.

Lehrer und Schüler, die das Klassenzimmer nutzten, berichteten von einer verbesserten Konzentration, weniger Stress und einer angenehmeren Lernatmosphäre. Zusätzlich zur passiven Exposition gegenüber natürlichen Elementen bewerteten die Schüler die Auswirkungen des Klassenzimmers und lernten, kritisch darüber nachzudenken, wie sich die Gestaltung der Umgebung auf Gesundheit und Leistung auswirkt.

„Das Feedback, das wir von den Schülern erhalten haben, die den Raum genutzt haben, war überwältigend positiv“, sagte Suzie Longstaff, Leiterin der Putney High School. „Sie fühlten sich entspannter, engagierter und verbundener mit ihrem Lernen.“

- Reflexionen und Möglichkeiten für die Integration von AR

Das Putney-Projekt ist zwar ein führendes Beispiel für biophile Lernumgebungen auf Sekundarstufe, konzentriert sich jedoch weiterhin auf die Gestaltung der physischen Umgebung. Zukünftige Iterationen solcher Projekte könnten von der Einbindung von Augmented Reality (AR) profitieren, um die Vorstellungskraft und Interaktivität zu fördern.

AR könnte den Schülern Folgendes ermöglichen:

- verschiedene biophile Layouts zu visualisieren, bevor sie einen Raum physisch umgestalten
- Daten wie Sonnenlichtrichtung, Luftströmung oder Geräuschpegel in Echtzeit überlagern.
- virtuell neue Elemente wie begrünte Wände, Wasserelemente oder Öko-Möbel zu entwerfen
- an gemeinsamen Stadtplanungsprojekten teilzunehmen, indem sie biophile Zonen auf Schulhöfen, Dächern oder in öffentlichen Bereichen simulieren.

Eine solche Integration würde es Schülern ermöglichen, biophile Umgebungen nicht nur zu erleben, sondern sie auch digital zu gestalten und zu teilen, wobei sie ihre MINT-Fähigkeiten auf sinnvolle und anwendungsorientierte Weise einsetzen könnten.

Das Biophilic Classroom Project an der Putney High School ist ein erfolgreiches Beispiel dafür, wie Schüler der Sekundarstufe von immersiven, naturverbundenen Umgebungen profitieren können. Angesichts des wachsenden Bewusstseins für den Zusammenhang zwischen Umwelt, Lernen und Wohlbefinden bietet dieses Modell eine wertvolle Referenz für andere Schulen, die biophiles Denken integrieren möchten.





Durch die Kombination solcher Initiativen mit digitalen Design- und AR-Prototyping-Tools könnten zukünftige schulische Projekte noch ansprechender, personalisierter und reflektierter werden und die Lernziele des 21. Jahrhunderts widerspiegeln, in denen Nachhaltigkeit, Kreativität und Technologie zusammenkommen.

3. VERBESSERN – Werkzeuge und Konzepte beherrschen

Während in den vorangegangenen Abschnitten die Grundlagen des biophilen Designs vorgestellt wurden und die Lernenden die Möglichkeit erhielten, naturintegrierte Räume zu erkunden und zu gestalten, konzentriert sich dieser letzte Abschnitt darauf, wie Augmented Reality (AR) das Lernen verbessern, das räumliche Verständnis vertiefen und biophile Ideen effektiver vermitteln kann.

In der Sekundarstufe, insbesondere im MINT-basierten Lernen, hat sich AR als leistungsstarkes Werkzeug etabliert, um abstrakte Umweltkonzepte mit konkreten räumlichen Erfahrungen zu verbinden. Wie Untersuchungen von Wu et al. (2020) und Tang et al. (2022) zeigen, steigert AR das Engagement, unterstützt komplexes räumliches Denken und verbessert die Fähigkeit der Schüler, 3D-Umgebungen zu entwerfen und zu analysieren. Diese Eigenschaften machen es besonders geeignet für die Visualisierung biophiler Elemente im städtischen Kontext, wo Layout, Umweltfluss und Materialität eine wichtige Rolle spielen.

Mithilfe von AR ermöglichen digitale Geräte den Lernenden, von der Natur inspirierte Elemente wie Bäume, Schatten spendende Strukturen oder Wasserelemente in die reale Umgebung zu integrieren. Dies hilft ihnen, sich grünere Städte vorzustellen und ihre eigenen Ideen zu simulieren und zu bewerten, wodurch die Verbindung zwischen Umweltbewusstsein und digitaler Kreativität gestärkt wird.

Nachfolgend finden Sie eine kuratierte Liste von AR-Tools, die Schüler im Alter von 14 bis 18 Jahren bei der Erforschung und Vermittlung biophiler Prinzipien unterstützen. Jedes Tool bietet unterschiedliche Möglichkeiten – von einfachen Drag-and-Drop-Oberflächen bis hin zu komplexeren, simulationsbasierten Designplattformen.

Empfohlene AR-Tools für biophiles Design und MINT-Lernen

1. CoSpaces Edu

Plattform: Browserbasiert, mit Apps für iOS und Android

Am besten geeignet für: Erstellung interaktiver AR/VR-3D-Szenen, Codierungsintegration, Design-Storytelling

Warum es nützlich ist:

Mit CoSpaces Edu können Schüler immersive Umgebungen erstellen und diese über AR in die reale Welt übertragen. Es unterstützt logikbasierte Programmierung und Physiksimulationen und ist damit ein umfangreiches Tool für die MINT-Integration. Schüler können biophile





Merkmale wie grüne Korridore, schattenspendende Strukturen oder Open-Air-Klassenzimmer modellieren und dann ihre Entwürfe in Mixed Reality durchlaufen.

Auswirkungen auf die Bildung:

Bower et al. (2017) hoben CoSpaces Edu als eines der führenden Tools zur Förderung kreativer und räumlicher Kompetenzen bei Schülern der Mittel- und Oberstufe hervor. Es unterstützt die Auseinandersetzung mit Nachhaltigkeitsthemen durch Erkundung und Präsentation.

Website: <https://cospaces.io>

2. Assemblr EDU

Plattform: Webbasiert, iOS, Android

Am besten geeignet für: Schnelle Prototypenerstellung, visuelle Designpräsentationen, gemeinsames Lernen

Warum es nützlich ist:

Mit Assemblr EDU können Schüler 3D-Inhalte mithilfe einer Bibliothek mit vorgefertigten Modellen oder ihren eigenen Uploads erstellen. Die Anwendung ist intuitiv und benutzerfreundlich, selbst für Lernende, die noch keine Erfahrung mit AR haben. Die Schüler können biophile Elemente erstellen und in Schulhöfen, lokalen Parks oder städtischen Straßenlandschaften positionieren.

Auswirkungen auf die Bildung:

Studien wie die von Tang et al. (2022) zeigen, wie AR-basierte Designaktivitäten Lernenden helfen, Umwelttheorie in visuell und räumlich reichhaltige Ausdrucksformen zu übersetzen und so das Umweltbewusstsein durch immersives digitales Engagement zu fördern.

Website: <https://www.assemblrworld.com>

3. Reality Composer (Apple)

Plattform: iOS und macOS

Am besten geeignet für: Hochpräzises räumliches Design, Überlagerung von AR-Objekten in realen Umgebungen

Warum es nützlich ist:

Reality Composer ist Teil der Entwicklersuite von Apple und ermöglicht es Lernenden, AR-Objekte in realen Umgebungen zu verankern, sie mithilfe von Sensoren zu manipulieren und ihre Interaktion mit Raum und Licht zu simulieren. Es eignet sich am besten für fortgeschrittene Sekundarschüler, die sich für architektonische Details interessieren.

Bildungseffekt:

Dieses Tool fördert das Verständnis von Form, Proportionen und Interaktion zwischen





Elementen – wichtige Fähigkeiten sowohl in der Architektur als auch in der Umweltsimulation (Wu et al., 2020).

Website: <https://developer.apple.com/reality-composer/>

4. SketchAR

Plattform: iOS, Android

Am besten geeignet für: Konzeptskizzen in AR, freie visuelle Experimente

Warum es nützlich ist:

SketchAR verbindet Zeichnen und AR und ist damit ideal für Schüler und Studenten, die ihre Ideen direkt im physischen Raum skizzieren möchten. Dieses Tool unterstützt die organische Erforschung biomorpher Formen wie geschwungene Wände, von Bäumen inspirierte Strukturen oder Landschaftselemente.

Website: <https://sketchar.io>

Fazit und Integration in den Unterricht

Die Integration von AR in die Ausbildung im Bereich biophiles Design ermöglicht es den Lernenden, sich aktiv an der Gestaltung gesünderer städtischer Umgebungen zu beteiligen. Es entspricht den Zielen von MINT, indem es Beobachtung, Experimentieren und technisches Design kombiniert und gleichzeitig Kreativität, Zusammenarbeit und Nachhaltigkeitskompetenz fördert.

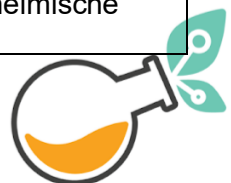
Am Ende dieses Abschnitts sollten die Lernenden in der Lage sein

- wichtige AR-Tools für Designzwecke zu identifizieren und zu vergleichen
- Mindestens eine AR-App zur Visualisierung eines biophilen städtischen Elements zu verwenden.
- darüber nachzudenken, wie der Einsatz von AR ihr Verständnis von Raum, Natur und menschlicher Interaktion mit der gebauten Umwelt vertieft.





• Phase	Beschreibung
Erkunden	- Einführung in biophile Konzepte: Führen Sie die Lernenden in die Wissenschaft und den Zweck biophilen Designs in städtischen Umgebungen ein. - Kontextualisierung von MINT: Identifizieren Sie biologische, physikalische, mathematische und technologische Prinzipien, die für naturbasiertes Stadtdesign relevant sind. - Umweltbeobachtung: Anleitung der Lernenden zur Beobachtung und Dokumentation natürlicher Muster in lokalen oder schulischen städtischen Umgebungen. - Konzeptionelle Forschung: Erkunden Sie globale Beispiele für biophile Städte und die Integration von Natur in die Stadt (z. B. Singapurs grüne Korridore, Mailands vertikale Wälder). - Bedarfsanalyse: Ermitteln Sie Lücken in bestehenden Lernräumen und im Verständnis der Schüler für nachhaltige städtische Systeme.
Ausführen	- Design Thinking in der Praxis: Fördern Sie von Schülern geleitete Herausforderungen zur Neugestaltung des städtischen Raums unter Verwendung biophiler Strategien, die mit den MINT-Prinzipien im Einklang stehen. - Interaktive Prototypenentwicklung: Beziehen Sie die Schüler in die Entwicklung standortspezifischer oder konzeptioneller biophiler städtischer Maßnahmen ein (z. B. begrünte Dächer, Regengärten, Naturkorridore). - AR-Prototyping: Die Schüler visualisieren ihre neu gestalteten Räume mit AR-Tools wie CoSpaces Edu oder Assemblr EDU und simulieren dabei natürliches Licht, Luftströmungen und organische Formen. - Gemeinschaftsprojekte: Fördern Sie die Teamarbeit bei der Schaffung digitaler biophiler Umgebungen, die Ökosystemleistungen und das Wohlbefinden des Menschen widerspiegeln. - Feedback und Reflexion unter Gleichaltrigen: Die Schüler präsentieren ihre Projekte, erhalten Feedback von Gleichaltrigen und reflektieren darüber, wie Natur und Technologie gesündere Städte gestalten können.
Verbessern	- AR-Kompetenzaufbau: Vertiefung des Verständnisses von AR-Tools und räumlicher Visualisierung für die Stadtplanung. - Anwendung auf biophile Konzepte: Nutzung von AR, um zu untersuchen, wie Designelemente wie begrünte Fassaden, Lichtkorridore oder Baumkronen in realen Räumen funktionieren. - AR-basiertes Storytelling: Die Schüler erzählen ihre biophilen Projekte mithilfe von AR-Anmerkungen und demonstrieren dabei die STEM-Logik hinter ihren Designentscheidungen. - Gamifizierte Lernerfahrungen: • Sammeln Sie Punkte und Abzeichen, indem Sie biophile Elemente (z. B. einheimische Bäume, natürliche Materialien) identifizieren oder platzieren.





- Fortschritte durch Design-„Quests“, die städtische Herausforderungen simulieren (z. B. Schattenmanagement oder Wasserabfluss).
- Arbeiten Sie in Teams an „grünen Stadt“-Simulationen und konkurrieren Sie um die Gestaltung des nachhaltigsten Raums.
- AR-basierte Bewertung: Bewertung des Designverständnisses durch AR-Interaktionen (z. B. ortsbezogene Herausforderungen oder Szenario-Reaktionen), wobei sowohl das räumliche Denkvermögen als auch die Anwendung von MINT-Kenntnissen gemessen werden.

Quellen:

Absolutely Education. (2022). Biophilic Classroom Pilot – Putney High School.
<https://absolutely-education.co.uk/biophilic-design-in-schools/>

Alaneme, K. K., & Anaele, J. U. (2023). Myzelbasierte Verbundwerkstoffe: Eine Übersicht über ihre Bio-Fertigungsverfahren, Materialeigenschaften und ihr Potenzial für Anwendungen im Bereich des ökologischen Bauens und Bauens. Alexandria Engineering Journal, 83(2), 234–250. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2023.10.012>

Al Sayyed, H., & Al-Azhari, W. (2025). Untersuchung der Rolle von biophilem Design zur Verbesserung des Komforts in Wohnräumen: physiologische Reaktion des Menschen in einer immersiven virtuellen Umgebung. Frontiers in Virtual Reality, 6, 1411425

Aytekin, A., et al. (2024). Fortschritte bei mikrobiell selbstheilendem Beton: Eine kritische Überprüfung der Mechanismen, Entwicklungen und zukünftigen Richtungen. Science of The Total Environment, 905, 167504. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167504>

Beatley, T. (2011). Biophile Städte: Integration der Natur in Stadtplanung und -gestaltung. Island Press.

Beatley, T. (2017). „Handbuch zur biophilen Stadtplanung und -gestaltung“. Washington, DC: Island Press/Center for Resource Economics. doi: 10.5822/978-1-61091-621-9.

Bewza, A. (2012). „Linking boundaries: the adaptable notion of home, ProQuest Dissertations and Theses.“ Universität von Manitoba (Kanada). Verfügbar unter:
<http://libresources.sait.ab.ca/login?url=https://search.proquest.com/docview/1314574108?accountid=13652> .

Browning, W. D., Ryan, C. O. und Clancy, J. O. (2014). 14 Muster biophilen Designs: Verbesserung von Gesundheit und Wohlbefinden in der gebauten Umwelt. Terrapin Bright Green. <https://www.terrapinbrightgreen.com/reports/14-patterns>





Bower, M., Howe, C., McCredie, N., Robinson, A. und Grover, D. (2017). Augmented Reality in der Bildung – Fälle, Orte und Potenziale. *Educational Media International*, 54(1), 1–15. <https://doi.org/10.1080/09523987.2017.1404355>

Elverici, G. (2024). Low-emissivity glass is revolutionizing building efficiency. Here's how. *World Economic Forum*. <https://www.weforum.org/stories/2024/06/low-emissivity-glass-revolutionizing-building-efficiency/>

Global Wellness Institute. (2018). Gut bauen, um gut zu leben: Richtlinien für biophiles Design. <https://globalwellnessinstitute.org/wp-content/uploads/2018/12/biophilicdesignguide-en.pdf>

Gray, T. und Birrell, C. (2014). „Sind biophil gestaltete Bürogebäude mit gesundheitlichen Vorteilen und leistungsstarken Nutzern verbunden?“, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11(12), S. 12204–12222. doi: 10.3390/ijerph111212204.

Jamei, E., Rajagopalan, P., Seyedmahmoudian, M. und Jamei, Y. (2016). Überblick über die Auswirkungen der städtischen Geometrie und Begrünung auf den thermischen Komfort im Freien. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 1002–1017. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.104>

Kaplan, R., & Kaplan, S. (1989). *Die Erfahrung der Natur: Eine psychologische Perspektive*. Cambridge University Press.

Kellert, S. R., Heerwagen, J. H., & Mador, M. L. (2008). *Biophiles Design: Theorie, Wissenschaft und Praxis, um Gebäude zum Leben zu erwecken*. Wiley.

Kellert, S. R. und Calabrese, E. F. (2015). „Die Praxis des biophilen Designs“, *Biophilic-Design.Com*, S. 1–20. doi: 10.1063/1.1387590.

Leal Filho, W., Salvia, A. L., Lazzarini, B. und Will, M. (2024). Design Thinking für nachhaltige Entwicklung: Eine bibliometrische Analyse und Fallstudienforschung. *Journal of Cleaner Production*, 455, 142285. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142285>.

Li, D., & Sullivan, W. C. (2016). Einfluss der Aussicht auf die Schulumgebung auf die Erholung von Stress und geistiger Erschöpfung. *Landschafts- und Stadtplanung*, 148, 149–158. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.12.015>

Mangone, G. et al. (2017). „Bringing nature to work: Preferences and perceptions of constructed indoor and natural outdoor workspaces“ (Die Natur an den Arbeitsplatz bringen: Präferenzen und Wahrnehmungen von bebauten Innenräumen und natürlichen Außenarbeitsplätzen), *Urban Forestry & Urban Greening*, 23, S. 1–12. doi: 10.1016/j.ufug.2017.02.009

Mnasri, S., et al. (2021). Biobasierte Baumaterialien für eine nachhaltige Zukunft: Ein Überblick. *Fallstudien zu Baumaterialien*, 15, e00679. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00679>





Orman, P. (2017). „Die Biophilie-Hypothese durch eine vergleichende Analyse verstehen“ Wohnformen in Phoenix, São Paulo und Tokio, ProQuest Dissertations and Theses. Arizona State University. Verfügbar unter:
<http://libresources.sait.ab.ca/login?url=https://search.proquest.com/docview/1965514378?accountid=13652>

Senthil. M, Jayalakshmi. S. (2025). Biophile Architektur: Integration der Natur in die Architektur für nachhaltiges Wohnen und gesteigertes Wohlbefinden. IJRPR, DOI:
<https://doi.org/10.55248/gengpi.6.0325.1237>.

Spivack, A. J., Askay, D. A. und Rogelberg, S. G. (2010). „Zeitgenössische physische Arbeitsräume: Ein Überblick über aktuelle Forschung, Trends und Implikationen für zukünftige umweltsychologische Untersuchungen“, in Umweltsychologie: Neue Entwicklungen, S. 37–62. Verfügbar unter: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84895332762&partnerID=40&md5=fac398af48d1741786ee330bdf164ca6> .

Szewrański S, Mrówczyńska MM, Hoof J van. Biophilie im zeitgenössischen Design: Zukünftige Chancen und Herausforderungen. Indoor and Built Environment. 2024;34(1):3-6.
doi:10.1177/1420326X241262626.

Tang, J., Fan, X. & Deng, Y. (2022). Augmented Reality und Umweltbewusstsein: Erforschung immersiver Ansätze in der Nachhaltigkeitsbildung. International Journal of Environmental and Science Education, 17(4), 55–72.

Terrapin Bright Green. (2012). Die Ökonomie der Biophilie.

UCEM – University College of Estate Management. (2022). Biophilie: Beispiele in der bebauten Umwelt. <https://www.ucem.ac.uk/whats-happening/articles/biophilia-examples-built-environment/>

Ulrich, R. S. (1984). Der Blick aus dem Fenster kann die Genesung nach einer Operation beeinflussen. Science, 224(4647), 420–421. <https://doi.org/10.1126/science.6143402>

Ulrich, R. S. (1991). Auswirkungen der Innenarchitektur auf das Wohlbefinden: Theorie und aktuelle wissenschaftliche Forschung. Journal of Health Care Interior Design.

Vagal. R. (2020), Theorie des biophilen Designs, Mohawk Group.

Van den Berg, A. E., Koole, S. L. & Van der Wulp, N. Y. (2003). Umweltpräferenz und Erholung: (Wie) hängen sie zusammen? Journal of Environmental Psychology, 23(2), 135–146.

Wilson, E. O. (1984). Biophilie. Harvard University Press.

Wijesooriya, M., et al. (2023). Biophile Design-Rahmenbedingungen: Eine Übersicht über Struktur, Entwicklungstechniken und ihre Kompatibilität mit den LEED-Kriterien für nachhaltiges Design. Journal of Green Building, 18(1), 45-60.



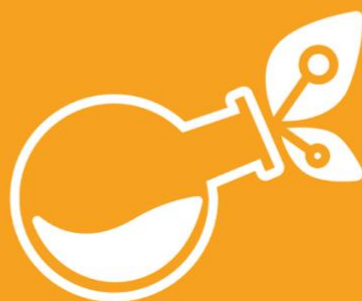


Wu, H. K., Lee, S. W. Y., Chang, H. Y. und Liang, J. C. (2020). Aktueller Stand, Chancen und Herausforderungen von Augmented Reality im Bildungswesen. Computers & Education, 62, 41–49. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.024>





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.