

# „Wie machen wir unsere Stadt klimafit?“

## Serious Gaming als Beitrag zur Nachhaltigkeitsbildung

Peter Kurz

*Pädagogische Hochschule Oberösterreich*  
*peter.kurz@ph-ooe.at; <https://doi.org/10.17883/pa-ho-2026-01-07>*

EINGEREICHT 21 FEB 2026

ÜBERARBEITET 28 APR 2026

ANGENOMMEN 05 MAI 2026

Der Beitrag stellt ein Projekt zur Entwicklung eines sogenannten „Serious Games“ vor, das die Themen Klimaanpassung und Energiewende in einem Stadtplanungsszenario für (jüngere) Schüler:innen miteinander verknüpft. Didaktische Ziele sind die Sensibilisierung für Klimawandel und Energiewende anhand realer Beispiele sowie die Förderung von Kompetenzen wie Systemverständnis, vorausschauendem Denken und kooperativer Problemlösung. Der iterative Entwicklungsprozess des Spiels wird im Artikel skizziert und auf die didaktisch-pädagogische Herausforderung eingegangen, eine schlüssige Spielidee und ein anregendes Spieldesign zu entwickeln und dabei wissenschaftlich korrektes technisches und faktisches Wissen zu vermitteln, ohne die Komplexität über ein fachlich vertretbares Maß hinaus zu reduzieren. Zu diesem Zweck wurde ein interdisziplinäres Expert:innenteam aus verschiedenen Fachbereichen (Wissenschaft, Planung und Didaktik) zusammengestellt, das die Schüler:innenperspektive in mehreren Feedbackschleifen mit einbezog. Im Fokus steht die zielgruppenorientierte Vorbereitung für die beiden Altersgruppen 8 bis 10 Jahre (Primarstufe) und 11 bis 14 Jahre (Sekundarstufe 1) – ein Aspekt, der in der Forschung zu Entwicklungsprozessen von Serious Games bisher kaum Beachtung gefunden hat. Darauf aufbauend werden Erfahrungen und Rückmeldungen aus den Pilotierungen sowie erste Ergebnisse aus den begleitenden didaktischen Evaluationen an einer Volksschule und drei Mittelschulen berichtet und zur Diskussion gestellt.

SCHLÜSSELWÖRTER: spielbasiertes Lernen, Stadtplanung, städtische Energiesysteme, Klimabildung

### 1. Einleitung

Fragen einer nachhaltigen Entwicklung gehören zu den „epochaltypischen Schlüsselproblemen“ (Klafki, 1994) in unserer von multiplen Krisen geprägten Zeit. Allen voran stellt die zunehmend verschärfte Klimakrise und deren Auswirkungen für die Bildungslandschaft eine Herausforderung dar. Zur Bearbeitung liefert das Konzept der Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) eine Grundlage. BNE hat es sich zur Aufgabe gemacht, Kinder und Jugendliche an Themen, Fragestellungen und Herausforderungen einer nachhaltigen Entwicklung heranzuführen. BNE will

junge Menschen dabei unterstützen, Wissen, Fähigkeiten, Werte und Einstellungen zu erwerben, die es ihnen ermöglichen, die komplexen Probleme der modernen Welt zu bewältigen und nachhaltige Lösungen mitzugestalten (Bertschy et al., 2013). Im Schulunterricht erweist sich die Beschäftigung mit Themen nachhaltiger Entwicklung aufgrund ihrer Komplexität und Vielschichtigkeit als anspruchsvolles Unterfangen. Die Einsicht, dass es für Probleme einer nachhaltigen Entwicklung selten einfache und kaum rasch und unmittelbar umzusetzende, endgültige Lösungen gibt, bildet einen integralen Bestandteil von Lernprozessen im Feld der Nachhaltigkeitsbildung. Einer Didaktik zur BNE kommt dabei die Aufgabe zu, hierfür geeignete Lernformate zu entwickeln.

Um BNE-Kompetenzen wie systemisches und vorausschauendes Denken, die Fähigkeit zu Perspektivenwechsel und kooperativem Problemlösen anzuregen und zu fördern, wurde in den letzten Jahren mit verschiedenen innovativen Lernsettings und Lernumgebungen experimentiert, die komplexe, realitätsbezogene Situationen als Ausgangspunkt nehmen. Neben anderen Formaten haben zunehmend spielerische Ansätze Eingang in die BNE-Didaktik gefunden (Gugerell & Zuidema, 2017; Putz et al., 2020; Oliveira et al., 2023). Dabei haben sich sogenannte „Serious Games“, also Lernspiele auf Basis realistischer Aufgabenstellungen und Regelwerke, etabliert (Charlo, 2022). Wichtige Impulse für die Einübung von BNE-Kompetenzen wie Systemverständnis, Multiperspektivität und der Fähigkeit zur Entwicklung kreativer Problemlösungsstrategien gehen von der Spieltheorie aus (Ostrom, 2000; Raphael et al., 2010). Zugleich können sich spielbasierte Ansätze auf lernpsychologische Einsichten aus dem Konstruktivismus stützen, wonach Lernen als aktiver, selbstgesteuerter, situativer und sozial eingebundener Prozess verstanden wird (Künzli, 2006, S. 23f.). „Serious Games“ werden – sowohl im analogen als auch zunehmend im digitalen Bereich – als didaktische Mittel eingesetzt, um Lernprozesse anzuregen, die über die klassische Vermittlung von Fach- und Faktenwissen („technical and environmental literacy“) hinausgreifen und auf Kompetenzen wie Urteils- und Entscheidungsfähigkeit in komplexen Situationen und kooperatives Problemlösen abzielen (Ibisch et al., 2022). Entwicklung und Gestaltung von „Serious Games“ sind ihrerseits komplexe Aufgaben, die inter- und transdisziplinäre Expertise erfordern. Entwicklungsprozesse hin zu einer konsistenten Spielidee, in deren Zentrum eine plausible, tragfähige und spannende Geschichte steht, fordern Austausch und Diskurs zwischen Expert:innen, Spieldesigner:innen und potenziellen Spieler:innen (Gugerell & Zuidema, 2017; Ampatzidou & Gugerell, 2018). Aus didaktischer Perspektive richtet sich das Interesse an Lernspielen auf deren Bildungsrelevanz und -gehalt, die vermittelten Lerninhalte und Lernziele sowie die Möglichkeiten zur Überprüfung ihrer Erreichung. Zugänglichkeit und Wirkungen auf die Motivation der Lernenden (Yu et al., 2021) sind weitere wichtige Aspekte, ebenso wie Fragen der Altersangemessenheit und eines angemessenen Komplexitätsgrades.

Im folgenden Beitrag wird ein „Serious Game“ in Form eines Brettspiels vorgestellt, dessen Intention es ist, für Fragen einer nachhaltigen (Stadt-)Entwicklung zu sensibilisieren und zur Förderung von BNE-Kompetenzen beizutragen. Das Spiel „Ecopolis“ wurde bzw. wird im Rahmen eines Forschungs- und Entwicklungsprojektes „Serious game for energy transition“ („SG4ET“) in Kooperation zwischen Pädagog:innen, Expert:innen und Schüler:innen erarbeitet und hat als Zielgruppe Kinder und Jugendliche zwischen acht und 14 Jahren (Primarstufe und Sekundarstufe 1). Das Spiel wählt ein städtebauliches Setting, das urbane Energiesysteme und deren Transformation von einer fossilen zu einer erneuerbaren Energiebasis in den Fokus rückt. Skizziert wird – ausgehend von der Spielidee – zunächst der iterative Prozess der Spieleentwicklung. Der Fokus liegt dabei auf der zielgruppengerechten Aufbereitung für die beiden Altersgruppen 8 bis 10 Jahre (Primarstufe) und 11 bis 14 Jahre (Sekundarstufe 1) – ein Aspekt, der in der Forschung zu Entwicklungsprozessen von „Serious Games“ bisher kaum untersucht wurde. Es wird dargelegt, wie die didaktisch-pädagogische Herausforderung, 1) eine schlüssige Spielidee mit einem anregenden Spieldesign zu entwickeln und gleichzeitig 2) wissenschaftlich korrektes Fach- und Faktenwissen zu vermitteln und dabei 3) die notwendige Komplexitätsreduktion zu berücksichtigen, gelöst wurde. Darauf aufbauend werden Erfahrungen und Rückmeldungen aus der Pilotierung sowie erste Evaluationsergebnisse aus der didaktischen Begleitforschung an vier Schulen – eine Volksschule und drei Mittelschulen – berichtet. Wirkungen und Grenzen des Formates sowie die Einbettung in den Unterricht werden zur Diskussion gestellt. In einem weiteren Kontext werden schließlich die Potentiale von spielbasierten Ansätzen für transformative Lerneffekte angesprochen.

## 2. Bildungstheoretische Grundlagen einer Didaktik zu BNE

Bildung für nachhaltige Entwicklung ist ein pädagogisches Konzept, das auf die Stärkung und Verbesserung der Handlungsfähigkeit von Menschen abzielt, indem es sie bestärkt und ermutigt, sich in gesellschaftliche Entwicklungsprozesse einzubringen (Rost, 2005, S. 14). Rost benennt als Schlüsselkategorien einer BNE „Wissen“, „Werte“ und „Handeln“ und ordnet diesen in einem Rahmenmodell die drei Dimensionen „Systemkompetenz“, „Bewertungskompetenz“ und „Gestaltungskompetenz“ zu (Rost, 2005, S. 15). Unter Bezugnahme auf Haan und Harenberg (1999) wird der Gestaltungskompetenz innerhalb dieser Systematik eine zentrale Bedeutung beigemessen. Gestaltungskompetenz betont die Handlungsorientierung von BNE und stützt sich auf System- und Bewertungskompetenzen. Systemverständnis formt die Grundlage für weiterführende BNE-Kompetenzen wie antizipatorisches und kritisch-reflexives Denken, die Fähigkeit zu Perspektivenwechsel/Perspektivenübernahme und kooperativem Problemlösen (Michelsen, 2009; Rieckmann, 2018). Systemisches Denken bedeutet, die Vielzahl in einem

komplexen System wirkender Einflussfaktoren im Blick behalten zu können, den Fokus auf ihre Wechselwirkungen zu lenken, kausale Zusammenhänge zu verstehen, um Handlungsalternativen in einem größeren Kontext erkennen und abwägen zu können, sowie die Konsequenzen und Potenziale möglicher Systemänderungen einschätzen zu können (Rieß, 2013; Bollmann-Zuberbühler et al., 2016). Systemkompetenz schafft darüber hinaus eine Grundlage für Bewertungskompetenz, indem sie dazu beiträgt, Systemstrukturen einzuschätzen und Funktionsstörungen sowie mangelnde Nachhaltigkeit bestehender Systeme zu erkennen und zu hinterfragen. Beides bildet die Grundlage zum Ausloten von Handlungsmöglichkeiten und -alternativen innerhalb bestehender Systeme, aber auch von solchen, die auf eine Transformation bestehender Systemstrukturen abzielen.

Während ältere BNE-Konzeptionen dem „klassischen“ Kompetenzverständnis folgen, wonach Kompetenzen von den Lernenden in aneignenden Lernprozessen gleichsam erworben und erweitert werden, wurde der Ansatz zuletzt einer radikalen bildungs- und handlungstheoretischen Kritik unterzogen (Singer-Brodowski, 2016). Vertreter:innen einer sog. transformativen Bildung gehen davon aus, dass Nachhaltigkeitsbildung eine fundamentale Infragestellung individueller Wertesysteme und Referenzrahmen sowie der davon bedingten Verhaltensmuster voraussetzt, um diese schließlich neu aufzubauen und damit Veränderungen in bestehenden Handlungsdispositionen zu ermöglichen (Mezirow, 1997; 2000; Tarmann, o.J.). Aus lernpsychologischer Perspektive setzt transformatives Lernen auf Impulse, die bei den Lernenden Irritation auslösen. Das kann beispielsweise die Konfrontation mit Dilemma-Situationen sein, die imstande sind, eine intensive kognitive und emotionale Auseinandersetzung hervorzurufen und bei den Lernenden „dominante, nicht nachhaltige Alltagsideologien freizulegen“, um einen „Wandel individueller Bedeutungsperspektiven“ zu ermöglichen (Singer-Brodowski, 2016, S. 13). Für die Gestaltung von Lernumgebungen bedeutet dies, solche Situationen gezielt zu konstruieren, um davon ausgehend Kompetenzen aufbauende Lernprozesse zu initiieren (ebd., S. 14–15).

## 2.1 Spielen als Probehandeln in komplexen Problemsituationen

Indem sie erprobendes Handeln in einer quasi-sicheren, der realen Welt nachempfundenen Umgebung ermöglichen, bieten spielerische Ansätze Gelegenheiten, sich an die Funktionsmechanismen komplexer Systeme und deren potentielle Unwägbarkeiten anzunähern. Zugleich bieten sie in ein und derselben Umgebung Möglichkeiten, planendes Denken und Handeln in einem geschützten Rahmen zu üben. Darüber hinaus kann Spielen dazu beitragen, Bedeutungsperspektiven und Referenzrahmen (Mezirow, 1997) für das eigene Denken und Handeln zu hinterfragen und neue Perspektiven versuchsweise zuzulassen. Gugerell & Zuidema (2017) nennen eine Reihe von Argumenten für den Einsatz des Formats „Serious

Games“ in der Nachhaltigkeitsbildung. Sie bezeichnen Spielsituationen als offene Lern- und Experimentierräume, in denen „reale“ Situationen und Aufgaben simuliert und eine Erprobung in einer mehrdimensionalen, mehrdeutigen und ergebnisoffenen Herausforderung ermöglicht werden. „Serious Games“-Settings können die Arbeit an gemeinsamen Lösungen fordern und fördern, wenn kooperative Strategien für Konflikte gefunden werden müssen. Spielsituationen ermöglichen die Transformation bestehender „Narrative“ in neue Kontexte, wodurch neue Perspektiven und Lösungsansätze für Probleme gefunden werden können, die sich mit gängigen Strategien nicht schnell, linear und eindeutig lösen lassen (Gugerell & Zuidema, 2017). Damit lässt sich durch Spiele auch die kritische Auseinandersetzung mit jeweils eigenen Denk- und Verhaltensmustern anregen.

Aus der Entwicklungspsychologie ist bekannt, dass die Entwicklung von Kompetenzen wie Perspektivenwechsel, systemischem und antizipatorischem Denken an sich komplexe Prozesse sind, die vom Alter und der Reife der Lernenden abhängen (Piaget & Inhelder, 2008). Systemisches und transformatives Lernen ist zwar grundsätzlich in jeder Altersgruppe möglich, es ist jedoch wichtig, dass die Lernsettings weder zu komplex sind und zu viele Parameter aufweisen, die die Lernenden am Erfassen des Problems hindern und sie frustrieren, weil sie keine geeigneten und zufriedenstellenden Lösungen finden können. Andererseits kann Unterkomplexität die Herausforderung eintönig und langweilig machen. Die meisten „Serious Games“ im Bereich BNE sowie die Forschungsstudien zu diesem Thema konzentrieren sich auf Erwachsene oder Jugendliche der Sekundarstufe II (Brockmüller & Siegmund, 2020). Eine spezielle Herausforderung liegt darin, das Lehr- und Lernkonzept des Serious Gaming auf Grundschulniveau zu übertragen.

## 2.2 Lebensweltbezug, Erfahrungs- und Handlungsorientierung

Ein weiteres Problem einer Didaktik zu BNE kann aus dem hohen Abstraktionsgrad und dem – aus Sicht der Lernenden – fehlenden direkten Lebensweltbezug vieler Themen einer nachhaltigen Entwicklung resultieren. Phänomene wie der anthropogen verursachte Klimawandel sind von globaler Dimension, deren Auswirkungen werden auf lokaler Ebene zwar erfahrbar, die Ursachen und Zusammenhänge sind für Lernende aber nur schwer (be-)greifbar. Dadurch können zudem Gefühle eingeschränkter individueller Handlungsmöglichkeiten und Selbstwirksamkeit, emotionaler Distanzierung bis hin zu Ohnmacht und Hoffnungslosigkeit erwachsen (Uzzell, 2000). Insbesondere bei Kindern und Jugendlichen kann die Konfrontation mit großen und komplexen Themen als Reaktion Ängste, aber auch Indifferenz hervorrufen. Zur Überwindung derartiger Hürden betonen Forschungen die Bedeutung orts- und erfahrungsbasierter und handlungsorientierter Lernansätze (Pruneau et al., 2003; Taber & Taylor, 2009; Monroe et al., 2019). Didaktische Konzepte und Lernumgebungen, die „nachhaltige Entwicklung“ in Zusammenhang zu

den Lebenswelten der Lernenden bringen und individuelle und kollektive Handlungsoptionen aufzeigen, wurden als besonders effizient und tragfähig identifiziert (Scannell & Gifford, 2013, S. 66; Khadka et al., 2021, S. 87). Das Lernen am konkreten Beispiel eröffnet Räume, in denen vielschichtige Zusammenhänge und Wechselwirkungen erforscht und erfahrbar werden (Pruneau et al., 2003, S. 433; Porter et al., 2012, S. 678). Weiters wurde belegt, dass sich über ortsbezogenes Lernen positive Effekte auf emotionaler Ebene generieren lassen: Eine Identifikation mit lokalen Problemlagen fördert die Entwicklung von Verantwortungsbewusstsein für die jeweils eigene Lebensumwelt und lässt Bereitschaft zu aktivem Handeln im eigenen Umfeld entstehen (Taber & Taylor, 2009, S. 110; Scannell & Gifford, 2013, S. 66). Situiertere Bildungsansätze lassen demnach nachhaltigere Lernwirksamkeiten erwarten und dürften sich auch positiv auf die Verknüpfung zwischen „Wissen“ und „Verhalten“ bzw. „Handeln“ auswirken.

### 3. Die Stadt und ihr Energiesystem als Lernraum

Ein Beispiel für ein komplexes System mit Alltags-, Erfahrungs- und Lebensweltbezug liefert die Stadt und ihre Energiebilanz (Simon & Fritsche, 1998). Städte spielen in Fragen der nachhaltigen Entwicklung eine zentrale Rolle. Einerseits sind sie Brennpunkte des demografischen und wirtschaftlichen Wachstums und damit verantwortlich für den steigenden Ressourcen- und Energieverbrauch. Andererseits können Städte auch Forschungs- und Innovationslabore für neue Lebensstile und alternative Umgangsweisen mit Ressourcen und Energie darstellen (Hopkins et al., 2008). Ökonomische, ökologische und soziale Aspekte nachhaltiger Entwicklung finden sich in Städten wieder und treffen im Bereich der Stadtplanung aufeinander (Riddell, 2008; Yigitcanlar & Teriman, 2015). Konkret erfahrbar wird dies in den Zusammenhängen zwischen a) Energieversorgung, -verbrauch und Klimawirkung und b) Flächennutzungsstruktur und deren Entwicklung. Das städtische Energiesystem und der städtische Stoffwechsel stehen in wechselseitiger Beziehung zu den vier (Planungs-)Kategorien der städtischen Flächennutzung und deren räumlicher Verteilung: (1) Siedlung und Wohnen, (2) Gewerbe und Industrie, (3) Verkehr und Mobilität sowie (4) Frei- und Grünflächen, die alle wiederum mit dem (Stadt-)Klima in Zusammenhang stehen.

Abbildung 1 veranschaulicht die Dimensionen nachhaltiger Stadtentwicklung, wie sie sich aus städtebaulicher Sicht darstellen: Effiziente und flächensparende Siedlungsstruktur und Raumnutzung, Versorgung mit erneuerbarer Energie, Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel sind ebenso wie wirtschaftliche Interessen und die daran geknüpften Stadtfinanzen, Sicherung und Verbesserung des Freiraums sowie Mobilitätsangebote Ziele der Stadtentwicklung. Alle Ziele müssen im Rahmen stadtpolitischer Entscheidungen verfolgt, koordiniert und harmonisiert werden. Widersprüchliche Ziele wie Stadtwachstum auf ökonomi-

scher und demografischer Ebene bei wachsendem Ressourcenverbrauch und eine nachhaltige, klimaschonende und – im besten Fall – CO<sub>2</sub>-neutrale Energiebilanz stellen eine klassische „Dilemma-Situation“ dar, die für viele Fragen nachhaltiger Entwicklung charakteristisch ist (Rajabifard, 2019).

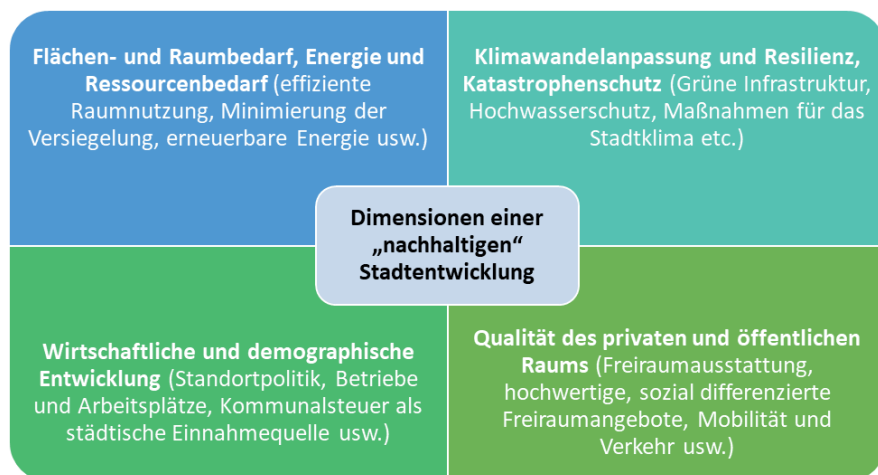


ABB. 1 Dimensionen einer „nachhaltigen“ Stadtentwicklung (eigene Darstellung)

### 3.1 Das Projekt „Serious games for Energy Transition“ (SG4ET)

Das Projekt SG4ET nimmt die städtebauliche Aufgabe, Stadtentwicklung klimafreundlich zu gestalten und das städtische Energiesystem durch die Versorgung mit erneuerbaren Energiequellen zu transformieren, als Ausgangspunkt für ein Spielsetting. Das Spiel soll Schüler:innen an die komplexen und vielschichtigen Anforderungen und Problemstellungen der Energiewende im urbanen Umfeld heranführen. Im Rahmen der Spielentwicklung müssen Herausforderungen auf verschiedenen Ebenen bewältigt werden. Dazu gehören a) inhaltliche Herausforderungen (korrekte Abbildung technischer Parameter in den Bereichen Klima, Energie, Stadtplanung mit der notwendigen Komplexitätsreduktion), b) didaktische Herausforderungen (altersgerechte Aufbereitung von Inhalten und Prozessen, Definition von Lernzielen und Grad der erforderlichen Komplexitätsreduktion), c) organisatorische Herausforderungen (Spielbarkeit im Rahmen gängiger Unterrichtssettings und Unterrichtsstrukturen, Verbreitung und Zugänglichkeit der Spielmaterialien) und d) spielspsychologische Herausforderungen (tragfähige, spannende Spielidee, die die Motivation der Lernenden fördert). Diese Herausforderungen wurden/werden im Projekt von einem interdisziplinären Team mit unterschiedlicher Expertise im diskursiven Austausch bearbeitet.

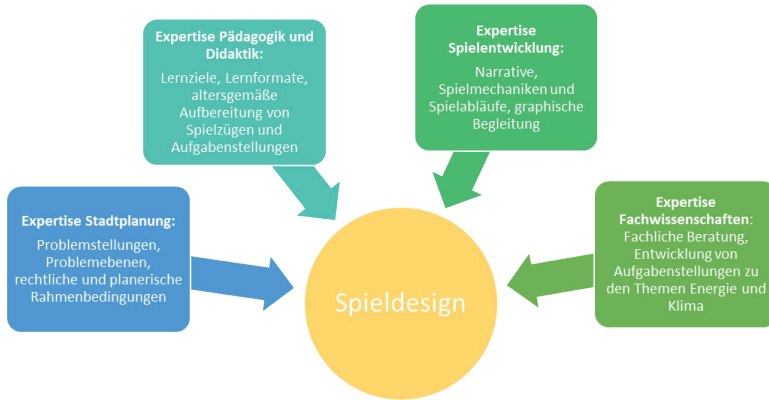


ABB. 2 Interdisziplinäre Expertise in der Spieleentwicklung (eigene Darstellung)

**Spielidee und Spielstruktur**

Entstanden ist ein zweistufiges Spieldesign bestehend aus einem analogen Brettspiel mit digitalen Lernaufgaben und einem digitalen Planspiel. Der Spielverlauf folgt einem Wechsel von Aktions-, Wissensaufbau- und Reflexionsphasen. Dies orientiert sich am Phasenmodell von Rieß 2013 zum Erwerb systemischer Kompetenzen. In Phase 1 (Brettspiel) schlüpfen fünf Spieler:innen in die Rollen städtebaulich relevanter Akteure bzw. Interessengruppen für eine funktionierende Stadt: (1) Wirtschaft/Gewerbe/Industrie, (2) Siedlungsbau/Wohnraum/Bewohner, (3) Verkehr, Transport und Mobilität, (4) Stadtnatur (aktive Begrünung/Grünflächen/Grüne Infrastruktur/Erholungsgebiete) sowie (5) der Ausschuss, der die Stadtkasse verwaltet.

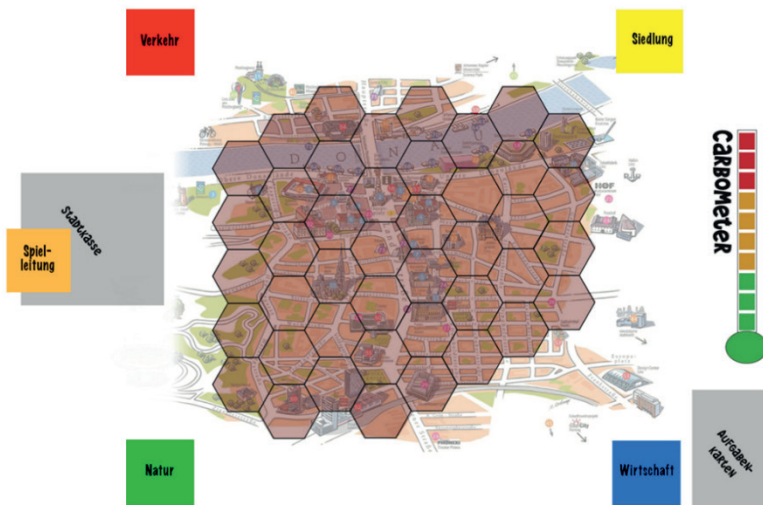


ABB. 3 Spielplan des Spiels „Ecopolis“ (Kurz et al., 2023)

Abb.3 zeigt den Spielplan für die städtebauliche Gestaltung der eigenen Stadt in Form von Umwidmungen in den Bereichen Gewerbe, Wohnen, Verkehr und Grünflächen. Die Schüler:innen bauen ihre Stadt in gemischten Stadtplanungsteams mit individuellen und gemeinsamen Zielen. Sie verfolgen einerseits konkrete Ziele (gute Anbindung von Verkehr und Gewerbe oder Siedlungsbau mit Naherholungsgebieten), andererseits das gemeinsame Ziel, den Kohlendioxidausstoß insgesamt gering zu halten. Durch das Platzieren von Flächenelementen widmen die Spieler:innen Grundstücke für die jeweiligen Akteur:innen um, um Wohnraum, Arbeitsplätze, Verkehrsflächen und Erholungsgebiete in der Stadt bereitzustellen. Über die Spielkarten stehen mehr oder weniger klimafeindliche/-freundliche Optionen wie Einfamilienhäuser/Mehrfamilienhäuser/Stockwerkhäuser, Autobahnen/ÖPNV/Radwege, Gewerbe/Gewerbe/Industrie zur Auswahl. Um die Nutzung eines Grundstücks bestimmen zu können und zu dürfen, müssen die Spieler:innen Aufgaben lösen, die spielerisch Wissen zu Klima, Klimawandel und Anpassungsmaßnahmen vermitteln. Gleichzeitig verursachen diese Faktoren auch Kosten und Einnahmen (in Form von Steuern) sowie einen bestimmten CO<sub>2</sub>-Fußabdruck, der über das „Carbometer“ sichtbar gemacht wird. Jede/r Akteur:in kann den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck durch Updates (= Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel, klimafreundliche Baumaterialien, Erhöhung der Energieeffizienz usw.) reduzieren. Integraler Bestandteil des Spiels sind Arbeitsaufgaben, die nach Anforderungsstufen unterteilt sind. Das Spiel endet entweder a) nach Ablauf einer vorgegebenen Spielzeit oder b) wenn das Stadtbudget aufgebraucht bzw. c) das Carbometer vollständig gefüllt, also das CO<sub>2</sub>-Budget aufgebraucht ist.

Die Entwicklung von Level 1 (Brettspiel) ist abgeschlossen. Aktuell entsteht als Level 2 ein Konzept für ein digitales Planspiel, dessen Ziel es ist, die im ersten Spielabschnitt gesammelten Erfahrungen und Erkenntnisse durch vertiefende und detailliertere Informationen spielerisch zu festigen und zu erweitern. Die Spieler:innen sind aufgefordert, die auf dem Spielbrett gebaute Stadt möglichst nachhaltig und klimaschonend mit Energie zu versorgen. Dazu wird die analog auf dem Spielbrett gebaute Stadt digitalisiert. Hinterlegte Algorithmen berechnen Einwohner:innenzahl, Arbeitsplätze, CO<sub>2</sub>-Bilanz und Energiebedarf anhand von Nutzungskategorien und Flächenanteilen. Tages- und jahreszeitliche Schwankungen der Umwelteinflüsse (Temperatur, Wasserstand, Sonnenstunden), aber auch des Energiebedarfs (Heizung, Kühlung, Verbrauch) fließen als Parameter ein. Durch technische Maßnahmen kann der Energiebedarf gesenkt werden. Dabei gilt es einerseits, die Stadt auf begrenztem Raum möglichst klimaneutral mit Energie zu versorgen und gleichzeitig – durch Optimierungen der bestehenden Stadtstrukturen – weniger Energie zu verbrauchen.

#### 4. Methode der Pilotierung und Begleitforschung

Im Rahmen der Entwicklung des Spiels wurden Prototypen in mehreren Pilotierungsrunden getestet. Die Evaluierungen dieser Testphasen richteten sich zunächst auf praktische Fragen nach der Funktionalität und Tragfähigkeit des Spielmechanismus. Parallel wurde die Aufmerksamkeit aber auch auf die Lernwirkungen des Spielsettings gelegt, wobei das Interesse insbesondere von folgenden Fragestellungen geleitet wurde:

- „Welche Kompetenzen (basierend auf Kompetenzmodellen der BNE) werden durch das didaktische Konzept des im Projekt „SG4ET“ entwickelten Spiels bei Schüler:innen der Primarstufe gefördert?“ bzw.
- „Welche Veränderungen in den Bereichen „Sachwissen“, „Systemverständnis“ sowie „Selbstwirksamkeit und Handlungsmotivation“ sind bei Schüler:innen der Sekundarstufe 1 durch Serious gaming feststellbar?“

Diese Fragen wurden im Rahmen von drei Masterarbeiten (Herb, 2024; Petrovitsch, 2024; Kammerer, 2026) an den vier Partnerschulen (eine Volksschule in Göstling/Ybbs, N=15; drei Mittelschulen in Linz bzw. Leonding, N=99) untersucht. Die Schulen boten hierzu Pilot- und Referenzklassen an. Die Untersuchung fand im Winter des Schuljahres 2022/2023 statt. Zum Einsatz kamen Mixed-Methods-Designs mit Fragebögen im Pre- und Post-Test-Setting, bestehend aus allgemeinen Wissensfragen zu Klima/Klimawandel, Fragen zu Zusammenhängen zwischen Ursachen, Wirkungen und möglichen Handlungsansätzen in den Bereichen Klimawandel, Klimawandelanpassung und -abschwächung sowie Fragen zur Selbsteinschätzung der eigenen Kenntnisse und Kompetenzen und zu Interesse und Motivation für eigenes Engagement in der Thematik. Der Fragebogen bestand in den Klassen der Sekundarstufe aus 12 Fragen, von denen vier offen und acht geschlossen formuliert waren. Ergänzend zum Fragebogen wurde in Anlehnung an die methodischen Konzeptualisierungen zur Erfassung von Systemkompetenz von Brockmüller & Siegmund (2020) die Aufgabe gestellt, die Systemzusammenhänge des anthropogen verursachten Klimawandels in einer Concept map darzustellen. Untersucht wurden in der Sekundarstufe zwei verschiedene Settings: In jeweils einer Klasse wurde das Spiel eingebettet in Workshops mit vorbereiteten inhaltlichen Inputs und einer Nachbereitung in Form einer Reflexion gespielt, während in einer zweiten Klasse lediglich das Spiel ohne Vor- und Nachbereitungen durchgeführt wurde. In den Kontrollklassen wurde die Thematik „Klimawandel und Klimawandelanpassung“ in „klassischem“ Vortragssetting vermittelt.

In der Primarstufe kamen Fokusinterviews (Helfferich, 2022) zum Einsatz, eine besondere Form des Leitfadeninterviews, bei dem der Gesprächseinstieg über einen Stimulus erfolgt, auf den die Teilnehmenden reagieren. Die Kinder wurden während der Fokusinterviews dazu aufgefordert, eine ihren Vorstellungen ent-

sprechende, klimafreundliche Stadt zu beschreiben und erhielten dazu Materialien zum Hantieren (wie z. B. Bauklötze, Papier und Stifte) als Unterstützung.

Geschlossene Fragen wurden quantitativ ausgewertet, die Auswertung der offenen Fragen erfolgte gemäß den Prinzipien der qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz und Rädiker (2022), wobei die Aussagen induktiv kategorisiert und thematisch geclustert wurden.

Die Erhebungen wurden sowohl in der Primar- als auch in der Sekundarstufe durch Daten aus Gruppeninterviews, die mit Schüler:innen sowie Lehrkräften nach der Pilotierung des Brettspiels durchgeführt wurden, ergänzt (Petrowitsch, 2024; Herb, 2024). Darin wurde insbesondere auf Stimmungslage, Motivation, Überraschungsmomente und besondere, subjektiv empfundene Lerneffekte eingegangen. Wenngleich aufgrund der kleinen Stichprobe statistisch belastbare Aussagen nicht abgeleitet werden können, so vermitteln die erhobenen Daten doch ein erstes Bild von der Wirkung des Spiels.

## 5. Erste Ergebnisse aus der Begleitforschung

Nachfolgend sind einige Ergebnisse aus den die Pilotierungen begleitenden Befragungen kurz mitgeteilt, von denen erste Einschätzungen zu den Wirkungen des Spiels abgeleitet werden.

### ***Erwerb von allgemeinem Sachwissen zum Klimawandel und dessen Ursachen***

Die Kompetenzentwicklung im Bereich Sachwissen über den Klimawandel wurde über Items wie „Erkläre, was Du unter dem Begriff Treibhauseffekt verstehst“ und „Nenne mögliche Ursachen für den Klimawandel“ abgefragt. Dazu konnten in allen drei Versuchsgruppen (Spiel + Workshop, nur Spiel, „klassischer Unterricht“) nach den Interventionen mehr oder weniger deutliche, wenngleich moderate Verbesserungen der Ergebnisse verzeichnet werden. Auffällig war, dass zwischen den Gruppen keine nennenswerten Unterschiede im Ausmaß des Wissenszuwachses zu verzeichnen waren. Auf Ebene der Sachinformationen ließen sich weder aus Spiel noch aus Spiel mit Workshop zusätzliche Lerneffekte gegenüber klassischen Formen der Wissensvermittlung feststellen. Bemerkenswert sind allerdings die Ergebnisse zur Frage nach der Selbsteinschätzung des Kenntnisstandes der Schüler:innen. Während diese nach der Intervention in allen Gruppen vorsichtiger ausgefallen ist, zeigte sich eine deutlich skeptischere Beurteilung der eigenen Kenntnisse und Fähigkeiten bei den Gruppen mit Spiel und insbesondere bei jener mit Spiel und Workshop. Dies lässt die Interpretation zu, dass die spielerische Auseinandersetzung und deren Reflexion zu einem differenzierteren Einschätzungsvermögen und zu einer kritischen Haltung gegenüber den eigenen Kompetenzen beiträgt.

### **Entwicklung und Erwerb von Systemverständnis**

Die Entwicklung des Verständnisses für systemische Beziehungen wurde in der Sekundarstufe durch die Aufgabe der Concept-map abgefragt. Ausgewertet und verglichen wurden die Ergebnisse anhand der Anzahl der genannten Begriffe, der Komplexität der Darstellungsform sowie der fachlichen Korrektheit der darin dargestellten Zusammenhänge. Hier waren die höchsten Zugewinne an Differenzierung eindeutig in der Gruppe, die das Spiel mit Workshop durchgeführt hatte, gefolgt von jener die ausschließlich mit dem Spiel gearbeitet hatte, bei einem vergleichsweise moderaten Zuwachsniveau in der Kontrollgruppe. Untermauert wurde dieses Ergebnis durch die Antwortstrukturen auf die Fragen nach Möglichkeiten, den Klimawandel einzudämmen („Mitigation“) bzw. sich an diesen anzupassen („Adaptation“), die ebenfalls auf ein systemisches Verständnis rückschließen lassen.

In der Primarstufe wurde Systemverständnis etwa über die Fragen erhoben: „Was denkst du, wird passieren, wenn die Menschen viel CO<sub>2</sub> (Kohlenstoffdioxid) verursachen?“, bzw. „Glaubst du, dass es einen Unterschied macht, ob du mit dem Auto, zu Fuß, mit dem Scooter oder mit dem Bus zur Schule kommst? Wenn ja, wieso?“ Eine Antwort einer Schülerin auf letztere Frage nach dem Spiel, die auf ein verbessertes Systemverständnis schließen lässt, war beispielsweise: „Weil, wenn man jetzt mit dem Auto fährt und es ist nicht recht weit, dann kann man auch zu Fuß gehen oder mit dem Rad. Und wenn es recht weit ist, dann kann man auch mit dem Bus fahren, weil dann muss nicht jeder einzeln fahren, weil – ja – das verbraucht dann auch wieder ganz viel CO<sub>2</sub>.“

### **Selbstwirksamkeit und Motivation zum eigenen Handeln**

Der Aspekt wurde unter anderem durch die Fragen „Glaubst Du, dass die Menschheit es schafft, die Herausforderungen des Klimawandels zu bewältigen?“ und „Was kannst Du selbst tun, um die Auswirkungen des Klimawandels zu verringern?“ erhoben. Während die erste Frage eine globale, allgemeine Perspektive in den Mittelpunkt stellt, gilt die zweite den konkreten Handlungsoptionen und Handlungsmöglichkeiten. Bei ersterer Frage ließ sich über die Gruppen hinweg eine leichte Tendenz zu einer optimistischeren Einschätzung nach den Interventionen erkennen. Die Unterschiede zwischen den Gruppen sind jedoch marginal. Bei der zweiten Frage zeigte sich wiederum ein Muster, das bei den Gruppen, die sich mit dem Thema spielerisch an dem konkreten Beispielsetting auseinandergesetzt hatten, deutlich mehr (korrekte) und differenziertere Handlungsoptionen erkennen ließ. Die Vielfalt an erkannten Möglichkeiten und Ansätzen zum Handeln lässt wiederum auf ein vertieftes Verständnis systemischer Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Ebenen menschlichen Verhaltens und deren Auswirkungen rückschließen. Hinsichtlich der Motivation zum eigenen Handeln seien zwei Aussagen von Kindern aus der Primarstufe nach dem Spiel zur Illustration hervorgehoben, in denen die Befragten ihre Bereitschaft zum Ausdruck brachten, Selbstinitiative

zu ergreifen. So meinte ein Mädchen: „[...] weil ich kann auch selber daran arbeiten, dass ich nicht so viel CO<sub>2</sub> verbrauche“, und ein anderes äußerte selbstbewusst „Ich helfe eigentlich ganz schön mit beim Klimawandel“.

## 6. Schlussfolgerungen und Ausblick

Über die oben skizzierten Befragungsergebnisse hinaus wurden im Rahmen der Gruppendiskussionen mit Schüler:innen und Lehrkräften einige positive Aspekte des Spieldesigns festgehalten. Dazu gehört das realistische Setting, das die Identifikation der Lernenden mit der eigenen Lebenswelt fördert und die Motivation der Spieler:innen steigert, sich mit dem Thema auseinanderzusetzen. Positiv wurde zudem der Spielmodus angemerkt, wo gemeinsam in gemischten Teams Spielstrategien erarbeitet werden, was Multiperspektivität, Differenzierung und Inklusion fördert. Und nicht zuletzt die durch das Setting begründete Konfrontation mit einer Dilemma-Situation wurde als besonders lernwirksam hervorgehoben. So werden die Spieler:innen aufgefordert, sich mit verschiedenen Dimensionen des Wachstums auseinanderzusetzen, deren positive und negative Seiten zu erfassen und abzuwägen, um letztlich festzustellen, dass es nicht die eine optimale Lösung für das Problem einer ökologisch, ökonomisch und sozial nachhaltigen Stadtentwicklung gibt. Die sogenannten „Ereigniskarten“ wurden als weitere Lernimpulse erkannt, die die Unwägbarkeiten verdeutlichen, mit denen die Planung konfrontiert ist. An den Spielverläufen wurde deutlich, wie sich durch den Klimawandel unerwartete neue Situationen ergeben können, die auch zunehmende Herausforderungen für die Menschen bei ihren Entscheidungen mit sich bringen. Es gilt dann, dass zwischen mehreren zumeist jeweils für sich suboptimalen und insgesamt unbefriedigenden Alternativen gewählt werden muss, mit Lösungen, bei denen das Gefühl eines inneren Konfliktes zurückbleibt. Solche Dilemmata lassen sich in der Regel nur durch Kompromisse und nicht endgültig lösen, wobei Fähigkeiten zum Denken in Varianten, zum Einschätzen von alternativen Entscheidungen und Handlungsfolgen sowie zum Perspektivenwechsel wichtige Kompetenzen und Hilfsmittel darstellen (Grundmann, 2017).

Offenkundig wurde im Rahmen der Pilotierungen, dass Spielsettings für sich allein zunächst als „Teaser“ dienen, um einen Einstieg zum Verständnis der komplexen Materie einer nachhaltigen Entwicklung zu fördern. Begleitende fachliche Inputs und Informationen, die in die behandelte Thematik einführen, sind daher ebenso wichtig wie angeleitete Reflexionsphasen, in denen Spielidee, Hintergrund, Ziele und die jeweiligen Handlungsstrategien der Spieler sowie die daraus resultierenden Ergebnisse reflektiert und diskutiert werden. Dies lässt sich aus den Ergebnissen aus dem Setting „Workshop+Spiel“ ableiten. Die jeweilige Einbettung in den Unterrichtskontext ist entscheidend für den Lernerfolg. Als Folgerung sollen nun ergänzende Unterrichtsmaterialien sowie zusätzliche Informationen für Lehrkräfte

erarbeitet werden, die den pädagogischen Einsatz des Spiels zukünftig unterstützen. Als pädagogische Ergänzung ist auch die Spielentwicklung für Level 2, das digitale Planspiel, gedacht, bei dem die Spielhandlungen durch Simulationen der Auswirkungen realitätsnah unterfüttert werden sollen. Dazu wurde das Projektteam durch die Expertise von Entwicklern digitaler Spiele ergänzt.

Bleibt abschließend die grundsätzliche Frage, inwiefern „serious gaming“ geeignet ist, transformative Lerneffekte, also Veränderungen in den Haltungen und Handlungsmustern der Lernenden, zu initiieren (Singer-Brodowski, 2016). Einen Anhaltspunkt bieten die zuvor angesprochenen, in der Spielkonzeption implementierten Dilemma-Situationen. Indem Dilemmata dekonstruiert und nach deren Ursachen und Wurzeln gefragt wird, können diese ein Potential zum Erschließen fundamentaler, individueller und gesellschaftlicher „Tiefenstrukturen“ nicht nachhaltigen Verhaltens und nicht-nachhaltiger Entwicklung bereitstellen (ebd.). Im vorgestellten Beispiel kann dies durch Thematisierung von Fragen nach den treibenden Kräften städtischen Wachstums und den dahinterstehenden Strukturen eines (fossilbasierten, industriellen) Ökonomiemodells erfolgen. Daran lassen sich grundsätzliche Fragen nach den Widersprüchlichkeiten des zugrunde liegenden Wachstumsmodells anschließen, menschliche Natur- und Ressourcenbeziehungen in industriell-urbanen Lebenswelten problematisieren und daran im Sinne einer Ideologiekritik die jeweils eigenen Denk-, Handlungs- und Verhaltensmuster (Lebensstile, Wohn-, Konsum-, Mobilitäts- und Freizeitverhalten) prüfen (Brookfield, 2000; Bonnett, 2004; 2006). Indem diese Zusammenhänge auf spielerische Weise in den Erfahrungshorizont der Lernenden hereingeholt werden, können sie zur Schärfung des Bewusstseins für und Auseinandersetzung mit subjektiven Bedeutungsperspektiven anregen. Insofern kann die Bildungswirkung eines „Serious games“ durchaus über die Funktion eines didaktischen „Türöffners“ hinausweisen.

## Danksagung

Wir danken dem Klimafonds der Stadt Linz für die finanzielle Unterstützung des Projekts. Der Beitrag basiert auf einem Vortrag mit anschließendem Workshop, den der Autor bei der IMST-Tagung im September 2024 an der Privaten Pädagogischen Hochschule der Diözese Linz gehalten hat.

## Referenzen

Ampatzidou, C. & Gugerell, K. (2018). Participatory game prototyping—balancing domain content and playability in a serious game design for the energy transition. *CoDesign*, 15(4), 345–360. <https://doi.org/10.1080/15710882.2018.1504084>

- Bertschy, F., Künzli, C. & Lehmann, M. (2013). Teachers' competencies for the implementation of educational offers in the field of education for sustainable development. *Sustainability*, 5(12), 5067–5080.
- Bollmann-Zuberbühler, B., Strauss, N. C., Kunz, P. & Frischknecht-Tobler, U. (2016). Systemdenken als Schlüsselkompetenz einer Bildung für nachhaltige Entwicklung. Eine explorative Studie zum Transfer in Schule und Unterricht. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, 34(3), 368–383.
- Bonnett, M. (2004). *Retrieving Nature: education in a post-humanist age*. Oxford: Blackwell.
- Bonnett, M. (2006). Education for sustainability as a frame of mind. *Environmental Education Research*, 12(3–4), 265–276.
- Brockmüller, S. & Siegmund, A. (2020). Erfassung und Entwicklung von Systemkompetenz–Empirische Befunde zu Kompetenzstruktur und Förderbarkeit durch den Einsatz analoger und digitaler Modelle: Empirische Befunde zu Kompetenzstruktur und Förderbarkeit durch den Einsatz analoger und digitaler Modelle. *Zeitschrift für Geographiedidaktik-ZGD*, 48(1), 31–49.
- Brookfield, S. D. (2000). Transformative learning as ideology critique. In J. Mezirow (Hrsg.), *Learning as transformation: Critical perspectives on a theory in progress* (S. 125–148). San Francisco: Jossey-Bass.
- Charlo, J. C. P. (2022). The rise of educational escape rooms: Designing games as formative tasks. In *Handbook of Research on the Influence and Effectiveness of Gamification in Education* (S. 143–163). IGI Global Scientific Publishing.
- Grundmann, D. (2017). *Bildung für nachhaltige Entwicklung in Schulen verankern: Handlungsfelder, Strategien und Rahmenbedingungen der Schulentwicklung*. Springer.
- Gugerell, K. & Zuidema, C. (2017). Gaming for the energy transition. Experimenting and learning in co-designing a serious game prototype. *Journal of Cleaner Production*, 169, 105–116.
- Haan, G. de & Harenberg, D. (1999). Bildung für eine nachhaltige Entwicklung. Gutachten zum Programm. *Materialien zur Bildungsplanung und zur Forschungsförderung* 72. <https://doi.org/10.25656/01:218>
- Helfferich, C. (2022). Leitfaden- und Experteninterviews. In N. Baur & J. Blasius (Hrsg.), *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung* (S. 875–891). Wiesbaden. Springer.
- Herb, L. (2024). *Kompetenzförderung durch ein didaktisches Konzept im Bereich Bildung für nachhaltige Entwicklung. Entwickelt im Projekt „Serious Games 4 Energy Transition“*. Master-Thesis an der Pädagogischen Hochschule Oberösterreich.
- Hopkins, R., Hopkins, R. & Heinberg, R. (2008). *The transition handbook: from oil dependency to local resilience*. Bloomsbury Publishing.

- Ibisch, P.L., Molitor, H., Conrad, A., Walk, H., Mihotovic, V. & Geyer, J. (2022). Der Mensch im globalen Ökosystem. *Eine Einführung in die nachhaltige Entwicklung*. München: oekom.
- Kammerer, L. (2026, in Bearbeitung). *Serious Games in der Bildung für nachhaltige Entwicklung. Erarbeitung eines Spieldesigns zum Thema Klimawandel und Klimawandelmitigation*. Master-Thesis an der Pädagogischen Hochschule Oberösterreich.
- Khadka, A., Li, C. J., Stanis, S.W. & Morgan, M. (2021). Unpacking the power of place-based education in climate change communication. *Applied Environmental Education & Communication*, 20(1), 77–91.
- Klafki, W. (1994). Zweite Studie: Grundzüge eines neuen Allgemeinbildungskonzeptes. Im Zentrum: Epochaltypische Schlüsselprobleme. In: W. Klafki, *Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik. Zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik*. 4. Aufl., Weinheim/Basel.
- Kuckartz, U. & Rädiker, S. (2022). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. Grundlagentexte Methoden*. Weinheim Basel. Beltz Juventa.
- Künzli, C. (2006). Didaktisches Konzept Bildung für eine nachhaltige Entwicklung. Arbeitspapier Nr.1 aus dem Forschungsprojekt des Nationalfonds (Nr. 1114-063780) und der Lehrerinnen- und Lehrerbildung Bern (Nr. 02015004): „Bildung für eine nachhaltige Entwicklung: Didaktische Konzeption und Umsetzung in die Schulpraxis“.
- Kurz, P., Graz, I., Hofer, D., Neuböck-Hubinger, B. & Steiner, R. (2023). *Systems Thinking as a Future Skill in Education for Sustainable Development (ESD): The Project “Serious Games 4 Energy Transition (Sg4et)”*. In: Gisela Schutti-Pfeil, Antonia Darilion und Barbara Ehrenstorfer (Hrsg.): *Future Skills und das Lehren und Lernen von morgen*. Tagungsband zum 11. Tag der Lehre der FH Oberösterreich: 88–97.
- Mezirow, J. (1997). Transformation theory out of context. *Adult education quarterly*, 48(1), 60–62.
- Mezirow, J. (2000). *Learning as Transformation: Critical Perspectives on a Theory in Progress*. *The Jossey-Bass Higher and Adult Education Series*. Jossey-Bass Publishers.
- Michelsen, G. (2009). Kompetenzen und Bildung für nachhaltige Entwicklung. In *Dokumentation des 14. Symposiums zur nachhaltigen Entwicklung des Sports vom 07.-08. Dezember 2006 in Bodenheim/Rhein* (p. 17).
- Monroe, M. C., Plate, R. R., Oxarart, A., Bowers, A. & Chaves, W. A. (2019). Identifying effective climate change education strategies: A systematic review of the research. *Environmental Education Research*, 25(6), 791–812.
- Oliveira, W., Hamari, J., Shi, L., Toda, A. M., Rodrigues, L., Palomino, P. T. & Isotani, S. (2023). Tailored gamification in education: A literature review and future agenda. *Education and information technologies*, 28(1), 373–406.

- Porter, D., Weaver, A. J. & Raptis, H. (2012). Assessing students' learning about fundamental concepts of climate change under two different conditions. *Environmental Education Research*, 18(5), 665–686.
- Pruneau, D., Gravel, H., Bourque, W. & Langis, J. (2003). Experimentation with a socio-constructivist process for climate change education. *Environmental Education Research*, 9(4), 429–446.
- Ostrom, E. (2000). Collective action and the evolution of social norms. *Journal of economic perspectives*, 14(3), 137–158.
- Piaget, J. & Inhelder, B. (2008). *The psychology of the child*. Basic books.
- Petrowitsch, S. (2024). *Klimawandel als Thema im Schulunterricht: Eine vergleichende Untersuchung zu verschiedenen Lehr- und Lernsettings unter besonderer Berücksichtigung des „serious gaming“*. Master-Thesis an der Pädagogischen Hochschule Oberösterreich.
- Putz, L. M., Hofbauer, F. & Treiblmaier, H. (2020). Can gamification help to improve education? Findings from a longitudinal study. *Computers in Human Behavior*, Volume 110, Article 106392.
- Rajabifard, A. (2019). Sustainable development goals connectivity dilemma. In *Sustainable Development Goals Connectivity Dilemma* (pp. 3–11). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780429290626>
- Raphael, C., Bachen, C., Lynn, K. M., Baldwin-Philippi, J. & McKee, K. A. (2010). Games for civic learning: A conceptual framework and agenda for research and design. *Games and culture*, 5(2), 199–235.
- Riddell, R. (2008). *Sustainable urban planning: tipping the balance*. John Wiley & Sons.
- Rieckmann, M. (2018). Learning to transform the world: Key competencies in Education for Sustainable Development. *Issues and trends in education for sustainable development*, 39, 39–59.
- Rieß, W. (2013). Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) und Förderung des systemischen Denkens. *Anliegen Natur*, 35(1), 55–64.
- Rost, J. (2005). Messung von Kompetenzen Globalen Lernens. *ZEP: Zeitschrift für internationale Bildungsforschung und Entwicklungspädagogik*, 28(2), 14–18.
- Scannell, L. & Gifford, R. (2013). Personally relevant climate change: The role of place attachment and local versus global message framing in engagement. *Environment and Behavior*, 45(1), 60–85.
- Simon, K. H. & Fritsche, U. (1998). Stoff- und Energiebilanzen. *Stadtökologie. Ein Fachbuch für Studium und Praxis*, 2, 373–400.
- Singer-Brodowski, M. (2016). Transformative Bildung durch transformatives lernen. Zur Notwendigkeit der erziehungswissenschaftlichen Fundierung einer neuen Idee. *ZEP: Zeitschrift für internationale Bildungsforschung und Entwicklungspädagogik*, 39(1), 13–17.

- Taber, F. & Taylor, N. (2009). Climate of concern – A search for effective strategies for teaching children about global warming. *International Journal of Environmental and Science Education*, 4(2), 97–116.
- Tarmann, P. (o.J.). *Transformative Bildung*. Arbeitspapier an der Kirchlichen Pädagogischen Hochschule Krems.
- Uzzell, D.L. (2000). The psycho-spatial dimension of global environmental problems. *Journal of environmental psychology*, 20(4), 307–318.
- Yigitcanlar, T. & Teriman, S. (2015). Rethinking sustainable urban development: towards an integrated planning and development process. *International journal of environmental science and technology*, 12, 341–352.
- Yu, Z., Gao, M. & Wang, L. (2021). The effect of educational games on learning outcomes, student motivation, engagement and satisfaction. *Journal of Educational Computing Research*, 59(3), 522–546.