

– **Abschlussbericht** –
für das Projekt

Landnutzungskonflikte Erneuerbare Energien

– **Szenario-basierte Umweltbildung zu den Raumanforderungen
erneuerbarer Energien unter Nutzung neuer Medien** –

Machbarkeitsstudie

– **SDG:LaNuKon** –

Prof. Dr. Alexander Siegmund, Dr.-Ing. Ulrich Gehrlein, Dr. Alexandra Siegmund

Heidelberg, 20. April 2021



Allgemeine Angaben

Projektkonsortium

Antragsteller:

Prof. Dr. Alexander Siegmund
Pädagogische Hochschule Heidelberg
Abteilung Geographie – Research Group for Earth Observation (rgeo)
UNESCO-Lehrstuhl für Erdbeobachtung und Geokommunikation von Welterbestätten und
Biosphärenreservaten
Czernyring 22/11-12
69115 Heidelberg

Tel: 06221/477 771
E-Mail: siegmund@ph-heidelberg.de
Web: www.rgeo.de

Kooperationspartner:

Dr.-Ing. Ulrich Gehrlein (Arbeitsbereichsleiter)
Institut für Ländliche Strukturforchung an der Goethe Universität Frankfurt am Main
Kurfürstenstraße 49
60486 Frankfurt/Main


Dr. Alexandra Siegmund (Geschäftsführerin)
Siegmund Space & Education gGmbH
Heidelberger Str. 19
69251 Gaiberg

Thema

SDG und Landnutzungskonflikte – Umsetzungskonzept einer medienbasierten Szenarienentwicklung zum Abgleich von Sustainable Development Goals und den Raumanforderungen konkurrierender Landnutzungen am Beispiel der Nutzung erneuerbarer Energien (SDG:LaNuKon)

Umsetzungszeitraum

24 Monate, 02.05.2019 - 30.04.2021

06/02					
Projektkennblatt der Deutschen Bundesstiftung Umwelt					
Az	34730/01	Referat	43	Fördersumme	119.615,00 €
Antragstitel: "Szenario-basierte Umweltbildung zu den Raumforderungen erneuerbarer Energien unter Nutzung neuer Medien - Machbarkeitsstudie"					
Stichworte: Nachhaltigkeit, Bildung für nachhaltige Entwicklung, Sustainable Development Goals					
Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)		
39 Monate	02.05.2019	30.04.2021			
Zwischenberichte:	April 2020				
Bewilligungsempfänger:	Pädagogische Hochschule Heidelberg Institut für Naturwissenschaften, Geographie und Technik Abteilung Geographie Prof. Dr. Alexander Siegmund Czernyring 22 / 11-12 69115 Heidelberg		Tel.: 06221/477-771 Projektleitung: Prof. Dr. Alexander Siegmund Bearbeiter: Eva Landmesser		
Kooperationspartner:	Institut für Ländliche Strukturforschung (ifls): Kurfürstenstraße 49, 60486 Frankfurt am Main; Leitung: Ulrich Gehrlein Siegmund Space & Education gGmbH: Heidelberger Straße 19, 69251 Gaiberg; Leitung: Dr. Alexandra Siegmund				
Zielsetzung und Anlass des Vorhabens					
<p>Im Rahmen des Projekts „Sustainable Development Goals und Landnutzungskonflikte“ (SDG:LaNuKon) soll das Verständnis für die nachhaltigen Entwicklungsziele der Agenda 2030 gefördert werden. Diese führen zu räumlichen Auswirkungen, die teilweise zueinander im Widerspruch stehen. Unter besonderer Berücksichtigung der erneuerbaren Energien als Entwicklungsziel sollen diese Widersprüche problemorientiert und an praxisnahen Beispielräumen in Form eines Serious Games interaktiv thematisiert werden. Ziel des Projektes SDG:LaNuKon ist es, sowohl zu Zielen im Bereich Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) als auch zu Ausbildungs- und Qualifizierungszielen einschlägiger Studiengänge beizutragen. Dies geschieht durch die Lernerfahrung, die im zum</p>					

entwickelnden Tool gemacht werden kann. Durch die Darstellung aktueller Landnutzungs- und Energieversorgungsstrukturen wird ein Verständnis von lokalem Handeln und globalen Auswirkungen vermittelt.

Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden

Mit der Entwicklung des Lerntools in Form eines Serious Games sollen verschiedene globale Lernziele/Richtziele erreicht werden. Diese stellen den ersten Schritt der Operationalisierung des Projektziels dar und werden anschließend mit der Formulierung der Grob- und Feinziele spezifiziert. Die Richtziele beziehen sich auf mehrere Bereiche: zuerst auf die Bewusstseinsbildung für die Relevanz erneuerbarer Energien mit Bezug auf die Sustainable Development Goals und deren Zielkonflikte, instrumentalisiert durch die Darstellung und die Ausgestaltungsmöglichkeiten der Energieversorgungsstrukturen in einem begrenzten Zielraum. Ferner wird dadurch das Verständnis für die Ursache-Wirkungs-Beziehungen des lokalen Handelns auf global wirksame Folgen vermittelt. Dafür notwendig ist eine Potenzialanalyse des Zielraums und anderer SDG-relevanter Interessen, um verschiedene mögliche Szenarien der Ressourcennutzung abzubilden. Dadurch erfahren die Anwendenden, wie einerseits das regionale Potenzial genutzt und andererseits welche externalisierten Auswirkungen durch Entscheidungsspielräume modifiziert werden können. Die interaktiven und multiperspektivischen Aushandlungs- und Meinungsbildungsprozesse durch die Miteinbeziehung verschiedener Stakeholder dienen dabei als Grundlage für die Entscheidung der Spielenden, die wiederum verschiedene Konsequenzen nach sich ziehen. Im Anschluss werden die beobachteten Konsequenzen aus ethischer Perspektive diskutiert. Alle Richtziele stehen miteinander in reziproker Beziehung.

Bei der Umsetzung der Lernziele, ergo bei der Lernmethode, handelt es sich um ein sog. digitales Serious Game, also ein computergestütztes Spiel, das sich von reinen Unterhaltungsspielen v.a. darin unterscheidet, dass es ein oder mehrere Lernziele verfolgt.

Ergebnisse & Diskussion

Im Rahmen des Umsetzungskonzepts wird die Machbarkeit des Serious Games abschließend bewertet, wobei Aufwand und Nutzen gegenübergestellt werden.

Für das Serious Game haben sich verschiedene Anwendungskontexte und damit auch Zielgruppen als realisierbar erwiesen: der unterrichtliche Kontext für gymnasiale Oberstufenschüler/innen, Studierende, sowie einschlägig interessierte Besucher/innen von Umweltbildungszentren. Durch diese diversen Einsatzmöglichkeiten erfährt das Spiel eine breite Dissemination. Besonders im schulischen Kontext kann es fächerübergreifend angewandt werden. Explizite Bezugsmöglichkeiten finden sich in den Fächern Geographie, Ethik und Gemeinschaftskunde. Durch die Funktion des Spiels als Tool zur Förderung von Bildung für nachhaltige Entwicklung allgemein kann aber auch ein Einsatz in weiteren Unterrichtsfächern kontextabhängig erfolgen.

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie hat sich gezeigt, dass das ursprüngliche Konzept, die Realität möglichst nah wiederzugeben, teilweise schwer oder nicht umzusetzen ist bzw. gar nicht sinnvoll hinsichtlich der Lernziele erscheint. Die Datenverfügbarkeit ist ein zentraler limitierender Faktor. Gleichzeitig bedeutet ein Mehr an Daten nicht unbedingt ein gesteigertes Lernergebnis. Im Gegenteil: durch eine reduzierte Komplexität kann der Fokus bewusst auf als zentral erachtete Aspekte des Ausbaus und der Nutzung erneuerbarer Energien gelegt werden. So trägt das Datenkonzept dazu bei, dass das Lernspiel im Rahmen eines gerechtfertigten Aufwands entwickelt und gleichzeitig das bestmögliche Lernergebnis erreicht werden kann.

Das Ziel des Simulationstools soll die Erstellung eines Instruments zur Bewusstseinsbildung und Förderung von Entscheidungskompetenz von Schüler/innen und anderen Zielgruppen für die Nachhaltigen Entwicklungsziele (SDG), insbesondere für das Umsetzungspotenzial erneuerbarer Energien sein. Diese Stärkung der Entscheidungskompetenz fördert sowohl das Umweltbewusstsein der SuS, als auch deren Sach- und Handlungskompetenz in Umweltthemen. Das Serious Game trägt also dazu bei, dass SuS zukunftsfähige umweltfreundliche Entscheidungen über Landnutzungenarten fällen und die Konsequenzen für Stakeholder nachvollziehen und bewerten können. Die SuS erhalten Kenntnis darüber, inwiefern und mit welchen Nebenwirkungen die Ziele der Energiewende durch die genannten erneuerbaren Energien realisiert werden können. Dabei spielen Artenvielfalt und Klimaschutz genauso eine Rolle wie landwirtschaftliche Tragfähigkeit bzw. Ernährungssicherungsfragen, soziale Gerechtigkeit, Wettbewerbsfähigkeit und Energieversorgung. Letztere Interessen müssen im Einklang im ersteren getroffen werden, um nachhaltig Wohlstand, Versorgung und Generationengerechtigkeit zu gewährleisten. Denn für eine ganzheitliche Betrachtung sind die Fragen der Energiewende nicht ausschließlich wirtschaftlicher und umwelttechnischer, sondern

auch ethischer Natur. In diesem Dreieck bewegen sich die Haltungen unterschiedlicher Akteure, die zu den Eckpunkten dieser Zusammenhänge in Relation setzen müssen (vgl. BERR 2018: 57).

Öffentlichkeitsarbeit & Präsentation

Da es sich um eine Machbarkeitsstudie handelte, stand die Öffentlichkeitsarbeit nicht im Fokus dieses Projekts. Im Verlauf der Projektumsetzung fanden zwei Workshops mit Expertinnen und Experten statt, bei denen intensiv über die Umsetzungsideen diskutiert wurden und die Ergebnisse bei der weiteren Entwicklung mit aufgenommen wurden.

Fazit

Dem Ausbau Erneuerbaren Energien und im Zuge der Energiewende, weg von fossilen Energieträgern und Atomkraft und für den Klimaschutz, kommt eine zentrale Rolle zu. Anders als bei herkömmlicher Energieerzeugung in Großkraftwerken, wird die Energie aber bei der Nutzung von Wind, Sonne und Biomasse dezentral erzeugt und bedarf daher größerer Flächen. Der damit verbundene Flächenverbrauch steht oft in Konflikt zu anderen Landnutzungsformen – entsprechende gesellschaftliche und politische Diskurse sind die Folge.

Das im Rahmen des Projektes konzipierte Lernspiel kann substantiell dazu beitragen, diese Flächennutzungskonflikte sichtbar zu machen, unterschiedliche Nutzungsalternativen zu entwickeln und beurteilen, um so modellhaft nachhaltige Lösungen für den Ausgleich unterschiedlicher Interessen und damit Nutzungsansprüche für verschiedene Szenarien des Ausbaus erneuerbarer Energien zu simulieren. Das hierzu entwickelte Konzept eines interaktiven Lernspiels trägt dabei auch maßgeblich zur Förderung der von den Vereinten Nationen im Jahr 2015 mit der Agenda 2030 definierten 17 globalen Nachhaltigkeitsziele (Sustainable Development Goals, SDG) bei.

Eine Umsetzung des im Rahmen dieser Machbarkeitsstudie konzipierten Lernspiels in Form eines immersiven, digitalen Serious Game würden notwendige Kenntnisse, Fähigkeiten und Kompetenzen maßgeblich fördern. Die im Rahmen des Projekts „Landnutzungskonflikte Erneuerbare Energien – Szenario-basierte Umweltbildung zu den Raumanforderungen erneuerbarer Energien unter Nutzung neuer Medien“ durchgeführte Studie hat dabei gezeigt, dass die Umsetzung des hierzu entwickelten Methodik-didaktischen Konzepts einen wertvollen und wichtigen Beitrag für die Umsetzung der Nachhaltigkeitsziele auf lokaler Ebene leisten kann und ist durchweg auf positive Rückmeldung gestoßen.

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung und Rahmendaten	6
2	Zielsetzung.....	6
2.1	Ausgangssituation und Problemrelevanz.....	6
2.2	Lösungsbeiträge einer medienbasierten Szenarienentwicklung zu den Raumanforderungen erneuerbarer Energien	7
3	Projektumsetzung und -ergebnisse.....	9
3.1	AP 1: Didaktik-Konzept.....	11
3.1.1	Lernziele	11
3.1.2	Grobziele und Kompetenzen	13
3.1.3	Zielgruppen und Anwendungszusammenhang	14
3.1.4	Die Ziele für eine nachhaltige Entwicklung (SDGs)	14
3.1.5	Das Spielkonzept.....	15
3.2	Ablauf des Lernspiels.....	16
3.2.1	Spielstart	16
3.2.2	Erkundungsphase.....	17
3.2.3	Entscheidungsphase	18
3.2.4	Rückmeldungsphase	18
3.2.5	Das Ende des Spiels.....	19
3.3	AP 2: Szenarien-Konzept	19
3.3.1	AP 2.1 Identifikation relevanter Daten	19
3.3.2	AP 2.2 Modulation der Szenarien	21
3.4	AP 3: Technikkonzept der Medienplattform - Lastenheft.....	24
3.4.1	Nicht-funktionale Anforderungen.....	25
3.4.2	Funktionale Anforderungen.....	26
3.5	AP 4: Umsetzungskonzept.....	28
4	Fazit	32
	Literaturnachweise.....	34
5	Anhang.....	35

1 Zusammenfassung und Rahmendaten

Im Rahmen des Projekts „Sustainable Development Goals und Landnutzungskonflikte“ (SDG:LaNuKon) soll das Verständnis für die nachhaltigen Entwicklungsziele der Agenda 2030 gefördert werden. Die Ziele bringen räumliche Auswirkungen mit sich, die teilweise im Widerspruch zueinander stehen. Unter besonderer Berücksichtigung der erneuerbaren Energien als Entwicklungsziel sollen diese Widersprüche problemorientiert und an praxisnahen Beispielräumen in Form eines Serious Games interaktiv thematisiert werden. In den ersten Monaten der Machbarkeitsstudie zur Vorbereitung eines solchen Serious Games wurden zentrale Aspekte des didaktischen Gesamtkonzepts im Kontext der geplanten Anwendung (v.a. im Schulunterricht) und in Hinblick auf die entsprechende Zielgruppe (v.a. Schüler/innen) (Arbeitspaket 1) erarbeitet und in einem Experten/innenworkshop besprochen. Des Weiteren wurde die Methode der „medienbasierten Szenarienentwicklung“ eingegrenzt, die auf ein Serious Game in der finalen Anwendung hinausläuft. Mit dem Serious Game werden die Bildungsinhalte methodisch innovativ und dem aktuellen technischen sowie lerntheoretischen Kenntnisstand entsprechend umgesetzt. Im Anschluss daran wurden erste Ansätze zum Spielkonzept v.a. auch mit den externen Kooperationspartnern des Projekts (IfLS und Siegmund Space & Education) diskutiert und definiert. Im selben Zug wurden die SDGs vorausgewählt, auf die in der Lernanwendung fokussiert werden soll und erste Datenbedarfe diskutiert (Arbeitspaket 2). Der Zielraum, in dem die Landnutzungskonflikte simuliert werden sollen, bezieht sich zunächst auf den UNESCO Geo-Naturpark Odenwald-Bergstraße als Modellregion für ein deutsches Mittelgebirge.

2 Zielsetzung

2.1 Ausgangssituation und Problemrelevanz

Weltweit und so auch in vielen Regionen Deutschlands existieren vieldimensionale Konflikte um die begrenzte Ressource Raum, die sich auch in Zukunft weiter verschärfen werden. Mit den 17 SDGs einigten sich die Vereinten Nationen auf eine nachhaltige Gestaltung von Umwelt, Wirtschaft und Gemeinschaft, aus denen sich verschiedene Nutzungsansprüche für den Raum ergeben. Auch wenn diese individuell genommen alle im Sinne eines bestimmten nachhaltigen Entwicklungsziels sind, können sie gleichzeitig miteinander konkurrieren oder sogar - nicht selten - im Widerspruch zueinander stehen. Daraus ergibt sich eine multiperspektivische Betrachtungsweise der verschiedenen SDGs. Die zukunftsorientierte Gestaltung des Raumes hängt von der jeweiligen Interessenlage verschiedener Akteursgruppen ab, was sich insbesondere am Beispiel erneuerbare Energien zeigt. Für die Schülerinnen und Schüler (SuS), die die Hauptzielgruppe des Projekts darstellen, sind die verschärften

künftigen Raumnutzungskonflikte in Zusammenhang mit der Energiewende als Entscheidende der Zukunft besonders relevant. Progressive Verantwortungsübernahme in einer nachhaltigen Gesellschaft setzt voraus, die Konsequenzen des eigenen Handelns sowie das von verschiedenen Akteur/innen überblicken zu können, woraus sich ein besonderer Bildungsbedarf in diesem Themenfeld ergibt. Die SuS sollen durch einen multiperspektivischen und interaktiven Ansatz erlernen, wie die Interessenkonflikte im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung und zur Erreichung der SDGs optimal gelöst werden können.

Ziel des Projektes SDG:LaNuKon ist es, sowohl zu Zielen im Bereich Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) als auch zu Ausbildungs- und Qualifizierungszielen einschlägiger Studiengänge beizutragen. Dies geschieht durch die Lernerfahrung, die im zum entwickelnden Tool gemacht werden kann. Durch die Darstellung aktueller Landnutzungs- und Energieversorgungsstrukturen wird ein Verständnis von lokalem Handeln und globalen Auswirkungen vermittelt. Mit der Entwicklung des Lerntools in Form eines Serious Games sollen verschiedene globale Lernziele/Richtziele erreicht werden. Diese stellen den ersten Schritt der Operationalisierung des Projektziels dar und werden anschließend mit der Formulierung der Grob- und Feinziele spezifiziert. Die Richtziele beziehen sich auf mehrere Bereiche: zuerst auf die Bewusstseinsbildung für die Relevanz erneuerbarer Energien mit Bezug auf die Sustainable Development Goals und deren Zielkonflikte, instrumentalisiert durch die Darstellung und die Ausgestaltungsmöglichkeiten der Energieversorgungsstrukturen in einem begrenzten Zielraum. Ferner wird dadurch das Verständnis für die Ursache-Wirkungs-Beziehungen des lokalen Handelns auf global wirksame Folgen vermittelt. Dafür notwendig ist eine Potenzialanalyse des Zielraums und anderer SDG-relevanter Interessen, um verschiedene mögliche Szenarien der Ressourcennutzung abzubilden. Dadurch erfahren die Anwendenden, wie einerseits das regionale Potenzial genutzt und andererseits welche externalisierten Auswirkungen durch Entscheidungsspielräume modifiziert werden können. Die interaktiven und multiperspektivischen Aushandlungs- und Meinungsbildungsprozesse durch die Miteinbeziehung verschiedener Stakeholder dienen dabei als Grundlage für die Entscheidung der Spielenden, die wiederum verschiedene Konsequenzen nach sich ziehen. Im Anschluss werden die beobachteten Konsequenzen aus ethischer Perspektive diskutiert. Alle Richtziele stehen miteinander in reziproker Beziehung.

2.2 Lösungsbeiträge einer medienbasierten Szenarienentwicklung zu den Raumanforderungen erneuerbarer Energien

Bei der Umsetzung der Lernziele, ergo bei der Lernmethode, handelt es sich um ein sog. digitales Serious Game, also ein computergestütztes Spiel, das sich von reinen Unterhaltungsspielen v.a. darin

unterscheidet, dass es ein oder mehrere Lernziele verfolgt. Ein Spiel als Lernmethode zu verwenden basiert auf der Ansicht, dass einige grundlegende Eigenschaften des Spielens förderlich für den Lernprozess sind, wie z.B. Selbstständigkeit und Motivation (vgl. BREUER 2010). Zusätzlich herrscht unter den sog. Digital Natives, zu denen die Hauptzielgruppe gehört, ein souveräner Umgang mit und eine hohe Akzeptanz für den Einsatz digitaler Anwendungen. Bei der Methode Serious Game stehen sowohl Spielerfahrung als auch der Lernprozess im Fokus der Entwicklung, sowie einige weitere wichtige Eigenschaften. Im Spiel wird den Anwendenden Raum für eine autonome Wissensaneignung einerseits und Handlungsspielräume bei der Durchführung andererseits gelassen, wodurch eine selbstbestimmte und interaktive Lernspielumgebung kreiert werden soll. Die SuS sind aktiv am Aneignungsprozess von Wissen beteiligt und erkunden progressiv die Spielwelt, was den Lernfortschritt im Vergleich zu einfacher passiver Rezeption begünstigt (vgl. WILLENBACHER et al. 2017). Neben der Motivation und der Aktivierung wirken sich weitere Eigenschaften eines Serious Game positiv auf den Lernprozess aus. Die selbstständige Prozesssteuerung und Entscheidungsfähigkeit sind weitere zentrale Eigenschaften, die zur Handlungskompetenz beitragen, da die SuS sich eigenverantwortlich mit dem Lerngegenstand auseinandersetzen und eigene Problemlösestrategien entwickeln. Im Serious Game werden reale Situationen nachempfunden und simuliert (vgl. MARR 2010), d.h. die SuS erproben ihr Handeln in einer evidenzbasierten realitätsnahen Modellwelt. Ein wichtiger Unterschied des Serious Game zu konventionellen Lernmethoden ist die Provokation eines sog. Flow-Zustands, bei dem die Anwendenden der im Spiel integrierten Aufgaben ihre volle Aufmerksamkeit widmen und sich dafür begeistern. Oft tritt dieser in Kombination mit dem Gefühl der Immersion, d.i. das Eintauchen, die Identifikation mit der Spielwelt und dem Spielercharakter auf. Ansprechende sensorische Gestaltung des Spiels ist daher ein wichtiger Bestandteil des Spiel- und Lernerlebnisses (vgl. BREUER 2010). In jeweils einer vor- und nachbereitenden Unterrichtsstunde können die Themen SDGs und erneuerbare Energien adäquat vorbereitet und hinterher durch eine global ausgerichtete, ethisch-reflexive Bewertung abgerundet werden. Abbildung 1 fasst die projektrelevanten Haupteigenschaften des Serious Game und seine Funktion zusammen.

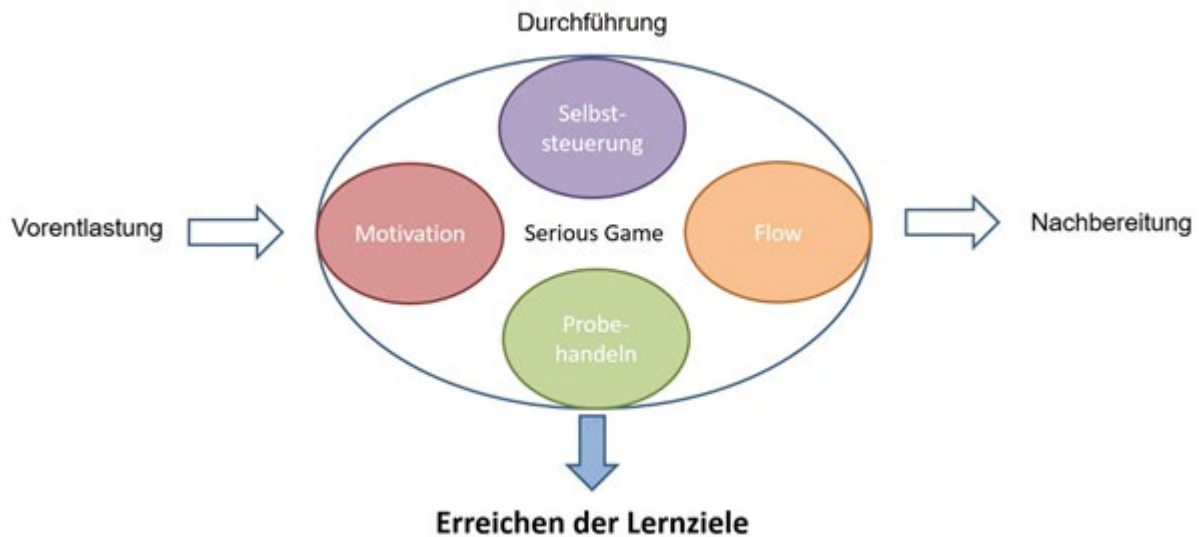


Abbildung 1: Die Funktion des Serious Game als Methode (eigene Darstellung)

Zusammengefasst birgt das Serious Game also zahlreiche Vorteile für den selbstgesteuerten Lernprozess von Schüler/innen und bietet als innovativer Lernkanal eine zukunftsorientierte und spannende Plattform für die Förderung von Beurteilungs- und Handlungskompetenz im Bereich BNE.

3 Projektumsetzung und -ergebnisse

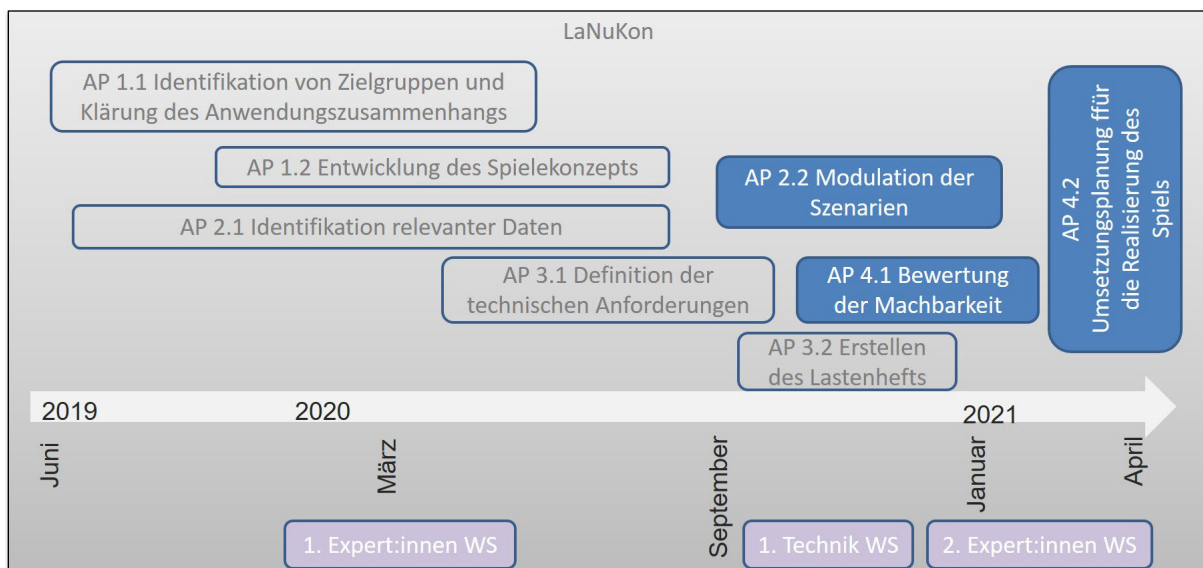


Abbildung 2: Bearbeitung der Arbeitspakete in zeitlicher Anordnung

Innerhalb des Bearbeitungszeitraums gab es mehrere Arbeitstreffen des Projektkonsortiums für die Ausarbeitung der Arbeitspakete, sowie zwei Workshops mit geladenen Expert/innen für die Bewertung

der Entwicklungsschritte und einem Scoping-Workshop mit einem Spielentwicklungsunternehmen, die in Abbildung 2 aufgeführt sind.

- Juni 2019: Bescheidübergabe
- Oktober 2019: Auftakttreffen des Konsortiums
- Februar 2020: Arbeitstreffen
- **März 2020: erster Expert/innen-Workshop (digital)** (vg. Abb. 3)
- Juni 2020: Arbeitstreffen
- August 2020: Arbeitstreffen
- September 2020: Scoping-Workshop
- **Januar 2021: zweiter Expert/innen-Workshop (digital)** (vgl. Abb. 4)
- Februar 2021: Arbeitstreffen (digital)
- März 2021: Arbeitstreffen (digital)

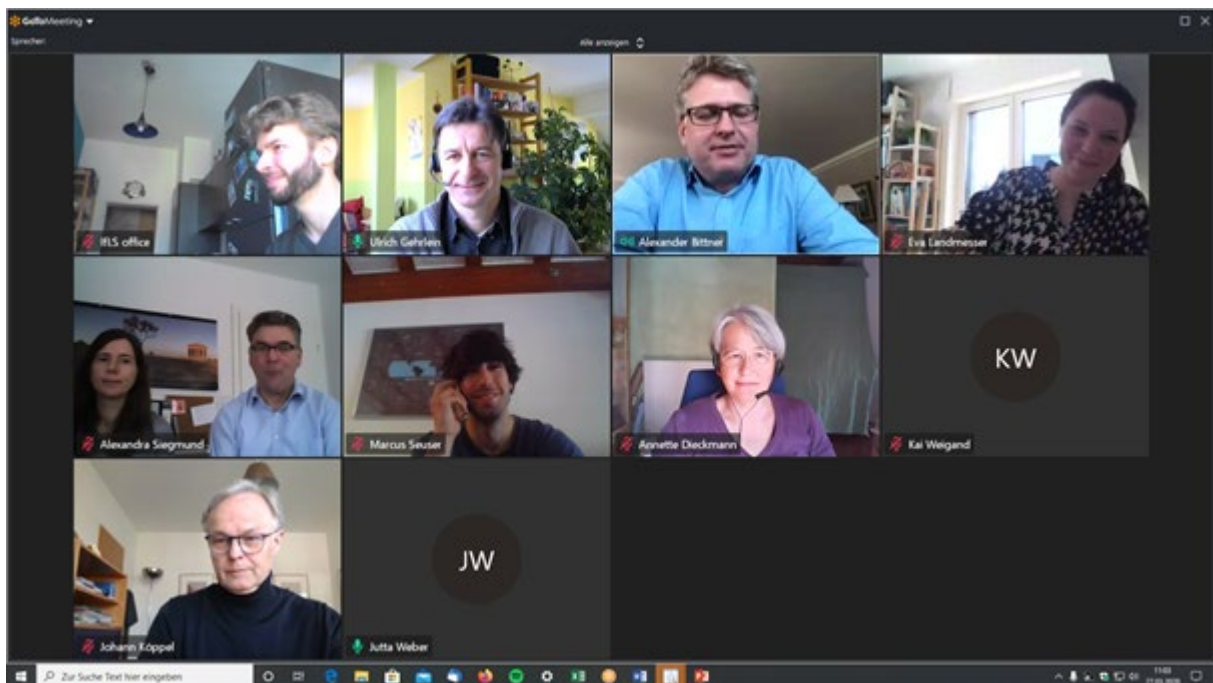


Abbildung 3: Expert:innenworkshop am 27. März 2020



Abbildung 4: Expert:innenworkshop am 29. Januar 2021

3.1 AP 1: Didaktik-Konzept

Im laufenden Entwicklungsprozess wurde das didaktische Konzept federführend von der Pädagogischen Hochschule ausgearbeitet. In einem ersten Workshop im März 2020 wurde das didaktische Konzept präsentiert und von Expert/innen positiv bewertet. In diesem Rahmen wurden die Richt- und Grobziele, die berücksichtigten SDGs, Zielgruppe und Anwendungszusammenhang, unterrichtliche Einbettung und die Definition der Anwendung als Serious Game besprochen. Zudem wurde als exemplarischer Zielraum für eine deutsche Mittelgebirgsregion der Geo-Naturpark Bergstraße-Odenwald definiert. Nach Abschluss des Workshops wurde das Konzept weiter spezifiziert und iterativ mit dem sich entwickelnden Spielkonzept erweitert, wobei die grundlegenden didaktischen Überlegungen als Basis für die Ausarbeitung des Spielkonzepts fungierten (siehe Kapitel 3.1.1). Die Anpassungen der SDG-Auswahl und Lernziele, sowie das Spielkonzept (Dilemma-Situation, Entscheidungsspielräume der Spielenden, Parameter für die Erfüllung der SDGs, verschiedene non-player characters und erste Szenarienvorschläge) wurden in einem zweiten Expert/innen-Workshop im Januar 2021 präsentiert, diskutiert und positiv beurteilt (siehe Kapitel 3.1.4).

3.1.1 Lernziele

Lernziele haben, wie im Namen bereits steckt, den Zweck, den Output oder das gewünschte Soll-Ergebnis zu beschreiben, das sich die Schüler/innen nach der Durchführung der Lerneinheit idealerweise angeeignet haben sollen. Die Definition der Lernziele ist essenziell für einen strukturierten und zunehmend kleinschrittigen Aufbau des Spiels. Die Lernziele lassen sich auf verschiedenen Ebenen beschreiben: Richtziele, Grobziele und Feinziele. Je konkreter die Ziele definiert werden, desto präziser können sie operativ in Aufgabenstellungen übersetzt werden. Für diese werden dann sog. Operatoren verwendet, die den Aufgabenumfang und –inhalt genau festlegen. Die Feinziele werden im Laufe der Spielentwicklung konkretisiert und operationalisiert. Es gelten allerdings für alle drei Zielebenen die Zuteilung der Lernziele in die verschiedenen Anforderungsbereiche: Reproduktion, Reorganisation und Reflexion (vgl. Bildungsplan des Gymnasiums Baden-Württemberg 2016, Geographie).

Die Richtziele des Lernprozesses liefern einen Orientierungsrahmen, welcher Lernzuwachs und welche Kompetenzen nach der Anwendung des Projektes durch die Lernenden im Groben erreicht werden sollen. Sie stellen die funktionalen Leitsätze des gesamten Projektes dar, auf die sich die Wahl der Inhalte, didaktische Entscheidungen, Methoden u.a. ausrichten. Die Richtziele wurden mit dem laufenden Entwicklungsprozess des Lerngegenstands zu kleinschrittigeren Grobzielen aufbereitet und entschlüsselt.

Die Richtziele lauten wie folgt:

- Bewusstseinsbildung der Relevanz erneuerbarer Energien für die Sustainable Development Goals und deren Zielkonflikte
- Methodenkompetenz: Potenzialanalyse und Bewertung von Umsetzungsmöglichkeiten erneuerbarer Energien im Zielraum
- Förderung von Entscheidungskompetenzen bei Raumnutzungskonflikten
- Soziale Kompetenz: Sensibilisierung für spürbare Konsequenzen der Stakeholder in einem Raumnutzungskonflikt

Die Richtziele stehen in wechselseitiger Beziehung zueinander und tragen zur Entwicklung der Handlungskompetenz im Raumnutzungskonflikt der Schüler/innen bei (vgl. RINSCHÉDE / SIEGMUND 2020). Das Lernziel „Bewusstseinsbildung“ setzt voraus, dass der Raum von den Anwendenden als begrenzte und umkämpfte Ressource wahrgenommen werden muss. Dies lässt sich über konkurrierende NPCs (non-player characters) im Spiel realisieren, die alle verschiedene Erwartungen und Ansprüche an die Gestaltung der Spielumgebung haben. Dabei werden Anwendenden gleichzeitig für die individuellen Bedarfe der Stakeholder sensibilisiert. Die Analyse des Raumnutzungspotenzials für erneuerbare Energien lässt sich dadurch umsetzen, dass die Anwendenden die Spielumgebung eigenständig erforschen und sich Wissen über günstige Standorteigenschaften aneignen. Dies ist die Voraussetzung für die Entscheidungsfindung über die selbstgesteuerte Platzierung der Erneuerbaren Energien. Die Anwendenden sollen die Spielumgebung so gestalten, dass sie möglichst den Kriterien aller integrierten SDGs entspricht. Sie haben die Möglichkeit, Standorte für die Anlagen mit Entscheidungshilfen (Informationen) eigenständig auszuwählen. Die Richtziele sowie deren operationalisierten Anforderungen an die Spielumgebung sind in Abbildung 5 zusammengefasst.



Abbildung 5: Richtziele und grundlegende Anforderungen an die Spielumgebung

3.1.2 Grobziele und Kompetenzen

Die o.g. Richtziele können ferner aufgeschlüsselt und spezifiziert werden. Die Grobziele liefern dabei einen ausreichend spezifischen Überblick und bilden die Grundlage für weitere Detailarbeit (RINSCHEDÉ / SIEGMUND 2020). Um eine Einbettung in die Unterrichtsplanung und eine nachstehende Evaluation des Lernerfolgs für die Lehrenden zu erleichtern, orientiert sich die Formulierung der groben Lernziele an den Anforderungsbereichen und den dazugehörigen Operatoren des Bildungsplans Baden-Württemberg.

Die Grobziele lauten: Die SuS können...

- die Geoelemente/-faktoren des Zielraumes charakterisieren.
- die projektrelevanten SDGs benennen und beschreiben.
- Potenziale für die Umsetzung erneuerbarer Energiequellen im Zielraum herausarbeiten und dessen Kapazitäten beschreiben.
- die räumlichen Konsequenzen ihrer Handlungen erläutern und ihre Entscheidungen begründen. Sie können die Perspektiven verschiedener Interessengruppen miteinander vergleichen.

- die Konsequenzen ihrer Handlungen in Bezug auf die SDGs beurteilen. Sie können die Realisierbarkeit der SDGs überprüfen.
- die Potenziale der zugehörigen Großlandschaft für erneuerbare Energien einordnen.
- das eigene Ausbauszenario mit den (nachhaltigen) Raumnutzungskonzepten ihrer Heimatregion vergleichen.

3.1.3 Zielgruppen und Anwendungszusammenhang

Die Hauptzielgruppe für die Anwendung des Serious Games sind Schüler/innen der gymnasialen Oberstufe. Für einen optimalen Lernerfolg ist es empfehlenswert, das Serious Game in den Schulunterricht mit je einer kontextualisierenden Vor- und Nachbereitungsstunde einzubetten. Dieser Rahmen soll einerseits ein einheitliches Vorwissen der SuS in den Themenbereichen erneuerbare Energien und SDGs und andererseits nach der Durchführung des Spiels Gelegenheit zur Reflexion und Diskussion bieten. Die Anwendung kann in mehreren Unterrichtsfächern erfolgen, bspw. inhaltsbezogene Kompetenzen in Geographie „Globale Herausforderungen“, in Ethik „Gerechtigkeit und globalisierte Welt“ oder Gemeinschaftskunde „Wohlstand und Wirtschaftswachstum“ (vgl. Bildungspläne des Gymnasiums Baden-Württemberg 2016). Der unterrichtliche Kontext ist empfehlenswert, jedoch für die Durchführung des Serious Games nicht zwingend erforderlich. Darüber hinaus soll es als Lerntool in ausgewählten einschlägigen Studiengängen genutzt werden, sofern das Bildungsziel in der jeweiligen Studienordnung wiederzufinden ist. Des Weiteren richtet es sich an interessierte regionale Stakeholder bzw. Besucher/innen von Umweltbildungszentren.

Die Anwendungsdauer soll ca. 30 Minuten betragen, damit das Spiel in einer regulären Unterrichtsstunde (45 Minuten) durchgeführt werden kann. Durch den zeitlichen Puffer wird die organisatorische und technische Umsetzung gewährleistet und ggf. während der Anwendung auftretende Probleme können bewältigt werden. Für die Anwendungen in entsprechenden Studiengängen bieten sich thematisch einschlägige Seminare oder Workshops an, die einen entsprechenden Anleitungsrahmen liefern.

3.1.4 Die Ziele für eine nachhaltige Entwicklung (SDGs)

Die Auswahl der SDGs, die im Serious Game berücksichtigt werden sollen, wurde von mehreren Faktoren beeinflusst. Die didaktische Reduktion der Thematik auf die Bedürfnisse und Anforderungen der SuS sowie die Anwendungsdauer erfordern den Fokus auf die zentralen SDGs (vgl. Abb. 6), die unmittelbar mit der Spielthematik zusammenhängen. Diese sind SDG 7 „Bezahlbare und Erneuerbare Energie“, SDG 11 „Nachhaltige Städte und Gemeinden“, SDG 13 „Maßnahmen zum Klimaschutz“ und

SDG 15 „Leben an Land“. Bei dem Ausbauszenario für die Norddeutsche Tiefebene werden diese für den Ausbau von Offshore-Windenergieanlagen um SDG 14 „Leben unter Wasser“ ergänzt. Bei einer Anwendungsdauer von 30 Minuten wurde eine größere Auswahl der SDGs im Spiel als nicht mehr sinnvoll umsetzbar bewertet. Hinzu kommt die Komplexität der Anforderung, die sich je SDG potenziert, da für jedes einzelne weitere Bewertungsparameter für die verschiedenen erneuerbaren Energien und Standortmöglichkeiten ausgearbeitet und von den Anwendenden miteinbezogen werden müssten. Ein weiterer limitierender Faktor ist die Datenverfügbarkeit, da die Daten für die SDG-Indikatoren auf größerer Maßstabsebene nicht systematisch aufbereitet vorliegen. Mit der Berücksichtigung der vier ausgewählten SDGs wird ein didaktisch reduzierter und dennoch im Kern realistischer Rahmen für ein Ausbauszenario geliefert, dessen Parameter auch in dem begrenzten Zeitrahmen erfassbar bleiben.



Abbildung 6: Die Ziele für eine nachhaltige Entwicklung

3.1.5 Das Spielkonzept

Die Richt- und Grobziele werden im Spielkonzept operationalisiert. Die Spielenden nehmen über den gesamten Verlauf hinweg die Rolle eines/einer Nachhaltigkeitsbeauftragte/n an. Diese/r erhält den Auftrag, den Ausbau erneuerbarer Energien so zu gestalten, dass er gleichzeitig die Anforderungen an den Naturschutz berücksichtigt. Dadurch gerät der Spielende in eine Dilemmasituation zwischen verschiedenen Nachhaltigkeitsinteressen, die bestmöglich gelöst werden muss. Die Anwendenden treffen selbstständig die Entscheidung, welche Art der auswählbaren erneuerbaren Energien sie in welchem Umfang an welchem Standort platzieren. Als Grundlage für die Entscheidung müssen die

Geoelemente und vorgegebenen Raumnutzungsarten im Spiel zunächst erforscht und auf ihre Eignung als Standort für erneuerbare Energien überprüft werden. Parallel dazu eignen sich die Anwendenden Wissen über die relevanten Sustainable Development Goals an, um die Standorte unter dem Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit auswählen zu können. Diese Informationen werden durch Statements der Stakeholder (NPCs) im Spiel ergänzt, die jeweils verschieden geleitete Interessen besitzen. Die NPCs decken ein differenziertes Meinungsspektrum in Bezug auf den Ausbau der erneuerbaren Energien ab. Ihre Positionen werden aus Gründen der didaktischen Reduktion (Menge an Information in der vorgegebenen Spielzeit) vereinfacht und klar voneinander abgegrenzt. Das Lernziel „Sie können die Perspektiven verschiedener Interessengruppen miteinander vergleichen“ wird durch diese Entscheidung jedoch nicht beeinträchtigt. Somit treffen die Anwendenden eine begründete und multiperspektivisch betrachtete Wahl für die EE-Standorte. Die Entscheidungsspielräume der Spielenden sind aufgrund der didaktischen Reduktion vereinfacht und werden im Bericht weiter ausgeführt. Zuletzt erhalten die Spielenden nach einer Standortwahl Rückmeldung von den betroffenen Stakeholdern über die getroffene Entscheidung, sowie über die erreichte Punktzahl bei den einzelnen SDGs. Der Modellcharakter der Spielumgebung dient einerseits der Übertragbarkeit auf verschiedene Mittelgebirgsregionen Deutschlands, andererseits repräsentiert er landschaftstypische erneuerbare Energien und damit verbundene Konflikte. Um dennoch einen konkreten Bezug zur Heimatregion der Anwendenden herstellen zu können, sollen sie über einen Map Viewer die Möglichkeit haben, sich den realen aktuellen Bestand der erneuerbaren Energien in dem Raum ihrer Wahl anzusehen und diesen mit ihrem eigenen, fiktiven Ausbauszenario vergleichen.

3.2 Ablauf des Lernspiels

Die Lernziele und das Didaktikkonzept werden im Rahmen eines „Aufbau“-Spiels realisiert. Während die spielende Person Entscheidungen trifft, die Windenergie, Biogas oder Photovoltaik auszubauen, werden die Effekte dieser Entscheidungen hinsichtlich der SDGs umgehend zurückgemeldet. Als Basis für die Diskussion der Daten, die zur Operationalisierung der Spielzüge genutzt werden sollen, und für die Anforderungen an ein Leistungsverzeichnis für die Programmierung des Lernspiels, wird im Folgenden der Spielablauf kurz beschrieben.

3.2.1 Spielstart

Die Spielenden wählen zwischen einem weiblichen und männlichen Spielercharakter (veranschaulicht in Abbildung 7), der die Rolle eines / einer Nachhaltigkeitsbeauftragten übernimmt und aus dessen / deren Perspektive die Entscheidungen über den Ausbau gefällt werden. Der Spielercharakter erklärt kurz die Rahmenbedingungen und verkündet die Spielmission, nämlich den Ausbau der erneuerbaren Energien bei gleichzeitiger Berücksichtigung der Naturschutzanforderungen zu fördern.



Abbildung 7: Mögliche Spielavatare

3.2.2 Erkundungsphase

Im nächsten Schritt erkunden die Anwendenden, geleitet durch Hinweise des Spielercharakters, die Spielumgebung. In dieser Phase eignen sie sich durch Point-and-Click Wissen über die verschiedenen erneuerbaren Energien, SDGs und Interessen der Stakeholder zum Ausbau an. Dabei haben die Anwendenden die Entscheidungsfreiheit darüber, wie umfangreich sie sich Hintergrundwissen aneignen wollen, was ihnen als Grundlage für die Standortwahl der unterschiedlichen Formen erneuerbarer Energien dient. Im Szenario der Mittelgebirgslandschaften kommen folgende erneuerbare Energien vor: Windenergieanlagen, Solaranlagen und Biogasanlagen. Diese können auf dafür vorgesehenen Baufeldern platziert werden. Die Platzierung hat zur Folge, dass sich die Beiträge zu den einzelnen SDGs verschieben. Als weitere Hilfestellung und Informationsquelle dienen die non-player characters (NPCs), die während der Entscheidungsphase zusätzlich zufrieden gestellt werden müssen. Die Rollen der NPCs sind wie folgt definiert: Bürgerenergiegenossenschaft, Bürgerinitiative, Landwirt/in, Bürgermeister/in, Naturschützer/in und Klimaschutzaktivist/in. Die Rollen weisen klar voneinander abgrenzbare Haltungen zu den Energieformen auf, die ab bestimmten Ausbaustufen an Relevanz gewinnen. Somit erhalten die Anwendenden Input über die Energiegewinnung und räumlichen Auswirkungen von erneuerbaren Energien, über die SDGs und über die Belange politisch relevanter Interessenvertreter/innen. Die Interaktion läuft über verschiedene kleinere Elemente und Anwendungen in der Spielumgebung, die in Kapitel 3.4.2.2 aufgeführt sind.

3.2.3 Entscheidungsphase

Die Entscheidungsspielräume der Spielenden für die Standortwahl sind abhängig von der Art der erneuerbaren Energie. Die Spielräume gehen dabei über die gesetzlichen Vorgaben der Ausbaumöglichkeiten hinaus, wobei gleichzeitig auf diese tatsächlichen Beschränkungen hingewiesen werden soll. Die Spielregeln für die Platzierung begrenzen die Möglichkeiten. Windenergieanlagen können entweder mit 1000 oder 2000 Metern Abstandsflächen zu Siedlungsgebieten, ansonsten frei im Raum platziert werden. Darüber hinaus gibt es Ausschlussflächen für Windenergieanlagen, beispielsweise Naturschutzgebiete. Die Standorte für Photovoltaik können Gebäudedächer oder Freiflächen entlang von Infrastrukturtrassen sein. Biogasanlagen können frei platziert werden. Spieloptionen stehen über die Substratmischung zur Verfügung. Hier haben die Spielenden die Wahl zwischen Maispflanzen und einer Substratmischung, die aus ökologisch wertvolleren Substraten und keiner reinen Maismonokultur besteht (z. B. Blümmischung).

3.2.4 Rückmeldungsphase

In der Rückmeldungsphase wird den Spielenden angezeigt, welche Punktzahl sie bei den einzelnen SDGs für ihr Ausbauszenario erreicht haben. Je nach Entscheidung über die Gestaltung der Spiellandschaft erfolgt eine entsprechende Reaktion durch die NPCs. In Tabelle 1 sind die grundsätzlichen Haltungen der NPCs gegenüber dem Ausbau von erneuerbaren Energien aufgezeigt. Tabelle 3 im Anhang enthält beispielhafte Aussagen der NPCs zum Ausbau erneuerbarer Energien.

Tabelle 1: Position der NPCs gegenüber der Nutzung und dem Ausbau erneuerbarer Energien

Bürgerenergiegenossenschaft	Bürgerinitiative	Landwirt/in	Bürgermeister	Naturschützer/in	Klimaschutzaktivist/in
Dafür	Dagegen	Dafür	Ambivalent	Dagegen	Dafür
wachsende Unabhängigkeit von kommerziellen Stromanbietern	Beschwerden über Lärmbelästigung, Verschlechterung des Landschaftsbildes und Geruchsbelästigung	höhere Pachtpreise und mehr Produktionseffektivität	innovative Technologien für regionale Wertschöpfung, aber nur mit genug Abstand	Naturschutz geht vor Emissionsreduktion, vor allem bei Windkraftanlagen	Verbesserung der Klimabilanz

Sprechen sich mehrere NPCs gegen den Ausbau aus, ist es möglich durch das Spiel einen Baustopp für die jeweils stark ausgebaute Energieform zu verhängen.

Durch die Anwendung der interaktiven Lernspielumgebung können dabei verschiedene Handlungsoptionen entwickelt, in Simulationen erprobt und so die Auswirkungen (nicht) nachhaltigen Handelns erkannt werden. Als Anreizsystem für die Entscheidung der Landnutzung dient dabei das

Punktesystem, das Effektivität und mögliche Rückkopplungseffekte der getroffenen Maßnahmen in ökologischer, ökonomischer und sozialer Hinsicht beschreibt.

3.2.5 Das Ende des Spiels

Nachdem die spielende Person die von ihr vorgesehenen Spielzüge getätigt und die Folgen bezüglich der SDGs aufgezeigt bekommen hat, ist das Lernspiel durchgespielt. Um den Lernerfolg zu sichern, wird empfohlen, eine begleitete Diskussion anzuschließen (vgl. 3.1.3).

3.3 AP 2: Szenarien-Konzept

Innerhalb des AP 2 Szenarien-Konzept wurden die Datenbedarfe für die Spielumsetzung analysiert und ausgearbeitet. Die teilweise limitierte Datenverfügbarkeit, insbesondere auf der kommunalen Ebene, führt dazu, dass Ausgangsbedingungen im Spiel pauschalisiert werden mussten. In der Modelllandschaft sollen wertgebende Geotope, Siedlungsgebiete, Ackerflächen, Infrastruktur, Schutzgebiete und Wasserflächen berücksichtigt werden, aus denen sich potenzielle Bauplätze für erneuerbare Energien ergeben.

3.3.1 AP 2.1 Identifikation relevanter Daten

Für die Umsetzung des Lernspiels sind Daten erforderlich, die den Spielraum darstellen. Darüber hinaus braucht es Daten, die die Objekte im Spiel definieren. Zu guter Letzt werden Daten benötigt, die Wirkungen von Objekten auf die SDGs darstellen. Mit diesen Informationen lassen sich Spielzüge in einer Spielumgebung tätigen und über die Wirkungen auf SDGs und Landnutzungskonflikte beispielhaft darstellen.

Im Rahmen des Erarbeitungsprozesses wurden zuerst verfügbare Geodaten für den Planungsraum des Geonaturparks Bergstraße-Odenwald erfasst und geeignete Indikatoren zur Abbildung der SDGs, insbesondere in Hinblick auf die im Projekt priorisierten SDGs, identifiziert. Hierzu wurden die Datenbanken des interaktiven Online-Atlas des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung sowie des Projekts „SDG-Indikatoren für Kommunen“ abgerufen. Die abgerufenen Daten wurden je nach Bezug unterschiedlichen SDGs zugeordnet und schließlich nach ihrer Bedeutung im Kontext von Landnutzungskonflikten am Beispiel der Nutzung von erneuerbaren Energien verworfen bzw. ausgewählt. Dabei ließ sich feststellen, dass die Mehrheit der verfügbaren Daten nur auf Kreisebene verfügbar ist, nur ein geringer Anteil war auf Gemeinde/-verbandsebene verfügbar. Die Tabelle 4 im Anhang stellt einen Auszug der identifizierten Indikatoren mit Bezügen zu den für das Projekt relevanten SDGs dar. Der Auszug ist um Indikatoren gekürzt, die nicht für die Globalen

Nachhaltigkeitsziele relevant sind, sowie solchen, die genauere Differenzierungen nach z. B. Geschlecht, Alter, Herkunft und beruflicher Spezialisierung enthalten.

Basierend darauf wurden Steckbriefe erstellt, die verschiedene für das Serious Game relevante Objekte und Flächen, wie z. B. Windenergieanlagen und Naturschutzgebiete abbilden. Die Steckbriefe enthalten Informationen zu baurechtlichen Vorgaben hinsichtlich nicht bebaubarer Schutzzonen und vorgegebenen Abstandsflächen für die im Geo-Naturpark Bergstraße-Odenwald vertretenen Bundesländer Hessen, Baden-Württemberg und Bayern. Die einzelnen Steckbriefe definieren somit die Beziehung der einzelnen Objekte zueinander. Sie spiegeln auch die Verträglichkeit von Nutzungen wider, indem bestehenden Abstands- und Ausschlussregelungen bezüglich des jeweiligen Objekts vermerkt sind.

Tabelle 2 enthält die unterschiedlichen Flächen und Objekte, die in der Modelllandschaft im Rahmen von Spielzügen von Relevanz sind. Um die Attraktivität des Spiels zu steigern, ist es denkbar, weitere Objekte wie Häuser zu ergänzen und ggf. geschützte Flächen unterschiedlicher Kategorien zusammenzufassen.

Tabelle 2: Relevante Flächen im Kontext der Errichtung von Erneuerbaren-Energien-Anlagen

Objekte	Relevante Flächen	
Windenergieanlagen	Naturschutzgebiete	Siedlungsflächen
Biogasanlagen	Landschaftsschutzgebiete	Gewerbeflächen
PV-Freiflächenanlagen	Flora-Fauna-Habitat-Gebiete	Landwirtschaftliche Nutzflächen
	Vogelschutzgebiete	Straßen
	Natur- und Kulturdenkmale (inklusive Geotope)	Bahnlinien
	Wasserflächen	

Abbildung 8 stellt eine fiktive Karte des Modellraums dar. Aufgrund der datenbedingten Restriktionen, die die räumliche Auflösung betreffen, wurde eine Beispiellandschaft erstellt, die auf einer fiktiven Karte drei Landkreise des Geo-Naturparks abbildet, die unterschiedliche Landschaftsformen wiedergeben. Die Landkreise Odenwald, Bergstraße und Groß-Gerau stehen dabei stellvertretend für eine Mittelgebirgslandschaft, den Übergang eines Mittelgebirges hin zu einem städtischen Gebiet sowie einem städtischen Gebiet. Die Grenzen und räumlichen Anordnungen der Landkreise wurden frei festgesetzt, jedoch anteilmäßig mit realen Daten der Flächenverteilung gefüllt. Berücksichtigt

wurden dabei Siedlungs- und Verkehrsflächen, Waldflächen, Naturschutzflächen und landwirtschaftliche Flächen, welche nach Ackerland und Grünland differenziert wurden.

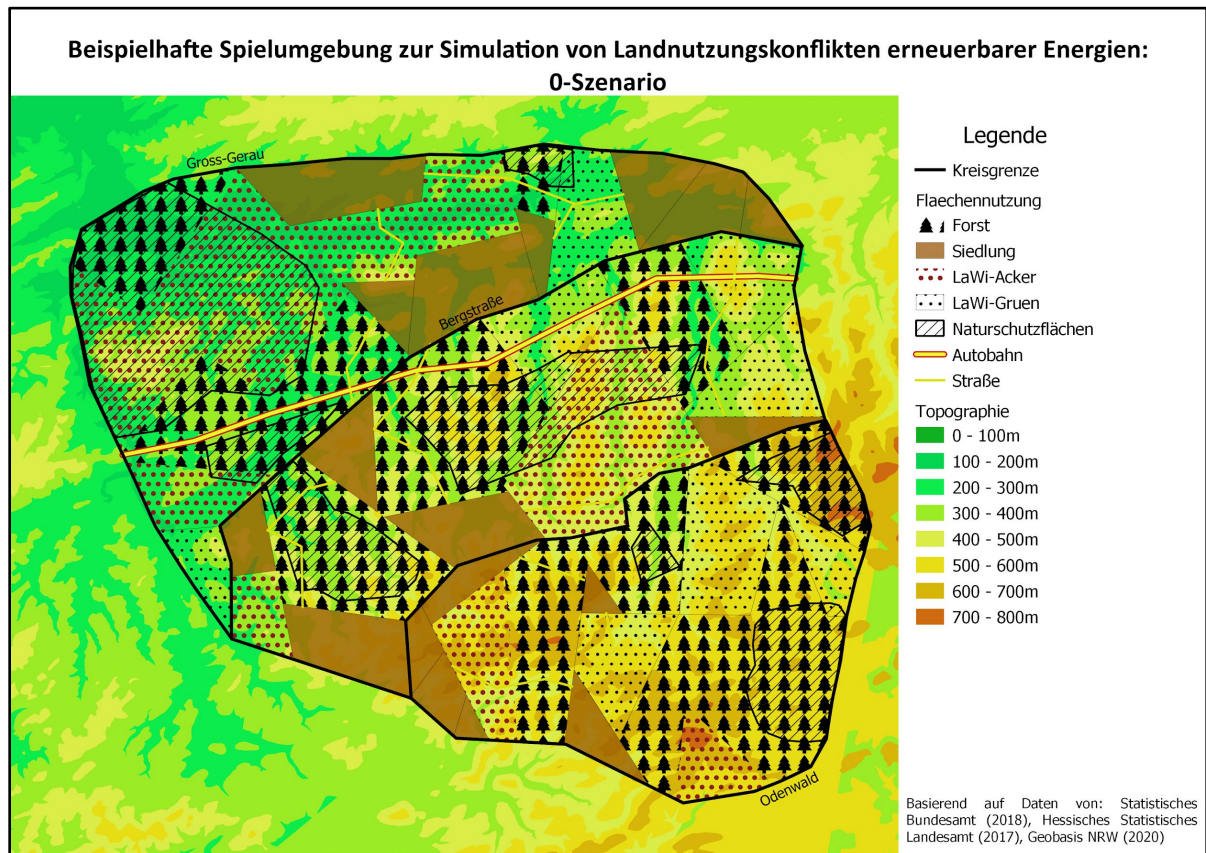


Abbildung 6: Beispielhafte Spielumgebung zur Simulation von Landnutzungskonflikten erneuerbarer Energien: Szenario ohne erneuerbare Energien

Um den Einfluss möglicher Aktionen im Serious Game auf verschiedene Bevölkerungsteile abzubilden, ist es möglich, den oben erwähnten non-player characters Schwellenwerte zuzuschreiben, ab denen diese ihre Positionen aktiv in den Spielablauf einbringen. Von den sechs verschiedenen Akteursgruppen sind folgende dem Ausbau erneuerbarer Energien gegenüber positiv eingestellt: „Bürgerenergiegenossenschaft“, „Landwirt/in“ und „Klimaschutzaktivist/in“. Dagegen sind die Charaktere „Bürgerinitiative“ und „Naturschützer/in“ erneuerbaren Energien gegenüber negativ eingestellt. Der Charakter „Bürgermeister/in“ hat ein ambivalentes Verhältnis zu dem Sachverhalt. Die Zufriedenheit der Akteure verändert sich je nach Stadium des Ausbaus. Es möglich, dass die Akteur/innen ab der Überschreitung eines definierten Schwellenwerts versuchen, das weitere Vorgehen des Spielers zu blockieren. Tabelle 3 im Anhang enthält die Profile der NPCs.

3.3.2 AP 2.2 Modulation der Szenarien

Um zu prüfen, wie Landnutzungskonflikte im Rahmen eines Ausbaus erneuerbarer Energien dargestellt und die Beiträge und Einflüsse der unterschiedlichen Energieformen auf die SDGs operationalisiert werden, wurden beispielhaft Szenarien entwickelt, in denen der unterschiedliche Ausbaustände

erneuerbarer Energie abgebildet werden. Dadurch soll die Machbarkeit des Spielansatzes geprüft und nachgewiesen werden.

Auf Basis der in AP 2.1 entwickelten Basis-Landschaft wurden für die Energieträger Windenergie, Photovoltaik und Biomasse sowohl ein Szenario ohne erneuerbare Energien, der Status Quo, als auch ein Szenario das 50 % respektive 30 % und 20 % des Energieverbrauchs durch den jeweiligen Energieträger abdeckt, ermittelt. Aufgrund der fehlenden Daten auf Kreisebene wurde dabei auf Daten auf Landesebene, abgerufen aus dem Monitoringbericht zur Energiewende in Hessen 2020, zurückgegriffen. Methodisch wurde der Primärenergieverbrauch, die Primärenergieproduktion aus erneuerbaren Energien und die installierte Leistung erneuerbarer Energieträger auf Basis der Einwohnerzahl auf die in der Beispiellandschaft vertretenen Landkreise Odenwald, Bergstraße und Groß Gerau herunterskaliert.

Für die Simulation der Szenarien wurde die Annahme getroffen, dass zwischen der Primärenergieproduktion eines spezifischen Energieträgers und seiner installierten Leistung ein linearer Zusammenhang besteht, um für das Szenario modellhaft darzustellen, wie viele EE-Anlagen notwendig wären, um einen bestimmten prozentualen Anteil der Energieversorgung durch erneuerbare Energien zu erreichen.

Die verfügbare Fläche, auf der im Rahmen der Beispiellandschaft Erneuerbare-Energien-Anlagen platziert werden können, wird durch mehrere Faktoren begrenzt, die je nach Art des Energieträgers variieren. Abbildung 9 zeigt beispielhaft das Status-Quo Szenario der Windenergie. Auf der Fläche von Naturschutzgebieten und Siedlungsflächen, inklusive einer Abstandszone von 1000m, ist es nicht gestattet Windenergieanlagen zu platzieren. Diese Vorgehensweise bezieht reale baurechtliche Vorgaben mit ein, lässt aber gleichzeitig noch genug Spielraum, um im Rahmen der Spielsituation unterschiedliche Vorgehensweisen und deren Auswirkungen wiederzugeben. Um die Komplexität des Serious Games auf einem angemessenen Niveau zu halten, wird die Leistung einer modernen Windkraftanlage in Höhe von 3MW als Standardwert angenommen und grafisch in Form von Einzelanlagen und Windparks, die aus 5 Anlagen bestehen, dargestellt. Um die Einschränkungen durch strengere Vorgaben hinsichtlich von Abstandszone, die Windenergieanlagen zu Wohngebieten einhalten müssen, darzustellen, wurde der Anteil geeigneter Fläche für Windenergieanlagen in der Beispiellandschaft sowohl unter Verwendung eines Abstands von 1000m als auch von 2000m berechnet. Alle Karten im Kontext der Modulation der Szenarien sind in Anhang 1 eingefügt (Abbildungen 10-12).

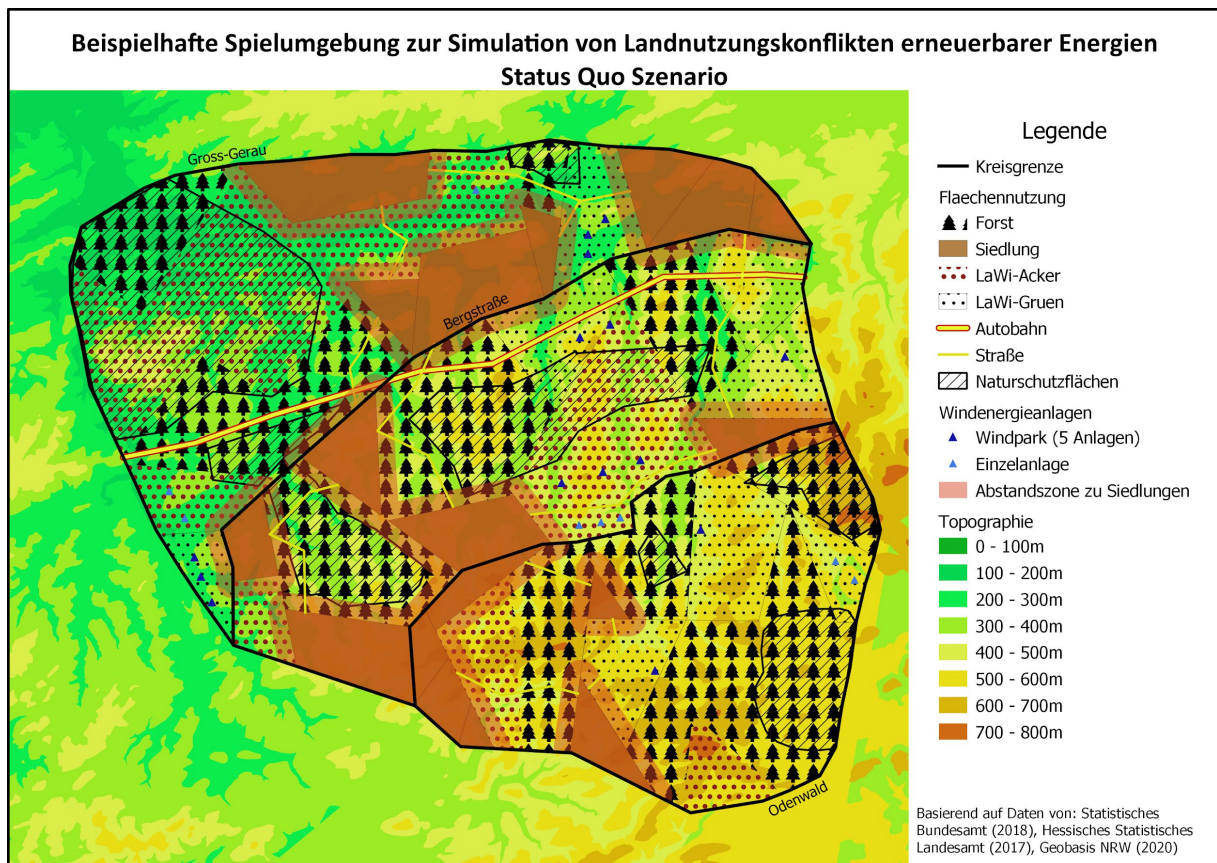


Abbildung 7: Beispielhafte Spielumgebung zur Simulation von Landnutzungskonflikten erneuerbarer Energien: Status Quo Szenario

In den Tabellen 9 – 11 im Anhang wird ergänzend die Veränderung ökologischer und ökonomischer Parameter je nach Szenario aufgelistet. Zu diesen gehören wirtschaftliche Impulse, Beschäftigte, Flächenverbrauch und eingesparte Emissionen von Treibhausgasen. Einen Überblick über die Indikatoren, die zur Operationalisierung der Effekte des Ausbaus erneuerbarer Energien herangezogen werden, gibt Tabelle 3. Ergänzend sei an dieser Stelle erwähnt, dass diese Parameter auch herangezogen werden, sollte die Strategie gewählt werden erneuerbare Energien nicht auszubauen. Dies hätte entsprechende Auswirkungen hinsichtlich der THG-Emissionen oder regionalwirtschaftliche Effekte.

Tabelle 3: Operationalisierte Indikatoren mit Bezug zu den SDGs

Operationalisierter Indikator	Erläuterung	Einheit	SDG-Bezüge			
			SDG 7	SDG 11	SDG 13	SDG 15
Strom aus Windkraft	Installierte Leistung je Einwohner	W/EW				
Stromgestehungskosten	Kosten pro Killowattstunde	€/kWh				
Primärenergieverbrauch	Anteil EE am Primärenergieverbrauch	% (PJ)				
Bruttostromproduktion	Anteil EE an der Bruttostromproduktion	% (TWh)				
Emissionen	in CO ² -Äquivalenten	g/kWh				
Steuern und Umlagen	Stromsteuer, EEG-, KKWG-Umlage	€/kWh				
Investitionen	Investitionen in die Errichtung von EE-Anlagen	€				
Wirtschaftliche Impulse	Wirtschaftliche Impulse aus dem Betrieb von EE-Anlagen	€				
Bruttobeschäftigung EE	Arbeitsplätze in der EE-Branche	Anzahl				
Waldfläche	Anteil	%				
Landwirtschaftliche Fläche	Anteil	%				
Flächenverbrauch (Versiegelung)	Inanspruchnahme durch die Energieform	m ²				
Stickstoffüberschuss	pro landw. Fläche	kg/ha				
Landschaftsqualität	Stufe des Hemerobienwerts	Anzahl				
Unzerschnittene Freiraumflächen	bzgl. Trassen des Verkehrsnetzes	%				
Fließgewässerqualität	ökologischer Zustand	Kategorie				

3.4 AP 3: Technikkonzept der Medienplattform - Lastenheft

In einem zusätzlichen Workshop mit einem Spielentwickler im September 2020 wurden erste technische und funktionale Anforderungen an das Serious Game diskutiert. Die Machbarkeit des ausgearbeiteten Didaktik- und Spielkonzepts wurde in diesem Rahmen bestätigt.

Inhalt des Lastenheftes sind die technische Konzeption und die funktionalen Anforderungen für die Entwicklung eines digitalen Serious Games für Schülerinnen und Schüler zum Thema Landnutzungskonflikte und Sustainable Development Goals (SDGs). Die Lernenden sollen durch das Spiel eine Bewusstseinsbildung der Relevanz erneuerbarer Energien für die Sustainable Development Goals und deren Zielkonflikte erreichen. Im Mittelpunkt steht ein authentisches und glaubwürdiges, aber auch unterhaltendes Lernerlebnis, bei dem den Jugendlichen vermittelt wird, dass individuelle

Entscheidungen einzelner Akteure einen maßgeblichen Einfluss auf regionale Folgen des Landnutzungskonflikts haben können. Die Anwendenden haben die Möglichkeit, verschiedene Ausbauszenarien von erneuerbaren Energien in der Spielumgebung zu erproben und dabei die Nachhaltigkeit ihrer Entscheidungen einzuschätzen. Durch eine eigenständige Analyse des virtuellen Raums und nach Abwägung verschiedenster Interessenlagen und Anforderungen, können sie diesen im Sinne ausgewählter SDGs gestalten. Ziel und Zweck des Lastenhefts ist es, die technischen und funktionalen Anforderungen für die Entwicklung eines digitalen, web-basierten Serious Games zu benennen. Dabei werden auf inhaltlicher Ebene der Spielablauf mit den verschiedenen Spielphasen, sowie die wichtigsten Parameter für die Erreichung des Spielziels erläutert.

3.4.1 Nicht-funktionale Anforderungen

3.4.1.1 Technische Anforderungen

Das Lernspiel soll browserbasiert sein und im HTML5-Format umgesetzt werden. Dabei sollen alle gängigen Browser (Firefox, Internet Explorer, Edge und Safari) in ihren aktuellen Versionen unterstützt werden. Das Lernspiel soll auf verschiedenen Endgeräten (PC, Tablet und Smartphone) spielbar sein. Es sollen keine Plugins oder ähnliches zum Abspielen erforderlich sein. Dieser Anforderungen gelten unabhängig von Betriebssystem und Endgerät.

Das Lernspiel soll gebrauchstauglich auf die Zielgruppe angepasst, intuitiv bedienbar und nach Möglichkeit barrierefrei gestaltet sein. Spielergebnisse sollen vom System dauerhaft gespeichert werden, um eine Wiederaufnahme des aktuellen Spielstands zu ermöglichen, wenn der Browser geschlossen wird. Es wird vorausgesetzt, dass eine anonyme Datenerhebung über das Spiel für wissenschaftliche Zwecke zu Lernzielen gewährleistet werden kann.

3.4.1.2 Service und Support

Bis Ende der Projektlaufzeit soll eine Nutzbarkeit des Serious Games bei Updates der Browserversionen durch Anpassung des Systems an künftige Browserversionen gewährleistet werden. Gewährleistungen über die Laufzeit des Projektes für eine weitere Nutzung des Lernspiels hinaus können in Folgeverträgen mit dem Fördermittelgeber des Projektes abgestimmt werden. Zudem sollte deutschsprachige Begleitforschung im Rahmen einer Promotion in Zusammenarbeit mit dem Auftragnehmer gewährleistet werden. Dies beinhaltet die Begleitung von Usability-Tests nach ISO/IEC 9216-4 in iterativen Zyklen, um die Lernspielumgebung und das didaktische Konzept bestmöglich zu realisieren.

3.4.2 Funktionale Anforderungen

3.4.2.1 *Benutzeroberfläche, Navigation und Visualisierung*

In der interaktiven Simulation basiert die Grundübersicht auf einer der Realität nachempfundenen Modelllandschaft. Von dort aus können die Spielenden ein interaktives Beispielszenario aus drei Landschaftstypen auswählen. In den Beispielszenarien werden Challenges von Seiten eines Nachhaltigkeitsmanagers formuliert, die es zu erreichen gilt. Die Spielenden können mit NPCs in den Szenarien interagieren. Die Interaktion wird durch Kommunikation zwischen den NPCs und Spielenden dargestellt. Ergebnisse werden im Interface des Spiels durch interaktive Elemente visualisiert. Es handelt sich dabei um einen aktionsbasierten Ansatz mit freier Entscheidung zum Beenden des Spiels. Ein Map Viewer zeigt zusätzlich konkrete Raumbispiele auf.

Die Lernumgebung dient dabei

1. als „Darstellungstool“, um konkurrierende Landnutzungen am Beispiel der Nutzung erneuerbarer Energien für verschiedene „Musterräume“ didaktisch vereinfacht, aber realitätsnah darzustellen,
2. als „Interface“, um die Analysen der Jugendlichen und ihre Entscheidungen in das Lernspiel zu implementieren und
3. als „Simulationstool“, um die Auswirkungen der vorgesehenen Entscheidungen zu simulieren und zu visualisieren.

Die Navigation sollte intuitiv, übersichtlich und zielgruppengerecht sein. Die Spielszenarien passen sich adaptiv an den Lernerfolg der Spielenden an, sodass verschiedene zielgruppenspezifische Schwierigkeitsstufen (in diesem Fall erhöhte Komplexität der Entscheidungen in den neuen Szenarien) spielbar gemacht werden. Entscheidungspfade, die mehr Wissen voraussetzen, werden im Spielverlauf freigeschaltet. Weiterhin sind die Zugänglichkeitskriterien für Menschen mit Behinderungen oder die Konzeption für alle Nutzer zu berücksichtigen.

Das Serious Game sollte ansprechend und motivierend gestaltet sein. Die visuelle Gestaltung sollte realitätsnah und nicht zu vereinfacht oder verniedlicht sein. Die Lernspielumgebung sollte grundsätzlich über Animationen verfügen.

3.4.2.2 *Nutzung von Elementen*

Die Lernspielumgebung soll aus einer Kombination diverser interaktiver Elemente bestehen:

- Grafiken und Beispiele

- Aufgaben und interaktive Übungen
- Simulationen und Animationen
- Feedback und Hinweise
- Zusammenfassung des Gelernten

3.4.2.3 Spieldauer/ Lernzeit

Da es sich bei dem Serious Game um ein Gesamtszenario in einer Modellregion handelt, soll die Lerneinheit ohne Tutorial und Intro nicht länger als 30 min betragen. Jedoch kann der Lernende zu jeder Zeit selbst das Spiel über einen Button beenden und seine Spielstatistik aufrufen. Feedback wird gegeben und die Option weiterzuspielen. Das Spiel wird in eine thematische Lerneinheit eingebettet und ist ein Bestandteil der gesamten Lerneinheit.

3.4.2.4 Inhalte

Das Lernspiel richtet sich primär an jugendliche Schülerinnen und Schüler der Oberstufe und Lehrerinnen und Lehrer, die dieses Lernspiel im Schulunterricht einsetzen. Darüber hinaus ist das Spiel auch zur Nutzung von jungen Erwachsenen in der außerschulischen Bildung angedacht.

Das Spiel wird in eine thematische Lerneinheit „Landnutzungskonflikte“ eingebettet und ist ein Baustein der Lerneinheit. Dadurch weisen die Jugendlichen ein thematisches Vorwissen auf und eine konkrete Ausgangslage zu Beginn des Spiels ist bekannt.

Allgemeines

Das Serious Game ist dem Genre Strategie- oder Aufbauspiel im Bereich Landschaftsplanung zuzuordnen. Dabei werden Simulationsmöglichkeiten für die Spielenden geschaffen, in einer modellhaften deutschen Großlandschaft verschiedene Arten von erneuerbaren Energien zu positionieren. Dabei wird der Raum mit verschiedenen Flächen/Nutzungsarten versehen. Die Spielumgebung ist interaktiv aufgebaut, d.h. die Spielenden können durch Point-and-Click oder Überfahren mit der Maus den Raum erkunden. Ebenso interagieren sie mit verschiedenen non-player characters und gehen auf ihre Beiträge ein (siehe Anhang Tabelle 4). Die vorgegebenen Flächen für das Ausbauszenario in einer Mittelgebirgslandschaft sind folgende:

- wertgebende Biotop (Naturschutzgebiete, Flora-Fauna-Habitatgebiete, Vogelschutzgebiete, Natur- und Kulturdenkmale inkl. Geotope)
- Siedlungs- und Verkehrsflächen (inkl. Straßen, Bahnlinien, Wohn- und Gewerbeflächen)
- Landwirtschaftliche Flächen (Ackerland, Grünland)
- Wasserflächen

Darüber hinaus wird das Relief der Landschaft dargestellt. Innerhalb dieser Landoberflächen können die SuS die erneuerbaren Energien unter der Berücksichtigung von Abstands- und Ausschlussflächen frei wählen.

3.4.2.5 Spielziel

Ziel ist es, die ausgewählten SDGs mit einer möglichst hohen Punktzahl /zu einem möglichst hohen Prozentsatz zu erreichen. Die Spielenden geraten dabei in eine Dilemma-Situation, wodurch die Widersprüche zwischen den Anforderungen der SDGs aufgezeigt werden. Eine maximale Punktzahl bei allen SDGs zeitgleich zu erreichen, ist dabei nicht das Ziel, vielmehr sollen die Grenzen der Umsetzung ausgereizt und gegeneinander abgewogen werden. Die Gesamtgestaltung der Spielumgebung ist ausschlaggebend für die Bewertung der SDGs. Dazu sind die wichtigsten Parameter definiert, um die volle Punktzahl je nach SDG zu erhalten (siehe Tabelle 3).

3.4.2.6 Zusammenfassung der nötigen Leistungen

Das Lernspiel muss somit folgende Leistungen umfassen:

- Konzeption des Serious Game in Zusammenarbeit mit dem Auftraggeber: Kick-off Workshop, Erstellung eines Grobkonzepts und Storyboards
- Entwicklung, Produktion und Auslieferung des Serious Game in einem iterativen, agilen Verfahren, mit deutschsprachiger wissenschaftlicher Begleitung des Auftraggebers in Form einer Promotion
- Präsentation von Zwischenergebnissen und Umsetzung von Änderungswünschen
- Leistungen für das Projektmanagement
- Begleitung der Usabilitytests nach ISO/IEC 9216-4 in iterativen Zyklen für deutschsprachige Forschungszwecke im Rahmen einer Promotion

3.5 AP 4: Umsetzungskonzept

Im Rahmen des Umsetzungskonzepts wird die Machbarkeit des Serious Games abschließend bewertet, wobei Aufwand und Nutzen gegenübergestellt werden.

Für das Serious Game haben sich verschiedene Anwendungskontexte und damit auch Zielgruppen als realisierbar erwiesen: der unterrichtliche Kontext für gymnasiale Oberstufenschüler/innen, Studierende, sowie einschlägig interessierte Besucher/innen von Umweltbildungszentren. Durch diese diversen Einsatzmöglichkeiten erfährt das Spiel eine breite Dissemination. Besonders im schulischen

Kontext kann es fächerübergreifend angewandt werden. Explizite Bezugsmöglichkeiten finden sich in den Fächern Geographie, Ethik und Gemeinschaftskunde. Durch die Funktion des Spiels als Tool zur Förderung von Bildung für nachhaltige Entwicklung allgemein kann aber auch ein Einsatz in weiteren Unterrichtsfächern kontextabhängig erfolgen.

Das Serious Game besitzt zudem einen hohen Wiederspielwert, der durch die vielfältigen Entscheidungspfade sichergestellt wird, was es für alle Anwendungskontexte attraktiv macht. Die Anwendenden haben bei mehreren Spieldurchgängen die Möglichkeit, unterschiedliche Strategien für die Erreichung des Spielziels umzusetzen. Des Weiteren können sie den Fokus für das Spielziel individuell verschieben, zum Beispiel indem sie Grenzszenarien des Machbaren erproben (beispielsweise die maximale Ausreizung der Spielumgebung für erneuerbare Energien), wobei die Rückmeldung über die erzielten Spielpunkte, SDG-Auswertungen und Positionen der NPCs gewährleistet, dass dabei keine Einbußen für die Erreichung der Lernziele entstehen. Die Feedbackangebote schaffen hierbei die nötige Transparenz.

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie hat sich gezeigt, dass das ursprüngliche Konzept, die Realität möglichst nah wiederzugeben, teilweise schwer oder nicht umzusetzen ist bzw. gar nicht sinnvoll hinsichtlich der Lernziele erscheint. Die Datenverfügbarkeit ist ein zentraler limitierender Faktor. Gleichzeitig bedeutet ein Mehr an Daten nicht unbedingt ein gesteigertes Lernergebnis. Im Gegenteil: durch eine reduzierte Komplexität kann der Fokus bewusst auf als zentral erachtete Aspekte des Ausbaus und der Nutzung erneuerbarer Energien gelegt werden. Dieser Ansatz spiegelt sich in der Auswahl der Daten wider, die zur Operationalisierung der Spielzüge herangezogen werden. Dadurch, dass häufig Durchschnittsdaten einer höheren Ebene wie Landkreis oder Bundeslandebene verwendet werden, fließen über die „pro Kopf“-Angaben überregionale Versorgungsaufgaben, wie der Energiebedarf großer Industrien, in die Berechnungen und damit die Anforderungen, die an die Spielenden gestellt werden, mit ein. Auch die Spiellandschaft wurde vor diesem Hintergrund vereinfacht. Die Wiedererkennbarkeit der eigenen Region kann über eine Map Viewer-Funktion sichergestellt werden, während gleichzeitig eine möglichst attraktive Spiellandschaft präsentiert werden kann. So trägt das Datenkonzept dazu bei, dass das Lernspiel im Rahmen eines gerechtfertigten Aufwands entwickelt und gleichzeitig das bestmögliche Lernergebnis erreicht werden kann.

Das Ziel des Simulationstools soll die Erstellung eines Instruments zur Bewusstseinsbildung und Förderung von Entscheidungskompetenz von Schüler/innen und anderen Zielgruppen für die Nachhaltigen Entwicklungsziele (SDG), insbesondere für das Umsetzungspotenzial erneuerbarer Energien sein. Der Raum, in dem wir leben, ist eine wertvolle und begrenzte Ressource für den Menschen, weshalb für dessen langfristige Tragfähigkeit eine nachhaltige Entwicklungsstrategie unumgänglich ist. Die in der Agenda 2030 verfassten Ziele für nachhaltige Entwicklung streben

Nachhaltigkeit auf allen Ebenen (ökonomisch, ökologisch, sozial) an, die sich räumlich manifestieren. Dem Raum kommt dabei eine doppelte Funktion zu: er dient sowohl als Plattform für Auseinandersetzungen, als auch als Konfliktgegenstand an sich. Der Fokus liegt auf die Rolle des Raumes als Konfliktgegenstand, der sich in den vielen verschiedenen Ansprüchen der Agenda, die alle im Raum ausgetragen werden, niederschlägt, denn obgleich sie alle nachhaltige Entwicklungsziele verfolgen, stehen sie nicht selten im Widerspruch zueinander, wie z.B. die Ansprüche an den Artenschutz einerseits und die optimalen Standorte erneuerbarer Energieträger andererseits. Die Machbarkeitsstudie hat gezeigt, dass es möglich sein kann, diese verschiedenen SDG-Nutzungskonflikte am Beispiel erneuerbare Energien (EE) in Form eines Serious Game abzubilden. Aufgrund der Verknappung der Ressource Raum werden gerade Jugendliche sich als Akteure der Zukunft im Laufe des 21. Jahrhunderts mit zusehends verschärfenden Landnutzungskonflikten konfrontiert sehen, weshalb die Hauptzielgruppe des Spiels Schüler/innen der Oberstufe sind. Im Spiel erproben sie ihre Handlungsmöglichkeiten im Nutzungskonflikt und erhalten unmittelbar Rückmeldung über die Konsequenz und den Grad der Nachhaltigkeit ihrer Entscheidungen. Dabei sollen so gut wie möglich alle konträren Interessen verschiedener Stakeholder berücksichtigt werden. Das Spiel fördert somit auf innovative und explorativ-spielerische Weise einerseits die Sensibilisierung für die Sustainable Development Goals und andererseits die Handlungskompetenz für zukunftsrelevante nachhaltige Raumgestaltung.

Anhand der erneuerbaren Energieträger Photovoltaik, Biogas und Windkraft sollen diese Nutzungskonflikte in drei verschiedenen Großlandschaften (Norddeutsches Tiefland, Mittelgebirge und Alpenvorland) aufgezeigt werden. Zusätzlich soll die Möglichkeit geschaffen werden, innerhalb eines Szenarios den Schwierigkeitsgrad anzupassen, indem nacheinander mehrere räumliche Parameter den Handlungsspielraum eingrenzen. Die Konflikte sollen innerhalb des jeweiligen Szenarios möglichst im Sinne der SDGs gelöst werden. Durch ein Punktebewertungssystem sollen die Anwendenden möglichst allen (ausgewählten) SDGs Rechnung tragen.

Landnutzungsentscheidungen, das heißt die (zukünftige) Gestaltung der Erdoberfläche, bestimmen die Weiterentwicklung unserer Natur- und Kulturlandschaftsräume. Deren Bedarfe stehen sich nicht selten konträr gegenüber, also in Konflikt zueinander, insbesondere im Bereich erneuerbare Energien. Die von der Bundesregierung beschlossene Energiewende nimmt eine Schlüsselfunktion für die nachhaltige Entwicklung der Gesellschaft der Zukunft ein. Die Folgen, die die andauernde Förderung und Nutzung fossiler Energieträger für Klima, Mensch und Umwelt haben, sind mannigfaltig und äußern sich letztendlich in irreversiblen Schäden an Ökosystemen für Flora und Fauna, sowie an Lebensgrundlagen und Gesundheit für Menschen. Diese Auswirkungen werden auf räumlicher Ebene nicht nur sichtbar, sondern der Raum ist auch Dreh- und Angelpunkt konkurrierende Ansprüche. Aus

diesem Grund stehen die Themen Landnutzung und erneuerbaren Energien in direktem Zusammenhang mit Nachhaltigkeit und Umwelt- bzw. Klimaschutz. Im Rahmen diverser Projekte und Institutionen werden diese realen Konflikte anhand von Raumbeispielen erörtert und Lösungskonzepte angeboten (z.B. im Fall von Biomasseproduktion das Projekt Löbestein, LUPP et al. 2012). Ergebnisse solcher und ähnlicher Untersuchungen sollen in diesem Projekt in ihren Kernmechanismen und didaktisch an die Zielgruppe angepasst vermittelt werden, wobei die EE-Arten angelehnt an den Modellraum sinnvoll ausgewählt werden. Auf der einen Seite liegt eine positive Korrelation zwischen Umweltschutz und EE vor: je mehr der Energiebedarf durch EE gedeckt wird, desto weniger fossile Energie wird benötigt und desto geringer sind die zu erwartenden negativen Umweltfolgen durch den Klimawandel. Im Gegensatz dazu gibt es aber auch opponierende Haltungen, die durch EE hervorgerufenen negativen Folgen für die Umwelt hervorheben, z.B. im Fall von Windenergieanlagen. Der Konflikt um die möglichst umweltfreundliche, wirtschaftliche und sozialverträgliche Raumnutzung wird dabei von verschiedenen Seiten beleuchtet und die SuS (Schülerinnen und Schüler) haben die Aufgabe, als Entscheidungstragende die potenziellen Nutzungsarten gegeneinander abzuwägen. Besonders wichtig ist der partielle Widerspruch zwischen den Umweltfolgen: einerseits wird durch die erneuerbaren Energien ein Beitrag zum Klimaschutz und damit zum Artenerhalt beigetragen, andererseits werden u.U. eher naturbelassene Lebensräume wirtschaftlich erschlossen, wodurch es ebenfalls zu einem Rückgang von Arten kommen kann. Diesen Konflikt auszuloten fördert sowohl das Umweltbewusstsein der SuS, als auch deren Sach- und Handlungskompetenz in Umweltthemen. Das Serious Game trägt also dazu bei, dass SuS zukunftsfähige umweltfreundliche Entscheidungen über Landnutzungenarten fällen und die Konsequenzen für Stakeholder nachvollziehen und bewerten können. Die SuS erhalten Kenntnis darüber, inwiefern und mit welchen Nebenwirkungen die Ziele der Energiewende durch die genannten erneuerbaren Energien realisiert werden können. Dabei spielen Artenvielfalt und Klimaschutz genauso eine Rolle wie landwirtschaftliche Tragfähigkeit bzw. Ernährungssicherungsfragen, soziale Gerechtigkeit, Wettbewerbsfähigkeit und Energieversorgung. Letztere Interessen müssen im Einklang im ersteren getroffen werden, um nachhaltig Wohlstand, Versorgung und Generationengerechtigkeit zu gewährleisten. Denn für eine ganzheitliche Betrachtung sind die Fragen der Energiewende nicht ausschließlich wirtschaftlicher und umwelttechnischer, sondern auch ethischer Natur. In diesem Dreieck bewegen sich die Haltungen unterschiedlicher Akteure, die zu den Eckpunkten dieser Zusammenhänge in Relation setzen müssen (vgl. BERR 2018: 57).

Im Spielziel wird die ganzheitliche nachhaltige Raumgestaltung mit Schwerpunkt auf den Umweltaspekt a priori operationalisiert. Im weiteren Spielverlauf wird der anfängliche Fokus auf die Verfolgung einer erneuerbaren Energieversorgung von 100% im Zielraum von Pro- und Kontraargumenten im Hinblick auf ihren Nachhaltigkeitsaspekt reflektiert, relativiert und durch andere

Umweltziele, wie z.B. Landschafts-, Immissions- und Artenschutz erweitert. Die Interessen und Ziele werden durch verschiedene Akteure repräsentiert, mit denen die Spielenden interagieren. Dadurch entwickeln die SuS die Fertigkeit, Lösungswege von Umweltproblematiken multiperspektivisch zu reflektieren und zugleich interessengesteuerte Handlungsstrategien von Akteuren zu entlarven. Somit werden die Kompetenzen der BNE, Beurteilungs- und Handlungskompetenzen ganzheitlich gefördert.

4 Fazit

Dem Ausbau Erneuerbaren Energien und im Zuge der Energiewende, weg von fossilen Energieträgern und Atomkraft und für den Klimaschutz, kommt eine zentrale Rolle zu. Anders als bei herkömmlicher Energieerzeugung in Großkraftwerken, wird die Energie aber bei der Nutzung von Wind, Sonne und Biomasse dezentral erzeugt und bedarf daher größerer Flächen. Der damit verbundene Flächenverbrauch steht oft in Konflikt zu anderen Landnutzungsformen – entsprechende gesellschaftliche und politische Diskurse sind die Folge. Dabei geht es darum, die Nutzung erneuerbarer Energien in einen Einklang mit anderen Nutzungsanforderungen aus ökologischer, ökonomischer und sozialer Sicht zu stellen, um zu nachhaltigen Flächennutzungskompromissen zu gelangen.

Das im Rahmen des Projektes konzipierte Lernspiel kann substantziell dazu beitragen, diese Flächennutzungskonflikte sichtbar zu machen, unterschiedliche Nutzungsalternativen zu entwickeln und beurteilen, um so modellhaft nachhaltige Lösungen für den Ausgleich unterschiedlicher Interessen und damit Nutzungsansprüche für verschiedene Szenarien des Ausbaus erneuerbarer Energien zu simulieren.

Das hierzu entwickelte Konzept eines interaktiven Lernspiels trägt dabei auch maßgeblich zur Förderung der von den Vereinten Nationen im Jahr 2015 mit der Agenda 2030 definierten 17 globalen Nachhaltigkeitsziele (Sustainable Development Goals, SDG) bei, in dem es ausgehend vom SDG 7 „bezahlbare und saubere Energie“, potenzielle Konflikte und Widersprüche innerhalb und zwischen unterschiedlichen Nachhaltigkeitszielen verdeutlicht. Dadurch wird die Komplexität der Umsetzung einer globalen Nachhaltigkeitsstrategie auf der konkreten, lokalen Ebene im Konfliktfeld des Ausbaus erneuerbarer Energien durch das konzipierte Lernspiel in anschaulicher, problem- und handlungsorientierterweise deutlich.

Ziel des Bildungsauftrags des UNESCO-Programms „Bildung für nachhaltige Entwicklung zur Erreichung der Agenda 2030“ ist es, Bürgerinnen und Bürger in die Lage zu versetzen ihr eigenes aber auch gesellschaftliches Handeln im Hinblick auf verschiedene Aspekte einer nachhaltigen Entwicklung in ökologischer, ökonomischer und sozialer Sicht zu reflektieren, um verantwortungsbewusste,

zukunftsfähige Entscheidungs- und Handlungsperspektiven zu entwickeln. Eine Umsetzung des im Rahmen dieser Machbarkeitsstudie konzipierten Lernspiels in Form eines immersiven, digitalen Serious Game würden notwendige Kenntnisse, Fähigkeiten und Kompetenzen maßgeblich fördern. Die im Rahmen des Projekts „Landnutzungskonflikte Erneuerbare Energien – Szenario-basierte Umweltbildung zu den Raumanforderungen erneuerbarer Energien unter Nutzung neuer Medien“ durchgeführte Studie hat dabei gezeigt, dass die Umsetzung des hierzu entwickelten Methodik-didaktischen Konzepts einen wertvollen und wichtigen Beitrag für die Umsetzung der Nachhaltigkeitsziele auf lokaler Ebene leisten kann und ist durchweg auf positive Rückmeldung gestoßen. Aus diesem Grund wäre eine konkrete Umsetzung, weitere Erprobung und bundesweite Dissemination des Konzepts des erfolgreichen Projektkonsortiums mit der notwendigen fachlichen, methodischen und didaktischen Expertise in Form eines interaktiven Lernspiels ein konsequenter nächster Schritt.

Literaturnachweise

BILDUNGSPLÄNE des Gymnasiums (2016): Geographie / Ethik / Gemeinschaftskunde. Baden-Württemberg: Ministerium für Kultur, Jugend und Sport.

BREUER, J. (2010): Spielend lernen?: Eine Bestandsaufnahme zum (Digital) Game-Based Learning. In: Düsseldorf: LfM-Dokumentation (41) Online.

MARR, A. (2010): Serious Games für die Informations- und Wissensvermittlung: Bibliotheken auf neuen Wegen. In: FUHLROTT, R. / KRAUSS-LEICHERT, U. / SCHÜTTE, C. (2010): B.I.T. online – innovativ (28). Wiesbaden: Dinges & Frick.

RINSCHÉDE, G. / SIEGMUND, A. (2020): Geographiedidaktik, 4. Auflage. In: HEINEBERG, H.: Grundriss allgemeine Geographie. Paderborn: utb. 521 S.

WILLENBACHER, M. / LEPIORZ, R. / WOHLGEMUTH, V. (2017): Serious Games, Umweltbewusstsein und Nachhaltigkeit. In: EIBL, M. / GAEDKE, M. (Hrsg.): Informatik 2017: Lecture Notes in Informatics. Bonn: Gesellschaft für Informatik.

Indikator	Raum- bezug	Zeitreihe	SDG 1	SDG 2	SDG 3	SDG 4	SDG 5	SDG 6	SDG 7	SDG 8	SDG 9	SDG 10	SDG 11	SDG 12	SDG 13	SDG 14	SDG 15	SDG 16	SDG 17
Entwicklung weibliche Langzeitarbeitslose	GVB		✓							✓									
Männliche Langzeitarbeitslose	GVB	1998-2017	✓							✓									
Entwicklung männliche Langzeitarbeitslose	GVB		✓							✓									
Baulandpreise	KRE												✓				✓		
Veränderung Baulandpreise	KRE												✓				✓		
Baulandumsatz	KRE												✓				✓		
Fertiggestellte Wohngebäude mit erneuerbarer Heizenergie	KRE	2016 - 2017							✓				✓		✓				
Fertiggestellte Wohnungen mit erneuerbarer Heizenergie	KRE	2016 - 2017							✓				✓		✓				
Fertiggestellte Wohnungen im Bestand	GVB	2003 - 2017											✓				✓		
Neue Ein- und Zweifamilienhäuser	GVB	2003 - 2017											✓				✓		

Indikator	Raum- bezug	Zeitreihe	SDG 1	SDG 2	SDG 3	SDG 4	SDG 5	SDG 6	SDG 7	SDG 8	SDG 9	SDG 10	SDG 11	SDG 12	SDG 13	SDG 14	SDG 15	SDG 16	SDG 17
Studierende	KRE	1995 - 2017				✓													
Haushaltseinkommen	KRE	2000 - 2016								✓									
Entwicklung Haushaltseinkommen	KRE									✓									
Bruttoverdienst	KRE	2000 - 2016								✓									
Entwicklung Bruttoverdienst	KRE									✓									
Arbeitsvolumen	KRE	2000 - 2016								✓									
Medianeinkommen	KRE	2014 - 2016								✓									
Medianeinkommen Frauen	KRE	2014 - 2016								✓									
Medianeinkommen Männer	KRE	2014 - 2016								✓									
Anteil Siedlungs- und Verkehrsfläche	GVB	2016 - 2017											✓		✓		✓		
Siedlungsdichte	GVB	2016 - 2017											✓						
Anteil Erholungsfläche	GVB	2016 - 2017			✓								✓		✓				

Indikator	Raum- bezug	Zeitreihe	SDG 1	SDG 2	SDG 3	SDG 4	SDG 5	SDG 6	SDG 7	SDG 8	SDG 9	SDG 10	SDG 11	SDG 12	SDG 13	SDG 14	SDG 15	SDG 16	SDG 17
Erholungsfläche je Einwohner	GVB	2016 - 2017			✓								✓		✓				
Anteil Freifläche	GVB	2016 - 2017											✓		✓		✓		
Freifläche je Einwohner	GVB	2016 - 2017											✓		✓		✓		
Anteil Landwirtschaftsfläche	GVB	2016 - 2017											✓	✓	✓		✓		
Anteil naturnähere Fläche	GVB	2016 - 2017											✓		✓		✓		
Naturnähere Fläche je Einwohner	GVB	2016 - 2017											✓		✓		✓		
Anteil Waldfläche	GVB	2016 - 2017											✓		✓		✓		
Waldfläche je Einwohner	GVB	2016 - 2017											✓		✓		✓		
Anteil Wasserfläche	GVB	2016 - 2017						✓					✓		✓	✓			
Wasserfläche je Einwohner	GVB	2016 - 2017						✓					✓		✓	✓			
Abfallmenge	KRE	2002 - 2015											✓	✓		✓	✓		
Abfallmenge aus eigenem	KRE	2002 - 2015											✓	✓		✓	✓		

Indikator	Raum- bezug	Zeitreihe	SDG 1	SDG 2	SDG 3	SDG 4	SDG 5	SDG 6	SDG 7	SDG 8	SDG 9	SDG 10	SDG 11	SDG 12	SDG 13	SDG 14	SDG 15	SDG 16	SDG 17
Empfänger von Grundsicherung im Alter (Altersarmut)	KRE	2008 - 2017	✓																
Kinderarmut	KRE	2010 - 2017	✓																
ALG I-Leistungen	KRE	2006 - 2017																	
SGBII-Leistungen	KRE	2008 - 2017								✓									
SGBII-Leistungen je Einwohner	KRE	2008 - 2017								✓									
ALG II-Leistungen	KRE	2008 - 2017								✓									
Anteil ALG II-Leistungen	KRE	2008 - 2017								✓									
ALG II-Leistungen je Einwohner	KRE	2008 - 2017								✓									
Erreichbarkeit von Autobahnen	GVB										✓						✓		
Erreichbarkeit von Flughäfen	GVB										✓						✓		
Erreichbarkeit von IC/EC/ICE- Bahnhöfen	GVB										✓		✓				✓		

Indikator	Raum- bezug	Zeitreihe	SDG 1	SDG 2	SDG 3	SDG 4	SDG 5	SDG 6	SDG 7	SDG 8	SDG 9	SDG 10	SDG 11	SDG 12	SDG 13	SDG 14	SDG 15	SDG 16	SDG 17
Erreichbarkeit von Oberzentren	GVB										✓						✓		
Erreichbarkeit von Mittelzentren	GVB										✓						✓		
Nahversorgung Supermärkte Durchschnittsdistanz	GVB										✓								
Nahversorgung Supermärkte Anteil der Bev. 1km Radius	GVB										✓								
Nahversorgung Apotheken Durchschnittsdistanz	GVB				✓						✓								
Nahversorgung Apotheken Anteil der Bev. 1km Radius	GVB				✓						✓								
Nahversorgung Grundschulen Durchschnittsdistanz	GVB					✓					✓								
Nahversorgung Grundschulen Anteil der Bev. 1km Radius	GVB					✓					✓								
Nahversorgung Haltestellen des ÖV Durchschnittsdistanz	GVB										✓		✓		✓				
Nahversorgung Haltestellen des ÖV Anteil der Bev. 1km	GVB										✓		✓		✓				

Indikator	Raum- bezug	Zeitreihe	SDG 1	SDG 2	SDG 3	SDG 4	SDG 5	SDG 6	SDG 7	SDG 8	SDG 9	SDG 10	SDG 11	SDG 12	SDG 13	SDG 14	SDG 15	SDG 16	SDG 17
Verhältnis der Beschäftigungsquote von Ausländern zu gesamt	KRE	2006 - 2017								✓		✓							
Mietpreise	KRE	2006 - 2017											✓						
Verunglückte im Verkehr	KRE	2010 - 2017			✓														
Trinkwasserverbrauch	KRE	2007 - 2016 (3jährig)						✓					✓	✓		✓			
Verschuldung im Kernhaushalt	KRE	2010 - 2017																✓	
Flächennutzungsintensität	KRE	2016-2018											✓						
Fließgewässerqualität	KRE	2016-2018						✓						✓					
Naturschutzflächen	KRE	2016-2018												✓					
Landschaftsqualität	KRE	2016-2018												✓					
Unzerschnittene Freiraumflächen	KRE	2016-2018												✓					

Tabelle 5: Beispielhafte Aussagen der NPCs zum Ausbau erneuerbarer Energien

	Bürgermeister	Naturschutzverbände	Bürgerinitiativen	Landwirt:in	Bürgerenergiegenossenschaften	Klimaschutzaktivist
Dach-PV	PV auf Dächern finde ich sinnvoll, aber nicht wenn sie Denkmäler oder das Stadtbild verschlechtert, denn das mögen die Anwohner nicht.	Wir wollen, dass Arten und Naturlandschaften geschützt werden. Dach PV steht dem nicht entgegen.	Ein wenig Dach-PV stört uns nicht weiter. Aber es darf das Ortsbild nicht zerstören! Unser historischer Ortskern darf nicht verändert werden.	/	Wir wollen nicht nur nachhaltig, sondern auch unabhängig sein. Wir unterstützen kleine lokale Energieversorgung, damit diese in der Hand der Bürger/innen bleibt.	Je mehr umweltfreundliche Energieversorgung desto besser. Und jeder einzelne kann etwas dafür tun.
Zufriedenheit	geringer Ausbau leicht negativ, ab mittlerem Ausbau positiv	plus ab mittlerem Ausbau	neutrale Meinung, in Altstadt negativ		plus ab mittlerem Ausbau	plus bei starkem Ausbau
Freiflächen PV	Freiflächen-PV ist in der Bevölkerung ziemlich umstritten und ich muss mich als deren Repräsentant daran orientieren. Sie sollen nur sehr begrenzt eingesetzt werden.	Wir wollen keinen unnötigen Flächenverbrauch, der die Biodiversität einschränkt.	Freiflächen-PV kommt für uns nicht infrage. Das zerstört das ganze Landschaftsbild und die Singvögel werden vertrieben.	Die wenigen wirklich ungenutzten Freiflächen können durchaus stärker genutzt werden, sofern sie nicht für andere Zwecke gebraucht oder geeignet wären.	PV kann auf Freiflächen, die sonst nicht gebraucht werden, sehr gut angebracht werden. Insbesondere wenn sie zur Unabhängigkeit von Großkonzernen beiträgt.	Jede Freifläche, die ungenutzt ist, muss für erneuerbare Energien genutzt werden. Das ist die einzige Möglichkeit, unsere Energieziele für 2050 - nämlich 80% Ökostrom - erreichen zu können.
Zufriedenheit	plus bei geringem Ausbau, bei starkem Ausbau negativ	Plus bei geringem Ausbau, negativ bei stark	plus bei keinem Ausbau	plus bei mittlerem Ausbau, stark abhängig auf welcher Fläche	plus ab geringem Ausbau	plus bei starkem Ausbau

Biogas	Biogas ist zwar prinzipiell gut, aber die Landwirtschaft darf davon nicht dominiert werden.	Wenn wir nicht aufpassen, zerstören die Monokulturpflanzen der Biogasanlagen viele Lebensräume.	/	Biogas spielt natürlich eine sehr große Rolle! Ich besitze ja selbst eine kleine. Wenn mehr Bauern Biogasanlagen besitzen, dann haben sie höhere Einnahmen und können daher ökologischer anbauen. Weitere Einnahmemöglichkeit	Bei Biogas besteht ebenso die wachsende Unabhängigkeit der Landwirte, sogar in noch größerem Maß. Wir können so mehr Gewinne erzielen und reinvestieren. Energie in Bürgerhand! Zusammenarbeit mit Landwirten	Biogas ist sehr wichtig für unsere Klimabilanz, zumal hier das klimaschädliche Treibhausgas noch sinnvoll für die Stromerzeugung genutzt wird. Eine win-win-Situation. Grundlast, Erdgas, Regelbarkeit
Zufriedenheit	plus bei geringem Ausbau , sonst neutral	plus bei geringem Ausbau		plus immer, differenziert nach Substrat	plus ab geringem Ausbau	plus bei starkem Ausbau
Windkraft	Windkraft fördert unsere Wirtschaftskraft und unsere nachhaltige Energierversorgung. Aber nicht um jeden Preis - wir wollen die Bedürfnisse unserer Bürger/innen nicht vernachlässigen.	Windkraft schadet unseren Ökosystemen. Wir wollen keinen Ökostrom um jeden Preis. Wenn es bereits Infrastruktur für andere Energien gibt, dann sollen diese nicht genutzt werden. Zudem sollen neue WEA nur da entstehen, wo es keine großen Auswirkungen auf die Umwelt hat.	Windkraft! Wenn ich das schon höre. Damit muss endlich Schluss sein, die verschandelt uns die ganze Landschaft!	Flächen für Windkraftanlagen können wir an Investoren verpachten. Das ist natürlich sehr praktisch und ein guter Nebenerwerb. Aber zu viel Ackerfläche darf natürlich nicht verloren gehen.	Windkraft ist natürlich für die Energiewende essenziell. Wenn Bürgerenergiegenossenschaften so große Projekte in Angriff nehmen brauchen wir hohe Investitionssummen. Aber dafür liegt die Windkraft in unserer Hand und nicht in der Hand von skrupellosen Profithaien.	Der entscheidende Faktor wird sicherlich von der Windkraft bestimmt. Wir brauchen einen radikalen Ausbau, damit wir künftig auf den Strom aus fossilen Energieträgern verzichten können und unser Klima retten!

Zufriedenheit	plus bei geringem Ausbau	Plus bei gering Ausbau. Ab dann minus	minus ab gering, kommt auf Abstände	plus bei mittlerem Ausbau	plus bei mittlerem Ausbau, evtl. vom Abstand abhängig	plus bei starkem Ausbau
---------------	--------------------------	---------------------------------------	-------------------------------------	---------------------------	---	-------------------------

Tabelle 6: Bezüge von Windenergieanlagen zu anderen Objekten in Hessen

Gebiet	Ausprägung	Merkmal
Naturschutzgebiet	Grundfläche	Schutzbereich
Geschützte Biotope		-
Geschützte Wälder	Grundfläche	Schutzbereich
FFH-Gebiete	FFH-Verträglichkeitsprüfung	Schutzbereich
Landschaftsschutzgebiete	Einzelfall	Schutzbereich
Vogelschutzgebiete	FFH-Verträglichkeitsprüfung	Schutzbereich
Kultur- und Naturdenkmale	Grundfläche	Schutzbereich
Wasserschutzgebiete	Zone I & II	Schutzbereich
Landwirtschaftliche Nutzfläche		-
Siedlungsfläche	1000m	Abstand
Gewerbefläche	1000m	Abstand
Straße	150m (<i>Autobahn</i>) 100m (<i>Bundesstraße</i>) 100m (<i>Landstraße</i>) 100m (<i>Kreisstraße</i>)	Abstand
Bahnlinie	150m (<i>Fernverkehr</i>) 100m (<i>Nahverkehr</i>)	Abstand
Wasserflächen	100m (<i>Wasserstraße</i>)	Abstand

Tabelle 7: Bezüge von Biogasanlagen zu anderen Objekten in Hessen

Gebiet	Ausprägung	Merkmal
Naturschutzgebiet	Grundfläche	Schutzbereich
Geschützte Biotope	Grundfläche	Schutzbereich
Geschützte Wälder	Grundfläche	Schutzbereich
FFH-Gebiete	FFH-Verträglichkeitsprüfung	Schutzbereich
Landschaftsschutzgebiete	FFH-Verträglichkeitsprüfung	Schutzbereich
Vogelschutzgebiete	FFH-Verträglichkeitsprüfung	Schutzbereich
Kultur- und Naturdenkmale	Grundfläche	Schutzbereich
Wasserschutzgebiete	Wasserschutzzonen I & II	Schutzbereich
Landwirtschaftliche Nutzfläche	-	-
Siedlungsfläche	500m (<i>Offene Anlage</i>)* 300m (<i>Geschlossene Anlage</i>)*	Abstand
Gewerbefläche	500m (<i>Offene Anlage</i>)* 300m (<i>Geschlossene Anlage</i>)*	Abstand
Straße	100m (<i>Autobahn</i>) 40m (<i>Bundesstraße</i>) 40m (<i>Landstraße</i>) 40m (<i>Kreisstraße</i>)	Abstand
Bahnlinie	-	Abstand
Wasserflächen	20m (<i>Allgemein</i>) 50m (<i>Brunnen zur privaten Trinkwasserversorgung</i>) Verboten (<i>Überschwemmungsgebiete</i>)	Abstand

*Gilt für Anlagen mit einem jährlichen Durchsatz von mehr als 3000 t Substrat. Ansonsten greift die Geruchsimmisionsrichtlinie.

Tabelle 8: Bezüge von PV-Freiflächenanlagen zu anderen Objekten in Hessen

Gebiet	Ausprägung	Merkmal
Naturschutzgebiet	Grundfläche	Schutzbereich
Geschützte Biotope	Grundfläche	Schutzbereich
Geschützte Wälder	Grundfläche	Schutzbereich
FFH-Gebiete	FFH-Verträglichkeitsprüfung	Schutzbereich
Landschaftsschutzgebiete	Grundfläche	Schutzbereich
Vogelschutzgebiete	FFH-Verträglichkeitsprüfung	Schutzbereich
Kultur- und Naturdenkmale	Grundfläche	Schutzbereich
Wasserschutzgebiete	Wasserschutzzone I (10m Abstand)	Schutzbereich
Landwirtschaftliche Nutzfläche	-	
Siedlungsfläche	-	
Gewerbefläche	-	
Straße	100m (Autobahn) 40m (Bundesstraße) 40m (Landstraße) 40m (Kreisstraße)	Abstand
Bahnlinie	-	
Wasserflächen	-	

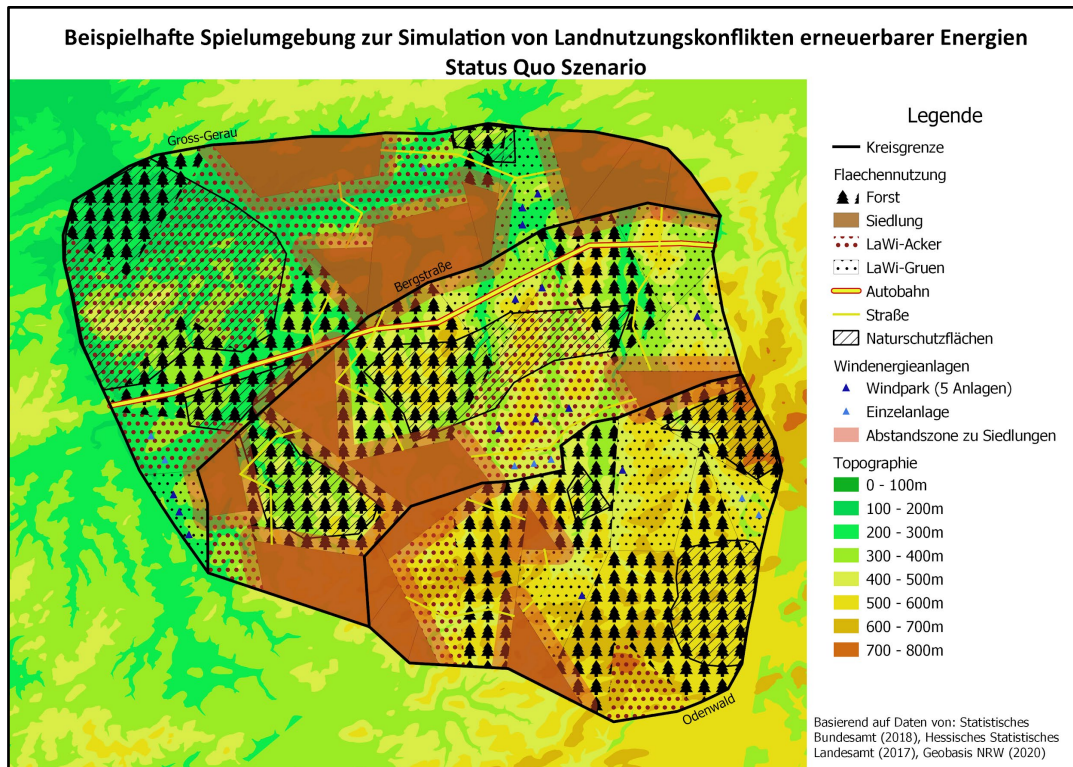


Abbildung 8: Beispielhafte Spielumgebung zur Simulation von Landnutzungskonflikten erneuerbarer Energien: Status Quo Szenario

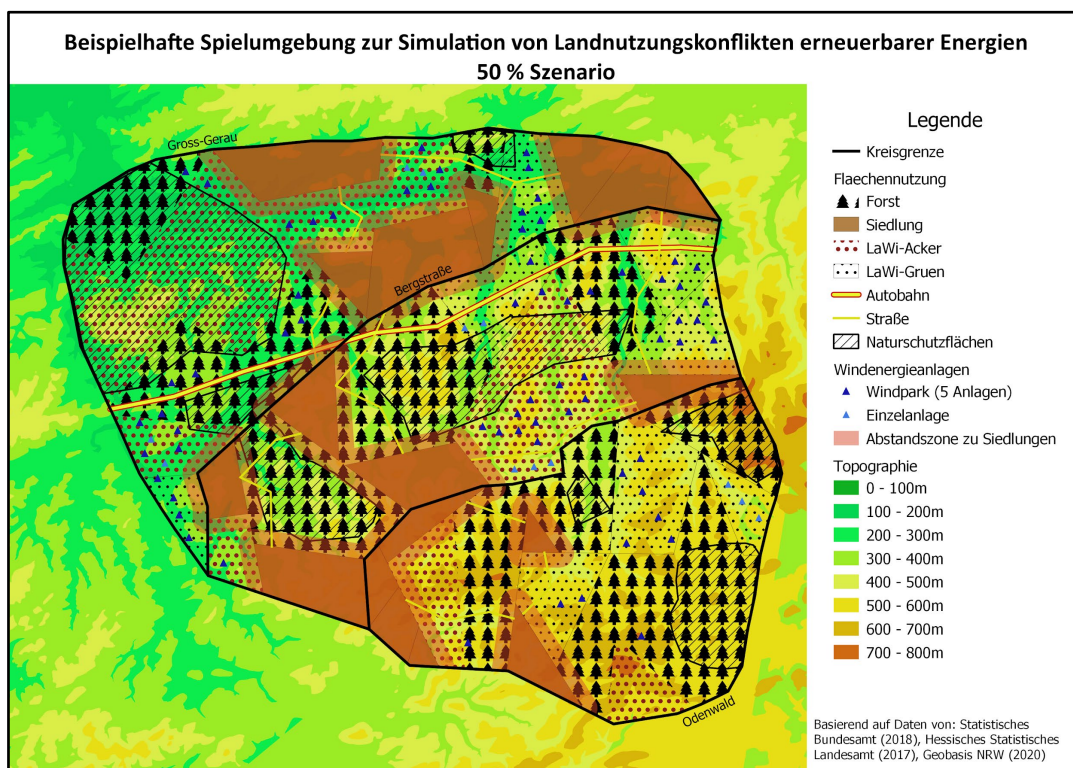


Abbildung 9: Beispielhafter Spielumgebung zur Simulation von Landnutzungskonflikten erneuerbarer Energien: 50 % Szenario

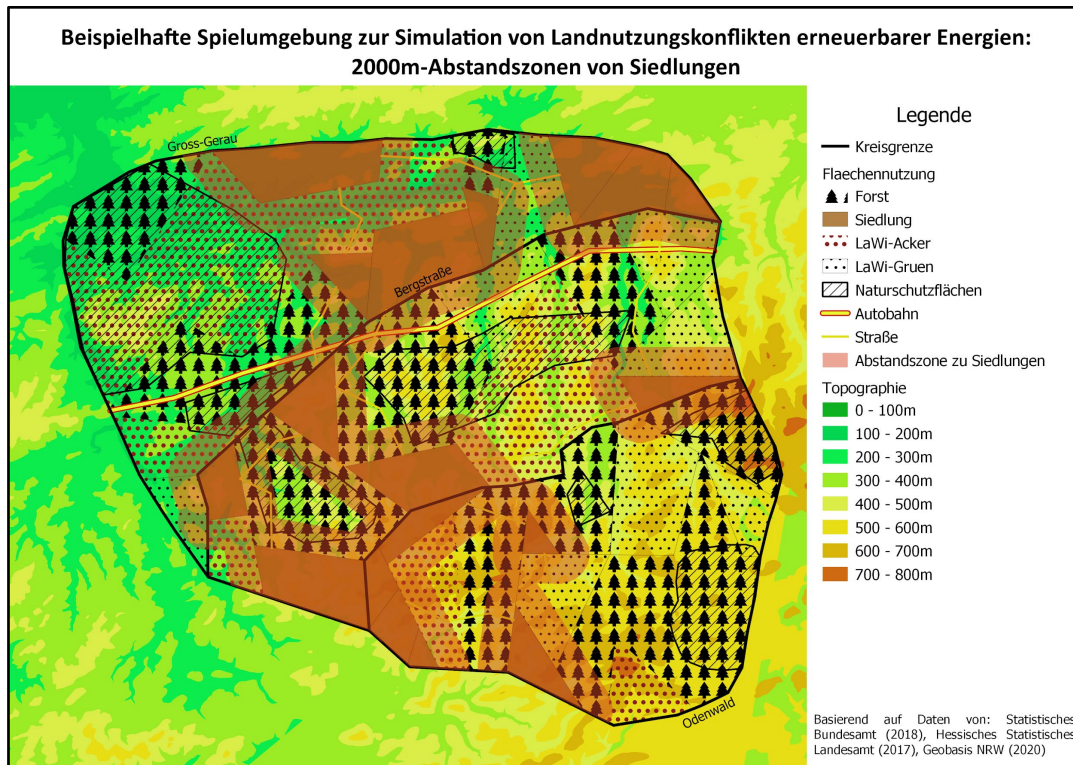


Abbildung 10: Beispielhafte Spielumgebung zur Simulation von Landnutzungskonflikten erneuerbarer Energien: Umfang der 2000m-Abstandszonen zu Siedlungen

Tabelle 9: Szenario ohne erneuerbare Energien im Modellgebiet

	Parameter	Odenwald	Bergstraße	Groß-Gerau
Richtwerte	Siedlungs- & Verkehrsfläche (%)	10,8	16,4	23,7
	Landwirtschaftliche Fläche (%)	32,2	40,4	46,2
	Waldfläche (%)	56,1	40,1	24,1
	Naturschutzflächen (%)	16,4	24,6	34,8
	Bev.-Dichte (EW/km ²)	155	374	599
	Bevölkerung	96798	269694	274526
Energie	Anzahl Windenergieanlagen	0	0	0
	Strom aus Windkraft (W/EW)	0	0	0
	Installierte Leistung WEA (MW)	0	0	0
	Bruttostromverbrauch (MWh)	574931,6749	1601847,38	1630547,05

	Parameter	Odenwald	Bergstraße	Groß-Gerau
	Bruttostromproduktion (MWh)	133736,2135	372609,5	379285,396
	Bruttostromproduktion WE (MWh)	0	0	0

Tabelle 10: Status-Quo Szenario im Modellgebiet

	Parameter	Odenwald	Bergstraße	Groß-Gerau
Richtwerte	Siedlungs- & Verkehrsfläche (%)	10,8	16,4	23,7
	Landwirtschaftliche Fläche (%)	32,2	40,4	46,2
	Waldfläche (%)	56,1	40,1	24,1
	Naturschutzflächen (%)	16,4	24,6	34,8
	Anteil der Abstandsflächen von Siedlungen (%)	12,4	18,4	13,1
	Bevölkerung	96798	269694	274526
Energie	Anzahl Windenergieanlagen	12	33	33
	Strom aus Windkraft (W/EW)	362,4929948	362,4929948	362,4929948
	Installierte Leistung WEA (MW)	35,08859691	97,76218574	99,51375189
	Bruttostromverbrauch (MWh)	574931,6749	1601847,385	1630547,046
	Bruttostromproduktion WE (MWh)	64029,62384	178396,3034	181592,5589
Ökonomie	Rendite (%)	3	3	3
	Wirtschaftliche Impulse	1.496.955,69 €	4.170.746,99 €	4.245.472,60 €
	Beschäftigte	61,75593056	172,0614469	175,1442033
Ökologie	Flächenverbrauch (ha)	5,848099485	16,29369762	16,58562532
	Eingesparte CO ² e (t)	45227,27398	126010,0873	128267,7598

Tabelle 11: 50 % Energieversorgung Szenario im Modellgebiet

	Parameter	Odenwald	Bergstraße	Groß-Gerau
Richtwerte	Siedlungs- & Verkehrsfläche (%)	10,8	16,4	23,7
	Landwirtschaftliche Fläche (%)	32,2	40,4	46,2
	Waldfläche (%)	56,1	40,1	24,1
	Naturschutzflächen (%)	16,4	24,6	34,8
	Anteil der Abstandsflächen von Siedlungen (%)	12,4	18,4	13,1
	Potenzielle Flächen für WEA (%)	60,4	40,6	28,4
	Bevölkerung	96798	269694	274526
Energie	Anzahl Windenergieanlagen	53	146	149
	Strom aus Windkraft (W/EW)	1627,439708	1627,439708	1627,439708
	Installierte Leistung WEA (MW)	157,5329088	438,9107246	446,7745133
	Bruttostromverbrauch (MWh)	574931,6749	1601847,385	1630547,046
	Bruttostromproduktion WE (MWh)	287465,8375	800923,6923	815273,5231
Ökonomie	Rendite (%)	3	3	3
	Wirtschaftliche Impulse	6.720.695,74 €	18.724.883,95 €	19.060.370,24 €
	Beschäftigte	277,2579196	772,4828753	786,3231433
Ökologie	Flächenverbrauch (ha)	26,25548481	73,15178743	74,46241888
	Eingesparte CO ² e (t)	203051,2661	565731,8144	575867,806