

DIPLOMARBEIT

**Integrale Planung von Photovoltaikanlagen und
biodiversitätsfördernden Maßnahmen**

Ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades einer
Diplom-Ingenieurin

unter der Leitung von

Univ.-Ass. Dipl.-Ing Dr. techn. Hartmut Dumke

E280-07

Institut für Raumplanung

Forschungsbereich Regionalplanung und Regionalentwicklung

und

Univ. Prof. Dr.-Ing. Thomas E. Hauck

E260-02

Institut für Städtebau, Landschaftsarchitektur und Entwerfen

Forschungsbereich Landschaftsarchitektur und Landschaftsplanung

Eingereicht an der

Technischen Universität Wien

Fakultät für Architektur und Raumplanung

Von

Alexandra Fiedler, BSc.

01125193

Wien, am 19.12.2022



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Kurzfassung

Die Erde befindet sich inmitten einer weltweiten, drastischen Klimaveränderung und gleichzeitig im sechsten Massenaussterben der Erdgeschichte. Während die Klimaveränderung mittlerweile als globale Krise wahrgenommen wird, kommt dem Rückgang der Artenvielfalt in den letzten Jahrzehnten hingegen medial und politisch weit weniger Aufmerksamkeit zu. Nach neuesten Studien sind diese beiden Phänomene noch wesentlich enger miteinander verbunden als bisher angenommen. Ein gemeinsamer Lösungsansatz ist daher essentiell.

Die Raumplanung hat in diesem Bestreben unter anderem die Aufgabe, die Abwägung zwischen den verschiedenen Anforderungen an die begrenzte Ressource Raum vorzunehmen und dabei die kurz- und langfristige Wirkung auf Umwelt und Gesellschaft zu berücksichtigen. Der geplante Ausbau erneuerbarer Energiesysteme in Österreich ist ein essentieller Schritt, um CO₂ Emissionen zu senken, dennoch dürfen die mitunter ambivalenten Effekte auf Natur und Umwelt nicht außer Acht gelassen werden.

Diese Arbeit legt den Fokus auf Photovoltaikanlagen und beleuchtet die Frage, wie durch deren Ausbau in Österreich die Artenvielfalt in einer Region geschützt bzw. gesteigert werden kann. Dafür werden die derzeitigen rechtlichen Bestimmungen und die zur Verfügung stehenden raumplanerischen Instrumente in Österreich analysiert und unterschiedliche Ausführungsvarianten von Photovoltaikanlagen und ihre Auswirkungen auf die Biodiversität untersucht. Anschließend wird ein mögliches räumliches Ausbaukonzept in einer ausgewählten Energiemodellregion ausgearbeitet.

Abstract

The Earth is in the midst of drastic global climate change and, at the same time, the sixth mass extinction in Earth's history. While climate change is now perceived as a global crisis, the decline in biodiversity has received far less media and political attention in recent decades. According to the latest studies, these two phenomena are even more closely linked than previously assumed. A joint approach to solving the problem is therefore essential.

In this endeavour, spatial planning has, among other things, the task of balancing the various demands on the limited resource of space, considering the short- and long-term effects on the environment and society. The planned expansion of renewable energy systems in Austria is an essential step towards reducing CO₂ emissions, but the sometimes-ambivalent effects on the environment must not be ignored.

This paper focuses on photovoltaic systems and examines how their expansion in Austria can protect or increase biodiversity in a region. For this purpose, the current legal provisions and the available spatial planning instruments and different design variants of photovoltaic plants and their effects on biodiversity are examined. Subsequently, a possible spatial expansion concept for photovoltaic plants in a selected energy model region will be elaborated.



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Danksagung

Die Erstellung dieser Arbeit ist durch viele großartige Menschen unterstützt worden.

Mein besonderer Dank gilt vor allem meinen Diplomarbeitsbetreuern Hartmut Dumke und Thomas Hauck sowie auch Raffael Koscher, die mich im ganzen Prozess meiner Arbeit begleitet, bestärkt und mich ermutigt haben mehr aus dieser Arbeit herauszuholen.

Bedanken möchte ich mich auch beim Management der Klima- und Energiemodellregion Tullnerfeld OST Rupert Wychera und Miriam Hülmbauer diese mir detaillierte Einblicke in die Region ermöglicht haben.

Großer Dank gilt auch meinem Mann, Stefan Fiedler sowie Theresa Rihs, die mich speziell in den späten Phasen tatkräftig unterstützt haben. Ebenso möchte ich meinen Eltern herzlich danken, die nie müde geworden sind mir mein Studium überhaupt zu ermöglichen.



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Inhaltsverzeichnis

1.	EINLEITUNG.....	9
1.1.	Problemstellung	9
1.2.	Forschungsfragen	10
1.3.	Zielsetzung und Abgrenzung.....	10
1.4.	Herangehensweise & Methodik.....	11
1.5.	Begriffsdefinitionen.....	13
2.	STAND DER BIODIVERSITÄTSFORSCHUNG	15
2.1	Biodiversität und Ökosystemleistungen	15
2.2	Zustand der Biodiversität in Österreich	16
2.3	Faktoren für den Verlust der Biodiversität in Österreich.....	21
2.4	Zusammenhang zwischen der Biodiversitäts- und der Klimakrise.....	23
2.5	Ziele und Strategien, um dem Artensterben entgegenzuwirken	24
2.6	Die Rolle der Raumplanung für den Schutz der Biodiversität.....	27
2.6.1.	Naturschutzstrategie in Niederösterreich	29
2.7	Fazit.....	40
3.	PHOTOVOLTAIKAUSBAU IN ÖSTERREICH – STRATEGIEN DER ENERGIEPOLITIK.....	41
3.1.	Vorgaben des Bundes	48
3.2.	Ausbauziele der Bundesländer	49
3.3.	Flächenbedarf für PV-FFA	50
3.4.	Energiapolitik Niederösterreich	55
3.5.	Klima- und Energiemodellregion und Klimawandel-Anpassungsregion	58
3.6.	Fazit.....	60
4.	PHOTOVOLTAIK-ANLAGE-TYPEN UND IHRE WIRKUNG AUF DIE BIODIVERSITÄT	61
4.1.	BAUFORMEN VON PV-ANLAGEN	61
4.1.1.	Freiflächenanlagen.....	61
4.1.2.	Gebäudegebundene Anlagen	68
4.2.	Stand der Forschung zu PV-Anlagen und Biodiversität.....	72
4.2.1.	PV-Freiflächenanlagen	72
4.2.2.	Agri PV-Anlagen	79
4.2.3.	Gebäudegebundene-PV Anlagen.....	81
4.3.	Wirkungszusammenhänge von PV-Anlagen auf verschiedenen Flächentypen.....	82
5.	PV-FFA AUSBAUKONZEPT MIT FOKUS AUF FÖRDERUNG VON BIODIVERSITÄT	85

5.1. Erstellung von GIS-Analyseschritten	86
5.1.1. Solaranalyse	86
5.1.2. Landnutzungsanalyse	86
5.1.3. Biodiversitätsanalyse	88
5.1.4. Wertvolle Landwirtschaftsflächen	90
5.1.5. Schutzgebiete	90
5.2. Anwendung der Analyse in einer bestehenden Region	91
5.2.1. Auswahl	91
5.2.2. Vorstellung der Region	92
5.2.3. Demographie	93
5.2.4. Verkehrsinfrastruktur	93
5.2.5. Landnutzung	94
5.2.6. Bodenqualität – Wertvolle Landwirtschaftsflächen	94
5.2.7. Klima	97
5.2.8. Naturräume	100
5.2.9. Biodiversität	107
5.2.10. Regionales Raumordnungskonzept	111
5.2.11. Überblick Energieumsetzungskonzept der KEM Tullnerfeld OST	112
5.2.12. Anwendung der PV-Biodiversität Analyseschritte	118
5.2.13. Ergebnis	128
5.2.14. Ausbauszenario	132
5.2.15. Fazit	137
5.3. Wirkung und Umsetzbarkeit	138
6. CONCLUSIO	145
6.1. Beantwortung der Forschungsfragen	145
6.2. Reflexion und Ausblick	150
ANHANG	153
GIS-Dokumentation	153
LITERATURVERZEICHNIS	155
Rechtsquellen	157
Literatur	157
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	165
TABELLENVERZEICHNIS	168

1. Einleitung

1.1. Problemstellung

Die Erde befindet sich inmitten einer weltweiten, drastischen Klimaveränderung. Gleichzeitig wird angenommen, dass die globale Aussterberate der Arten derzeit mindestens 10 bis 100 mal höher ist als der Durchschnittswert der letzten 10 Millionen Jahre (IPBES, 2019). Während die Klimaveränderung und deren Auswirkungen auf die Menschheit mittlerweile allgemein als globale Krise wahrgenommen wird, bekommt der weltweite massive Rückgang der Artenvielfalt hingegen medial und politisch weit weniger Aufmerksamkeit und das Problembewusstsein in der Gesellschaft ist gegenüber der Erderwärmung deutlich geringer ausgeprägt. Die Biodiversität stellt den Grundbaustein der sogenannten Ökosystemleistungen dar, welche die Basis der Deckung menschlicher Bedürfnisse schafft, z.B. den Zugang zu Lebensmitteln, sauberes Wasser und saubere Luft (IPBES, 2019). Manche Wissenschaftler*innen argumentieren, dass die Tragweite der Biodiversitätskrise weit höher ist als jene der Klimakrise. Zusätzlich wird angenommen, dass die Klimaveränderung und der Rückgang der Biodiversität noch wesentlich enger miteinander verbunden sind als bisher gedacht (IPBES und IPCC, 2021). Ein integraler Lösungsansatz scheint daher notwendig, um nachhaltige Strukturen für eine lebenswerte Zukunft zu schaffen. Sowohl erneuerbare Energiesysteme als auch der Erhalt der Biodiversität sind hierbei wichtige Voraussetzungen.

Um die angestrebte Klimaneutralität zu erreichen, wird in Österreich der Ausbau von erneuerbaren Energiesystemen auf nationaler Ebene, politisch stark vorangetrieben (Die Neue Volkspartei und Die Grünen, 2020). In Bezug auf die Biodiversitätskrise fehlen laut Umweltschutzorganisationen WWF und Global2000 nach wie vor konkrete und österreichweit verpflichtende Maßnahmen, um dem Artensterben effektiv entgegenzuwirken (WWF Österreich, 2021a).

Die Raumplanung hat unter anderem die herausfordernde Aufgabe, ein Gleichgewicht zwischen den verschiedenen Ansprüchen an den begrenzt zur Verfügung stehenden Raum herzustellen und dabei die kurz- und langfristige Wirkung auf Umwelt und Gesellschaft zu berücksichtigen. Der geplante Ausbau erneuerbarer Energiesysteme in Österreich ist ein essentieller Schritt, um CO₂ Emissionen zu senken, dennoch dürfen die mitunter ambivalenten Effekte auf die Umwelt nicht außer Acht gelassen werden. Diese Effekte variieren je nach Energiesystem. Dementsprechend muss auch der Umgang mit jeder erneuerbaren Energieform und deren Auswirkungen auf die Biodiversität anders umgegangen werden.

In dieser Arbeit wird der Fokus auf den Ausbau von Photovoltaikanlagen (PV-Anlagen) gelegt, da hier der größte Zuwachs, mit 11 TWh bis 2030, der erneuerbaren Energien in Österreich geplant ist (Die Neue Volkspartei und Die Grünen, 2020, S. 112). Wie der Ausbau von PV-Anlagen umgesetzt werden kann, ohne die Biodiversität weiter unter Druck zu setzen, sondern im besten Fall zu verbessern, soll in dieser Arbeit erläutert werden. Infolgedessen wird ein mögliches Ausbaukonzept entwickelt und dieses anschließend in einer ausgewählten Klima- und Energiemodellregion (KEM) beispielhaft zur Anwendung gebracht.

1.2. Forschungsfragen

Um die Möglichkeit einer integralen Planung von Photovoltaikanlagen und biodiversitätsfördernden Maßnahmen zu eruieren, werden in dieser Arbeit folgende Fragen behandelt:

- Wie kann durch den Ausbau von PV-Anlagen die Biodiversität in einer Region geschützt bzw. verbessert werden?
 - Wie können Formen von PV-Anlagen mit unterschiedlichen Flächentypen kombiniert werden, um eine möglichst positive ökologische Wirkung zu erzielen?
 - Wie können PV-Anlagen räumlich eingesetzt werden, um eine biotop-verbindernde Wirkung zu erzielen?
 - In welcher Form kann die Ermittlung solcher Eignungsflächen zur Anwendung gebracht werden bzw. welche Raumplanungsinstrumente stehen derzeit zu Verfügung, um diese zu implementieren?

1.3. Zielsetzung und Abgrenzung

Ziel dieser Arbeit ist es, einen Ansatz zur integralen Planung für den PV-Ausbau mit Rücksicht und Förderung der Biodiversität zu entwickeln und dies in einer ausgewählten Klima- und Energiemodellregion anzuwenden. Folglich wird ein PV-Ausbauplan für die ausgewählte KEM erstellt, welcher sich mindestens neutral, im besten Fall positiv auf die Biodiversität auswirkt. Die Literaturrecherche umfasst neben PV-Freiflächenanlagen (PV-FFA) auch Gebäudegebundene PV-Anlagen in Kombination mit Gebäudebegrünung im Zusammenhang mit dem Potential zur Steigerung der Biodiversität. Dabei werden mehrere Ebenen beleuchtet:

- Die unmittelbare Auswirkung auf die Biodiversität einer Photovoltaikanlage auf der Errichtungsfläche → Mikroebene
- Die Systemwirkung von Photovoltaikanlagen in einem bestimmten Gebiet auf Biodiversität in Form von Biotopvernetzungen → Makroebene

Der Fokus dieser Arbeit wird im praktischen Teil auf PV-FFA gelegt. Weiter werden nur Auswirkungen von PV-Anlagen auf den Raum und die Biodiversität am Ort der Errichtung während des Betriebes, nicht aber die Auswirkungen auf die Natur und Biodiversität bei der Herstellung, inklusive Rohstoffabbau und Produktion, Transport, sowie Abbau Recycling und Entsorgung der Anlage, berücksichtigt.

Inwieweit ein PV-Ausbaukonzept einer Region auch die Biodiversität fördern und sowohl Klima- als auch Biodiversitätsschutz gleichermaßen erzielt werden können, soll in dieser Arbeit erläutert werden. Dabei werden auch andere wichtige Ansprüche an den Raum, wie beispielsweise den Erhalt wertvoller Ackerflächen, mitberücksichtigt.

Netzverfügbarkeiten bzw. -kapazitäten werden im Rahmen dieser Arbeit zur Beantwortung der Forschungsfragen nicht berücksichtigt, auch wenn diese im Falle einer Umsetzung unabdingbar sind.

1.4. Herangehensweise & Methodik

Zu Beginn wird der Begriff Biodiversität und der Einfluss auf die menschliche Gesellschaft sowie der Stand der Biodiversitätsforschung erläutert. Zudem werden die politischen Ziele zum Schutz der Biodiversität in den letzten Jahren und die damit verbundene Verantwortung der Raumplanung diskutiert. Anschließend wird der derzeitige Stand sowie die Ziele für den Ausbau erneuerbarer Energien und speziell der Ausbau von Photovoltaik in Österreich, sowie die Rolle und die Möglichkeiten der Raumplanung in diesen Themengebieten beschrieben. Synergieeffekte von Photovoltaik und Biodiversitätsförderung werden anschließend erläutert. Anhand dieser, durch eingehende Literaturrecherche gewonnener Erkenntnisse wird ein Katalog erstellt, der die Wechselwirkungen von unterschiedlichen Flächentypen mit bestimmten Montageformen von Photovoltaikanlagen beschreibt und die ökologisch sinnvollsten Methoden für den jeweiligen Flächentyp hervorhebt.

Diese Erkenntnisse werden als Grundlage für die Erstellung einer Analyseverfahren herangezogen. Dadurch sollen geeignete Flächen ermittelt werden, um mit dem Ausbau von Photovoltaikanlagen auch eine Förderung der Biodiversität zu ermöglichen. Anschließend wird eine KEM in Österreich ausgewählt, an der die erarbeitete Analyseverfahren beispielhaft angewandt wird. Auswahlkriterien hierfür sind: geographische Eignung für PV-FFA, ausreichend freie Flächen mit Sonnenlage, Vorhandensein von natürlichen Flächen, wie Wiesen und Wälder und eine überschaubare Größe der Region.

In der ausgewählten KEM werden bestehende Maßnahmen zum Ausbau von PV analysiert. Anschließend werden anhand von GIS-Analysen zu Bodenverhältnissen, Schutzgebieten, ökologischem Zustand von Flächen, Eignung für PV-Anlagen und Infrastruktur ein möglicher naturverträglicher Photovoltaikausbau in der KEM beschrieben. Hierfür werden Plandarstellungen, Kalkulationen und Statistiken erstellt. Weiter wird auf die Umsetzbarkeit der Analyseverfahren innerhalb der KEM eingegangen und Anwendungen auf anderen Ebenen diskutiert.

Tabelle 1 Übersicht zum Aufbau und Methodik der Arbeit, eigene Darstellung.

Kapitel	Inhalt	Methode	Ergebnis
Einleitung	Einführung in das Thema und Erklärung der Problemstellung	Literaturrecherche	Forschungsfragen
Biodiversität und deren Schutz	Überblick über den Zustand und den Stellenwert der Biodiversität, sowie rechtliche und strategische Rahmenbedingungen zum Schutz der Biodiversität	Literaturrecherche	Theoretischer Hintergrund und Grundlagenanalyse zur Biodiversität
Photovoltaikausbau in Österreich	Überblick zu Bauformen und den bisherigen und zukünftigen Ausbau von PV-Anlagen, sowie rechtliche und strategische Rahmenbedingungen	Literaturrecherche, Berechnungen	Theoretischer Hintergrund und Grundlagenanalyse zum PV-Ausbau
Photovoltaikanlagen und ihre Wirkung auf die Biodiversität	Überblick über bestehende Studienergebnisse und Ableitung von Kombinationsmöglichkeiten von Flächentypen und PV-Anlagentypen	Literaturrecherche, Expert*innenbefragung	Theoretischer Hintergrund und Darlegung von Handlungsempfehlungen
PV-FFA Ausbaukonzept zur Förderung der Biodiversität	Beschreibung der nötigen Analyseschritte und deren Umsetzung in einer Beispielregion und Erläuterung der Umsetzbarkeit	GIS-Modellierung, Berechnungen	Textliche und grafische Darstellung der GIS-Analyse
Conclusio	Reflexion über inhaltliches und methodisches Vorgehen in der Arbeit		Fazit zu den Erkenntnissen der Arbeit sowie weiteren Forschungsbedarf

1.5. Begriffsdefinitionen

Die folgenden Definitionen, dienen zur Veranschaulichung, wie zentrale Begriffe im Kontext dieser Arbeit verstanden und verwendet werden. Der Fokus liegt dabei auf Begriffen, die in den Forschungsfragen bereits Verwendung gefunden haben. Es wird kein Anspruch auf Allgemeingültigkeit der Definitionen gestellt.

Biodiversität

Der komplexe Begriff Biodiversität beschreibt „die Vielfalt des Lebens“. Das schließt allgemein die Vielfalt der Gene, der Arten der Ökosysteme ein. Im Kontext dieser Arbeit werden darunter vielfältige und naturnahe Habitatstrukturen verstanden, die vielen verschiedenen Arten eine Lebensgrundlage bilden können und auch räumlich verortbar sind.

Biotop-Verbindung

Als Biotopverbindung werden sowohl direkt angrenzende Verbindungen von Biotopen (= ein bestimmter abgegrenzter Lebensraum einer Lebensgemeinschaft) als auch Trittsteinbiotope verstanden, die künstlich angelegte Überbrückungselement für Organismen in Kulturlandschaften beschreibt.

Biodiversitätsfördernde-Maßnahmen/ positive ökologische Wirkung

Darunter werden Maßnahmen verstanden, welche die Biodiversität in einem bestimmten, vorher abgegrenzten Gebiet steigern können - in dieser Arbeit betrifft das speziell die Fläche einer Klima- und Energiemodellregion und die Flächen von PV-FFA. Dazu gehört beispielweise die Sicherung und Wiederherstellung von Biotopen und eine bessere Vernetzung dieser. Dazu gehören auch Biotope, welche sich in Siedlungsgebieten befinden. In dieser Arbeit wird der Fokus speziell, auf die Vermehrung und Verbesserung von unterschiedlichen Biotopen gesetzt, welche trotz und in manchen Fällen auch durch die Nutzung mit PV-Anlagen ermöglicht werden. Um eine Verbesserung beurteilen zu können, werden biologische Studien zu diesem Thema herangezogen.

Photovoltaikanlage

PV-Anlagen werden genutzt, um solare Strahlungsenergie direkt in elektrische Energie umzuwandeln. Diese kann entweder direkt verbraucht oder in das Stromnetz eingespeist werden. PV-Anlagen bestehen aus beweglichen oder fix montierten PV-Modulen samt Aufständigung, Wechselrichtern und Verkabelung. In den PV-Modulen werden einzelne Solarzellen in Reihe geschaltet und verkapselt. Je nach Größe können in einer PV-Anlage zwischen einer und mehreren tausenden PV-Modulen verbaut werden (Wesselak *u. a.*, 2013). Im Rahmen dieser Arbeit schließt dies PV-Anlagen jeglicher Bauform und Größe mit ein.

PV-Ausbau

Als PV-Ausbau wird jeglicher geplante bzw. realisierte Zuwachs von PV-Anlagen (neue Errichtungen, wie auch Erweiterungen von bestehenden Anlagen) betrachtet. Dazu zählen sowohl PV-FFA als auch Gebäude gebundene Anlagen.

Region

Der Begriff Region definiert einen größeren Bereich, der aus verschiedenen Gründen als zusammengehörig eingestuft wird (Dillinger, 2019). In dieser Arbeit bezieht sich der Begriff auf eine KEM. Dies ist ein Zusammenschluss mehrerer Gemeinden, welche ein gemeinsames Klima- und Energiekonzept ausarbeiten und umsetzen.

Flächentyp

Ein Flächentyp ist die Bezeichnung von Flächen, welche aufgrund ihrer Nutzung unterschiedlichen Kategorien zugeordnet werden. In dieser Arbeit betrifft dies beispielsweise Landwirtschaftsflächen, bebaute Flächen, oder Waldgebiete.

Eignungsflächen

Eine Eignungsfläche bezeichnet in der vorliegenden Arbeit eine Fläche, welche die Voraussetzungen hat durch die Errichtung einer PV-FFA, die Biodiversität direkt auf der Fläche zu verbessern und, oder eine biotopverbindende Wirkung in der Region zu erzielen.

Anwendung/Anwendbarkeit

Damit ist gemeint, dass die Inhalte einer Theorie auch in der Praxis umsetzbar sind. Im Fall dieser Arbeit, ob theoretische Ergebnisse auch an bestimmten Orten bzw. Regionen umsetzbar sind.

Raumplanungsinstrumente

Darunter werden im Kontext dieser Arbeit jene Gesetzgebungen, Dokumente und Pläne verstanden, welche zur räumlichen Implementierung eines biodiversitätsfreundlichen PV-Ausbaus beitragen können.

2. Stand der Biodiversitätsforschung

2.1 Biodiversität und Ökosystemleistungen

Die Biodiversität ist definiert als „die Variabilität unter lebenden Organismen jeglicher Herkunft, darunter unter anderem Land-, Meeres- und sonstige aquatische Ökosysteme, und die ökologischen Komplexe, zu denen sie gehören; dies umfasst die Vielfalt der Gene, die Vielfalt innerhalb der Arten und die Vielfalt der Ökosysteme.“ - (United Nations, 2006). Sie umfasst drei Ebenen (Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, ohne Datum):

- **Vielfalt der Gene:** Innerhalb einer Spezies unterscheiden sich Individuen durch kleine Abweichungen der Gene voneinander. Durch diese Variabilität wird eine Anpassung an sich verändernde Umweltbedingungen ermöglicht und erhöht die Chance des Fortbestandes dieser Spezies. Die genetische Variabilität ist daher besonders in Zeiten des durch den Menschen verursachten Klimawandels ein essentieller Überlebensfaktor. (Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, ohne Datum)
- **Vielfalt der Arten:** Dies beschreibt die Vielzahl an Tieren, Pflanzen und Mikroorganismen. Weltweit wurden bis 2021 2,13 Millionen Arten beschrieben (IUCN Red List, 2021, S. 1). Die Gesamtzahl kann nur geschätzt werden und ist unter Wissenschaftler*innen stark umstritten. Laut aktuellen Schätzungen liegt die Anzahl der Arten weltweit zwischen 5-10 Millionen (Ritchie und Roser, 2021, S. 1).
- **Vielfalt der Ökosysteme:** Ökosysteme sind von den darin vorkommenden lebenden Organismen und den darin vorherrschenden Umweltbedingungen und deren Wechselwirkungen untereinander geprägt. Je vielfältiger die Landschaften, umso größer das Angebot an verschiedenen Lebensräumen ist, umso mehr verschiedene Organismen können darin überleben. (Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, ohne Datum)

Diese Diversität hat sich über Jahrmillionen der Erdgeschichte entwickelt und ist allein wegen ihrer Einzigartigkeit und Mannigfaltigkeit schützenswert, unabhängig des Nutzens, den die Menschheit aus ihr zieht (SCNAT Forum Biodiversität Schweiz, ohne Datum).

Das Aussterben einzelner Arten ist, genau wie die Entstehung neuer Arten, ein natürlicher Prozess der Evolution. Derzeit sterben allerdings etwa 10 bis 100 Mal mehr Arten aus, als es in den letzten 10 Millionen Jahren der Fall war (IPBES, 2019, S. 24). Der globale Bericht zum Zustand der Biodiversität des Weltbiodiversitätsrats zeigt das Ausmaß der Biodiversitätskrise auf. 75% aller Lebensräume an Land wurden durch den Menschen stark beeinflusst, 85% der Feuchtgebiete wurden in den letzten 300 Jahren zerstört, die Biomasse an wildlebenden Säugetieren ist weltweit um 82% zurückgegangen und 1 Million Arten sind vom Aussterben bedroht (IPBES, 2019).

Der Zustand der Biodiversität hat neben der ökologischen Bedeutung auch eine große soziale und ökonomische Bedeutung für die Menschheit. Je höher die Biodiversität, desto stabiler sind die sogenannten Ökosystemleistungen, welche für den Menschen von existentieller Bedeutung sind und auch auf unsere Ökonomie erhebliche Auswirkungen hat. (Minehan und Triest, 2004)

Ökosystemleistungen beschreiben Leistungen, welche von der Natur erbracht werden und direkt oder indirekt für den Menschen nützlich sind. Diese können wie folgt unterteilt werden:

- **Versorgungsleistungen:** Diese sind Güter wie Trinkwasser, Nahrungsmittel, Rohstoffe oder medizinische Wirkstoffe. Sie stehen uns aufgrund der Vielfalt der Organismen und der genetischen Ressourcen zu Verfügung.
- **Regulierende Leistungen:** Diese beschreiben beispielsweise den Schutz vor Hochwasser, Lawinen und Erosion durch natürliche Lebensgemeinschaften, sowie CO₂ Speicher und Klimaregulierung, sowie Bestäubung von Pflanzen.
- **Kulturelle Leistungen:** Dazu zählen Erholungsleistungen, die durch vielfältige natürliche Landschaften für den Mensch erbracht werden. Die Biodiversität hat eine positive Wirkung auf das menschliche Wohlbefinden.
- **Unterstützende Leistungen:** Diese werden vom Menschen nicht direkt genutzt, sind aber notwendig, um alle anderen Leistungen möglich zu machen. Dazu gehören unter anderem die Bodenfruchtbarkeit, die Sauerstoffproduktion, sowie die Aufrechterhaltung des Nährstoff- und Wasserkreislaufs. (Minehan und Triest, 2004)

Natur- und Biodiversitätsschutz ist daher nicht (nur) der Erhalt einzelner Arten, sondern der Erhalt der für die Menschheit essentiellen Ökosystemleistungen (Salcher-Lugger, Ludwig und Rüdissler, 2021).

2.2 Zustand der Biodiversität in Österreich

Österreich ist ein reiches Land, auch in Bezug auf Biodiversität. Durch die Vielfalt an Lebensräumen kommen in Österreich geschätzt 68.000 Arten (ohne Mikroorganismen) vor. 54.125 davon wurden bis jetzt insgesamt beschrieben. Des Weiteren sind mindestens 784 dieser Arten endemisch (sie kommen nur in Österreich vor). 488 verschiedene Biotoptypen werden in Österreich von Biolog*innen unterschieden. Dieser Reichtum an Lebensräumen und Arten ist sowohl durch die klimatische, geologische und landschaftliche Vielfalt als auch durch die abwechslungsreiche Nutzungsgeschichte Österreichs, welche eine strukturreiche Kulturlandschaft geschaffen hat, entstanden. (Salcher-Lugger, Ludwig und Rüdissler, 2021) (Ellmauer *u. a.*, 2019)

Österreich ist vom Rückgang der Biodiversität jedoch stark betroffen. Es sind $\frac{1}{3}$ aller Biotoptypen und $\frac{1}{3}$ aller Vögel und Säugetiere sowie mehr als die Hälfte aller Amphibien und Reptilien stark gefährdet und stehen auf der roten Liste für bedrohte Arten (Umweltbundesamt GmbH, ohne Datum; Aigner *u. a.*, 2004). Zudem befinden sich von den 71 Lebensraumtypen, welche unter der europäischen Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie in Österreich geschützt sind, 44% in einem ungünstigen bis schlechten Zustand und 35% in einem ungünstigen bis unzureichenden ökologischen Zustand (Ellmauer *u. a.*, 2019). Obwohl diese Daten einen dringenden Handlungsbedarf aufzeigen, fehlt in Österreich dennoch eine wissenschaftliche Datengrundlage, welche eine umfassende Einschätzung des derzeitigen Zustandes und der Entwicklung der Biodiversität ermöglicht. Im Vergleich zu anderen Ländern und Regionen, wie beispielsweise der Schweiz und Südtirol, fehlt es in Österreich an einem umfassenden und einheitlichen Biodiversitäts-Monitoring. Dadurch könnten die Auswirkungen von politischen Maßnahmen auf die Biodiversität besser bewertet werden und eine wissenschaftliche Grundlage für zukünftige politische Entscheidungen, speziell in Bereichen des Umweltschutzes, der Landwirtschaft und der Raumplanung geschaffen werden (Salcher-Lugger, Ludwig und Rüdissler, 2021).

Der komplexe Begriff Biodiversität kann nicht auf einzelne Werte reduziert werden und kann dementsprechend auch nicht direkt gemessen werden. Es gibt unterschiedliche Methoden und Indikatoren den Zustand der Biodiversität erfassbar und bewertbar zu machen. Für ihren langfristigen Schutz ist es von höchster Bedeutung die Auswirkungen des menschlichen Handelns auf die Biodiversität objektiv messbar und damit auch kommunizierbar zu machen. Speziell für politische Entscheidungsträger bieten solche Daten wichtige Entscheidungsgrundlagen.

Als ein möglicher Ansatz wurde eine erste flächendeckende Analyse über den Einfluss von Landnutzungsformen auf die Biodiversität von dem Projekt proVISION „Werkzeuge für Modelle einer nachhaltigen Wirtschaft“ 2012 für ganz Österreich erstellt (Rüdissler, Tasser und Tappeiner, 2012). Dafür wurden flächendeckende Biodiversitätsindikatoren entwickelt, diese beruhen auf *„aktuellen und detaillierten räumlichen Informationen über die Ausprägungen aller Ökosysteme und den darin vorkommenden Arten.“* - (Rüdissler, Tasser und Tappeiner, 2012, S. 2)

„Für die Berechnungen der in Folge beschriebenen Indikatoren-Sets wurden, die aktuell besten österreichweit verfügbaren Landnutzungs- und Landbedeckungsinformationen kombiniert und eine neue hoch aufgelöste Landbedeckungskarte mit einer Pixelauflösung von 25 m erstellt (RÜDISSER & TASSER 2011). Dieser Landbedeckungsdatensatz basiert größtenteils auf Daten aus den Jahren 2006-2008.“ - (Rüdissler, Tasser und Tappeiner, 2012, S. 2)

Dabei wurden zwei Indikatoren-Sets entwickelt, die sich gegenseitig ergänzen.

- **Gefäßpflanzendichte** – hierbei wurden Pflanzengesellschaften mit charakteristischen Artenzusammensetzungen bestimmten Landbedeckungstypen zugeordnet und für ganz Österreich flächendeckend berechnet. (Rüdissler, Tasser und Tappeiner, 2012, S. 3) Diese Daten werden für die weitere Analyse nicht weiterverwendet, da aufgrund des Alters der Daten und fehlender Möglichkeiten der Verifizierung des derzeitigen IST-Zustandes im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich ist.
- **Naturdistanz** – beschreibt ein qualitatives und räumliches Distanzmaß von naturnahen Habitaten. Sie setzt sich aus folgenden Faktoren zusammen:
 - **Natürlichkeit der Lebensräume**
Hier wird der Zustand der Lebensräume und menschliche Einfluss darauf in sieben Grade eingeteilt (siehe Tabelle 2) und kann kartographisch dargestellt werden (siehe Abbildung 1).

Tabelle 2 Beschreibung der Grade der Natürlichkeit, eigene Darstellung nach (Rüdissler, Tasser und Tappeiner, 2012, S. 5)

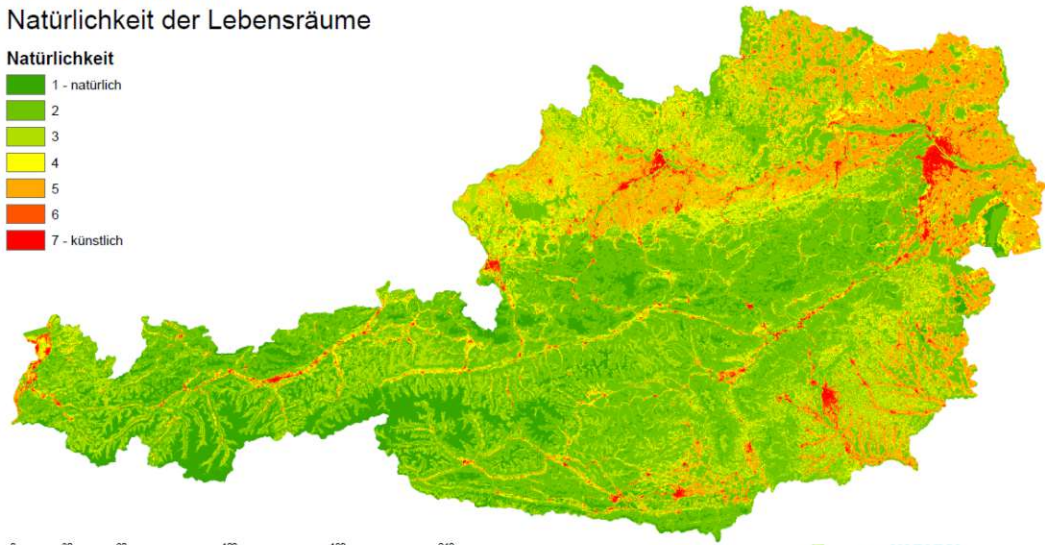
Grad der Natürlichkeit	Beschreibung der Bewertungskriterien	Landnutzungsbeispiele
1 natürlich	Natürliche oder nur minimal vom Menschen beeinflusste (z. B. durch globale Umweltbelastung) Ökosysteme.	Moore, Felsen, Gletscher
2 naturnah	Der vorherrschende Ökosystemtyp entspricht dem an diesem Standort ohne menschlichen Einfluss zu erwartenden – dessen Ausprägung wurde aber durch menschliche Aktivitäten beeinflusst.	Alpine Rasen, Wasserflächen, Wald
3 verändert	Der unter natürlichen Bedingungen vorhandene Ökosystemtyp findet sich nicht mehr und wurde durch menschliche Aktivitäten in einen anderen umgewandelt.	Wiesen, Weiden, Almweiden
4 stark verändert	Neben einer Veränderung des Ökosystemtyps kommt es auch zu einer regelmäßigen anthropogenen Beeinflussung des Edaphons (z. B. durch Drainagen, Befahren, intensive Düngung...)	Weinbauflächen, Intensivgrünland, Energiewälder
5 naturfern	Veränderter Ökosystemtyp und intensive und regelmäßige Störung und Zerstörung des Edaphons; Zerstörung des natürlichen Bodenaufbaus.	Ackerland, Parkanlagen
6 Sekundärer Lebensraum	Veränderter Ökosystemtyp und intensive und irreversible Veränderung des Bodenaufbaus und der Landschaftsstruktur; Bodenversiegelung bis zu 30 %; natürliche Elemente in Form von Sekundärlebensräumen.	Locker verbauter Siedlungsraum, Abbaugelände
7 künstlich	Künstliche Flächen, Bodenversiegelung über 30%.	Stadt, Verkehrsflächen

- **Entfernung zu naturnahen und natürlichen Lebensräumen**
Hier wird der durchschnittliche Abstand zu natürlichen oder naturnahen Lebensräumen für alle Punkte im Untersuchungsraum beschrieben. Basis dafür ist, dass natürliche Lebensräume einen positiven Effekt auf die Biodiversität umliegender Landschaften haben; einerseits wegen der Trittstein- bzw. Korridorfunktionen, zum anderen wegen der Rückzugsmöglichkeiten, die diese Lebensräume bieten (siehe Abbildung 2). (Rüdissler, Tasser und Tappeiner, 2012)
- **Naturnähe**
Dieser Indikator kombiniert die beiden zuvor beschriebenen Indikatoren ‚Natürlichkeit der Lebensräume‘ und ‚Entfernung zu natürlichen Habitaten‘. Dadurch kann eine Bewertung des ökologischen Zustandes des Untersuchungsgebiet erfolgen (siehe Abbildung 3). (Rüdissler, Tasser und Tappeiner, 2012)

Werkzeuge für Modelle einer nachhaltigen Wirtschaft

Index Naturdistanz: Natürlichkeit der Lebensräume

Natürlichkeit



Bearbeitung: Johannes Rüdiger, Institut für Ökologie, Universität Innsbruck
Quellen: CLC 2006, INVEKOS 2008, GSEFM 2008; Hemerobie Wald 1998, Teleatlas;

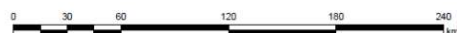
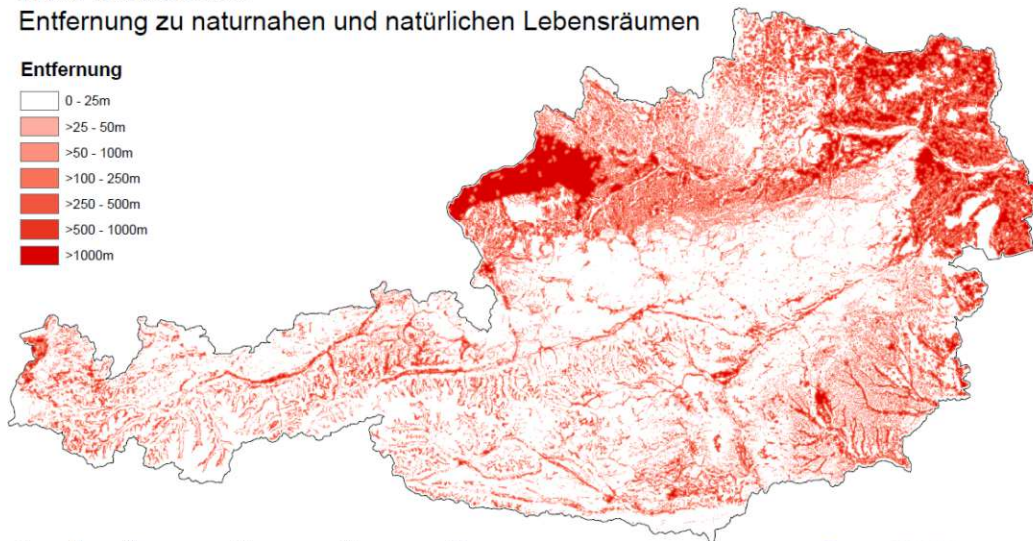
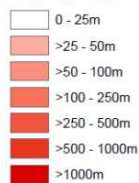


Abbildung 1 Karte zur Natürlichkeit der Lebensräume in Österreich, (Landnutzung.at, 2011)

Werkzeuge für Modelle einer nachhaltigen Wirtschaft

Index Naturdistanz: Entfernung zu naturnahen und natürlichen Lebensräumen

Entfernung



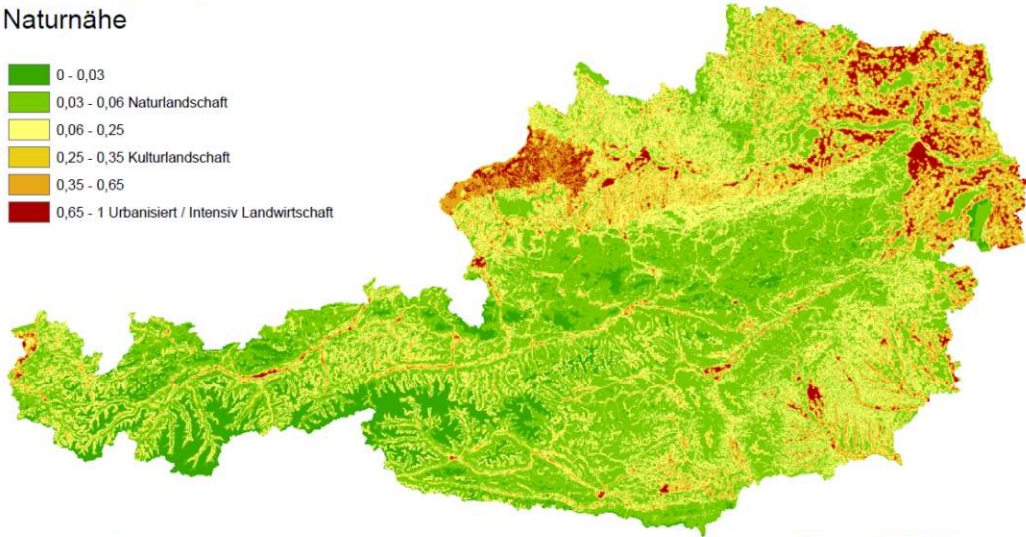
Bearbeitung: Johannes Rüdiger, Institut für Ökologie, Universität Innsbruck
Quellen: CLC 2006, INVEKOS 2008, GSEFM 2008; Hemerobie Wald 1998, Teleatlas;



Abbildung 2 Karte zur Entfernung zu naturnahen und natürlichen Lebensräumen in Österreich, (Landnutzung.at, 2011)

Werkzeuge für Modelle einer nachhaltigen Wirtschaft

Index Naturdistanz:
Naturnähe



0 30 60 120 180 240 km

Bearbeitung: Johannes Rüdiger, Institut für Ökologie, Universität Innsbruck
Quellen: CLC 2006, INVEKOS 2008, GSEFM 2008; Hemerobie Wald 1998, Teleatlas;

lebenswissenschaften.at
proVISION
BEREITUNG FÜR NATURE UND GESELLSCHAFT
BMBWF*

Abbildung 3 Karte zur Naturnähe in Österreich, (Landnutzung.at, 2011)

Diese Karten (siehe Abbildung 1 bis Abbildung 3) zeigen anschaulich, dass nur noch geringe Anteile des österreichischen Staatsgebietes als natürlich eingestuft werden können. Diese befinden sich zu großen Teilen in höher gelegenen Alpengebieten. Dies ist zum Teil mit Sicherheit der Topographie geschuldet, welche Zugänglichkeit und Nutzbarkeit für industrielle Landwirtschaft und teilweise auch für intensive forstliche Nutzung erschwert, die unter anderem von schweren Arbeitsgeräten abhängig sind. Die größten Veränderungen der natürlichen Landschaften befinden sich in den flachen Gebieten Österreichs und auch in breiten Alpentälern. Hier wurden große Flächen urbanisiert bzw. werden für intensive Landwirtschaft genutzt und weisen starke Fragmentierungen, der naturnahen bzw. natürlichen Lebensräume auf.

Welche Rolle diese Faktoren auf die Biodiversität haben wird im folgenden Kapitel erläutert.

2.3 Faktoren für den Verlust der Biodiversität in Österreich

Faktoren für den Verlust der Biodiversität sind in dem rapiden weltweiten Wandel der natürlichen Flächen begründet. Das Tempo dieser Veränderungen, die auch für Österreich zu sehen sind (siehe Abbildung 1), war in den letzten 50 Jahren beispiellos in der Menschheitsgeschichte. Direkte Treiber dieses Wandels sind Land- und Meeresnutzungsänderungen, Ausbeutung von Organismen, der Klimawandel, Verschmutzung und die Invasión fremder Arten (IPBES, 2019). Weltweit hat der Mensch bereits 71% der Landmasse der Erde stark verändert. Von diesen 71% werden 50% allein für landwirtschaftliche Zwecke verwendet (Ellis *u. a.*, 2010).

Indirekt wird die Veränderung der Natur durch den Menschen durch veränderte Vorgehensweisen in der Produktion, Konsums und Handel von Gütern, durch die menschliche Populationsentwicklung und durch technische Entwicklungen vorangetrieben. Die Geschwindigkeit dieser Veränderung schwankt allerdings je nach Region sehr stark (IPBES, 2019). Der steigende Ressourcenverbrauch und ansteigende Platzbedarf und die damit einhergehenden Landnutzungsänderungen durch den Menschen sind auch in Österreich die Hauptursache der menschengemachten Biodiversitätskrise (Salcher-Lugger, Ludwig und Rüdissler, 2021).

In Österreich führten die Globalisierung und der damit einhergehende wirtschaftliche Wettbewerb am Weltmarkt in den letzten Jahrzehnten unter anderem zur Intensivierung der Landwirtschaft. Der vermehrte Einsatz von Pestiziden, Düngemitteln und schweren Maschinen, sowie die Vergrößerung der Felder und der Verlust von strukturgebenden Elementen wie artenreichen Ackerrandstreifen, Böschungen, Hecken und Brachen hat zu einem massiven Rückgang der Biodiversität geführt. Speziell im alpinen Raum kommt es zwecks Effizienzsteigerung zu einem Rückgang von artenreichen Kulturlandschaften, wie etwa steilen Almwiesen, die früher extensiv bewirtschaftet wurden. (Salcher-Lugger, Ludwig und Rüdissler, 2021)

Österreich weist außerdem eine hohe jährliche Flächeninanspruchnahme auf. Dieser Begriff beschreibt den unmittelbaren und dauerhaften Verlust des biologisch produktiven Bodens sowohl durch dessen Versiegelung, für Siedlungs- und Verkehrszwecke, als auch für intensive Nutzung wie beispielsweise Kraftwerksanlagen, Abbaufächen oder Erholungsnutzungen (Umweltbundesamt GmbH, 2021). In den letzten 3 Jahren betrug die Flächeninanspruchnahme in Österreich 42 km². Dies entspricht etwa 11,5 ha/Tag. Etwa 1/3 davon wird versiegelt (siehe Abbildung 4) (Umweltbundesamt GmbH, 2021, Abs. 2).

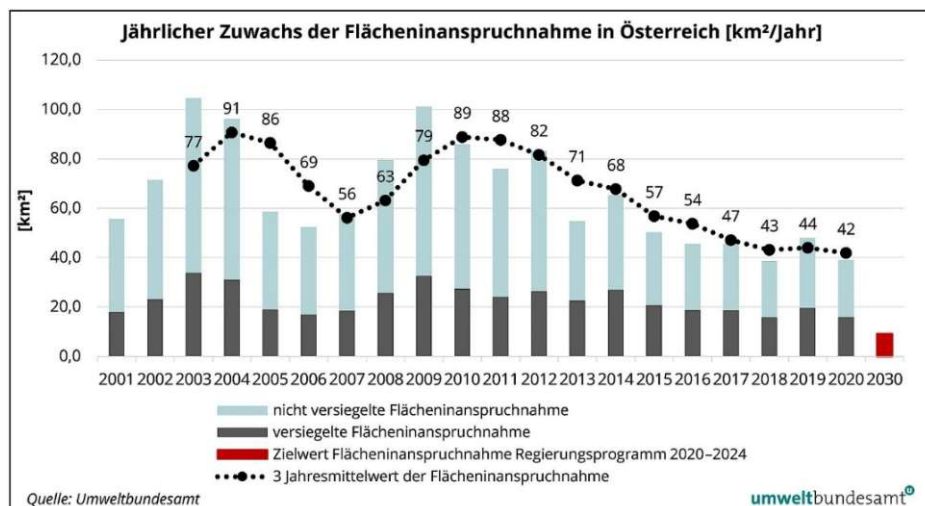


Abbildung 4 Jährliche Flächeninanspruchnahme in Österreich, (Umweltbundesamt GmbH, 2021)

Für beinahe alle wirtschaftlichen Tätigkeiten werden befestigte Flächen benötigt. Dazu zählen unter anderem Gebäude, Parkplätze und Straßen. Dafür müssen in erster Linie landwirtschaftliche Flächen weichen. Auch wenn diese Flächen aufgrund industrieller Landwirtschaft zuvor bereits relativ wenig Biodiversität aufweisen, wird durch eine Versiegelung dem Boden dauerhaft jegliche Produktivität genommen. Zudem verringert es zunehmend die Fähigkeit Österreichs sich selbst mit Lebensmitteln zu versorgen. Eine weitere Problematik der Versiegelung für die Biodiversität ist auch die Zerschneidung der Lebensräume, welche zu Einschränkungen in der Ausbreitung und Vermehrung von Arten führen kann (siehe Abbildung 5). (Umweltbundesamt GmbH, 2021)

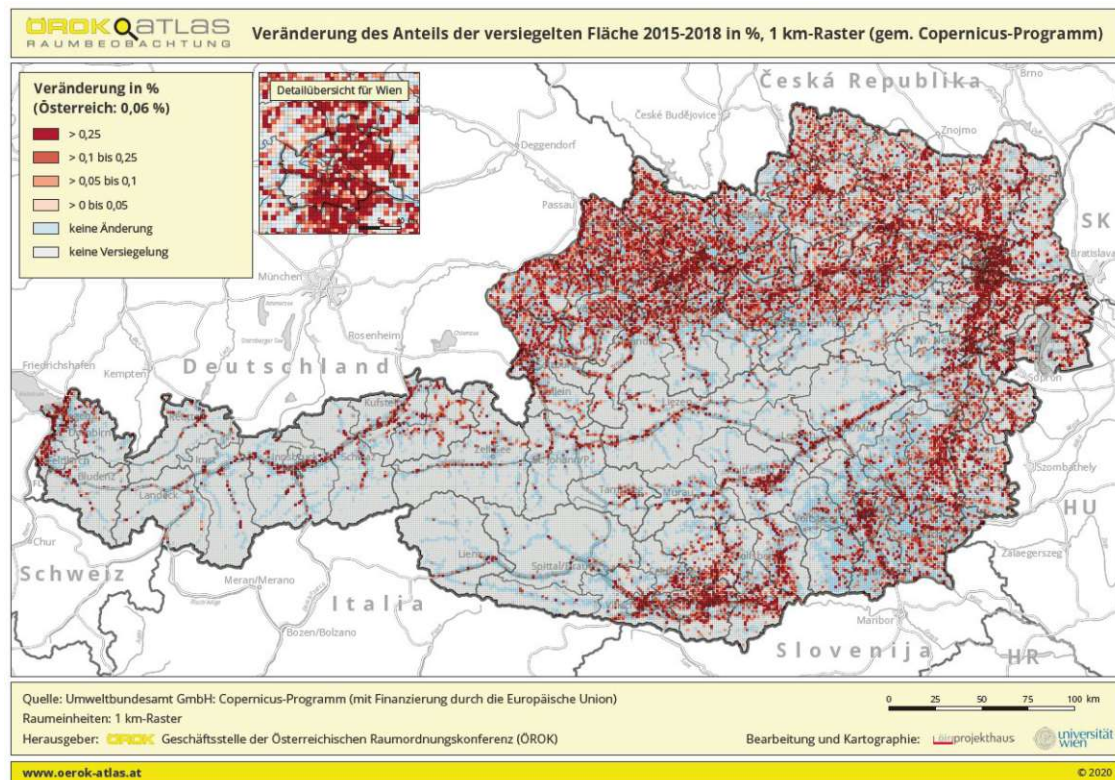


Abbildung 5 Veränderung des Anteils der versiegelten Fläche in Österreich, (ÖROK, 2020)

Besonders Verkehrsflächen stellen ein großes Problem dar. Österreich besitzt eines der dichtesten Straßennetze Europas mit etwa 15 Straßenmetern pro Person – zum Vergleich: in Deutschland sind es 9,7 m und in der Schweiz 8,1 m pro Person (WWF Österreich, 2021b). Die Versiegelung des Bodens zerstört auch die Wasserspeicherfähigkeit der Erde und erhöht das Risiko von Hochwasserereignissen in manchen Regionen stark. Weiter verhindert sie die Staubbildung im Boden und den Wasserverdunstungseffekt, was auch zu Hitzeeffekten führt (Umweltbundesamt GmbH, 2021).

Die Klimakrise erschwert zusätzlich durch Veränderung der Temperatur und Niederschlägen, jahreszeitlichen Dynamiken und der Häufung von Extremwetterereignissen die Situation für die Biodiversität. Eine höhere Lufttemperatur erhöht die Speicherkapazität der Luftfeuchtigkeit, sowie die Menge an Wasser, welches verdunsten kann. Niederschläge können dementsprechend auch intensiver ausfallen und es kommt zu Starkregenereignissen. Zudem erhöht sich der Energiegehalt der Atmosphäre, was das Potential für stärkere Stürme erhöht. Diese zunehmend extremen Bedingungen erschweren manchen Arten das Überleben. Sowohl die Klima- als auch die Biodiversitätskrise haben ähnliche Ursachen und verstärken sich auch gegenseitig. (Salcher-Lugger, Ludwig und Rüdiger, 2021)

2.4 Zusammenhang zwischen der Biodiversitäts- und der Klimakrise

Die Jahresdurchschnittstemperatur ist global im letzten Jahrhundert etwa um 1°C gestiegen. In Österreich ist die Jahresdurchschnittstemperatur seit 1880 bereits um 2°C gestiegen, seit 1980 allein um 1°C (Abbildung 6). Ein weiterer Anstieg ist zu erwarten. Durch die Veränderung der Temperatur änderte sich auch die Niederschlagsmenge und -häufigkeit in Österreich. Im Südosten des Landes wurde in den letzten 150 Jahren eine Abnahme der Jährlichen Niederschlagsmenge um ca. 10-15 % verzeichnet, wohingegen im Westen eine Zunahme von 10-15 % registriert wurde. Es wird angenommen, dass Niederschläge im 21. Jahrhundert im Winterhalbjahr zunehmen und im Sommerhalbjahr abnehmen werden. Zudem hat die jährliche Zahl der Sonnenstunden in den letzten 130 Jahren um 300 Stunden (etwa 20 %) zugenommen. (Kromp-Kolb, 2014)

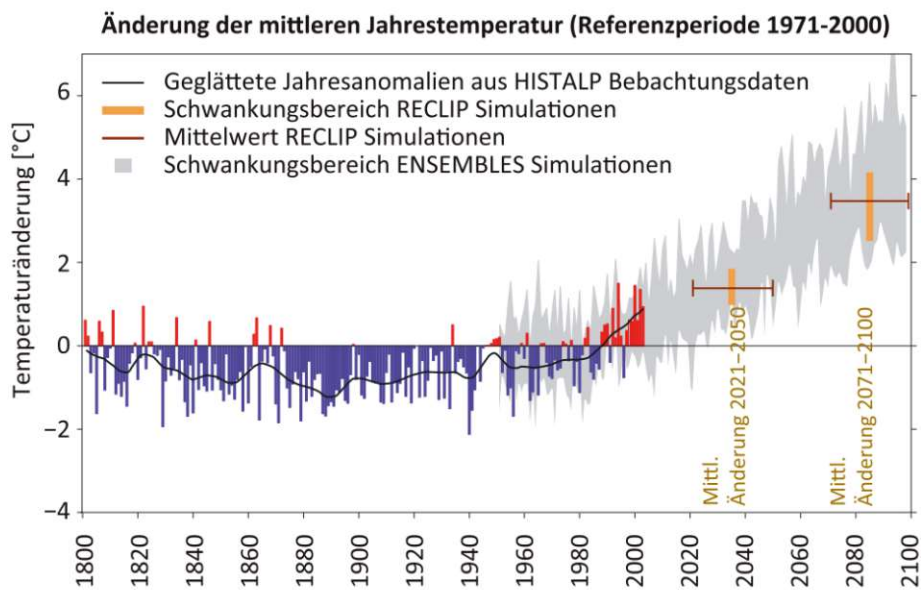


Abbildung 6 Änderung der mittleren Jahrestemperatur in Österreich, (Kromp-Kolb, 2014, S. 30)

Diese Veränderungen können sowohl positive als auch negative Auswirkungen auf die Biodiversität haben. Generell sind die Auswirkungen allerdings schwer zu prognostizieren, da die Klimaveränderung oft das komplexe Wirkungsgefüge und die Beziehungen in Ökosystemen verändert. Durch wärmere Temperaturen im Frühjahr kann es beispielsweise zu einer früheren Blüte mancher Pflanzenarten kommen. Die bestäubenden Insekten, auf die diese Pflanzen angewiesen sind, entwickeln sich allerdings nicht zwangsläufig genauso früh. Die Bestäubung kann deswegen evtl. nicht oder nur in einem kürzeren Zeitraum stattfinden. Die Vermehrung der Pflanze, als auch das Nahrungsangebot der bestäubenden Insekten kann dadurch beeinträchtigt werden. (Salcher-Lugger, Ludwig und Rüdiger, 2021)

Es ist mit massiven Folgen durch die Veränderung der Ökosysteme aufgrund des Klimawandels zu rechnen. Wenn sich die Lebensbedingungen für eine Art zu stark ändern, muss, falls es die Mobilität der Art erlaubt, ein neuer Lebensraum gefunden werden, oder die Art stirbt lokal bzw. regional aus. Bereits bei einer Erhöhung von 1°C erwarten Forscher*innen massive Ernteauffälle und eine Veränderung der Ökosysteme; bei einem Temperaturanstieg von 2°C verlieren voraussichtlich 8 % der Wirbeltiere, 16 % der Pflanzen und 18 % der Insekten die Hälfte ihrer geographische Verbreitungsgebiete (IPBES und IPCC, 2021, S. 30). Um gewisse ökologische Abläufe gewährleisten zu können – und damit auch Ökosystemleistungen – müssen Lebensräume allerdings eine gewisse Qualität in Bezug auf Artenvielfalt und -häufigkeit aufweisen. Wenn sich das Artengefüge zu stark

verändert, ist anzunehmen, dass die Qualität und Quantität von Ökosystemleistungen abnehmen werden (Umweltbundesamt GmbH u. a., 2013).

Gemeinsame Lösungsansätze zur Bewältigung der Biodiversitäts- und Klimakrise sind daher essentiell, um der Zerstörung von Ökosystemen und natürlichen Speichern von CO₂, als auch der ansteigenden Temperatur und weiterem Verlust an Biodiversität entgegenzuwirken.

2.5 Ziele und Strategien, um dem Artensterben entgegenzuwirken

Um die Rolle der Raumplanung und der Planerinnen und Planer im Schutz der Biodiversität erläutern zu können, werden im folgenden Kapitel die derzeit relevanten Strategien und Ziele Österreichs beschrieben, um dem Verlust der Biodiversität entgegenzuwirken. Dabei wird sowohl auf nationale wie auch internationale Vereinbarungen eingegangen, sowie auf etwaige Mängel vergangener Strategien.

Die Wichtigkeit des Erhalts und Schutz der Biodiversität wurde von der internationalen Staatengemeinschaft erkannt und anerkannt. Bereits Ende 1988 wurde begonnen, das Dokument „Übereinkommen über die Biologische Vielfalt“ (Original: Convention on Biological Diversity, kurz CBD) zu erarbeiten und wurde 1992 von der UNEP (United Nation Environment Programm) angenommen und konnte ab der Rio-Konferenz 1992 unterzeichnet werden. Dieses Übereinkommen wurde von 168 Ländern unterschrieben (Stand März 2019) und gilt als wichtigstes multilaterale Abkommen zum Schutz der Biodiversität der Erde. Auch Österreich hat es 1992 ratifiziert. (United Nations, 2006)

Um die Ziele der CBD zu erreichen, wurde im Jahr 2000 das Cartagena-Protokoll beschlossen, welches den grenzüberschreitenden Verkehr von gentechnisch veränderten Organismen regelt und 2003 in Kraft trat (Secretariat of the Convention on Biological Diversity, ohne Datum). Im Jahr 2010 wurde zudem das Nagoya-Protokoll beschlossen, dieses beinhaltet einen strategischen Plan für die Biodiversität für 2011 bis 2020 mit den sogenannten „Aichi“-Zielen“ und regelt den Zugang zu genetischen Ressourcen und einen gerechten Vorteilsausgleich rechtlich. Es trat 2014 in Kraft. Bei dem Cartagena- und Nagoya-Protokoll handelt es sich um völkerrechtlich verbindliche Abkommen.

Die Vereinten Nationen ernannten zudem im Dezember 2010 die Jahre 2011 bis 2020 zur „UN-Dekade der Biodiversität“. Eine Initiative zum nachdrücklichen weltweiten Erhalt der biologischen Vielfalt (Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2015).

Die „Aichi Biodiversity“- Ziele sind nach dem Verwaltungsbezirk der Stadt Nagoya benannt – Aichi. Diese beinhalten fünf strategische Überziele mit insgesamt 20 spezifischen Unterzielen, die es von den unterzeichneten Ländern bis zum Jahr 2020 zu erreichen galt. (Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2020a)

- **Strategisches Ziel A:** Bekämpfung der Ursachen für den Verlust der biologischen Vielfalt durch Einbeziehung der biologischen Vielfalt in alle Bereiche von Staat und Gesellschaft.
- **Strategisches Ziel B:** Verringerung des direkten Drucks auf die biologische Vielfalt und Förderung einer nachhaltigen Nutzung.
- **Strategisches Ziel C:** Verbesserung des Zustands der biologischen Vielfalt durch den Schutz von Ökosystemen, Arten und genetischer Vielfalt.
- **Strategisches Ziel D:** Steigerung des Nutzens der biologischen Vielfalt und der Ökosystemleistungen für alle.
- **Strategisches Ziel E:** Verbesserung der Umsetzung durch partizipative Planung, Wissensmanagement und Kapazitätsaufbau.

In Österreich wurden die „Aichi“-Ziele in die Biodiversitätsstrategie Österreich 2020+ übernommen und dabei folgende Handlungsfelder definiert.

- Biodiversität kennen und anerkennen
- Biodiversität nachhaltig nutzen
- Biodiversitätsbelastungen reduzieren
- Biodiversität erhalten und entwickeln
- Biodiversität weltweit sichern

Laut dem „Global Outlook on Biodiversity 5“ wurde weltweit betrachtet nicht eines der 20 „Aichi“-Ziele komplett erreicht, wobei sechs Ziele teilweise erreicht wurden (9,11,16,17,19 und 20). Aus den nationalen Reports, welche die unterzeichneten Länder verfassen sollten, lässt sich ein Progress herauslesen, der aber generell nicht ausreichend ist, um die Ziele letztlich erreichen zu können. Die „Aichi“-Ziele wurden häufig in nationale Strategien eingebaut und eigene Ziele formuliert, die allerdings nicht zu 100% mit den „Aichi“-Zielen übereinstimmen und oft nicht dieselbe Tragweite und Ambition aufweisen. (Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2020b)

Die oben beschriebenen Ziele der österreichischen Biodiversitätsstrategie 2020+ waren laut nationalem Report, verfasst 2018 vom österreichischen Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, zum Großteil „auf dem Weg zur Erreichung“. (Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (BMNT), 2018)

Zurzeit wird der Rahmen für die weltweite Biodiversitätsstrategie post-2020 von der UN verhandelt. Die EU hat bereits im Mai 2020 die Europäische Biodiversitätsstrategie 2030, als Beitrag für die weltweiten post-2020 Verhandlungen, veröffentlicht. Diese ist auch ein essentieller Teil des „European Green Deal“ und beinhaltet konkrete Maßnahmen und auch Verpflichtungen. Speziell die Wiederherstellung der Natur und Biodiversität bekommt hier große Aufmerksamkeit. (European Commission - Department Environment, ohne Datum)

Währenddessen ist die österreichische Biodiversitätsstrategie 2030 erst in Verhandlung. Für den derzeitigen Entwurf gab es einen breiten Konsultationsprozess mit der Öffentlichkeit, bei dem mehrere tausend Stellungnahmen eingegangen sind. Der Entwurf sieht derzeit ein 10-Punkte Programm vor, welches Schutz und Wiederherstellung der österreichischen Biodiversität gewährleisten soll (siehe Abbildung 7). Dieses Programm richtet sich sowohl nach dem UN-Übereinkommen zur biologischen Vielfalt, nach den Forderungen des Weltbiodiversitätsrat IPBES und der EU-Biodiversitätsstrategie. In dem 10-Punkte Programm wird zwischen vier verschiedenen Voraussetzungen - verbesserte Finanzierung, rechtliche Rahmenbedingungen, Verbesserung des Bewusstseins für Biodiversität, mehr Kenntnisse über die Ursachen des Biodiversitätsverlust in der Allgemeinbevölkerung und sechs übergeordneter Ziele zum Schutz der biologischen Vielfalt unterschieden. (Stejskal-Tiefenbach, Schindler und Paar, 2021)

Finanzierung von Biodiversitätserhalt ist sichergestellt und biodiversitätsförderndes Handeln wird unterstützt

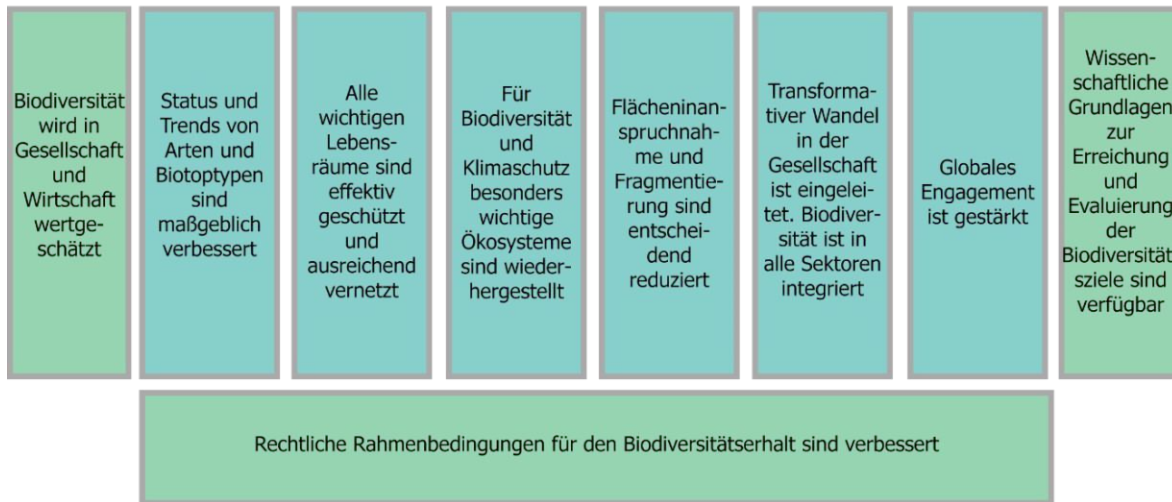


Abbildung 7 Überblick zum Zehn Punkte Programm für die Biodiversität Österreichs, eigene Grafik nach (Stejskal-Tiefenbach, Schindler und Paar, 2021, S. 13)

Der österreichische Biodiversitätsrat hält die derzeitigen Ziele und Maßnahmen des Entwurfs aus wissenschaftlicher Sicht für angemessen und notwendig, warnt aber davor, dass die Ziele auf Druck von Interessensvertreter aus Land- und Forstwirtschaft vor endgültiger Beschlussfassung noch aufgeweicht werden könnten (Österreichischer Biodiversitätsrat, 2021).

Der WWF Artenschutzexperte Arno Aschauer bemängelt am Entwurf die fehlende Konkretisierung und Verbindlichkeit. Er fordert daher klare Prioritäten, Zuständigkeiten, Zeitpläne und messbare Ziele in der endgültigen Fassung der Strategie. Ein regelmäßiges einheitliches und österreichweites Monitoring, sowie die Aufstockung des Biodiversitätsfonds von derzeit 50 Millionen auf 1 Milliarde sind laut Aschauer essentiell wichtig für den Erfolg der österreichischen Biodiversitätsstrategie 2030. (WWF Österreich, 2021a)

Derzeit lässt sich noch nicht sagen, ob die nationale Biodiversitätsstrategie 2030 in Österreich eine Trendwende für den Schutz unserer natürlichen Lebensgrundlage herbeiführen wird. Sie stellt allerdings erneut die Wichtigkeit und die Dringlichkeit zum Handeln in diesem Bereich klar. Alle oben genannten Vereinbarungen und Strategien sind in Österreich politisch und rechtlich verankert und in allen wird die Raumplanung direkt bzw. indirekt für die Erreichung bestimmter Ziele erwähnt.

2.6 Die Rolle der Raumplanung für den Schutz der Biodiversität

Welche Rolle bzw. welchen Beitrag die Raumplanung für die Erreichung der Ziele der oben genannten Strategien und Abkommen zum Schutz der Biodiversität leisten kann, wird im folgenden Kapitel beschrieben.

Die Raumplanung hat die wichtige und komplexe Aufgabe, für die endliche Ressource Boden, an die viele verschiedene Ansprüche gestellt werden, ein Gleichgewicht an Nutzungen in Abwägung von kurz- und langfristigen Wirkungen auf Umwelt und Gesellschaft herzustellen. Dies wird bei der Betrachtung einer Definition der Raumplanung durch Friedrich Schindegger vom Österreichischen Institut für Raumplanung deutlich.

Er unterscheidet zwischen Raumordnung als Überbegriff und Raumplanung als Teilmenge der Raumordnung. Raumordnung ist als *„die Gesamtheit der Maßnahmen öffentlicher Gebietskörperschaften hoheitlicher und privatwirtschaftlicher Art zu verstehen, die darauf abzielen, das gesamte Territorium nach bestimmten politischen Zielvorstellungen zu gestalten. Diese beziehen sich auf wirtschaftliche, soziale, kulturelle und Umweltverhältnisse. Raumordnung umfaßt demnach nicht nur die vorausschauende Planung der Bodennutzung, sondern auch alle jene raumbezogenen und raumwirksamen Maßnahmen, die auf die räumliche Gestaltung des Territoriums Einfluß nehmen.“* - (Schindegger, 2006, S. 32). Raumplanung hingegen ist die Tätigkeit, *„... die die Grundlagen dafür schafft, daß seitens der öffentlichen Hand auf die Entwicklung der räumlichen Verhältnisse aufgrund von politischen Vorgaben (gesetzlich geregelten Zielen und Verfahrensvorschriften) Einfluß genommen werden kann.“* - (Schindegger, 2006, S. 30)

Nachdem der Verlust der Biodiversität langfristig eine Bedrohung für die menschliche Gesundheit, Ernährungssicherheit und die Wirtschaft darstellt und es bereits seit mehreren Jahrzehnten politische Entscheidungen bzw. rechtlich bindende internationale Abkommen zum Schutz der Biodiversität gibt (siehe Kapitel 2.5), ist es auch Aufgabe der Raumplanung, die räumlichen Verhältnisse für den Erhalt der Biodiversität zu schaffen. Die Sicherung der Biodiversität wurde auch im österreichischen Raumentwicklungskonzept 2030 erwähnt, welches im Oktober 2021 beschlossen wurde:

„Es ist Aufgabe der Raumentwicklung und Raumordnung, Frei- und Grünräume, die natürlichen Ressourcen und die Biodiversität zu sichern und mit der wirtschaftlichen Nutzung abzustimmen. Dazu gehört auch das Management von Flächenkonkurrenzen.“ - (ÖROK u. a., 2021, S. 31)

Um dies zu erreichen werden folgende Maßnahmen genannt:

- *„Die Einrichtung einer ÖREK-Partnerschaft zum Thema „Freiraumentwicklung, Ressourcenschutz und Klimawandel“ anstreben*
- *Modelle zur finanziellen und steuerlichen Berücksichtigung von ökosystembasierten Dienstleistungen prüfen und deren räumliche Wirkung aufzeigen*
- *Leitlinien zum Konflikt zwischen (Nach-)Verdichtung und Durchgrünung ausarbeiten und gute Praxisbeispiele aufbereiten.“* (ÖROK u. a., 2021, S. 31)

In den Strategien zur Reduktion des Biodiversitätsverlustes in den verschiedenen politischen Ebenen wird die Raumplanung mehrfach direkt und indirekt angesprochen. Im Entwurf der österreichischen Biodiversitätsstrategie 2030 sind speziell die Ziele 2 und 4 relevant für die Raumplanung.

- Ziel 2: *„Alle wichtigen Lebensräume sind effektiv geschützt und ausreichend vernetzt“*
- Ziel 4: *„Flächeninanspruchnahme und Fragmentierung sind entscheidend reduziert“*

Die Vernetzung von Biotopen bzw. die Reduktion der Lebensräume werden in beiden obenstehenden Zielen explizit angesprochen.

Naturschutz ist in Österreich in Gesetzgebung und Vollzug Sache der Bundesländer. Dennoch haben sie die Verpflichtung, sich an internationale Abkommen zu halten. Die Auslegung zur Umsetzung von internationalen und vor allem EU-Richtlinien obliegt jedoch ebenfalls den Ländern. Folglich gibt es in Österreich neun verschiedene Versionen zu Naturschutzgesetzen.

Nachdem der praktische Teil der Arbeit eine Region im Bundesland Niederösterreich behandelt, wird folgend nur die Raumplanung und die Strategie zum Schutz der Natur in Niederösterreich näher erläutert.

In Niederösterreich wird Raumordnung nach § 1 Abs 1 NÖ Raumordnungsgesetz 2014 wie folgt definiert:

„Raumordnung: die vorausschauende Gestaltung eines Gebietes zur Gewährleistung der bestmöglichen Nutzung und Sicherung des Lebensraumes unter Bedachtnahme auf die natürlichen Gegebenheiten, auf die Erfordernisse des Umweltschutzes sowie die abschätzbaren wirtschaftlichen, sozialen und kulturellen Bedürfnisse seiner Bewohner und der freien Entfaltung der Persönlichkeit in der Gemeinschaft, die Sicherung der lebensbedingten Erfordernisse, insbesondere zur Erhaltung der physischen und psychischen Gesundheit der Bevölkerung, vor allem Schutz vor Lärm, Erschütterungen, Verunreinigungen der Luft, des Wassers und des Bodens, sowie vor Verkehrsunfallsgefahren“

Hier ist hervorzuheben, dass die Sicherung des Lebensraumes sowie Umweltschutz in dieser Definition noch vor wirtschaftlichen und sozialen Interessen genannt werden. Im Niederösterreichischen Raumordnungsgesetz, welches sowohl die überörtliche als auch die örtliche Raumordnung im Bundesland regelt, gibt es zudem Leitlinien, die eine enge Verbindung zum Umwelt- und Naturschutz haben.

Für die regionale Leitplanung sind beispielsweise in den generellen Leitziele die Ausrichtungen der Raumordnungsmaßnahmen wie folgt beschrieben:

- **„schonende Verwendung natürlicher Ressourcen**
- **Sicherung mineralischer Rohstoffvorkommen**
- **nachhaltige Nutzbarkeit**
- **sparsame Verwendung von Energie, insbesondere von nicht erneuerbaren Energiequellen**
- **Ausbau der Gewinnung von erneuerbarer Energie**
- **Reduktion von Treibhausgasemissionen (Klimaschutz)**
- *wirtschaftlichen Einsatz von öffentlichen Mitteln.“* - (NÖ ROG 2014 § Abs. 2 lit b, eigene Hervorhebung)

Weiters ist bei den generellen Leitziele folgendes beschrieben:

- *„i) Vermeidung von Gefahren für die Gesundheit und Sicherheit der Bevölkerung. Sicherung bzw. Ausbau der Voraussetzungen für die Gesundheit der Bevölkerung insbesondere durch:*
 - *Sicherung oder Wiederherstellung eines ausgewogenen Naturhaushaltes als Lebensgrundlage für die gegenwärtige und künftige Bevölkerung;*
 - *Sicherung des natürlichen Wasserhaushaltes einschließlich der Heilquellen;*
 - *Sicherung der natürlichen Voraussetzungen zur Erhaltung des Kleinklimas einschließlich der Heilklimata und Reinheit der Luft;*
 - *Sicherung einer ausreichenden Versorgung mit Trinkwasser sowie einer geordneten Abwasser- und Abfallbeseitigung;*

- Berücksichtigung vorhersehbarer Naturgewalten bei der Standortwahl für Raumordnungsmaßnahmen;
- Schutz vor Gefährdungen durch Lärm, Staub, Geruch, Strahlungen, Erschütterungen u. dgl.;
- Sicherstellung der medizinischen Versorgung.“ - (NÖ ROG 2014 § 1 Abs. 2 lit i, eigene Hervorhebung)
- „j) Sicherung und Vernetzung wertvoller Grünlandbereiche und Biotope sowie Berücksichtigung der Europaschutzgebiete.“ - (NÖ ROG 2014 § 1 Abs. 2 lit j, eigene Hervorhebung)

Für beinahe all diese Punkte ist ein intaktes Ökosystem und damit die Biodiversität die Grundvoraussetzung. Die Punkte zur Vermeidung von Gefahren für die Gesundheit und Sicherheit der Bevölkerung beschreiben die wichtigsten Ökosystemleistungen, welche in Kapitel 2.1 erörtert wurden.

Der Schutz der Umwelt und der Biodiversität sind somit ein integraler Bestandteil der Raumordnung in Niederösterreich, welcher sich in unterschiedlicher Weise und Formulierungen im Raumordnungsgesetz manifestiert.

In Niederösterreich wurden zudem konkrete Strategien, Programme und Methoden zum Schutz der Natur festgelegt, welche für die Raumplanung von Bedeutung sind.

2.6.1. Naturschutzstrategie in Niederösterreich

Niederösterreich zählt als vielfältigstes Bundesland Österreichs. Es hat Anteile an verschiedenen großen Naturräumen, aufgrund der unterschiedlichen geologischen und klimatischen Bedingungen, die in Niederösterreich vorzufinden sind. Dies führt auch zu der höchsten Artendiversität von allen Bundesländern in Österreich bei vielen Tier- und Pflanzengruppen. Um diese natürliche Vielfalt zu schützen, gibt es derzeit das § NÖ Naturschutzgesetz, welches 2000 verabschiedet wurde:

§1 Ziele: *„Der Naturschutz hat zum Ziel, die Natur in allen ihren Erscheinungsformen so zu erhalten, zu pflegen oder wiederherzustellen, dass ihre Eigenart und ihre Entwicklungsfähigkeit, die ökologische Funktionstüchtigkeit der Lebensräume, die Vielfalt, der Artenreichtum und die Repräsentanz der heimischen und standortgerechten Tier- und Pflanzenwelt und die Nachhaltigkeit der natürlich ablaufenden Prozesse regionstypisch gesichert und entwickelt werden. Dazu gehört auch das Bestreben, die der Gesundheit des Menschen und seiner Erholung dienende Umwelt als bestmögliche Lebensgrundlage zu erhalten, wiederherzustellen oder zu verbessern. Die Erhaltung und Pflege der Natur erstreckt sich auf alle ihre Erscheinungsformen, gleichgültig, ob sie sich in ihrem ursprünglichen Zustand befinden oder durch den Menschen gestaltet wurden (Kulturlandschaft).“*

§ 2 Grundsätze: *„Grundsätze des Naturschutzes sind,*

1. *die Leistungsfähigkeit des Naturhaushalts zu verbessern und gleichzeitig Beeinträchtigungen zu unterlassen oder auszugleichen.*
2. *Die wildlebenden Tiere und Pflanzen sowie ihre Lebensgemeinschaften sind als Teil des Naturhaushalts in ihrer natürlichen und regionalspezifischen Artenvielfalt zu schützen.*
3. *Ihre Lebensräume (Biotope) sowie ihre sonstigen Lebensbedingungen sind zu schützen, zu pflegen, zu entwickeln und wiederherzustellen.*

Zu den Aufgaben der Behörden gehört im Rahmen ihrer Zuständigkeit die Beratung über die Ziele und Grundsätze des Naturschutzes. Die Beratung soll dazu beitragen, dass die Ziele des Naturschutzes auch ohne hoheitliche Maßnahmen verwirklicht werden können.

Die Naturschutzbehörde soll zur Erreichung der Ziele und Grundsätze des Naturschutzes die Formen der kooperativen Zusammenarbeit, insbesondere Verträge (Vertragsnaturschutz) nutzen. Die Behörde orientiert diese Arbeit an den Grundsätzen einer dynamischen ländlichen Entwicklung, welche die regional unterschiedlich ablaufenden Prozesse der Landschaftsentwicklung sowie die wirtschaftliche und kulturelle Vielfalt der Regionen berücksichtigt.“

Zudem gibt es die Niederösterreichische Artenschutzverordnung, welche dem Schutz von wildwachsenden Pflanzen und freilebender Tiere dient. Dabei wird geregelt, welche Pflanzen- bzw. Tierarten in welchem Ausmaß geschützt werden müssen.

Auf der Grundlage des Naturschutzgesetzes wurde die Niederösterreichische Naturschutzcharta 2011 ausformuliert. Diese bildet einen strategischen Überbau für den Naturschutz. Darin finden sich Grundlagen und Handlungsansätze, die speziell einen regionspezifischen Naturschutz in Niederösterreich in den Mittelpunkt rückt. Hierbei werden 6 Handlungsfelder unterschieden (Langthaler und Schneidergruber, 2011):

- Lebensraum- und Artenschutz
- Landbewirtschaftung
- Hochwasserschutz und E-Wirtschaft
- Gemeinden und Regionalentwicklung
- Bewusstseinsbildung für Natur und Umwelt
- Wer ist wer im Naturschutz

Basierend auf der Naturschutzcharta wurde 2015 das Niederösterreichische Naturschutzkonzept erstellt, welche die Planungsgrundlage für den Naturschutz in Niederösterreich bildet. Ein Überblick zu den Verknüpfungen des Naturschutzkonzeptes zeigt Abbildung 8.

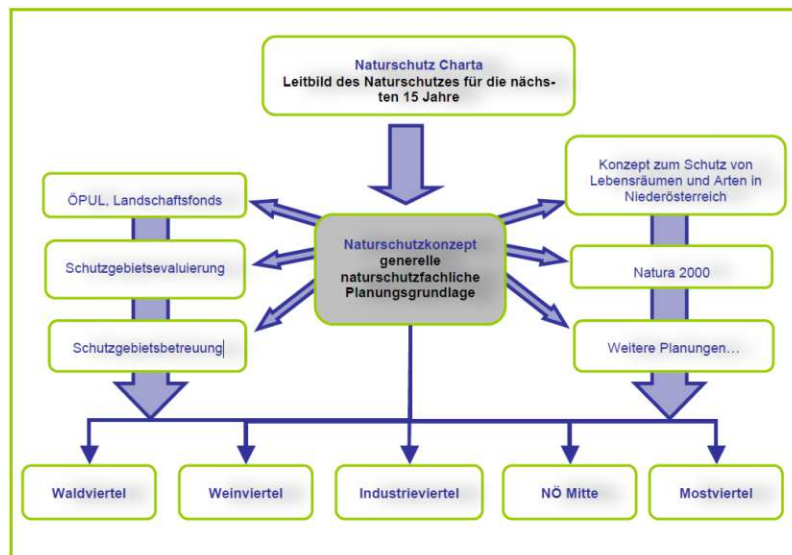


Abbildung 8 Verknüpfung des Naturschutzkonzeptes, (Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, 2015, S. 4)

Darin werden unter anderem die fünf Hauptregionen Niederösterreichs beschrieben und in 26 Teilregionen unterteilt, um den Naturschutz möglichst regionsspezifisch gestalten zu können. Für jede Region wurden zunächst bestehende relevante Schutzgüter und Schutzgebiete beschrieben (Status Quo) und anschließend naturschutzfachliche Handlungsschwerpunkte definiert. Es finden sich hier übergeordnete Leitlinien und strategische Zielrichtungen, an welchen sich die Naturschutzarbeit bis zum Jahr 2020 orientieren soll (siehe Abbildung 6). (Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, 2015)

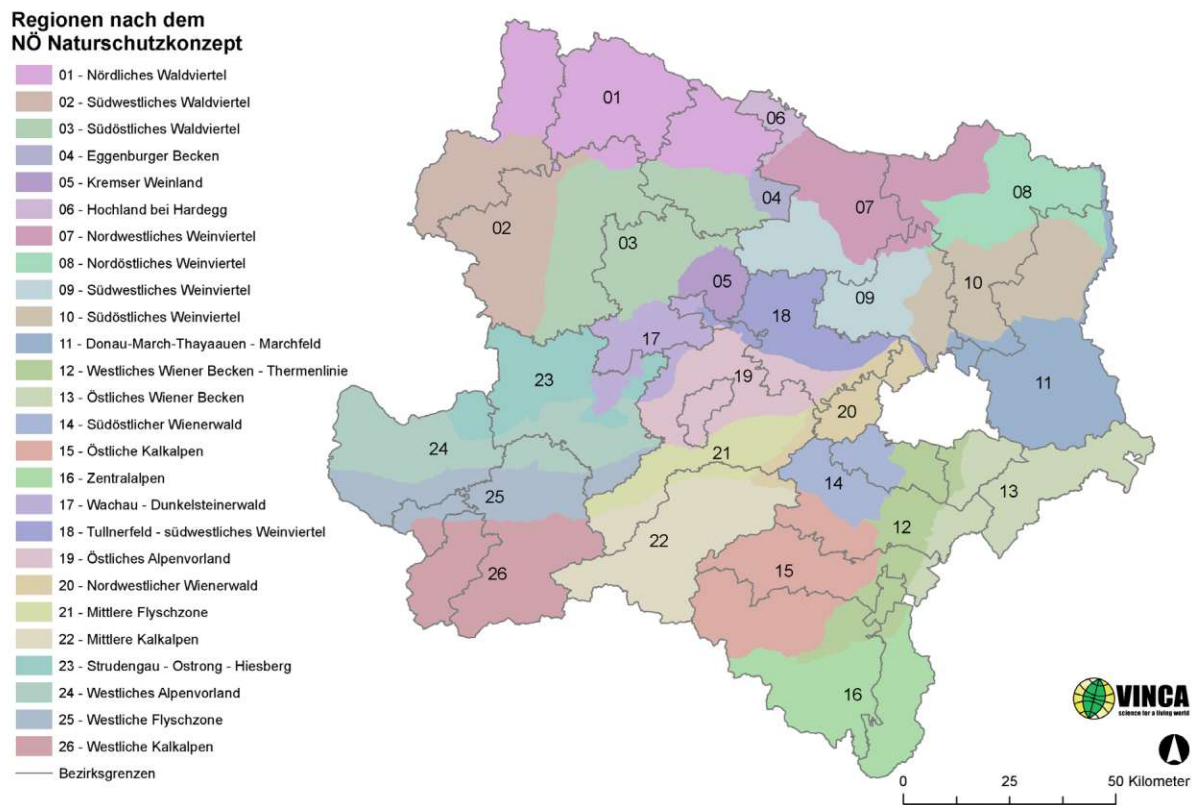


Abbildung 9 Regionen nach dem NÖ Naturschutzgesetz,
(Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, 2015, S. 49)

Es werden in Kapitel 5.2.8 die zutreffenden Teilregionen der Klima- und Energiemodellregion Tullnerfeld OST näher beschrieben, welche als Untersuchungsgebiet für ein biodiversitätsfreundliches Ausbaurkonzept herangezogen wird.

Anhand des Naturschutzkonzeptes wurden Methoden in Form von Förderungen zur Umsetzung des Naturschutzes formuliert und umgesetzt. Dazu gehören unter anderem:

- **Förderprogramme**

- **Ländliche Entwicklung**

- **LEADER**

- ist ein Maßnahmenprogramm der EU für die wirtschaftliche Entwicklung von ländlichen Regionen. Die Umsetzung erfolgt in lokalen Aktionsgruppen. Dabei können unter anderem auch ökologische Projekte für den Erhalt und die nachhaltige Weiterentwicklung des natürlichen Erbes der LEADER Region beantragt werden.

- **Maßnahme 323 – Naturschutz**

- hier können Gemeinden, NGOs, Schutzgebietsverwaltungen etc., Förderungen zur Landschaftsgestaltung und -entwicklung und zur Verbesserung des ländlichen Erbes beantragen.

- **ÖPUL**

- Das „Österreichische Programm zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft“ soll Maßnahmen in der Landwirtschaft, welche zum Erhalt der Artenvielfalt und zu Boden- und Gewässerschutz beitragen, finanzieren. Dieses Förderprogramm wurde im Zuge der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) – Reform der EU 2021 unter „ÖPUL 2023“ verlängert.

- **LIFE**

- (L’Instrument Financier pour l’Environnement) ist ein Instrument der Europäischen Union zur Förderung der Umwelt und wird in 3 Bereiche unterteilt. Umweltpolitik und Verwaltungspraxis, Information und Kommunikation und Natur und Biodiversität.

- **Europäische Territoriale Zusammenarbeit**

- Hierbei handelt es sich um ein EU-Förderprogramm, welche eine transnationale Zusammenarbeit bei der Raumentwicklung von Gebieten, welche durch Staatsgrenzen getrennt sind, fördert. Dazu gehören auch ökologische Projekte.

- **NÖ Landschaftsfonds**

- Auf Grundlage des NÖ Landschaftsabgabegesetzes werden Abgaben für das obertägige Gewinnen von mineralischen Rohstoffen eingehoben und für Projekte verwendet, welche eine ökologisch intakte Kulturlandschaft erhalten und wiederherstellen.

Zusätzlich gibt es in Österreich vom Bund seit 2021 das Förderprogramm des „Biodiversitätsfonds“, welches Projekte zur Förderung der Biodiversität und zu Erreichung nationaler Biodiversitätsziele unterstützt. Darunter fallen unter anderem die Wiederherstellung von wichtigen, geschädigten Ökosystemen und der Erhalt von geschützten Lebensräumen und Arten. Dafür werden von 2022 bis 2026 80 Millionen Euro zu Verfügung gestellt. (BMK, 2022a)

In Österreich sind insgesamt 24.160 km² der Landesfläche als Schutzgebiet ausgewiesen. Dies entspricht etwa 28,8 % der Landesfläche (ÖROK, 2021, S. 1). Nicht nur der Flächenanteil an Schutzgebieten ist aussagekräftig, sondern auch der Schutzgrad. Die Schutzgebiete in Österreich werden in verschiedene Schutzgebietskategorien unterteilt, die teilweise in den einzelnen Bundesländern variieren, und je nach Kategorie einen unterschiedlichen Schutzgrad aufweisen. Welche Schutzgebietskategorien in welchem Ausmaß in Österreich vorhanden sind, kann Tabelle 3 bzw. Abbildung 10 entnommen werden. Eine vollständige oder teilweise Überlagerung von Schutzgebieten ist möglich.

Tabelle 3 Schutzgebiete in Österreich Stand 2022, (Umweltbundesamt, 2022)

Schutzgebiete	Anzahl	km ²	Anteil Bundesfläche (%)
Nationalparks	6	2.382	2,8
Europaschutzgebiete* (verordnete Natura 2000-Gebiete)	281	13.107	15,6
Naturschutzgebiete	484	3.031	3,6
Wildnisgebiete (IUCN Kategorie 1b)	2	17	0,2
Landschaftsschutzgebiete	250	12.963	15,5
Naturparks	50	4.390	5,2
Geschützte Landschaftsteile	327	86	0,1
Biosphärenparks**	4	2.874	3,4
Sonstige Schutzgebiete (außer Naturdenkmäler und geschützte Naturgebilde)	59	1.496	1,8

Schutzgebietskulisse Österreich Stand 2016

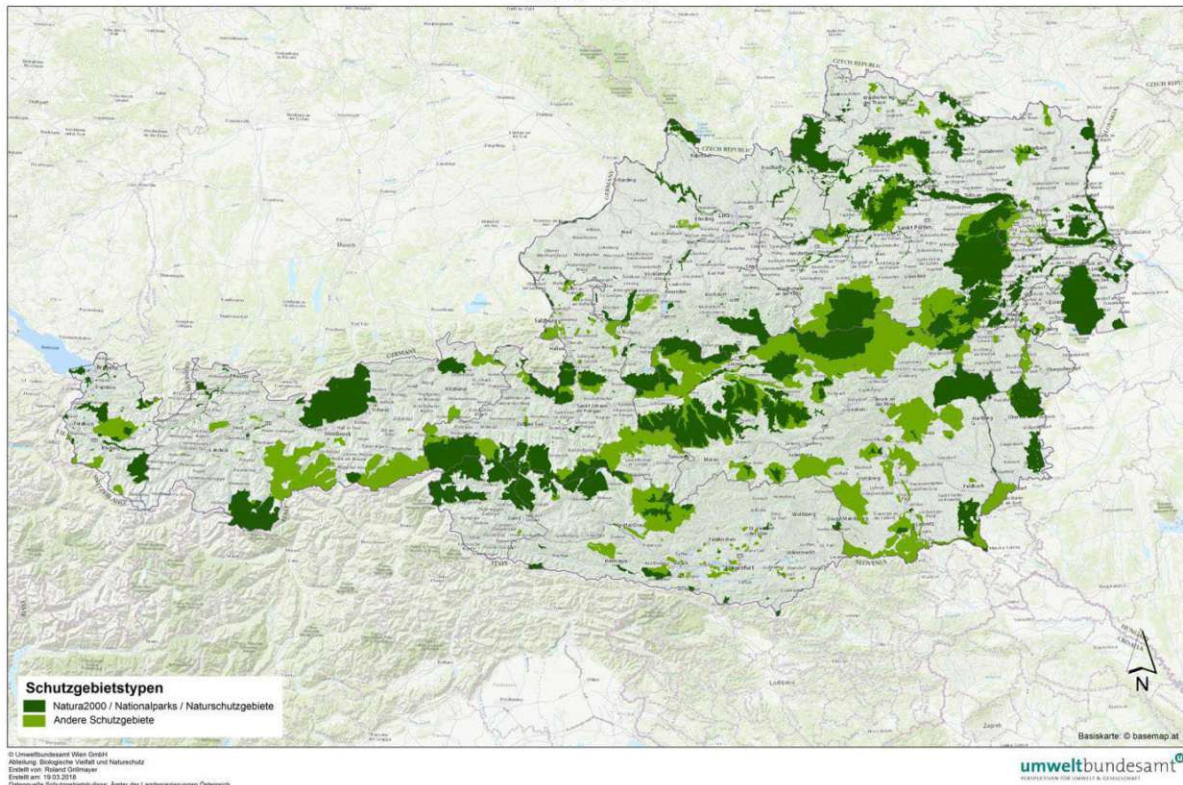


Abbildung 10 Schutzgebietskulisse in Österreich Stand 2016, (Umweltbundesamt, 2018, S. 9)

Ein Überblick zu den Schutzgebieten in NÖ ist der Abbildung 11 zu entnehmen. In Niederösterreich werden im NÖ Naturschutzgesetz folgende naturschutzfachliche Schutzkategorien unterschieden:

Internationale Schutzgebiete nach Ausweisung der IUCN und UNESCO-Kriterien

Die IUCN (International Union for Conservation of Nature), die Weltnaturschutzorganisation erkennt folgende Schutzgebiete in Niederösterreich an:

- **Wildnisgebiet**

In einem Wildnisgebiet gilt es, die dynamischen Prozesse eines bestimmten Landschaftsausschnittes zu sichern. Menschliche Eingriffe sind nicht gestattet und Besuche und Untersuchungen, die nicht wissenschaftlicher Natur oder der Wissensbildung dienen, sind ebenfalls verboten. In Niederösterreich werden Wildnisgebiete als Naturschutzgebiete verordnet. Das einzige Wildnisgebiet Österreichs liegt im niederösterreichischen Dürrenstein.

- **Nationalpark**

Nationalparks sind naturnahe Gebiete, welche von nationaler oder weltweiter Bedeutung sind. Dabei werden zwei Zonen unterschieden. Die sog. Naturzone, die 75% der Nationalparkfläche ausmachen muss. Diese darf nicht genutzt werden und muss weitgehend in einem unberührten Zustand sein. Dann gibt es noch die Bewahrungszone, dies ist eine Naturzone mit Managementmaßnahmen. Hier darf ein naturräumliches Management durchgeführt werden, welches zur Sicherung und Förderung der Biodiversität dient. Ein Nationalpark wird zu 50% vom Bund und zu 50% von den beteiligten Bundesländern getragen. In Niederösterreich sind zwei Nationalparks zu finden, die gemeinsam 106 km² Fläche aufweisen - Thayatal und Donau-Auen.

- **Naturdenkmal**

Naturdenkmäler dienen zum Schutz von Naturgebilden, die durch großen Seltenheitswert, Eigenarten oder besonderen Ausstattungen hervorstechen bzw. die Landschaft prägen oder wissenschaftlich oder kulturhistorisch von Bedeutung sind. Naturdenkmäler dürfen nicht zerstört oder verändert werden.

- **Biosphärenpark**

Das Leitmotiv des Biosphärenparks betrachtet den Menschen als Teil der belebten Welt. Dabei gilt es einen bewussten Umgang mit der Natur zu pflegen und eine ökologisch, sozial und wirtschaftlich nachhaltige Entwicklung zu fördern und entspringt dem Programm „Man and Biosphere“ der UNESCO. In einem Biosphärenpark wird ein ökologisch und naturschutzfachlich wertvolles Gebiet, welches auch durch den Menschen geprägt wurde, in drei Zonen unterteilt. In der sog. Kernzone, die min. 5% des Biosphärenparks ausmachen muss, gilt ein strenger Schutz. In der Pflegezone befinden sich besonders wertvolle Bereiche einer Kulturlandschaft, die durch freiwillige und ökologisch nachhaltige Wirtschaftsweisen erhalten werden soll. Der überwiegende Teil eines Biosphärenparks nimmt die sog. Entwicklungszone ein, in der nachhaltige Wirtschaftsweisen gefördert werden.

- **UNESCO-Welterbe**

Ist ein von der UNESCO initiiertes Programm, um das Kultur- und Naturerbe der Welt zu erhalten. In Niederösterreich gibt es zwei als Welterbe anerkannte Gebiete: Die Semmeringbahn und deren Umgebungslandschaft sowie die Kulturlandschaft Wachau.

Europäische Naturschutzkategorien

- **Europaschutzgebiet/ Natura 2000**

bildet ein zusammenhängendes Schutzgebietsnetzwerk – Natura 2000 – innerhalb der EU, welches auf Basis der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie 1992 und der Vogelschutzrichtlinie 1979 aufgebaut ist. Alle EU-Mitgliedsländer müssen geeignete Gebiete mit Lebensräumen und Arten von gemeinschaftlicher Bedeutung nominieren. Projekte, die wesentliche Auswirkungen auf das Gebiet haben könnten, müssen nach Art. 6 Abs. 3 der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie einer Verträglichkeitsprüfung unterzogen werden. Derzeit sind in der EU mehr als 18% der Landesfläche und mehr als 8% der Meeresfläche als Natura 2000 Gebiet deklariert. (European Commission, ohne Datum) In Niederösterreich sind etwa 22% der Landesfläche als Natura 2000 Gebiet deklariert (Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, 2015, S. 39, eigene Berechnung)

Österreichische Naturschutzkategorien

- **Landschaftsschutzgebiet**

Sind großflächige zusammenhängende Gebiete, die sich durch besondere Schönheit bzw. landschaftliche Charakteristik auszeichnen. Sie werden von der NÖ Landesregierung ausgewiesen und dienen der Erholung und dem Fremdenverkehr. Diese Schutzkategorie besteht in allen Bundesländern. In diese Kulturlandschaften darf prinzipiell eingegriffen werden, wenn die Eingriffe keinen nachhaltigen Schaden an der Charakteristik der Landschaft verursachen und sie sind oftmals auch genehmigungspflichtig. Es dürfen, außerhalb von Wohnbauland, Flächen nur nach einem Gutachten eines Natursachverständigen über die Auswirkungen auf die dort bestehenden Schutzgüter und einer Stellungnahme der NÖ Umweltschutzbehörde umgewidmet werden. Durch eine Umwidmung darf lt. Naturschutzgesetz § 8,

„1. das Landschaftsbild,

2. der Erholungswert der Landschaft,

3. die ökologische Funktionstüchtigkeit im betroffenen Lebensraum,

4. die Schönheit oder Eigenart der Landschaft oder

5. der Charakter des betroffenen Landschaftsraumes nicht erheblich beeinträchtigt werden.“

- **Naturschutzgebiet**

In Naturschutzgebieten wird ein großflächiger Lebensraumschutz angestrebt. Ursprünglichkeit, Lebensraum von gefährdeten Tier- und Pflanzenarten, Vorkommen von seltenen Mineral- oder Fossilvorkommen, oder bedeutsame ökologische Entwicklungsprozesse (Auen) prägen das Wesen eines Naturschutzgebietes. Eingriffe in die Natur jeglicher Art sind, mit wenigen Ausnahmen, verboten. Flächenwidmungen für Bauland oder Verkehrsflächen sind unzulässig und auch Eingriffe in das Pflanzenkleid und das Tierleben sind, mit Ausnahmen von bestimmten Forschungszwecken, verboten. In Niederösterreich gibt es derzeit 73 verschiedene Naturschutzgebiete, die eine Gesamtfläche von etwa 14.500 Hektar schützen (Stand 7.4.2022) (Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, 2022b, Abs. 1).

- **Naturpark** (Nicht vorhanden in Vorarlberg und Wien)

Naturparke sind meist Teil von Landschaftsschutzgebieten und dienen zum Schutz und Weiterentwicklung von speziell wichtigen Regionen und bieten ökologische und kulturelle Bildungsangebote und sollen sowohl die Regionalentwicklung fördern als auch für Erholung sorgen. Naturparke verfügen über eine lokale Trägerorganisation.

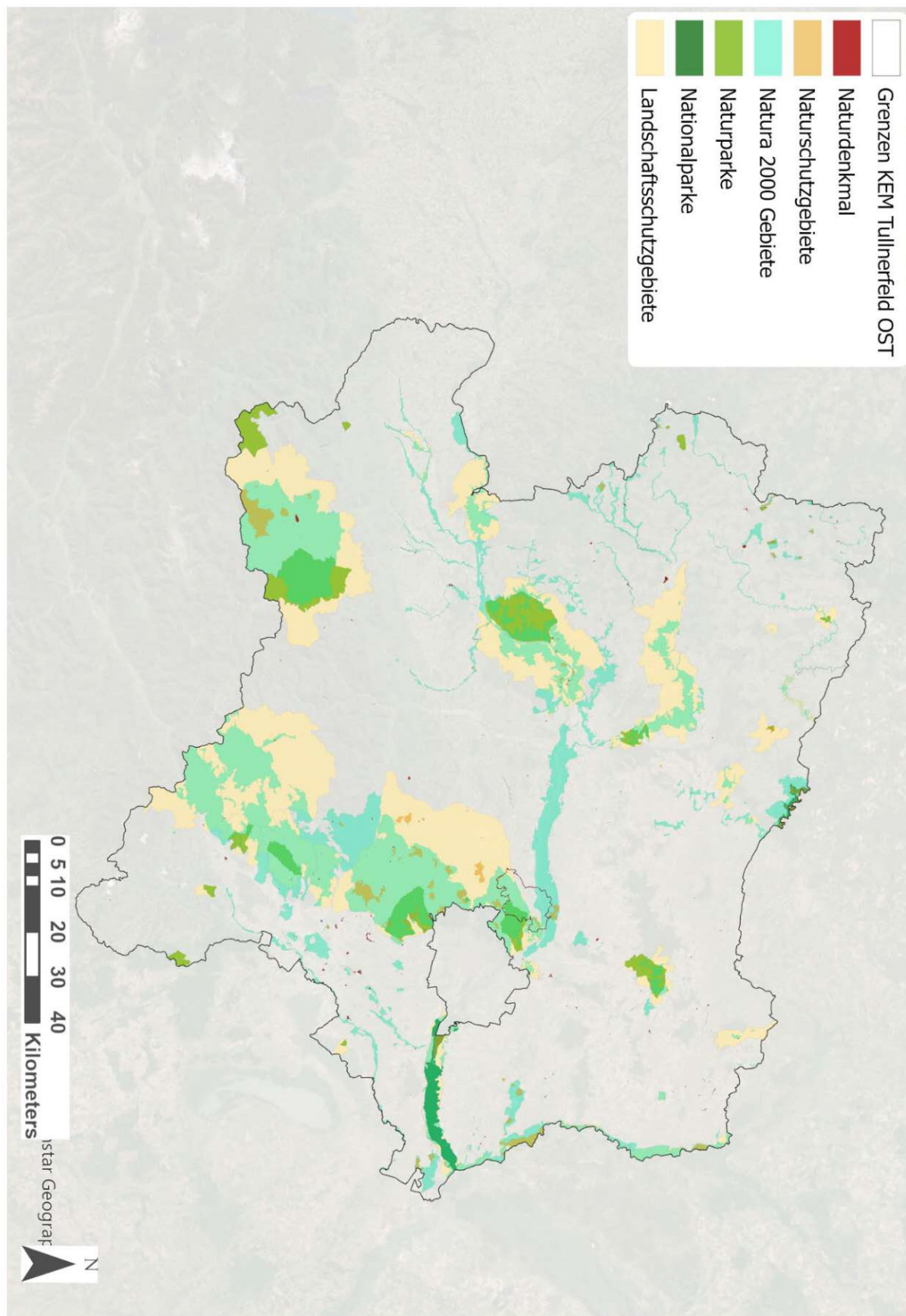


Abbildung 11 Überblick zu Schutzgebieten in Niederösterreich, eigene Darstellung nach (Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, RU5, 2022)

Im NÖ Naturschutzkonzept werden folgenden Leitlinien bis 2020 benannt:

- *„Verankerung von Naturschutzzielen als gemeinsames, gesellschaftliches Interesse in relevanten politischen Handlungsfeldern*
- *Naturschutz ist ein integraler Bestandteil in allen wesentlichen Bereichen und Sektoren (Mitdenken, Anhören, Gestalten), Synergien werden optimal genutzt*
- *Erhaltung und Förderung der biologischen Vielfalt als Grundlage einer nachhaltigen Entwicklung in Niederösterreich*
- *Bestehende Kooperationen werden gestärkt und neue Partner gefunden: „Breite Allianz für die Lebensvielfalt in NÖ“*
- *Trendumkehr vom „Stopp des Artenverlustes“ hin zu einem „Revival“ von Vielfalt in allen Lebensbereichen – für Mensch und Natur*
- *Die niederösterreichische Bevölkerung weiß den Wert und Nutzen von biologischer Vielfalt und intakter Natur zu schätzen.“ - (Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, 2015, S. 37)*

Anschließend werden die naturschutzfachlich gesehenen wichtigen Themenfelder im Naturschutzkonzept beschrieben, welche die Grundlage für die Schwerpunkte in den verschiedenen definierten Regionen in Niederösterreich bilden. Alle diese Themenfelder sind für den Erhalt der Biodiversität in Österreich bedeutend. Es werden nur jene Themen näher erläutert, welche für die Planung eines biodiversitätsfreundlichen/-fördernden PV-Ausbau in einer KEM, relevant sind.

- **Lebensraum- und Artenschutz**

Bei diesem Themenfeld wird die Weiterentwicklung der unterschiedlichen Schutzgebiete in Niederösterreich, samt verstärkter Bewusstseinsbildung der Bevölkerung zum Thema Naturschutz und Förderung des Naturtourismus, angestrebt.

„Gewährleistung räumlicher Vernetzungsstrukturen zwischen bestehenden Schutzgebieten auf Landes-, Bundes- sowie internationaler Ebene“ und „Weiterentwicklung von Programmen und integrativen Maßnahmen zur Förderung von „Lebensinseln“ (z.B. Korridore und Trittsteinbiotope) außerhalb der Schutzgebiete.“ - (Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, 2015, S. 38)

Diese Ziele erscheinen als wichtigste Informationen für den praktischen Teil dieser Arbeit.

- **Land- und Forstwirtschaft**

Hier wird eine naturschonende und nachhaltige Land- und Forstwirtschaft angestrebt, welche durch verschiedene Landes- und Bundesförderungen zu erreichen erhofft wird. Es wird festgehalten, dass eine ökologisch nachhaltige Nutzung der land- bzw. forstwirtschaftlichen Flächen, die Basis einer intakten Natur ist.

- **Energieerzeugung**

Hier wird auf die Wichtigkeit umweltschonender und erneuerbarer Energiequellen und auf die *„Berücksichtigung naturschutzfachlicher Anforderungen bei der Etablierung und Weiterentwicklung einer nachhaltigen Energieerzeugung in Niederösterreich (Wasserkraft, Windkraft, Biomasse etc.)“ - (Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, 2015, S. 43)* hingewiesen. Solarenergie wurde hierbei allerdings nicht berücksichtigt.

- **Raumplanung, Regionalentwicklung und Mobilität**

Dabei wird eine engere Verknüpfung von Raumordnung und Naturschutz, sowie vermehrter Kooperationen zwischen regionalen Einrichtungen und die Weiterentwicklung regionaler Strukturen (wie das Biosphärenpark Modell) angestrebt.

Trotz dieses umfangreichen Naturschutzkonzepts und der Betonung der Wichtigkeit einer intakten Natur, die teilweise in den Schutzkonzepten, Raumordnungsgesetzen etc. noch vor wirtschaftlichen und sozialen Schwerpunkten genannt wird, in den diversen beschriebenen Strategien, Leitlinien und Zielen in Niederösterreich, ist auch hier keine Trendumkehr des Rückgangs der Biodiversität feststellbar. Wie bereits in Kapitel 2.2 erläutert worden ist, ist die Biodiversität in Österreich derzeit in keinem guten allgemeinen Zustand.

Die Europäische Umweltagentur bewertete den Naturschutz in Österreich 2020 im Vergleich zu den anderen Mitgliedstaaten als sehr schlecht. Knapp 80% der Lebensräume befanden sich zwischen 2013 bis 2018 in einem „unzureichenden“ bis „schlechten“ Zustand. Österreich erreicht von 28 EU-Staaten Platz 18 (siehe Abbildung 12). Beim Erhaltungszustand der Arten erreicht Österreich mit 83% der bewerteten Arten in „unzureichenden“ bis „schlechten“ Zustand nur den vorletzten Platz (siehe Abbildung 13). (Europäische Umweltagentur, 2021)

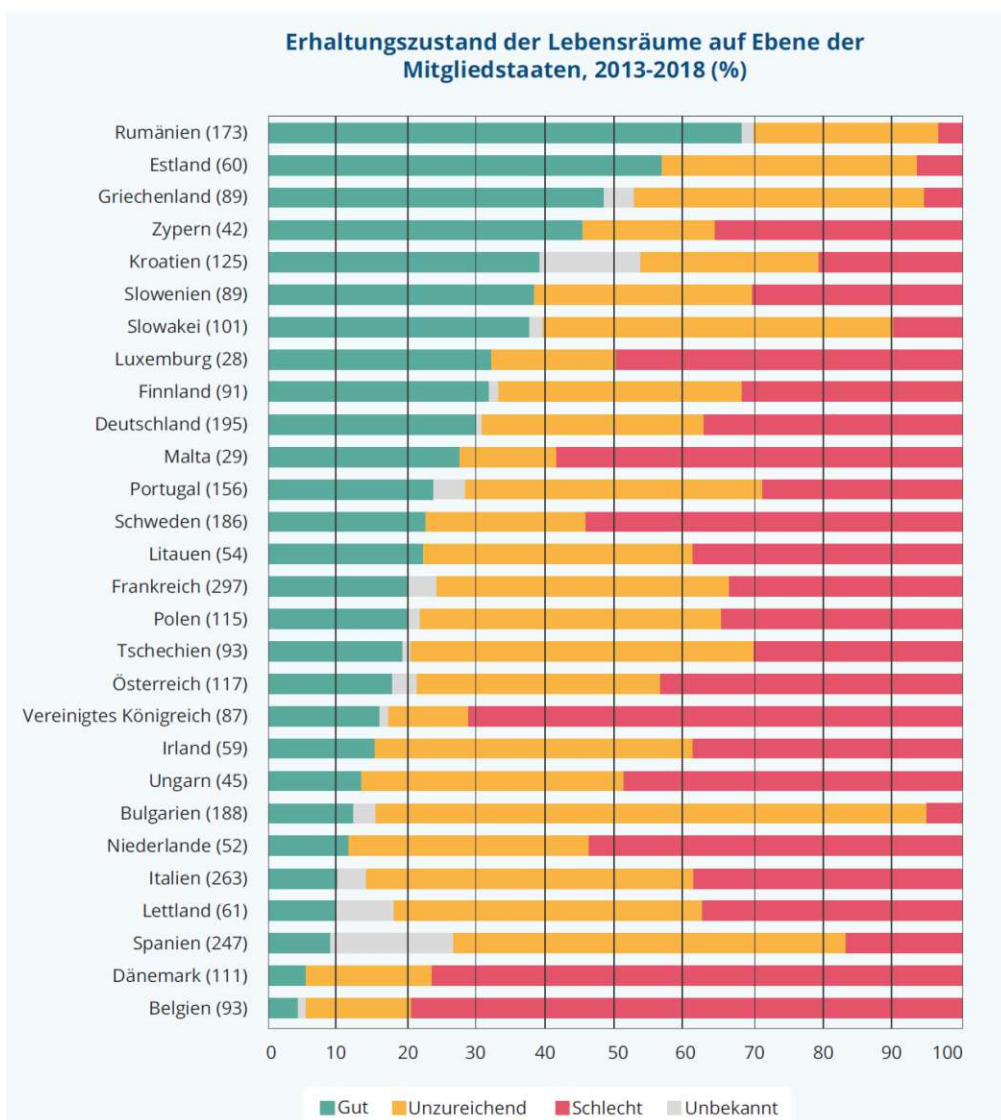


Abbildung 12 Erhaltungszustand der Lebensräume der EU-Mitgliedsstaaten, (Europäische Umweltagentur, 2021, S. 39)

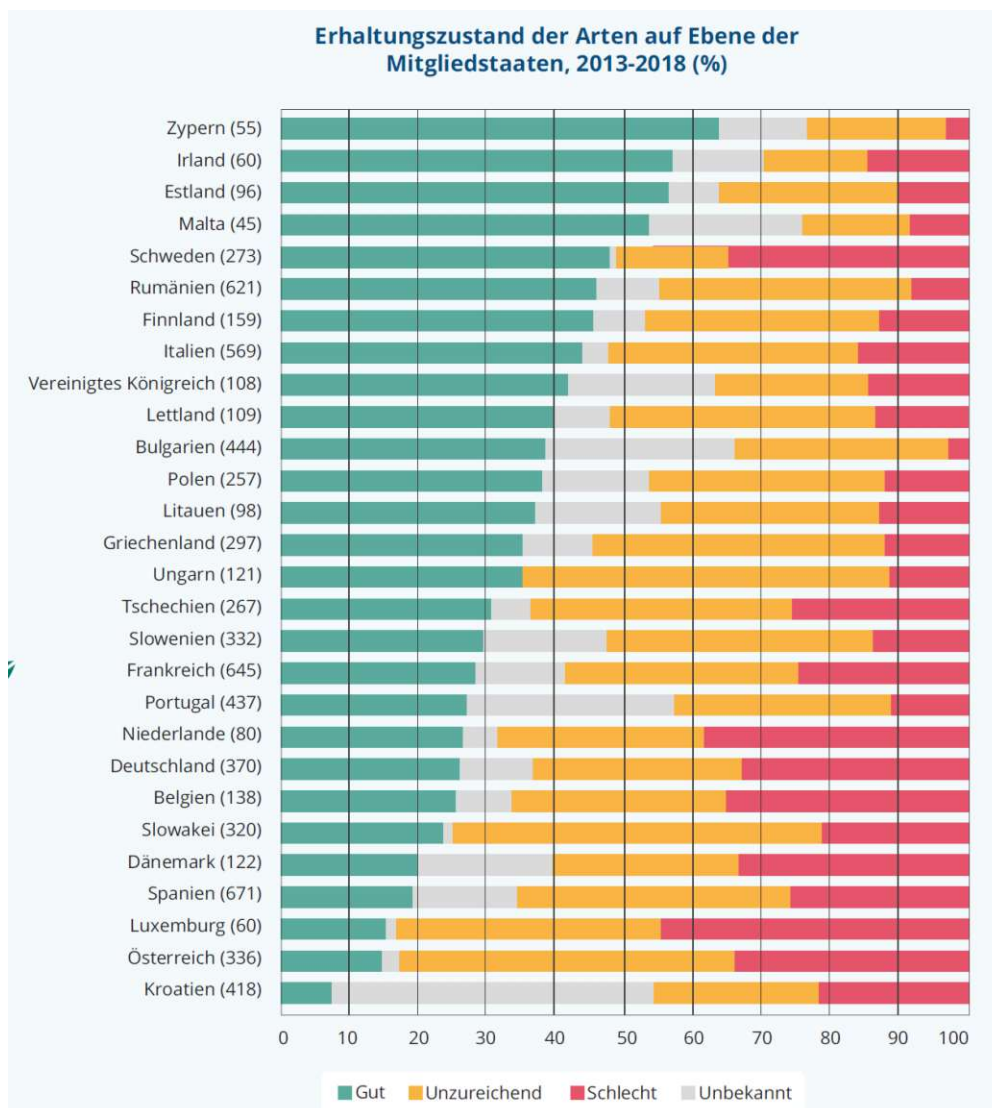


Abbildung 13 Erhaltungszustand der Arten der EU-Mitgliedsstaaten, (Europäische Umweltagentur, 2021, S. 53)

Es gibt keine genauen Untersuchungen, wie der Zustand der Biodiversität in den einzelnen Bundesländern derzeit zu bewerten ist. Niederösterreich ist allerdings aufgrund seiner geographischen Lage stark durch Ackerbau geprägt. In der Studie zur Analyse über den Einfluss von Landnutzungsformen auf die Biodiversität durch das Projekt proVISION, welche in Kapitel 2.2 bereits näher erläutert wurde, zeigt die Karte zur Naturnähe (siehe Abbildung 3), dass in Niederösterreich die Natürlichkeit der Lebensräume relativ gering, die Distanz zu naturnahen Lebensräumen relativ hoch ist und eine starke Fragmentierung aufweist. Die vorher genannte Studie wurde bereits 2012 veröffentlicht und die gezeigten Daten sind bereits mehr als 10 Jahre alt. Um die derzeitige Naturnähe in Niederösterreich abschätzen zu können, wird daher die Flächeninanspruchnahme (dies beinhaltet Bau-, Verkehrs-, Erholungs-, Abbau- und sonstige Flächen) von Niederösterreich zwischen 2012 bis 2020 betrachtet. Diese ist von etwa 1.570 km² (Umweltbundesamt GmbH, 2012, Sp. 14) im Jahr 2012 auf 1.656 km² (Umweltbundesamt GmbH, 2020, Sp. 11) im Jahr 2020 um etwa 75 km² angewachsen. Auch der Versiegelungsgrad ist in derselben Zeit in Niederösterreich von 31,6% (Umweltbundesamt GmbH, 2012, Sp. 10) auf 41% (Umweltbundesamt GmbH, 2020, Sp. 14) angestiegen. Es ist ersichtlich, dass die Natürlichkeit der Lebensräume in Niederösterreich seit 2012 tendenziell abgenommen hat. Es stellt sich daher die Frage warum es um die Biodiversität in Österreich und Niederösterreich so schlecht bestellt ist, trotz eines umfangreich wirkenden Naturschutzkonzeptes.

2.7 Fazit

Auch wenn der Naturschutz in politischen Agenden häufig vor sozialen und wirtschaftlichen Interessen genannt wird, so wird er dennoch nicht vorrangig behandelt. Naturschutz muss in der Regel mit anderen öffentlichen Interessen abgewogen werden, dies ist in allen Bundesländern Österreichs der Fall. Wie hoch der Naturschutz dabei gewichtet ist, ist jedoch von Bundesland zu Bundesland verschieden. (Landwirtschaftskammer Österreich, 2018)

„Eingriffe in die Natur, die durch Auflagen nicht ausgeglichen werden können, können bewilligt werden, wenn jene mit dem Eingriff verbundenen öffentlichen Interessen gegenüber dem Interesse des Naturschutzes an der Vermeidung des Eingriffs überwiegen. Die Interessenabwägung stellt eine Wertentscheidung der Behörde dar. Dies bedeutet, dass durch Auflagen nicht ausgleichbare Eingriffe in die Natur dann bewilligt werden können, wenn andere öffentliche Interessen überwiegen.“ - (Landwirtschaftskammer Österreich, 2018, Kap. 5)

In Anbetracht der essentiellen Bedeutung der Biodiversität und Ökosystemleistungen und speziell vor dem Hintergrund der Biodiversitätskrise und deren Folgen für die menschliche Gesellschaft sollte Naturschutz und damit der Schutz der Biodiversität derzeit als höheres bzw. überwiegendes öffentliches Interesse eingestuft werden. Dies muss unter anderem auch in der Raumplanung eine stärkere Bedeutung finden. Die der Raumplanung zur Verfügung stehenden Instrumente zum Schutz der Biodiversität sind in weiten Teilen bereits vorhanden, es mangelt nach Meinung der Autorin jedoch an der Gewichtung, mit denen die Ökologie und damit die Biodiversität in Planungsprozessen auf jeder Ebene behandelt werden.

Wie dies in der Praxis am Beispiel eines PV-Ausbaukonzeptes aussehen könnte, wird in den folgenden Kapiteln erarbeitet.

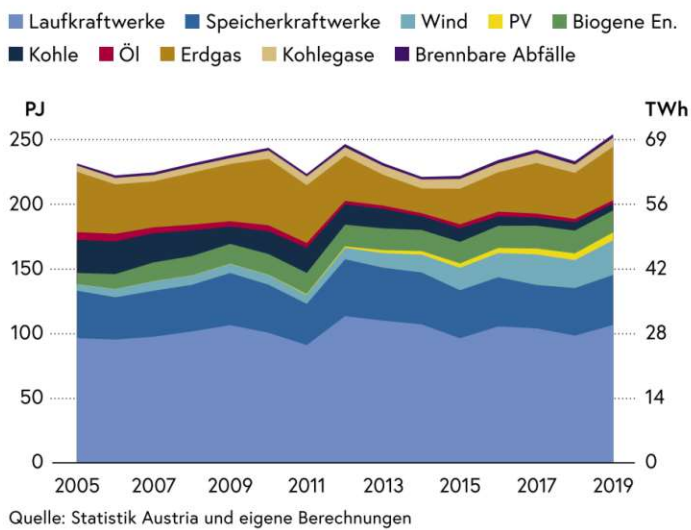
3. Photovoltaikausbau in Österreich – Strategien der Energiepolitik

Die Bundesregierung hat das ambitionierte Ziel, Österreich bis 2040 klimaneutral zu machen. Bis 2030 soll die Stromversorgung bereits zu 100% (national bilanziell) aus erneuerbaren Energieträgern gespeist werden. Dies bedeutet einen Zubau von 27 TWh, davon sollen 11 TWh mittels Photovoltaik zugebaut werden. „Der Ausbau soll unter Beachtung strenger Kriterien in Bezug auf Ökologie und Naturverträglichkeit erfolgen.“ - (Die Neue Volkspartei und Die Grünen, 2020). Wo und in welcher Form der Ausbau der Photovoltaik genau stattfinden soll, ist dem Regierungsprogramm nicht zu entnehmen.

Um die Dimensionen und die Tragweite dieses Ziels besser nachvollziehen zu können, wird weiter die Stromversorgung und -erzeugung der letzten Jahre sowie die Entwicklung der erneuerbaren Energieträger mit dem Fokus auf Photovoltaik, in Österreich beleuchtet.

In Abbildung 14 sind die Energieträger der Bruttostromerzeugung in Österreich in den Jahren 2005 - 2019 abgebildet. Der größte Anteil stellt hier mit etwa 57 % im Jahr 2019 die Wasserkraft (Laufkraftwerke und Speicherkraftwerke) dar. An zweiter Stelle steht Erdgas mit etwa 16%. Insgesamt hatten fossile Energieträger 2019 noch einen Anteil von 22 % (Kohle, Erdgas, Öl, Kohlegase) und erneuerbare Energieträger 76,8 %. Der Anteil von PV lag bei 2,4 %.

Abb. 14: Bruttostromerzeugung in Österreich
in PJ (linke Skala) und TWh (rechte Skala) 2005–2019*



Struktur
der Bruttostromerzeugung 2019*

in Prozent	in PJ
41,9%	106,9
15,2%	38,8
10,6%	26,9
2,4%	6,1
6,7%	17,1
2,1%	5,4
1,0%	2,5
16,3%	41,6
2,7%	6,9
1,1%	2,8
100%	255,1

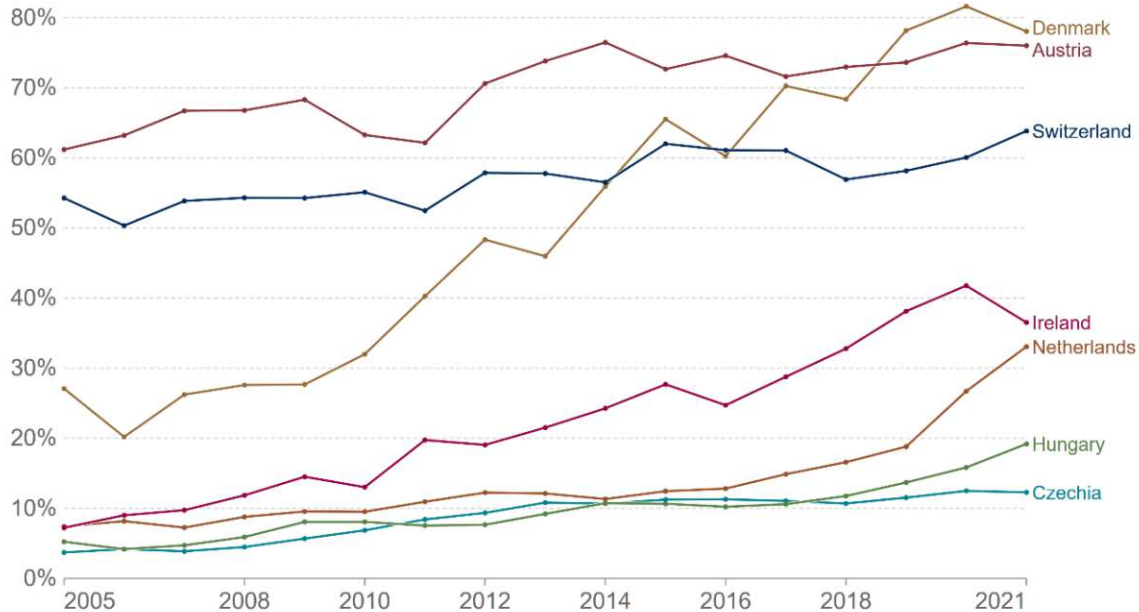
+0,4% p. a.
Stromerzeugung 2005–2020

Abbildung 14 Überblick zu Bruttostromerzeugung in Österreich, (BMK, 2022b, S. 16)

Der Anteil an Bruttostromerzeugung in Österreich rangiert im internationalen Vergleich im Jahr 2021 auf Platz 38 im Ländervergleich (Ritchie, Roser und Rosado, 2022, Kap. 2). Für den Vergleich verschiedener europäische Länder, wurden Länder ausgewählt, welche über eine ähnliche Flächenausdehnung und Bevölkerung, wie Österreich verfügen (siehe Abbildung 15).

Share of electricity production from renewables

Renewables include electricity production from hydropower, solar, wind, biomass & waste, geothermal, wave, and tidal sources.

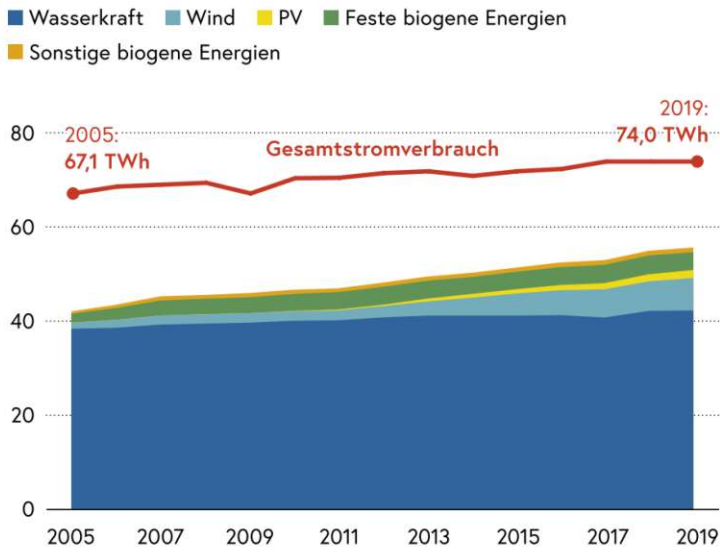


Source: Our World in Data based on BP Statistical Review of World Energy (2022); Our World in Data based on Ember's Global Electricity Review (2022); Our World in Data based on Ember's European Electricity Review (2022)
OurWorldInData.org/energy • CC BY

Abbildung 15 Vergleich Anteile der erneuerbaren Energien an der Bruttostromerzeugung verschiedener europäischer Länder, (Ritchie, Roser und Rosado, 2022, Kap. 2)

Der Anteil an Strom aus erneuerbaren Energiequellen ist zwischen 2005 und 2019 insgesamt um 2% gestiegen. Im Jahr 2019 waren etwas unter 56 TWh des Stroms erneuerbar (siehe Abbildung 16). PV hatte zwischen 2018 und 2019 mit einem Plus von 17% den größten Zuwachs der erneuerbaren Energieträger. Im Vergleich zum Gesamtstromverbrauch in Österreich, der 2019 bei etwa 74 TWh lag, zeigt sich hier eine Differenz von etwa 18 TWh, um den Strombedarf Österreichs zu 100% aus erneuerbaren Energiequellen decken zu können. Das Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) geht davon aus, dass der Stromverbrauch bis 2030 auf etwa 83 TWh steigen wird. Die Differenz zwischen Stromverbrauch und Erzeugung aus erneuerbaren Energien, die sich bis dahin ergibt, betragen 27 TWh, welche auch im Regierungsziel genannt werden. (BMK, 2022b, S. 24)

Abb. 26: Erneuerbarer Strom 2005–2019
in Relation zum Gesamtstromverbrauch in TWh



Im Detail

Erneuerbarer Strom 2019 in GWh
und Entwicklung 2018–2019

	2019 in GWh	2018 –2019
Wasserkraft	42.252	+0,2%
Wind	6.893	+9,0%
PV	1.702	+17,0%
Feste biog. E.	3.775	-4,8%
Sonst. biog. E.	970	+0,5%
Erneuerbarer Strom gesamt	55.592	+1,3%

+2,0% p. a.

Strom aus erneuerbaren Energien
2005–2019

Abbildung 16 Überblick zur Entwicklung des erneuerbaren Stroms in Österreich, (BMK, 2022b, S. 24)

Wasserkraft, PV und Windkraft werden zur Stromerzeugung verwendet und deckten 2020 insgesamt 73,4% der Stromerzeugung Österreichs ab (BMK, 2022b, S. 20). Bei Betrachtung der Bruttostromerzeugung in Österreich ist erkennbar, dass die installierte Leistung von erneuerbaren Energieträgern insgesamt stetig zunimmt, aber vor allem die Leistung von Windkraft und speziell PV-Anlagen seit 2005 am meisten zugenommen hat (siehe Abbildung 14). Im Jahr 2020 hatten PV-Anlagen dennoch nur einen Anteil von 1,7 % an den erneuerbaren Energieträgern in Österreich (siehe Abbildung 17).

Abb. 19: Erzeugungsstruktur der erneuerbaren Energien 2020
in Prozent

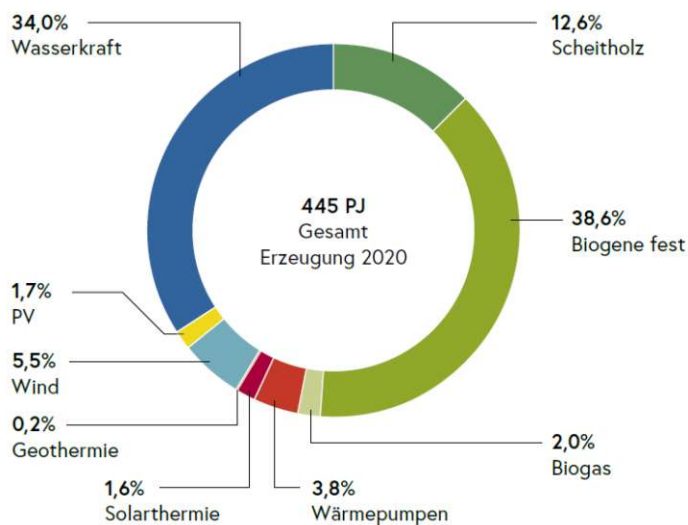


Abbildung 17 Erzeugungsstruktur der erneuerbaren Energien 2020 in Österreich, (BMK, 2022b, S. 20)

Beim Bruttoendenergieverbrauch lag der Anteil der erneuerbaren Energien im Jahr 2020 bei 36,5% und lag somit um 2,4% höher als der angestrebte Zielwert für Österreich (siehe Abbildung 18). Im Jahr 2021 erreichte Österreich mit einem Anteil der erneuerbaren Energien von 37,48% im weltweiten Vergleich Platz acht und rangiert auch unter den europäischen Vergleichsländern nach Dänemark an zweiter Stelle (siehe Abbildung 19) (Ritchie, Roser und Rosado, 2022, Kap. 1). Beim Pro-Kopf-Verbrauch von Solarenergie liegen wir im europäischen Vergleich jedoch nur im Mittelfeld – dabei wurden auch Länder mit einer größeren Bevölkerungszahl in den Vergleich mitaufgenommen (siehe Abbildung 20).

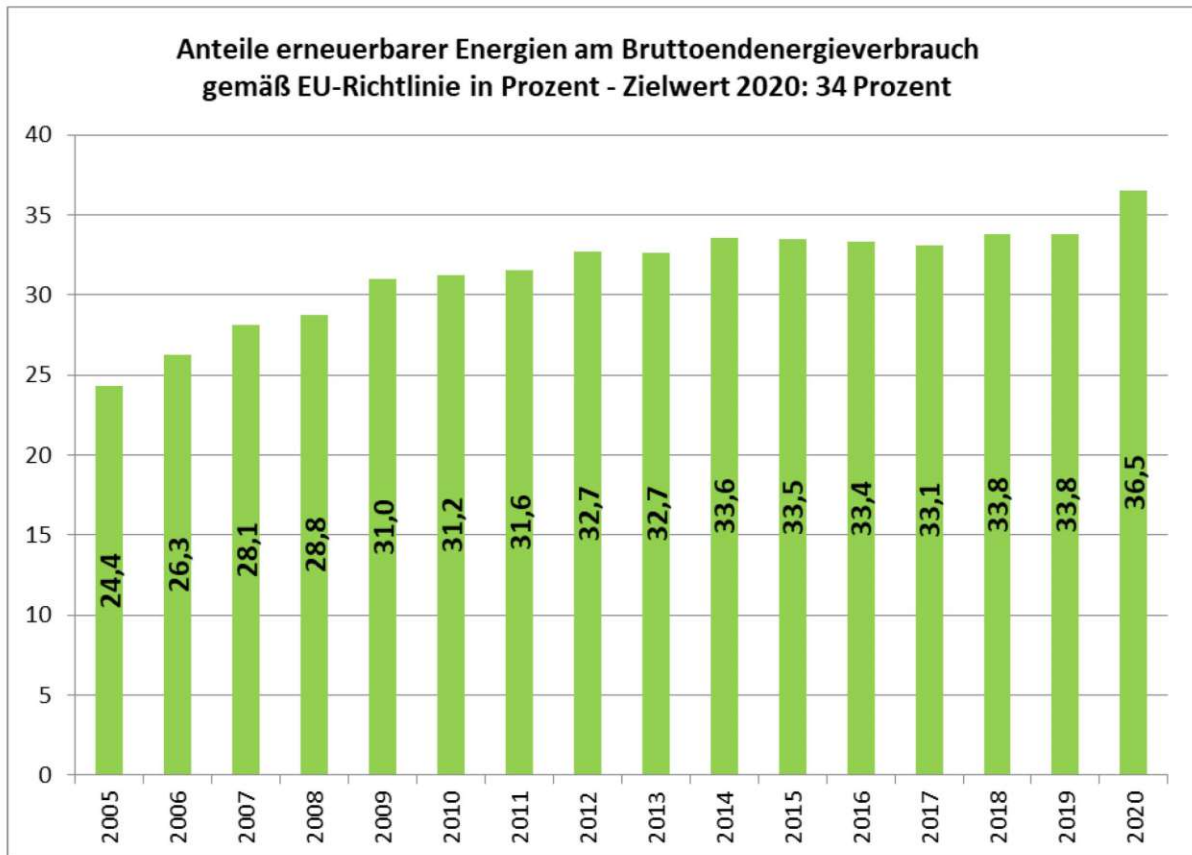
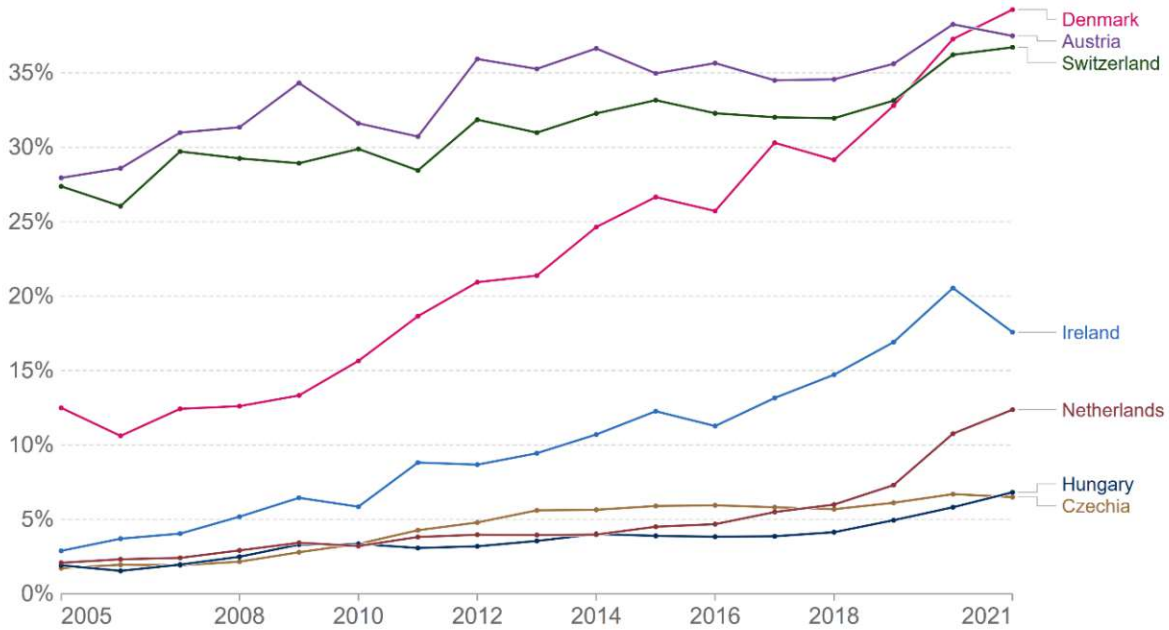


Abbildung 18 Anteile erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch, (Gary und Berger, 2021, S. 12)

Share of primary energy from renewable sources

Our World in Data

Renewable energy sources include hydropower, solar, wind, geothermal, bioenergy, wave, and tidal. They don't include traditional biofuels, which can be a key energy source, especially in lower-income settings.



Source: Our World in Data based on BP Statistical Review of World Energy (2022)

OurWorldInData.org/energy • CC BY

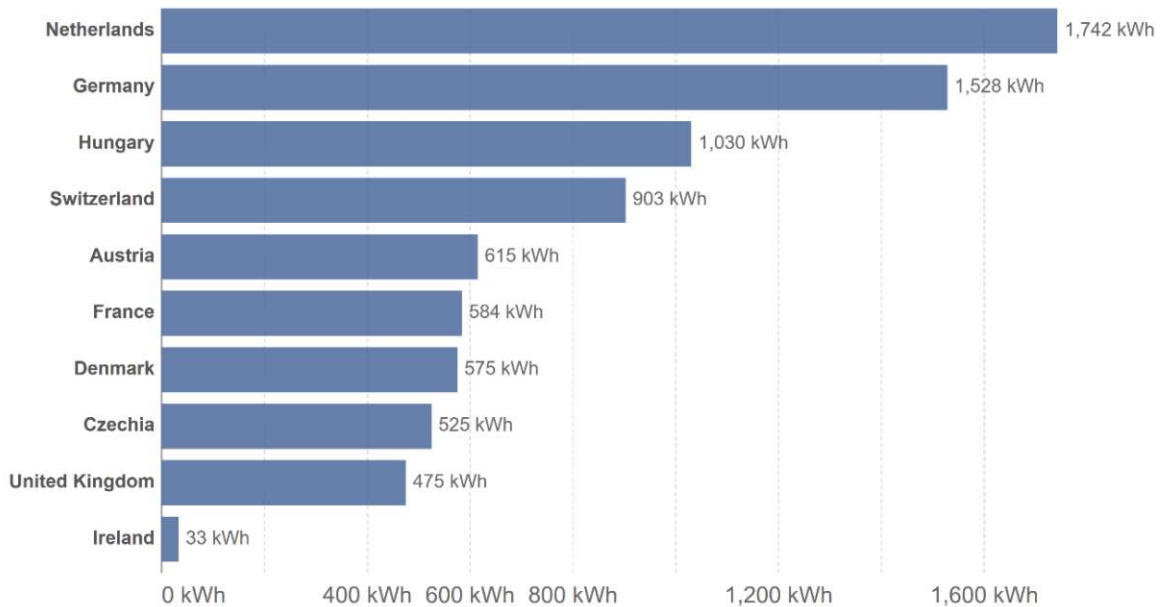
Note: Primary energy is calculated using the 'substitution method', which accounts for the energy production inefficiencies of fossil fuels.

Abbildung 19 Vergleich Anteile erneuerbarer Energien im Bruttoendenergieverbrauch ausgewählter Länder, (Ritchie, Roser und Rosado, 2022, Kap. 1)

Per capita energy consumption from solar, 2021

Our World in Data

Energy consumption is based on primary energy equivalents, rather than final electricity use.



Source: Our World in Data based on BP Statistical Review of World Energy & UN Population Division

OurWorldInData.org/energy • CC BY

Note: 'Primary energy' refers to energy in its raw form, before conversion into electricity, heat or transport fuels. It is here measured in terms of 'input equivalents' via the substitution method: the amount of primary energy that would be required from fossil fuels to generate the same amount of electricity from solar.

Abbildung 20 Vergleich des Solarenergieverbrauchs Pro Kops verschiedener europäischer Länder, (Our World in Data, 2022)

Bei der jährlich neu installierten Leistung von PV-Anlagen zeigt sich, dass es nach einem anfänglich starken jährlichen Zuwachs, speziell im Jahr 2012 und 2013, zu einer Stagnation zwischen 2014 und 2018 gekommen ist. Erst 2019 und 2020 kam es wieder zu einer Steigerung des jährlichen Zuwachses der PV-Anlagen in Österreich (siehe Abbildung 21). Im weltweiten Vergleich liegt Österreich mit einer installierten Solarleistung von 2,69 GW im Mittelfeld (Ritchie, Roser und Rosado, 2022, Kap. 5). Im Vergleich zeigt sich, dass der Zuwachs der PV-Leistung in anderen europäischen Ländern, wie beispielsweise in den Niederlanden oder Ungarn, deutlich schneller zugenommen hat als in Österreich, während in Tschechien und Irland der Zuwachs seit Jahren extrem stagniert (siehe Abbildung 22).

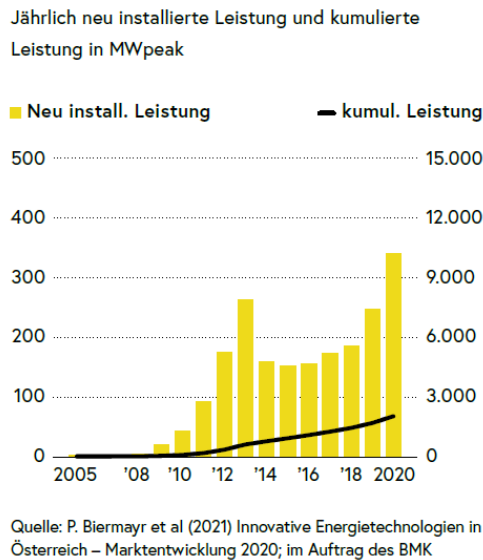


Abbildung 21 Photovoltaik Leistung in Österreich, (BMK, 2022b, S. 22)

Solar power generation

Electricity generation from solar, measured in terawatt-hours (TWh) per year.

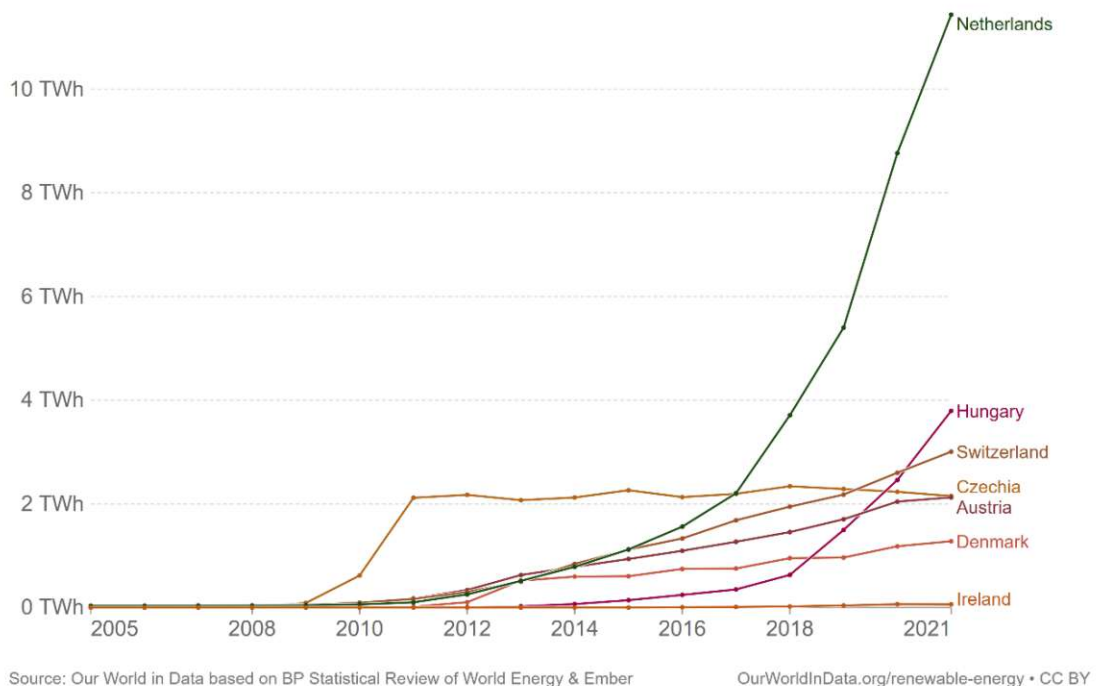


Abbildung 22 Vergleich Solarenergie Erzeugung ausgewählter Europäischer Länder, (Ritchie, Roser und Rosado, 2022, Kap. 5)

Um das Regierungsziel bis 2030 erreichen zu können braucht es eine drastische und schnelle Steigerung des Zuwachses an PV-Anlagen in ganz Österreich. Zudem wird Österreich als EU-Mitgliedstaat zukünftig durch das REPower EU-Paket, welches im Mai 2022 vorgestellt wurde, dazu verpflichtet sein, Landgebiete festzulegen (sogenannte GO-TO-AREAS), die für die Erreichung der erneuerbaren Energieziele Europas auf nationaler Ebene benötigt werden. Das REPower EU-Paket wurde aufgrund der globalen Energiekrise erarbeitet, welche nicht zuletzt von dem russischen Invasionskrieg in der Ukraine verursacht wurde. Unter die GO-TO-AREAS fallen auch Flächen, die für die Ausbauziele der PV benötigt werden. Generell gilt für die Ermittlung der Flächen (European Commission, 2022):

- Vorrangig künstliche und bebaute Flächen
- Keine: Natura 2000 Gebiete, Naturparks und Naturschutzgebiete
- Es sind alle geeigneten Instrumente und Datensätze zu nutzen, um geeignete Gebiete zu ermitteln
- Pläne sind einer Strategischen Umweltprüfung zu unterziehen (nach SUP-RL)

Anlagen zur Gewinnung von erneuerbaren Energien gelten zudem als im überwiegenden öffentlichen Interesse. Es ist daher vorgesehen, dass die UVP-Pflicht für Anlagen in GO-TO-AREAS gesetzlich aufgehoben wird (European Commission, 2022). Hier ist zu erwähnen, dass in Österreich PV-Anlagen nicht unter die UVP-Pflicht fallen.

In welcher Weise der Ausbau von PV derzeit in Österreich geregelt ist und welche Zuständigkeiten gelten, wird in den folgenden Kapiteln beschrieben.

3.1. Vorgaben des Bundes

Das Erneuerbaren-Ausbau-Gesetz EAG welches im Juli 2021 verabschiedet wurde, bildet die gesetzliche Grundlage für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Österreich und darin ist auch das Ausbauziel von 11 TWh bei der Photovoltaik festgeschrieben. Es regelt zudem die Förderung des Ausbaus der erneuerbaren Energien. Weiters werden die wichtigsten Punkte für diese Arbeit kurz zusammengefasst:

- EAG 2021 § 4 Abs. 4 Der Beitrag der Photovoltaik soll insbesondere auf Dächern stattfinden.
- EAG 2021 § 10 Abs. 1 Z3: Durch Marktprämien förderfähig sind im EAG neu errichtete PV-Anlagen oder Erweiterungen, die eine Engpassleistung von mehr als 10 kWp aufweisen. Allerdings erhalten PV-Anlagen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen oder auf dem Grünland laut § 33 Abs. 1 einen Abschlag von 25 %. Nach Abs. 3 entfällt dieser Abschlag gänzlich oder teilweise, wenn die PV-Anlagen in Form einer Agri-PVA errichtet werden und die landwirtschaftliche Nutzung dadurch nur geringfügig beeinträchtigt wird.
- Zudem gibt es laut EAG-Paket 2021 § 56 Abs 1 für Neuerrichtungen und Erweiterungen von PV-Anlagen mit bis zu 1000 kWp Engpassleistung Investitionszuschüsse. In Abs. 8 und 10 ist zudem zu finden, dass es einen Abschlag von 25% gibt, sofern sie nicht auf Agri PV-Flächen errichtet werden.
- EAG 2021 §56 Abs. 12: *„Für innovative Photovoltaikanlagen kann mit Verordnung gemäß § 58 ein Zuschlag von bis zu 30% vorgesehen werden. Eine Differenzierung zwischen Anlagentypen ist zulässig. In allen Fällen darf die Höhe des Investitionszuschusses nicht mehr als 45% der umweltrelevanten Mehrkosten betragen. Davon unberührt bleiben allfällige Zuschläge gemäß der Verordnung (EU) Nr. 651/2014 zur Feststellung der Vereinbarkeit bestimmter Gruppen von Beihilfen mit dem Binnenmarkt in Anwendung der Artikel 107 und 108 des Vertrages über die Arbeitsweise der Europäischen Union, ABl. Nr. L 187 vom 26.06.2014 S. 1, zuletzt geändert durch die Verordnung (EU) 2020/972, ABl. Nr. L 215 vom 07.07.2020 S. 3.“*

Zusätzlich dazu findet sich in dem Entwurf der österreichischen Biodiversitätsstrategie 2030 unter anderem bei Punkt „5.2. Energie“ unter den unmittelbar zu setzenden Maßnahmen diverse Punkte zum Ausbau erneuerbarer Energien, so ist ein naturverträglicher Ausbau erneuerbarer Energien vorgesehen. Für PV-Anlagen sind hier konkret Eignungs- und Ausschlusszonen anhand ökologischer Kriterien auszuweisen. Bei der Umsetzung von PV-Freiflächenanlagen sind Biodiversitäts-Maßnahmen, wie z.B. die Schaffung einer artenreichen Bodenvegetation, ebenfalls anzuwenden. Zudem sollen duale Lösungen für Dachflächenbegrünung und PV entwickelt werden (Stejskal-Tiefenbach, Schindler und Paar, 2021). Die Forderungen der Biodiversitätsstrategie haben jedoch keine rechtliche Verbindlichkeit (siehe Kapitel 2.5).

Beim EAG handelt es sich um ein Bundesgesetz, jedoch sind für den Ausbau der erneuerbaren Energien primär die Länder und Gemeinden in Österreich zuständig. Während diese sich an die Vorgaben halten müssen, gibt es keine Regelungen über das Ausmaß des Beitrages jedes Bundeslandes. Aus diesem Grund sind die jeweiligen Ausbauziele der Bundesländer höchst relevant.

3.2. Ausbauziele der Bundesländer

Die Ausbauziele für PV der Bundesländer werden sehr ambivalent angegeben und es gibt auch Fälle, wo derzeit noch keine quantifizierbaren Ziele bekannt sind. In absoluten Zahlen hat sich Niederösterreich mit 2.000 GWh/a bis 2030 das größte und Kärnten mit 183 GWh bis 2025 das geringste Ausbauziel vorgenommen, wobei sich diese Reihenfolge bei Betrachtung der Ziele in Relation zur Bevölkerungszahl bzw. zur Summe der Acker-, Wiesen- und Weideflächen der Bundesländer ändert (siehe Tabelle 4). Gesamt ergeben die PV Ausbauziele der Bundesländer bis 2030 nur eine Erzeugung von 4,3 TWh (Österreichische Energieagentur, Baumann, Dolna-Gruber, u. a., 2021, S. 5) bzw. nach den in Tabelle 4 berechneten Zielwerten etwa 6 TWh. Dies ergibt ein Defizit von 5-6,7 TWh zum Bundesziel von 11 TWh bis 2030 (siehe Abbildung 23). Es ist zudem anzumerken, dass es in keinem dieser Dokumente der Bundesländer spezifische Ausbauziele für PV-FFA gibt.

Tabelle 4 Überblick der Bundesländer Ausbauziele, eigene Darstellung nach (Energie Tirol, ohne Datum; Amt der NÖ Landesregierung, Gruppe Raumordnung, Umwelt und Verkehr, 2020, S. 22; Koscher, 2021, S. 29; Land Salzburg, 2021, S. 16; Land Tirol, 2021; Vorarlberger Landesregierung, 2021, eigene Berechnungen)

Bundesland	Dokument	Ausbauziel PV	Ausbauziel PV pro EW	Ausbauziel PV pro Acker- Wiesen- und Weideflächen in ha
Burgenland	2050 – Burgenländische Energiestrategie	„Verzehnfachung“ bis 2025 → 640 GWh/a - Koscher	2,15 MWh/a	3,47 MWh/a
Niederösterreich	NÖ Energiefahrplan 2020 - 2030	2.000 GWh/a aus PV bis 2030	1,18 MWh/a	2,23 MWh/a
Oberösterreich	Energie Leitregion OÖ 2050	-	-	-
Salzburg	Masterplan Klima + Energie 2030	500 GWh/a bis 2030	0,89 MWh/a	2,66 MWh/a
Tirol	Energie-Ziel Szenario Tirol 2050	678 GWh/a bis 2030 – Eigene Berechnung	0,89 MWh/a	6,82 MWh/a
Vorarlberg	Vorarlbergs Weg zur Energieautonomie	236 GWh/a bis 2030 – Eigene Berechnungen	0,59 MWh/a	5,88 MWh/a
Kärnten	Energiemasterplan Kärnten 2025	183 GWh/a bis 2025 - Koscher	0,32 MWh/a	1,09 MWh/a
Steiermark	Energiestrategie Steiermark 2030	1.778 GWh/a bis 2030 - Koscher	1,42 MWh/a	5,04 MWh/a
Wien	Energierahmentrategie 2030	-	-	-

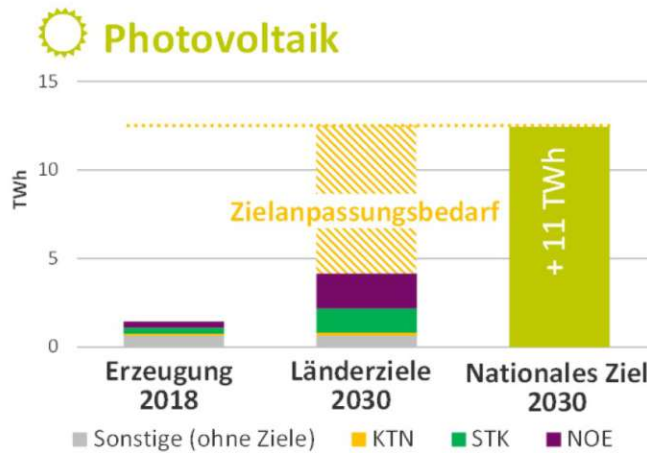


Abbildung 23 Vergleich der Länderziele zum PV-Ausbau und dem nationalen Ziel, (Österreichische Energieagentur, Baumann, Dolna-Gruber, u. a., 2021, S. 5)

3.3. Flächenbedarf für PV-FFA

In weiterer Folge werden wiederholt unterschiedliche Potentialbegriffe zum Ausbau der PV genannt. Diese werden wie folgt definiert:

- **Theoretisches Potential** – hier ist das gesamte physikalischen Angebot in einem untersuchten Gebiet durch einen Energieträger gemeint. Einschränkungen durch derzeitige Nutzungen, werden hierbei nicht mitberücksichtigt. Diese Größe kann sich jedoch beispielsweise durch technologische Wirkungsgrade oder veränderte Einsatzmöglichkeiten von Technologien ändern. (Fechner, 2020)
- **Technisches Potential** – dies bezieht sich auf den Anteil des theoretischen Potentials, welches unter Berücksichtigung von technischen Restriktionen, auch in Abhängigkeit von Normen und Gesetzen, noch nutzbar ist (Fechner, 2020).
- **Realisierbares Potential** – dieses beschreibt den Anteil des technischen Potentials, welcher auch nach Berücksichtigung von Kriterien wie „soziale Akzeptanz“, Erhalt anderer wichtiger Flächennutzungen (wie z.B. Landwirtschaft), Ökologie und Naturschutz sowie Landschaftsschutz, umgesetzt werden kann (angepasst nach (Fechner, 2020) um für die Beantwortung der Forschungsfragen besser dienlich zu sein).

Die Energiewende bringt eine Dezentralisierung der Energiegewinnung und damit einen höheren Flächenanspruch für Produktion, Speicherung und Transport mit sich. Es ist Aufgabe der Raumplanung, räumliche Analysen durchzuführen, um geeignete Flächen und Standorte zu ermitteln und Ausgleiche bei Nutzungskonflikten, wie beispielsweise mit der Biodiversität oder Landwirtschaft, zu finden. Die Raumentwicklung auf die Energiewende und Klimaneutralität zu fokussieren ist als erster Punkt im 10-Punkte-Programm des Österreichischen Raumordnungskonzepts (ÖREK) 2030 genannt und als bestimmendes Thema der nächsten Jahre bezeichnet worden (ÖROK u. a., 2021, S. 28).

„Die Energieraumplanung wird zu jenem integralen Bestandteil der Raumplanung, der sich mit der räumlichen Dimension von Energieverbrauch und Energieversorgung umfassend beschäftigt.“ - (Gernot Stöglehner, Susanna Erker, 2014, Abs. 12) lautet die Begriffsdefinition der Energieraumplanung der ÖREK-Partnerschaft.

Von der österreichischen Raumordnungskonferenz (ÖROK) wurden zudem neun Handlungsfelder der Energieraumplanung definiert (ÖROK, 2014, S. 27):

1. Freihaltung von geeigneten Räumen zur Gewinnung, Speicherung und Verteilung erneuerbarer Energien von konfliktträchtigen Nutzungen einschließlich Erhaltung von Pufferflächen;
2. Freigabe von geeigneten Räumen zur Gewinnung, Speicherung und Verteilung erneuerbarer Energien;
3. Bereitstellung von Planungsgrundlagen und Planungsmethoden für örtliche und überörtliche Energie- und Mobilitätskonzepte;
4. Wahrnehmung der Rolle als Plattform zum Interessenausgleich;
5. Stärkung von Zentralität und kurzen Wegen;
6. Anstreben von Dichte und Funktionsmischung;
7. Innen- vor Außenentwicklung;
8. Abstimmung von Nutzungsentwicklung und Mobilitätsangebot (im Umweltverbund);
9. Optimierung und Attraktivierung ungenutzter Energiepotenziale.

Die Analyse des Flächenpotentials für PV-Anlagen auf Gebäuden, Verkehrsflächen, Deponien und auf Freiflächen ist ein integraler Bestandteil der Energieraumplanung und essentiell wichtig, um einen strategischen Ausbauplan für PV erstellen zu können und stellt einen Beitrag zu den ersten drei Handlungsfeldern der Energieraumplanung dar.

Es liegt nahe, dass der Ausbau von Photovoltaik auf Gebäuden und bereits bebauten Flächen weniger Konflikte mit Zielen zu Naturschutz und Biodiversität bzw. weniger Nutzungskonflikte bspw. mit einer landwirtschaftlichen Nutzung ergeben und sollten daher als vorrangige Orte für den Ausbau betrachtet werden. Dies ist auch im EAG 2021 § 4 Abs. 4 zu finden. Nähere Erläuterungen zu Gebäudegebundenen PV-Anlagen und Biodiversität sind in Kapitel 4.1 zu finden.

Eine Studie im Auftrag von „Österreichs Energie“ zur Ermittlung des Flächenpotentials für den österreichischen PV-Ausbau kommt bei der Schätzung des Potentials für den Gebäudesektors allerdings zu dem Ergebnis, dass die technischen Potentiale an Gebäuden in Österreich etwa 13,4 TWh betragen (Fechner, 2020, S. 4). Allerdings müssten 80-90% dieser Potentiale bis 2030 realisiert werden, um das PV-Ziel der Regierung zu erreichen. Dies ist allein schon wegen dem geringen Zeitfenster von 10 Jahren als sehr unwahrscheinlich bis unmöglich einzustufen. Hier sind meist die unübersichtlichen gesetzlichen Rahmenbedingungen, welche in allen neun Bundesländern unterschiedlich sind, ein wesentlicher Hinderungsgrund für einen raschen Ausbau. Es müssten wesentliche Vereinfachungen und allgemeine Anpassungen der unterschiedlichen Rahmenbedingungen stattfinden, um die Potentiale voll ausschöpfen zu können. Das realistische Potential für den Gebäudesektor wurde daher auf etwa 4 TWh geschätzt (siehe Abbildung 24). Es müssen also auch andere Flächen für den PV-Ausbau zur Verwendung kommen. (Fechner, 2020)

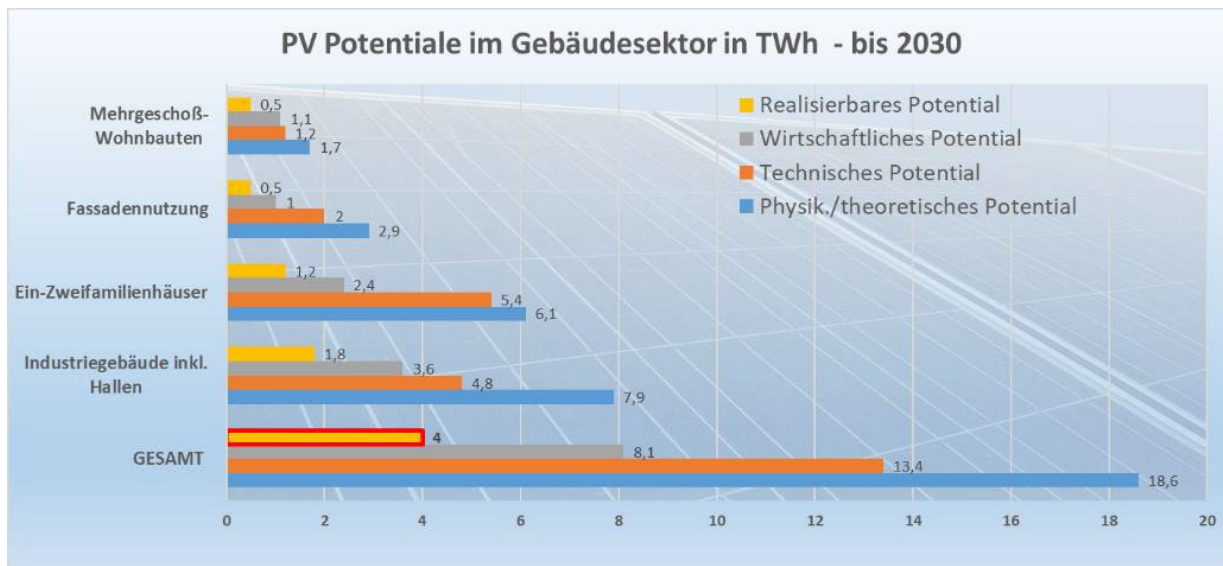


Abbildung 24 PV-Potentiale im Gebäudesektor, (Fechner, 2020, S. 4)

Im Verkehrsbereich werden die realisierbaren Potentiale auf 1 TWh, bei Deponien auf 0,3 TWh geschätzt. Militär- und Konversionsflächen weisen keine signifikanten Potentiale auf. Das technische Potential bei Freiflächenanlagen liegt bei 28-32 TWh. (Fechner, 2020, S. 3)

Erforderliche Photovoltaik-Nutzungsarten zur Erreichung des 11 TWh Ziels bis 2030 (Entsprechend aktueller Rahmenbedingungen)

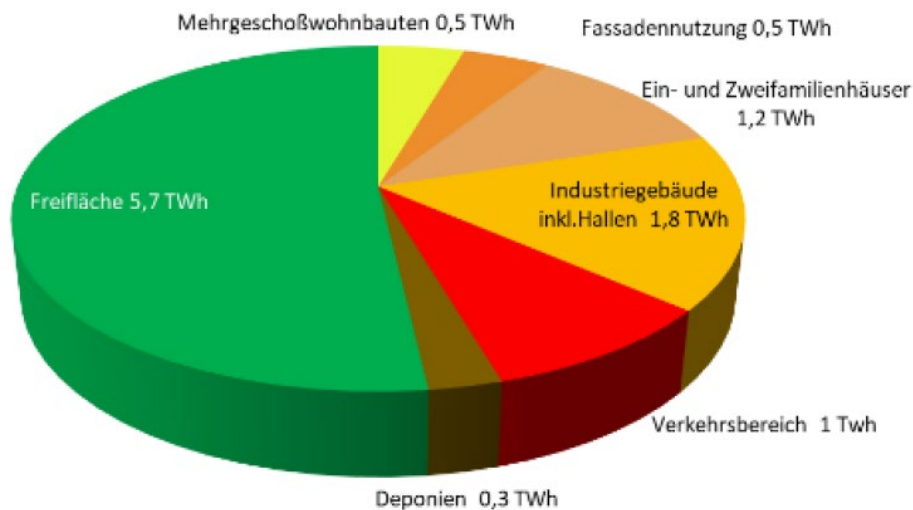


Abbildung 25 Überblick zu PV- Potentialen der Sektoren in Österreich, (Fechner, 2020, S. 4)

Demnach ergibt sich in Summe ein realisierbares Potential von 5,3 TWh in Österreich für den Gebäudesektor, im Verkehrsbereich und auf Deponien. Um das Regierungsziel von 11 TWh erreichen zu können, verbleiben daher mindestens 5,7 TWh für PV-Freiflächenanlagen (siehe Abbildung 25) (Fechner, 2020, S. 4). An dieser Studie gibt es allerdings auch Kritik, speziell bei der Abschätzung des realisierbaren Potentials auf nicht gebäudegebundenen Sonderflächen, da die Herleitung hierfür nicht näher beschrieben wird. Dennoch scheint ein Anteil von PV-FFA von 50 % und mehr für das nötige Ausbaувolumen bis 2030 als realistisch (Koscher, 2021, S. 36). Bei der Analyse zum Flächenbedarf für PV-FFA kommt Koscher zum Ergebnis, dass jeweils 5,5 TWh auf Dächern realisierbar sind und demnach 5,5 TWh für die PV-FFA verbleiben (Koscher, 2021, S. 39).

Nach derzeitigem Stand wird bei PV-FFA von einer Belegungsdichte ausgegangen, welche eine durchschnittliche Leistung von 1 ha/MWp bringt (Fraunhofer ISE, 2022, S. 41). Jedoch sollte mit Bedacht auf die Biodiversität größere Reihenabstand der Modulanlagen eingeplant werden (Fraunhofer ISE, 2022). Daher wird ein Wert von 1,2 ha/MWp für die weiteren Berechnungen angenommen, bei einem Überschirmungsgrad von 50% (siehe Kapitel 4.2.1).

In Deutschland wird bei südausgerichteten PV-FFA mit Neigungswinkeln von ca. 20 – 25° davon ausgegangen, dass 1 MWp etwa 980MWh/a entspricht (Fraunhofer ISE, 2022, S. 41) – der Reihenabstand wurde dabei nicht näher definiert. Nachdem Österreich südlicher liegt als Deutschland, wird in dieser Arbeit angenommen, dass 1 MWp etwa 1.000 MWh/a entspricht. Dann braucht es für 5,5 TWh bzw. 5.500.000 MWh etwa 5.500 MWp. Dafür würden etwa 4.583 ha Freifläche benötigt werden.

In 2021 hatte Österreich 1.319.765 ha Ackerfläche (Statistik Austria, 2021). Der Bedarf an PV-FFA bis 2030 in Österreich könnte daher auf 0,35 % der Ackerfläche gedeckt werden.

In den einzelnen Bundesländern wurden durch die österreichische Energieagentur unterschiedlich hohe Potentiale für den PV-Ausbau ermittelt (siehe Abbildung 26). Hierbei wird unter dem realisierbaren Potential bis 2030 nur PV-A am Dach, auf Deponien und auf Verkehrsflächen genannt. PV-FFA werden als eigene erforderliche Kategorie genannt. Niederösterreich besitzt das größte Potential für PV aller Bundesländer.

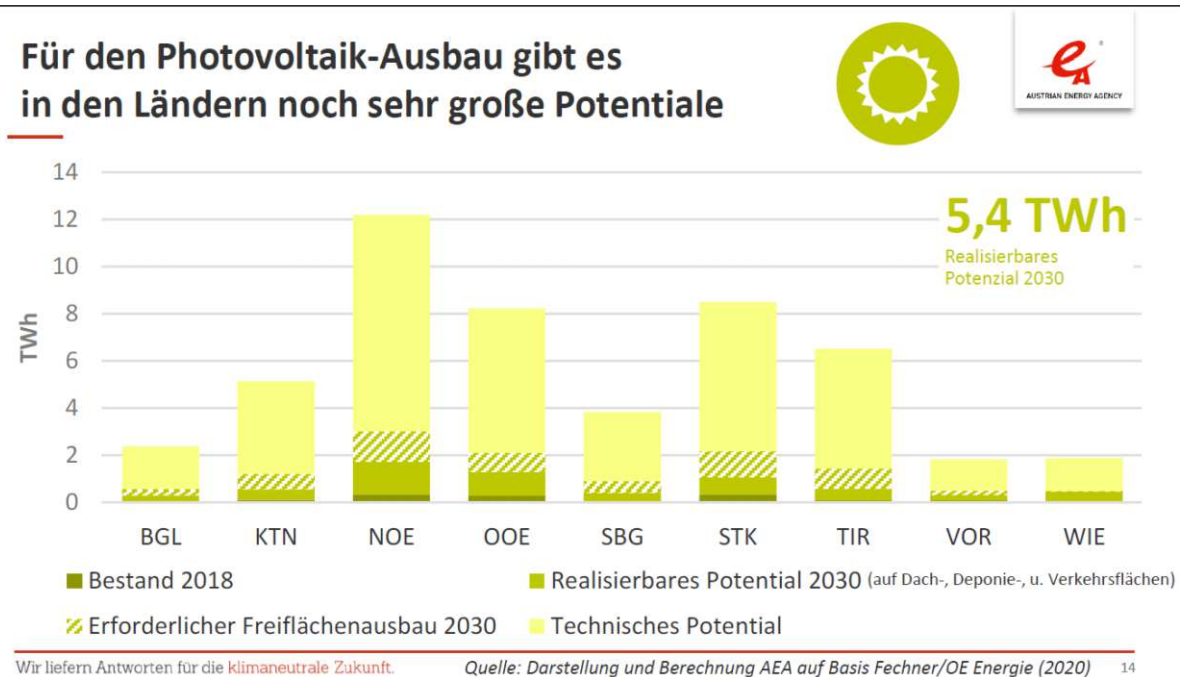


Abbildung 26 PV-Ausbau Potentiale der Bundesländer,
(Österreichische Energieagentur, Baumann, Dolna-gruber, u. a., 2021, S. 54)

Dementsprechend sollte auch ein weiterer Ausbau der PV nach den PV-Potentiale der Bundesländer angestrebt werden. Dies sollte Grundlage für die individuellen Ausbauziele der Bundesländer sein. Die Österreichische Energieagentur schlägt hierfür folgende PV-Ausbauten in den Bundesländern vor (siehe Abbildung 27).



Photovoltaik

Zusätzlicher Erzeugungsbedarf
bis 2030:

+ 11 TWh

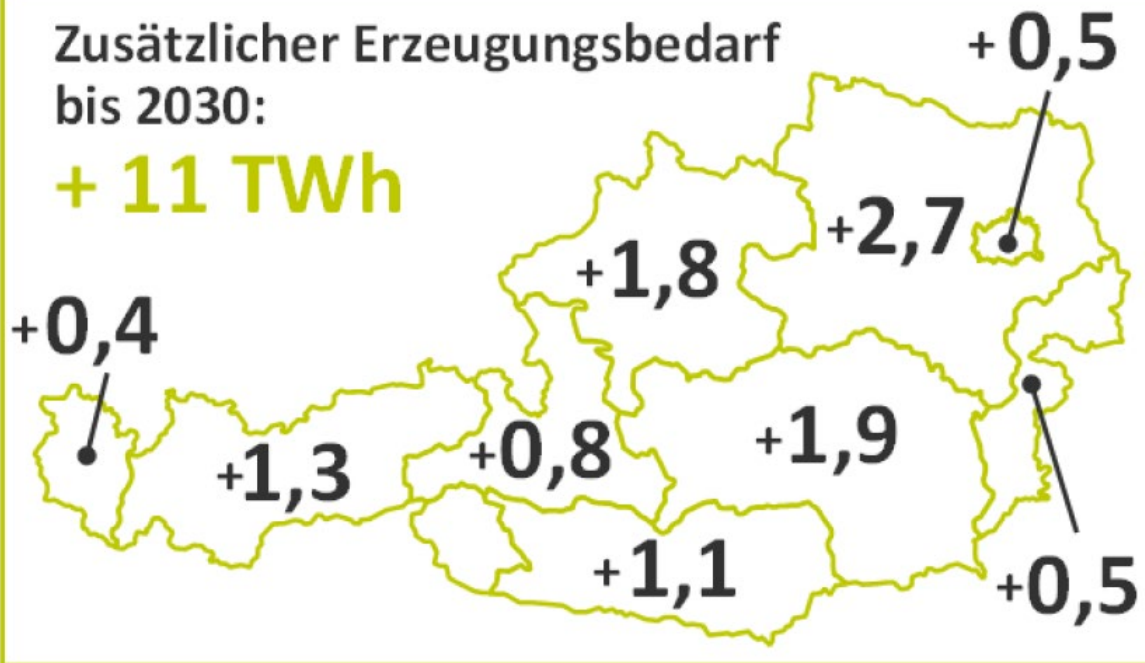


Abbildung 27 Zusätzlicher PV Erzeugungsbedarf der Bundesländer bis 2030,
(Österreichische Energieagentur, Baumann, Dolna-Gruber, u. a., 2021, S. 6)

Fraglich ist, wie diese Ausbauziele in den Bundesländern verpflichtend umgesetzt werden können, da die bisher gesetzten Ausbauziele, wenn überhaupt konkret vorhanden, zu gering sind, um einen Ausbau von 11 TWh bis 2030 in Österreich zu erreichen. Zudem gibt es auch derzeit nicht in allen Bundesländern Pläne zu Zonierungen für den Ausbau von PV-FFA (siehe Tabelle 5).

Es ist zu erkennen, dass drei von neun Bundesländern in Österreich derzeit noch keine Vorgaben zu Zonierungen für PV-FFA im jeweiligen Raumordnungsgesetz vorliegen. In der Steiermark wurde ein Leitfaden zu PV-FFA veröffentlicht, dieser sieht aber keine landesweite Zonierung für PV-FFA vor, sondern definiert allgemeine Eignungsbereiche. In Niederösterreich und Salzburg gibt es derzeit nur Entwürfe zu Zonierungskonzepten in Form von Sektorale ROP bzw. Landesentwicklungsprogrammen, bei denen Eignungszonen bzw. Vorrangflächen ausgewiesen werden sollen. Im Burgenland und Kärnten hingegen gibt es Verordnungen zu Zonierungen von PV-FFA, wobei Burgenland darin Eignungszonen ausgewiesen hat und Kärnten Ausschlusszonen.

Auch hier zeigt sich eine unterschiedliche und dadurch unübersichtliche Vorgehensweise der Bundesländer, der den Ausbau von PV-FFA verkompliziert. Um auf dieses Thema detaillierter eingehen zu können, werden im folgenden Kapitel die derzeitigen Regelungen in den Bundesländern am Beispiel Niederösterreich beschrieben.

Tabelle 5 Überblick zu den Planungsgrundlagen von PV-FFA, eigene Darstellung nach (Damjanovic, 2022, S. 9)

Bundesland	Vorgaben im ROG	Zonierungen
Burgenland	Erneuerbaren - Beschleunigungsgesetz 2022	Verordnung: Eignungszonen für PV-FFA
Niederösterreich	„Grünland-PV“	Sektorales Raumordnungsprogramm für PV-FFA (Entwurf) → Eignungszonen
Oberösterreich	Sonderausweisung PV-FFA	-
Salzburg	„Grünland - Solaranlagen“	Landesentwicklungsprogramm (Entwurf) → Vorrangflächen (=vorbelastet)
Tirol	-	-
Vorarlberg	-	-
Kärnten	Sonderfläche im Grünland	PV-Verordnung → Ausschlusszonen
Steiermark	Sondernutzung im Freiland	Leitfaden PV-FFA
Wien	-	-

3.4. Energiepolitik Niederösterreich

In Niederösterreich hat die österreichische Energieagentur einen zusätzlichen Erzeugungsbedarf von 2,7 TWh an Photovoltaik vorgeschlagen. Dies entspricht mehr als der Hälfte des nötigen Zubaus in ganz Österreich. Wenn diese in Niederösterreich nur in PV-FFA umgesetzt werden würden, wäre eine Fläche von 2250 ha notwendig. Das sind etwa 0,12 % der Fläche Niederösterreichs. Die 2,7 TWh beziehen sich allerdings vorrangig auf bereits bebaute Flächen. Der Bedarf an Flächen für PV-FFA wäre deutlich geringer.

Doch wie sieht die gesetzliche Grundlage in der Raumplanung für die PV-Freiflächenanlagen in Österreich bzw. speziell in Niederösterreich aus?

Im Niederösterreich Raumordnungsgesetz finden sich folgende Passagen zu PV-Anlagen:

- NÖ ROG 2014 Novelle 2020 § 20 Grünland
 - Abs. 2, 21. Photovoltaikanlagen:

„Flächen für eine Anlage oder Gruppen von Anlagen zur Gewinnung elektrischer Energie aus Photovoltaik (ausgenommen auf Bauwerken), wenn die Anlage oder Gruppen von Anlagen, die in einem räumlichen Zusammenhang stehen, eine Engpassleistung von mehr als 50 kW aufweisen; erforderlichenfalls unter Festlegung der beanspruchten Flächen und/oder der zulässigen Anlagenarten. In einem räumlichen Zusammenhang stehen jedenfalls Anlagen auf einem Grundstück oder auf angrenzenden Grundstücken; ungeachtet dessen sind für die Beurteilung die Kriterien des Abs. 3d heranzuziehen.“
 - Abs. 3: „Bei der Widmung einer Fläche als Materialgewinnungsstätte hat die Gemeinde die Folgewidmungsart auszuweisen. Wenn es der Grundwasserschutz erfordert, darf die Widmungsart Land- und Forstwirtschaft oder Land- und forstwirtschaftliche Hofstellen als Folgewidmungsart nicht festgelegt werden.“
 - Abs. 3c: „Die Landesregierung hat in einem überörtlichen Raumordnungsprogramm Zonen festzulegen, auf denen die Widmung Grünland-Photovoltaikanlage auf einer Fläche von insgesamt mehr als 2 ha zulässig ist. Dabei ist insbesondere auf die Erhaltung der Nutzbarkeit hochwertiger landwirtschaftlicher Böden, die Geologie, die Interessen des Naturschutzes bzw. übergeordnete Schutzgebietsfestlegungen (einschließlich der Freihaltung von Wildtierkorridoren), die Erhaltung wertvoller Grün- und Erholungsräume, das Orts- und Landschaftsbild, die Vermeidung der Beeinträchtigung des Verkehrs, die

vorhandene und geplante Netzinfrastruktur, vorbelastete Gebiete, Altstandorte sowie die Erweiterungsmöglichkeiten bestehender Photovoltaikanlagen Bedacht zu nehmen. Im überörtlichen Raumordnungsprogramm können weitere Festlegungen getroffen werden (z. B. maximale Größe der Photovoltaikanlagen in einer Zone, Regelungen für innovative Anlagen).“

- *Abs. 3d: „Bei der Widmung einer Fläche für Photovoltaikanlagen ist insbesondere auf die Erhaltung der Nutzbarkeit hochwertiger landwirtschaftlicher Böden, die Geologie, die Interessen des Naturschutzes bzw. übergeordnete Schutzgebietsfestlegungen, den Schutz des Orts- und Landschaftsbildes, die vorhandene und geplante Netzinfrastruktur sowie die Vermeidung einer Beeinträchtigung des Verkehrs Bedacht zu nehmen. Beträgt der Abstand zwischen zwei oder mehreren einzelnen Photovoltaikanlagen weniger als 200 m, dann besteht ein funktionaler Zusammenhang und sind diese Anlagen bei der Berechnung der Gesamtgröße zusammenzurechnen.“*
- **NÖ ROG 2014 § 53:**
 - *Abs. 16: „Die Widmung Grünland-Photovoltaikanlage auf einer Fläche von insgesamt mehr als 2 ha ist erst nach dem Inkrafttreten eines binnen zwei Jahren zu erlassenden überörtlichen Raumordnungsprogrammes über die Errichtung von PV-Anlagen in Niederösterreich in dort festgelegten Zonen zulässig. Das gilt nicht für solche Widmungsverfahren, für die der Gemeinderat vor dem 22. Oktober 2020 eine Verordnung beschlossen hat. Auf Flächen*
 - *die als Altlasten gemäß Altlastensanierungsgesetz, BGBl. Nr. 299/1989 in der Fassung BGBl. Nr. 104/2019, ausgewiesen sind und eine Sanierung ohne Festlegung einer anderen Folgewidmung genehmigt wurde,*
 - *mit genehmigten Deponien, die dem Abfallwirtschaftsgesetz 2002, BGBl. I Nr. 102/2002 in der Fassung BGBl. I Nr. 24/2020, unterliegen, ausgenommen Anlagen der Deponieklasse gemäß § 4 Z 1 Deponieverordnung (DVO) 2008, BGBl. II Nr. 39/2008 in der Fassung BGBl II Nr. 291/2016 (Bodenaushubdeponie), die für die landwirtschaftliche Produktion genutzt werden sowie*
 - *in noch nicht gemäß § 158 Mineralrohstoffgesetz, BGBl. I Nr. 38/1999 in der Fassung BGBl. I Nr. 104/2019, aufgelassenen Bergbaugebieten ausschließlich auf Flächen, auf denen die Abbausohle bzw. Endberme bereits erreicht wurde, darf eine Widmung Grünland-Photovoltaikanlage von insgesamt mehr als 2 ha bereits vor ihrer Ausweisung in einem überörtlichen Raumordnungsprogramm erfolgen.“*

PV-FFA mit einer Größe von mehr als 2 ha dürfen dementsprechend nur auf Flächen errichtet werden, welche die Widmung „Grünland-Photovoltaikanlage“ aufweisen. Diese Widmung darf nur in Eignungszonen, welche vom Land Niederösterreich ausgegeben werden, bestehen. Diese Eignungszonen werden derzeit vom Land Niederösterreich in einem sektoralen Raumordnungsprogramm ausgearbeitet und existieren nur als Entwurf (Stand Oktober 2022). Für dieses sektorale Raumordnungsprogramm ist nach NÖ ROG 2014 § 4 Abs. 1 eine strategische Umweltprüfung notwendig.

Dieser Entwurf sieht folgendes vor:

- NÖ SekROP PV § 3: Gewidmete Flächen dürfen max. 5 ha betragen, mit einem Ökologiekonzept bis zu 10 ha (dieses wird in Kapitel 4.2.1 näher erläutert).
- Schutzgebiete, sowie Biosphärenparks und UNSECO Kulturerbe werden als Negativkriterien gewertet (Knollconsult Umweltplanung ZT GmbH, 2022a).
- Flächen in Nahbereichen von Autobahnen und Kläranlagen als Positivkriterien (Knollconsult Umweltplanung ZT GmbH, 2022a).

Fraglich ist, warum Schutzgebiete jeglicher Art generell als Negativkriterium eingestuft werden. Nicht alle Schutzgebiet-Kategorien in Österreich gewähren speziellen Schutz für die Biodiversität, wie es beispielsweise in Landschaftsschutzgebieten der Fall ist (siehe Kapitel 2.6.1). Somit gibt es auch in Schutzgebieten einen ökologischen Aufwertungsbedarf mancher Flächen. Im Umweltbericht des Entwurfs steht beispielsweise auch:

„Insbesondere im Bereich derzeit intensiv genutzter Flächen (z.B. landwirtschaftliche Intensivnutzung, Lagerplätze, Abbauflächen, etc.) kann im Rahmen der Errichtung der PV-Anlagen und Umsetzung ökologischer Maßnahmen auch eine Extensivierung der Nutzung erfolgen, die eine Aufwertung der Flächen im naturschutzfachlichen Sinne bewirkt.“ - (Knollconsult Umweltplanung ZT GmbH, 2022b, S. 37)

Umgekehrt schließt die generelle Bewertung von Nahbereichen von Autobahnen und Kläranlagen als Positivkriterium keine Bewertung der ökologischen Wertigkeit ein. Auch in diesen Bereichen können sich wertvolle Lebensräume für Pflanzen- und Tierarten befinden, die evtl. auf ausgeräumten landwirtschaftlich genutzten Flächen keinen Platz finden. Aus diesem Grund sollte auch hier eine ökologische Bewertung dieser Flächen erfolgen, um hier eventuellen Schäden an der Biodiversität vorzubeugen.

Die Bewertung der Eignungsflächen für PV-FFA, wie sie derzeit im Entwurf beschrieben ist, beinhaltet keine Kriterien, die den Erhalt der Biodiversität gewährleisten. Ein alternatives Vorgehen wäre beispielsweise die Natürlichkeit der Flächen sowie die Distanz zu naturnahen Lebensräumen (siehe Kapitel 2.2) als Kriterien zur Ermittlung der Eignungsflächen mit einzubeziehen, um den Schutz der Biodiversität besser sicherstellen zu können.

In Hinblick auf den Landschaftsschutz ist die Sichtbarkeit von PV-Anlagen und somit die Veränderung des Landschaftsbildes das Problem. Dieses Thema ist aber von Fläche zu Fläche anhand der Exponierung, Sichtachsen zu Ortsgebieten und Bewuchs individuell unterschiedlich und sollte daher auch für jede Fläche einzeln entschieden werden. Landschaftsschutzgebiete sollten daher nicht generell als Negativkriterium für großflächige PV-Anlagen gewertet werden.

Die Eignungszonen, welche im Niederösterreichischen sektoralen Raumordnungsprogramm für PV-FFA ermittelt werden, können von den Gemeinden als „Grünland-Photovoltaik“ für PV-A größer als 2 ha gewidmet werden. Es besteht hierfür allerdings keine Verpflichtung seitens der Gemeinde. Es bleibt abzuwarten, welche Änderungen es in der finalen Fassung des sektoralen Programmes zu PV in NÖ noch geben wird und ob es zu dem nötigen raschen, aber auch naturverträglichen Ausbau von PV-FFA NÖ in dem angestrebten Maß beitragen wird. Für Anlagen kleiner als 2 ha gibt es zudem einen Leitfaden zur Ausweisung von Grünland-Photovoltaikanlagen im Flächenwidmungsplan. Dieser wird in Kapitel 4.2.1 näher beleuchtet.

Neben den Vorgaben des Bundes und Konzepten und Zielen der Bundesländer gibt es zusätzlich auch regionale Programme, die einen Beitrag zur erneuerbaren Energiewende sowie zur Anpassung an den Klimawandel in Österreich leisten. Folgend werden sowohl das Programm der KEM, sowie der Klimawandel-Anpassungsregion (KLAR) beschrieben.

3.5. Klima- und Energiemodellregion und Klimawandel-Anpassungsregion

Die KEM ist ein Programm des Klima- und Energiefonds, um regionale Modellregionsmanagements und Klimaschutzprojekte durch ein breites Netzwerk, Schulungen und Förderungen zu unterstützen und mitzufinanzieren. Die Modellregionen sollen als Vorbilder für andere Regionen wirken und haben das langfristige Ziel, gänzlich aus der fossilen Energie auszusteigen und auf erneuerbare Energien umzusteigen, aber auch den eigenen Energieverbrauch zu senken und Bewusstsein in der Bevölkerung für diese Themen zu stärken. Diese werden verpflichtend von einem*r Modellregionsmanager*in begleitet. Diese*r zählt als Schlüsselfigur, welche*r vor Ort als Triebkraft der Projekte wirkt und Projekte initiiert und organisiert.

Das Programm besteht aus mehreren Phasen:

- Konzeptphase
- Umsetzungsphase
- Weiterführungsphasen

Derzeit gibt es 120 KEM in 1.060 Gemeinden in Österreich (siehe Abbildung 28).

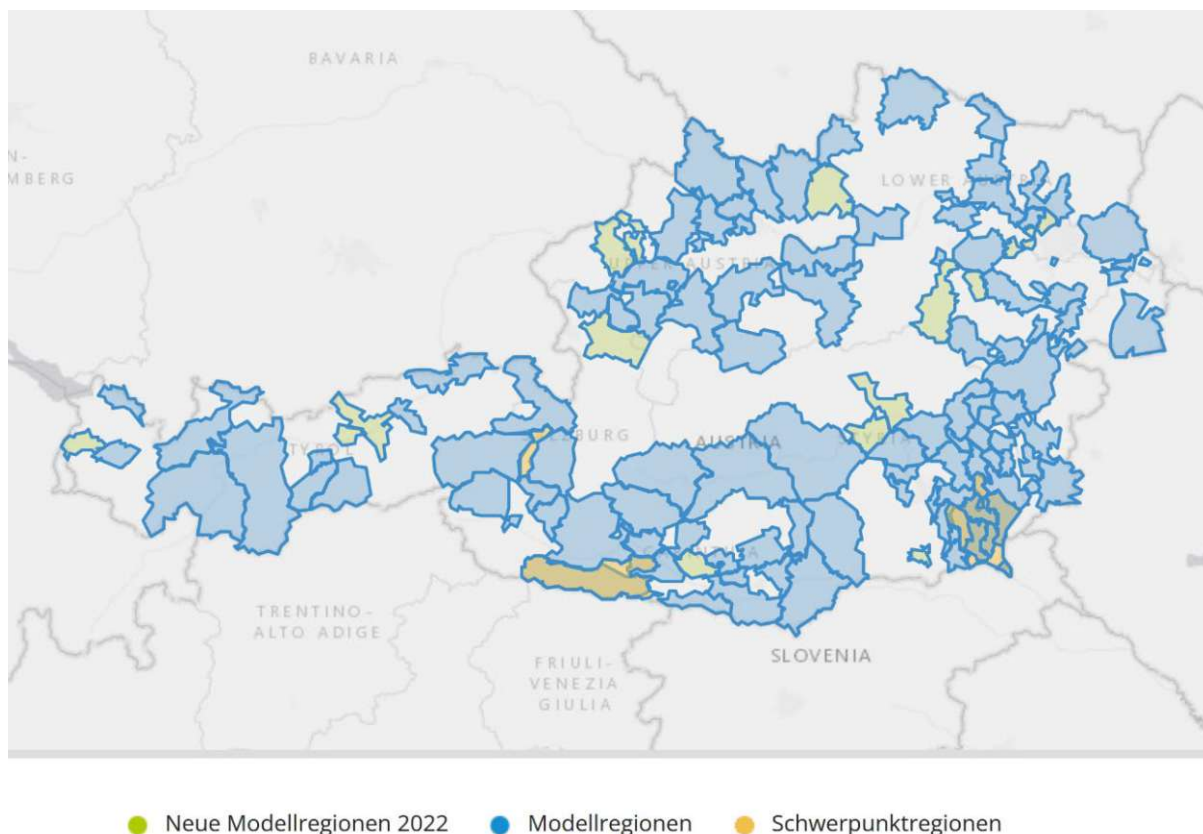


Abbildung 28 Klima- und Energiemodellregionen Österreich - Stand: 25.11.2022, (Klima- und Energiefonds, 2022a)

Die KLAR wurde ebenfalls vom Klima- und Energiefonds in Kooperation mit dem BMK 2016 ins Leben gerufen. Hierbei geht es darum, die Regionen und Gemeinden Österreichs je nach geographischen, geologischen und sozio-ökonomischen Rahmenbedingungen auf die Folgen der Klimakrise vorzubereiten, aber auch Chancen, die mit einer Anpassung einhergehen, bestmöglich zu nutzen. Dabei geht es speziell um Klimaschutzmaßnahmen in allen Bereichen und die Vorbereitung auf Krisensituationen durch Wetterextreme sowie langfristige Folgen von heutigen Entscheidungen und Investitionen auf den Klimawandel mit dem Ziel kostspielige Fehlentscheidungen zu vermeiden. Hierfür bietet KLAR eine Serviceplattform an, um den Regionen alle Informationen und Erkenntnisse der Wissenschaft zu Verfügung zu stellen und bietet zudem Weiterbildungen und Vernetzungstreffen an. Das Programm besteht aus einer Konzept- und Umsetzungsphase und einer anschließenden Weiterführungsphase (siehe Abbildung 29). Derzeit gibt es 79 KLAR! Regionen in Österreich (Stand November 2022) (siehe Abbildung 30).



Abbildung 29 KLAR! Programmphasen, (Klima- und Energiefonds, 2022b)

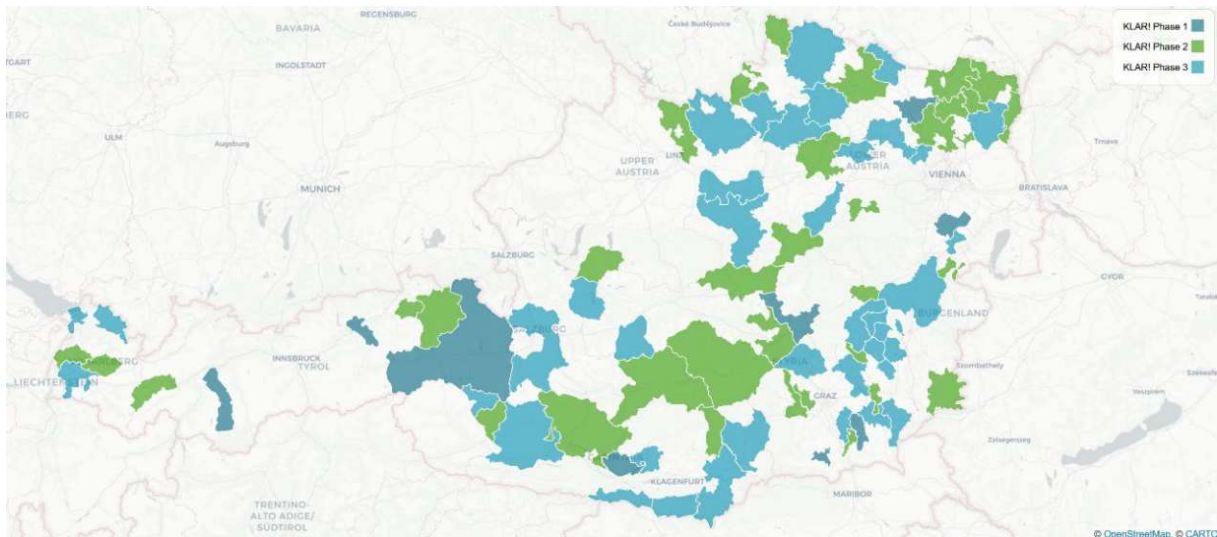


Abbildung 30 KLAR! Regionen in Österreich – Stand 29.11.2022, (Klima- und Energiefonds, 2022b)

KEM und KLAR entfalten ihre Wirkung auf kommunaler und regionaler Ebene und haben das Ziel, regionale Ressourcen bestmöglich zu nutzen und durch Bewusstseinsbildung in der Bevölkerung und bei Entscheidungsträger*innen sowie langfristigen Kooperationen mehrerer Gemeinden die Region in eine von fossilen Energieträgern unabhängige Energiezukunft zu begleiten bzw. im Fall der KLAR die Region auf sich verändernde natürliche Bedingungen durch die Klimakrise vorzubereiten. Es werden besonders innovative Projekte in 3 Größenkategorien in Form von Investitionsförderungen finanziert bzw. kofinanziert.

- Kleine Projekte – bis zu 35.000€ - keine Kofinanzierung der Region notwendig
- Mittlere Projekte – bis zu 75.000€ - 25% Kofinanzierung der Region notwendig
- Große Projekte – bis zu 130.000€ - 40% Kofinanzierung der Region notwendig

Gemeinden werden durch die Programme KEM und KLAR auf dem Weg der erneuerbaren Energiewende auch hin zu einer erhöhten Energieautarkie und Stärkung der regionalen Wirtschaft und Anpassung an den Klimawandel unterstützt und motiviert, individuelle Lösungsansätze für ihre Region zu finden. Jedoch ist hier keine Struktur erkenntlich, welche die Umsetzungs- und Weiterführungskonzepte und deren Ziele mit den Zielen und Vorgaben zum Ausbau der erneuerbaren Energien des Bundes und der Länder koordiniert. Speziell die KEM hätten jedoch aus Sicht der Autorin das Potential, zu einem strategischen Ausbau innerhalb der Bundesländer beizutragen, da auf die Potentiale der einzelnen Regionen eingegangen werden kann und deren Eigeninitiative gefördert wird. Hiermit könnte die Idee eines Grundgesetzes zu PV-FFA, die als Top-Down Methode zu werten ist, mehr als eine Bottom-Up Initiative gestaltet werden.

3.6. Fazit

Generell zeigt sich in diesem Kapitel deutlich, dass es derzeit keine einheitliche Strategie für den Ausbau der erneuerbaren Energien und somit auch für den PV-Ausbau in Österreich gibt. Es gibt ein klares Ziel des PV-Ausbau des Bundes und mit einem Zuwachs von insgesamt 11 TWh bis 2030, welches mit den derzeitigen Ausbauzielen der Bundesländer jedoch nicht erreichbar ist und die auch jeweils keine konkreten Leistungsvorgaben haben. Hier besteht derzeit ein Defizit von 6-6,7 TWh (siehe Kapitel 3.2). Zudem ist Österreich nach dem Repower-EU-Paket dazu verpflichtet, Eignungsflächen für die Gewinnung erneuerbarer Energien, darunter auch PV, auszuweisen. Ein strategischer Ausbauplan für ganz Österreich, in dem jedes Bundesland anhand des jeweiligen Ausbaupotentials mit einheitlichen Kriterien für die Ermittlung von Eignungszonen verpflichtende messbare Ausbauziele angeben muss, ist für die Erreichung dieser Ziele unumgänglich. Die Energieraumplanung nimmt hier eine federführende Rolle für Planung und spätere Ausführung eines solchen strategischen Ausbauplans ein, der aber nur mit gleichen Rahmenbedingungen für jedes Bundesland zum Erfolg führen kann.

4. Photovoltaik-Anlage-Typen und ihre Wirkung auf die Biodiversität

Um den Einfluss von PV-Anlagen auf die Biodiversität verständlich zu machen, werden zunächst die unterschiedlichen Bauformen hinsichtlich ihres Leistungspotentials und ihrer Anwendbarkeit beschrieben. Anschließend wird der derzeitige Forschungsstand zu Biodiversität und PV-Anlagen und deren Wirkungszusammenhänge erläutert.

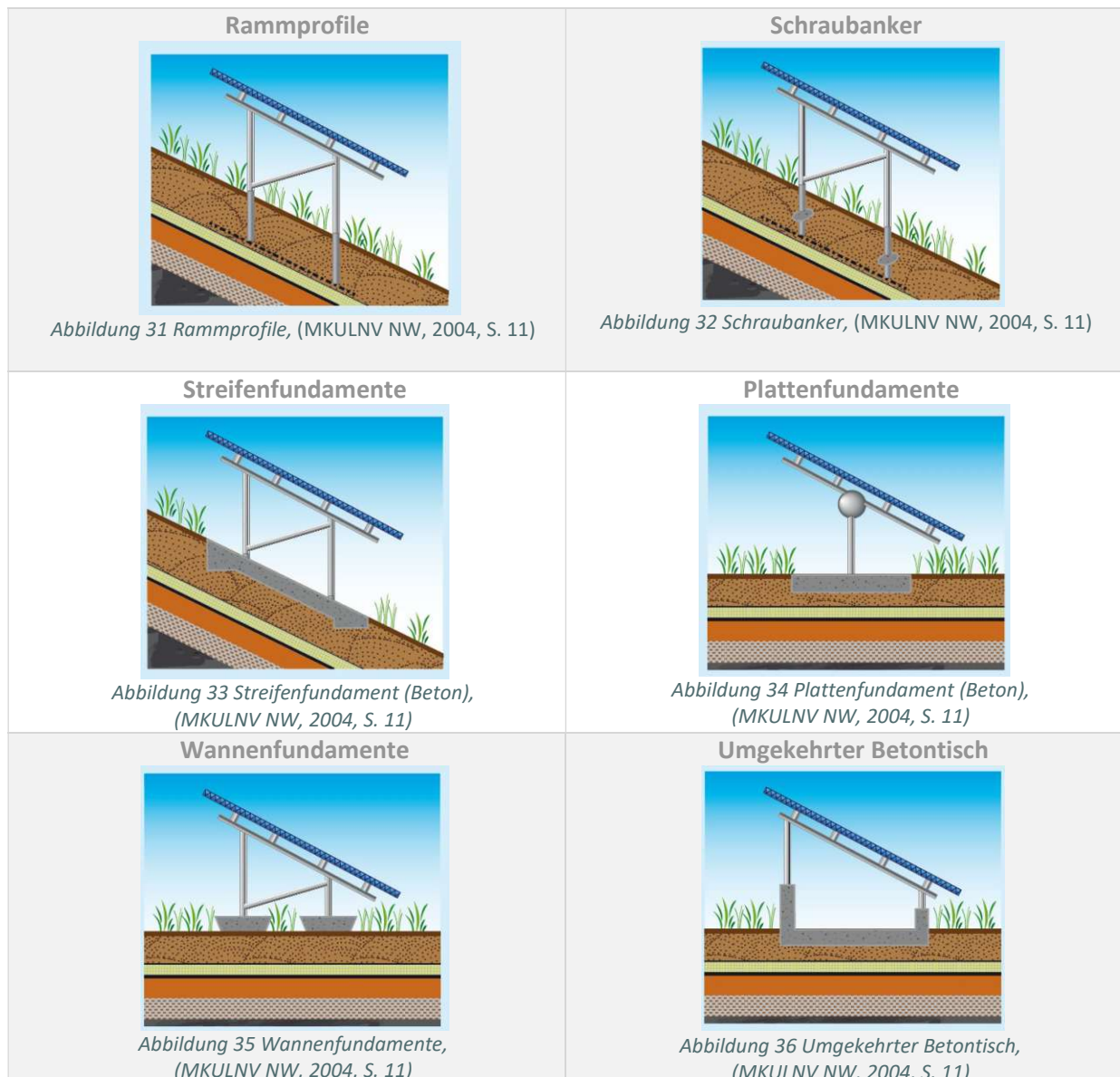
4.1. Bauformen von PV-Anlagen

4.1.1. Freiflächenanlagen

Unter Freiflächenanlagen werden im Rahmen dieser Arbeit Photovoltaikanlagen verstanden, welche unabhängig von Gebäuden bzw. anderen Bauwerken auf freien Flächen aufgestellt werden. Die PV-Module werden auf fest montierten Unterkonstruktionen befestigt. Diese können nach Bauweise und Dimension unterschieden werden.

Gründungsvarianten

Photovoltaik Module von Freiflächenanlagen können durch unterschiedliche Varianten im Boden verankert werden.



Um die Beeinträchtigung für die Biodiversität durch eine PV-Anlage möglichst gering zu halten, sind jene Gründungsvarianten zu empfehlen, welche die natürlichen Bodenverhältnisse am wenigsten verändern und auch auf größtmöglicher Fläche Bewuchs und Versickerung von Oberflächenwasser zulassen. Dazu zählen Rammprofile und Schraubanker.

Varianten der Aufstellung

- **Starre Anlagen mit Südausrichtung**

Dieser Typ ist derzeit der am weitest verbreitete unter den PV-Freiflächenanlagen. Gängige Neigungswinkel betragen bei diesem Anlagentyp etwa 25°-30° in Österreich. Durch die Südausrichtung ist die Anlage für die Mittagsstunden optimiert und es wird der Ertrag pro installierte Leistung dadurch über den Jahresverlauf maximiert.



Abbildung 37 Starre Anlagen mit Südausrichtung, (PV Magazine DeutschaInD, 2019)

- **Starre Anlagen mit Ost-West-Ausrichtung**

Hierbei werden die PV-Module nach Osten und Westen angeordnet und bilden eine Art Satteldach. Der Neigungswinkel beträgt dabei etwa 15°. Zwar sinkt der Ertrag im Vergleich zu einer Südanlage etwa um 15% (IBC Solar, 2013) bei einem gleichen Überschirmungsgrad, Investition- und Betriebskosten sind jedoch geringer, da durch die Anordnung der Module die Fläche besser ausgenutzt werden kann. Speziell bei Eigenbedarf des erzeugten Stroms kann je nach Tarif diese Art der Anlage ökonomisch sinnvoller sein. In den Tagesrandzeiten wird mehr Strom für den Eigenbedarf produziert und somit weniger Strom ins Netz eingespeist als bei einer Ausrichtung der PV-Module nach Süden (Kelm *u. a.*, 2014).



Abbildung 38 Starre Anlagen mit Ost-West-Ausrichtung, (IBC Solar und Springer Nature, 2014)

- **Nachgeführte Anlagen**

Diese Anlagensysteme folgen dem Sonnenstand im Tagesverlauf. Es gibt einachsige und zweiachsige Ausführungen. Bei ersterem können entweder die Neigung oder der Azimut geändert werden, während bei zweiterer beide Einstellungen geändert werden können. Bei zweiachsigen Anlagen kann ein Mehrertrag von etwa 30% und bei einachsigen Anlagen etwa 20% gegenüber einer starren südausgerichteten Anlage erwirtschaftet werden (Wesselak und Voswinkel, 2012, S. 73). Die Nachteile dieses Systems sind höhere Investitionskosten und Materialaufwand sowie ein größerer Flächenbedarf, um eine gegenseitige Verschattung der Module zu verhindern.



Abbildung 39 Einachsige, nachgeführte PV-Anlage, (Lizenzfrei)

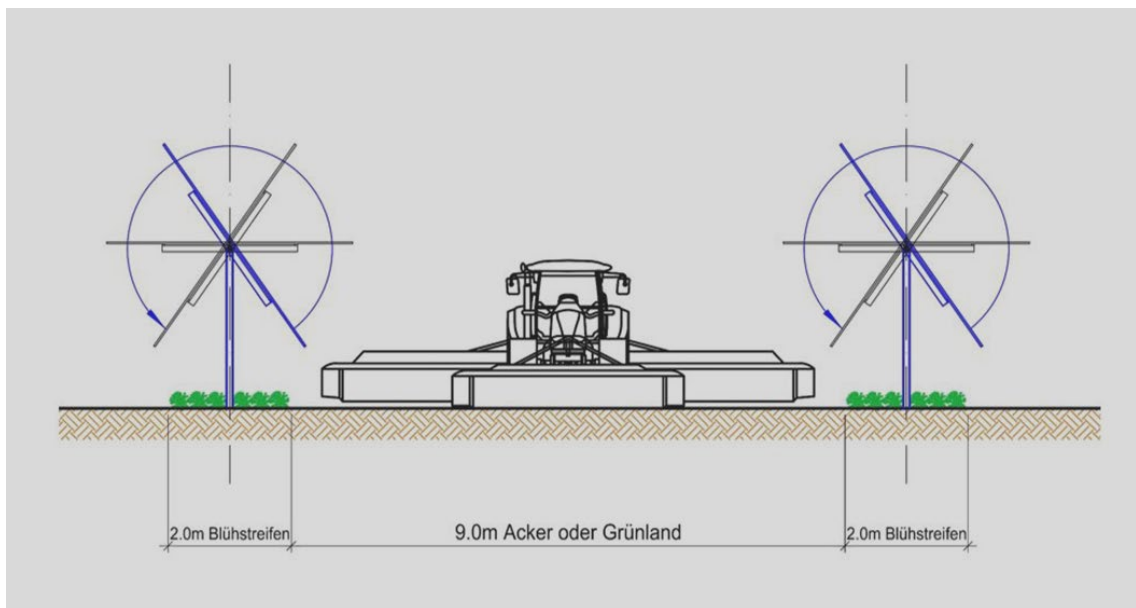


Abbildung 40 Zweiachsige, nachgeführte PV-Anlagen von EWS Sonnenfeld, (EWS Consulting, ohne Datum)

- **Senkrecht installierte Anlagen**

Hierbei werden bifaziale (=zweigesichtige) Solarmodule lotrecht zum Boden aufgestellt. Jedes Modul kann die auftreffende Strahlungsenergie auf beiden Seiten zur Energiegewinnung nutzen. Dadurch kann bis zu 30% mehr Ertrag erzielt werden als bei starren Süd Anlagen (PV Magazine Deutschland, ohne Datum). Die Abstände zwischen den Modulreihen sind vergleichsweise groß, um eine Eigenverschattung zu vermeiden. Diese großen Abstandsflächen können gut anderweitig genutzt werden, z.B. für die Produktion von Lebensmittel oder Viehweiden. Das Besondere an dieser Art der Aufstellung ist der extrem geringe Anteil an überbauter Fläche. Die Verankerung erfolgt ohne Betonfundamente, meist durch Ramppfähe.



Abbildung 41: Senkrechte installierte Anlagen,
(Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien (IWR), 2018)

- **Anlagen in 2. Ebene**

Bei dieser Montageart von PV-FFA werden die PV-Module in einer Höhe angebracht, die eine duale Nutzung der Fläche ermöglicht. Beispielsweise eine Überdachung eines Parkplatzes (siehe Abbildung 42), oder eine Kombination mit Landwirtschaft. Letzteres wird auch als Agri-PV-Anlage bezeichnet (siehe Abbildung 43). Die Paneele können auf unterschiedliche Arten angeordnet werden (siehe Abbildung 44, Abbildung 45). Dabei können unter anderem auch spezielle Solarpaneele zur Verwendung kommen, welche beispielsweise wesentlich kleiner sind als herkömmliche Module und an bogenförmigen Konstruktionen montiert werden (siehe Abbildung 46), oder auch Dünnschicht-Module, welche in Röhrenform montiert werden (siehe Abbildung 47 und Abbildung 48). Die Leistung dieser Anlagen variiert je nach Ausführungsart. Erträge von Agri-PV-Anlagen werden in Kapitel 4.2.2 näher beschrieben.



Abbildung 42 PV-Überdachung Parkplatz,
(DHP Technology und Alfons W. Gentner Verlag GmbH & Co. KG, 2021)

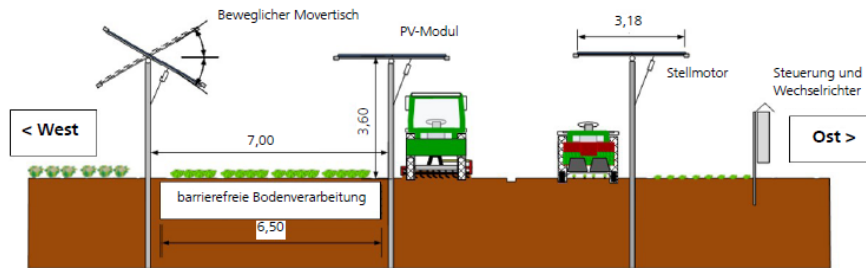


Abbildung 43 Agri-PV-Anlage Querschnitt, (Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, 2020, S. 11)

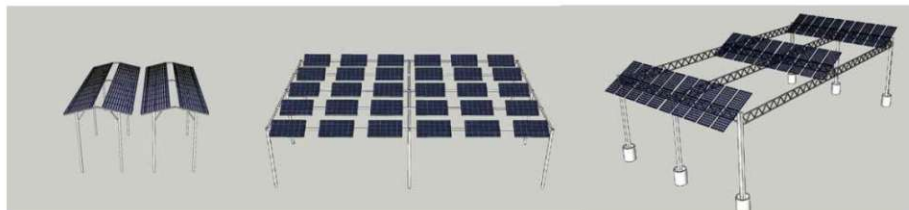


Abbildung 44 Illustration verschiedener Anlagentypen, (Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, 2020, S. 32)



Abbildung 45 Hoch aufgeständerte Anlagen, (Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, 2020, S. 29)



Abbildung 46 Agri-PV-Apfelplantage, (Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, 2020, S. 19)

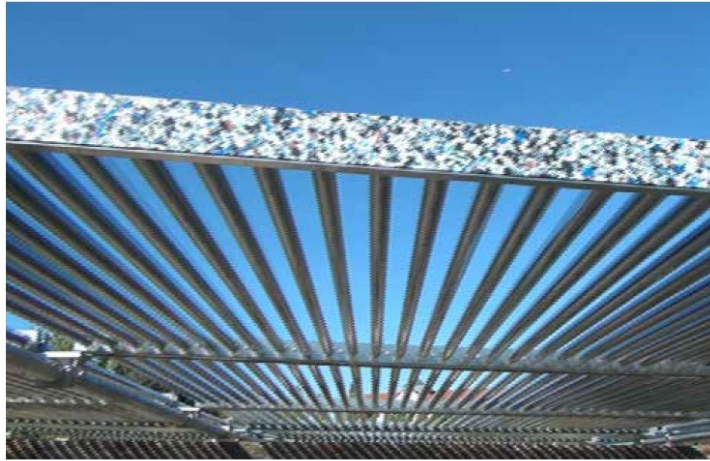


Abbildung 47 Dünnschicht-Module in Röhrenform der Firma TubeSolar.
(Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, 2020, S. 29)



Abbildung 48 Solarröhren eingehängt zwischen Spannsseilen der Firma TubeSolar,
(Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, 2020, S. 29)

Größenkategorisierung

PV-FFA können in unterschiedlichen Größen in Bezug auf installierte Leistung und Flächenausdehnung errichtet werden. Um die Größenordnungen nachvollziehbar zu machen, wird hier eine mögliche Klassifizierung der Größenordnungen nach DI Raffael Koscher gezeigt (siehe Tabelle 6).

Tabelle 6 Übersicht über Größenklassen von PV-FFA, (Koscher, 2021, S. 53)

	installierte Leistung	typischer Flächenbedarf	Anmerkung
sehr kleine Anlagen	<50 kWp	<0,1 ha	kaum flächenrelevant
kleine Anlagen	50-250 kWp	~0,1-0,5 ha	Bestand meist bei Kläranlagen o.Ä.; hoher Eigenverbrauchsanteil
mittelgroße Anlagen	250 kWp – 1 MWp	~0,5-2 ha	Großteil Anlagenbestand um 500 kWp
große Anlagen	1-10 MWp	~2-20 ha	in Ö bis 2018 kaum vorhanden (bis max. 3 MWp)
sehr große Anlagen	>10 MWp	>20 ha	in Ö 2020 die erste Anlage dieser Größenordnung in Betrieb genommen

4.1.2. Gebäudegebundene Anlagen

In dieser Arbeit werden darunter alle Photovoltaikanlagen verstanden, welche in Abhängigkeiten von Gebäuden errichtet werden. Die unterschiedlichen Errichtungsmethoden werden wie folgt gegliedert:

Aufdach-Montage – Schrägdach

Bei der Aufdach-Montage handelt es sich derzeit um die am häufigsten umgesetzte Befestigungsmethode. Die Photovoltaikanlage wird mit einer passenden Unterkonstruktion auf dem Dach befestigt. Dafür eignen sich neben Ziegel-, und Blechdächern auch Sattel- und Pultdächer mit Dachpaneelen oder Wellplatten.



Abbildung 49: PV auf Schrägdach, (Bundesverband Photovoltaic Austria, ohne Datum)

Flachdach-Montage

Auf Flachdächern können PV-Anlagen mittels Aufständigung montiert werden. Die Ausrichtung der PV-Anlage kann dabei unabhängig von der Ausrichtung des Gebäudes eingestellt werden.



Abbildung 50: PV-Flachdach, (Structurae, ohne Datum)



Abbildung 51: PV-Flachdach Ost-West, (Voltark GmbH, ohne Datum)

Bei der Flachdachmontage ist auch eine Kombination mit Dachbegrünungen möglich (siehe Abbildung 52). Dabei ist eine Aufständerung von etwa 30 cm einzuhalten, damit die Pflanzen genug Raum zum Wachsen haben und die PV-Module nicht beschattet werden (Brenneisen, Hanselmann und Lüthy, 2020, S. 3).



Abbildung 52: Kombination Gründach und PV-Anlage, (Brenneisen, Hanselmann und Lüthy, 2020, S. 1)

Gebäudeintegrierte PV-Anlagen

Bei dieser Methode werden die PV-Module direkt in die Gebäudehülle integriert. Sie werden mittels Befestigungsschienen montiert und ersetzen herkömmliches Bekleidungsmaterial, sowie die Funktionen der Gebäudehülle ganz oder nur teilweise. Dafür geeignet sind vertikale Flächen wie Fassaden (siehe Abbildung 53) und horizontale oder geneigte Gebäudeflächen (siehe Abbildung 54).

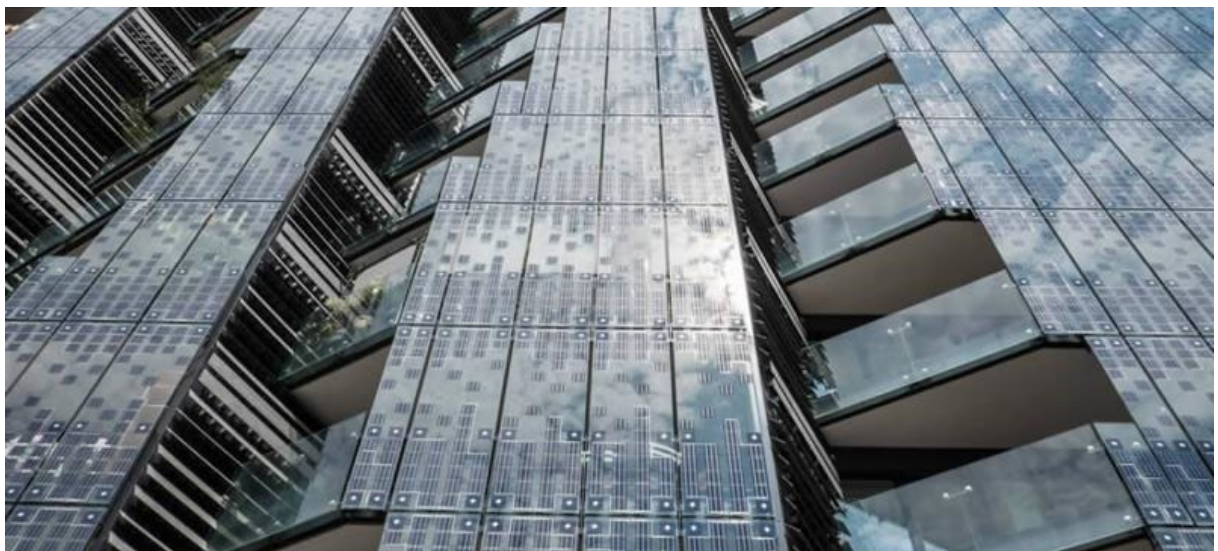


Abbildung 53: PV-Fassade, (mb-netzwerk GmbH, ohne Datum)



Abbildung 54: PV-Sonnenschutz, (Klima- und Energiefonds, 2009, S. 16)

Indach-Montage

Bei der Indach-Montage werden die PV-Module direkt in das Dach integriert und übernehmen auch die Schutzfunktion der Dacheindeckung (siehe Abbildung 55).



Abbildung 55: PV-Indach, (PV Magazine Deutschland, 2020)

4.2. Stand der Forschung zu PV-Anlagen und Biodiversität

Dieses Kapitel beschreibt den derzeitigen Stand der Forschung zu den Effekten von PV-Anlagen auf die Biodiversität. Nachdem sich die Ausgangslage zwischen gebäudegebundenen PV-Anlagen und PV-FFA unterscheidet, wird sie in zwei Unterkapiteln separat herausgearbeitet.

4.2.1. PV-Freiflächenanlagen

Im deutschsprachigen Raum liegen bereits einige Studien und Untersuchungen zu den Auswirkungen von PV-Freiflächenanlagen auf die Biodiversität vor. Jedoch sind speziell die langfristigen Effekte noch kaum erforscht. In diesem Kapitel werden Studien, Leitlinien und Positionen zu PV-FFA von verschiedenen Quellen zusammengefasst und die Ergebnisse in Bezug auf die Naturverträglichkeit verglichen.

Eine der größten und, im deutschsprachigen Raum, bekanntesten Studien zu Biodiversität und Solaranlagen ist „Solarparks – Gewinne für Biodiversität“ welche im November 2019 vom Bundesverband Neue Energiewirtschaft (bne) in Deutschland veröffentlicht wurde. In dieser Studie wurden die Vegetation und die Fauna von insgesamt 75 Solarparks untersucht, die sich in neun verschiedenen deutschen Bundesländern befinden und auf unterschiedlichen Standorttypen errichtet wurden. Es konnten 40% der Solarparks ausgewertet werden. Bei einigen Solarparks konnten auch Vorher-Nachher Vergleiche des Zustands der Fläche erstellt werden. Dabei wurde die Auswirkung von PV-FFA auf Arten beobachtet, die in Offen- bzw. Halboffenland vorkommen können. Folgende Tiergruppen wurden hierbei untersucht: Insekten, Amphibien, Fledermäuse, Reptilien und Brutvögel. Es wird in der Studie darauf hingewiesen, dass noch weiterer Untersuchungsbedarf besteht, speziell weitere Monitorings von bestimmten Tiergruppen in Solarparks. Dennoch werden die Ergebnisse dieser Studie durchwegs positiv bewertet:

„Eine Flächeninanspruchnahme von Flächen für Solarparks ist grundsätzlich positiv zu sehen, da sie neben dem Klimaschutzbeitrag durch die Erzeugung erneuerbarer Energie gleichzeitig zu einer Flächenaufwertung im Sinne der Erhaltung der biologischen Vielfalt führen kann.“ - (Peschel u. a., 2019, S. 1)

Allgemein ist allerdings festzuhalten, dass eine Steigerung der Biodiversität wesentlich von der Standortwahl und einer naturverträglichen Gestaltung der Anlage abhängt. Besonders die Abstände der Modulreihen und die Pflege des Grünlandes sind dafür ausschlaggebend.

Bei den PV-FFA, die in der Studie ausgewertet wurden, konnte in der Regel eine höhere Biodiversität nachgewiesen werden als vor der Nutzung als PV-FFA. Es konnten keine Einschränkungen dafür belegt werden. Wenn eine Ausgangsfläche allerdings vor der Errichtung einer PV-FFA eine hohe Biodiversität aufweist, ist eine Verschlechterung durch die Umnutzung möglich und sollte vorher naturschutzfachlich abgeklärt werden. (Peschel u. a., 2019)

Bei extensiver Pflege der Reihenzwischenräume wird die Artenvielfalt im Vergleich zu intensiv landwirtschaftlich genutzten Flächen oder Flächen, welche zur Energiegewinnung aus Biomasse genutzt werden, erhöht. Dies ist auf den Verzicht von Pestiziden, Herbiziden und Düngemitteln bei der Pflege und große Intervalle bei der Mahd (wenn überhaupt gemäht wird) zurückzuführen. Die Beweidung mit beispielsweise Schafen zur Pflege der Grünfläche kann zudem förderlich sein, da manche Arten auf die Störungen im Bewuchs, die durch die Schafe verursacht werden, angewiesen sind und nur dadurch auf extensivem Grünland Bestand haben können. (Peschel u. a., 2019)

Des Weiteren schützt die extensive Pflege auf Konversionsflächen vor einer voranschreitenden Sukzession (Verwaldung). Dies verhindert einen Verlust von offenen (unbewachsenen) und besonnten Habitaten. Im Vergleich zu Ackerland kann dauerhaftes Grünland zudem mehr Humus aufbauen und dadurch mehr CO₂ im Boden binden, wodurch zusätzlich einen Beitrag zum Klimaschutz geleistet wird. (Peschel u. a., 2019) (BMEL 2018)

Es hat sich zudem gezeigt, dass Reihenabstände der Solarpaneele von mindestens 3 m, welche eine ausreichende Besonnung zulassen, zu einer Erhöhung des Artenreichtums und der Anzahl an Individuen bei Insekten, Brutvögeln und Reptilien führt (siehe Abbildung 56 bis Abbildung 58) (Peschel u. a., 2019, S. 1).



Abbildung 56 PVA mit einem Reihenabstand von ca. 2,5 m, (Peschel u. a., 2019, S. 10)



Abbildung 57 PVA mit einem Reihenabstand von ca. 4 – 4,5 m, (Peschel u. a., 2019, S. 11)



Abbildung 58 Vergleich von PV-FFA mit unterschiedlichen Reihenabständen, (Peschel u. a., 2019, S. 12)

Weitere Aspekte für die Naturverträglichkeit einer PV-FFA ist die Umzäunung der Anlage, um das Betreten der Anlage durch unbefugte Personen zu verhindern. Größere Säugetiere können dadurch ebenfalls betroffen sein. Im Sinne der Verbindung von Habitaten sollten Zaunanlagen so durchlässig gestaltet werden, dass zumindest mittelgroße Säugetiere passieren können. Weitere Strukturelemente, wie beispielsweise Teiche, Hecken oder Steinhaufen, würden Habitats für weitere Arten (z.B. Amphibien) zu Verfügung stellen und die ökologische Wertigkeit eines Solarparks steigern. Solche Strukturelemente kommen derzeit allerdings nur selten vor. (Peschel *u. a.*, 2019)

Wenn zumindest einige dieser Bedingungen erfüllt sind, zeigt sich außerdem, dass größere PV-FFA ausreichend große Lebensräume für den Aufbau und Erhalt von Populationen, beispielsweise von Brutvögeln und Zauneidechsen, ermöglichen können. Kleinere Anlagen können als Trittsteinbiotope fungieren, welche Lebensräume miteinander verbinden können. (Peschel *u. a.*, 2019)

Nachdem es sich beim bne, um einen energiewirtschaftlichen Verband handelt, der Interesse daran hat, dass erneuerbare Energiegewinnungsanlagen in ihrer Umweltwirkung positiv gesehen werden, folgen noch Beschreibungen von anderen Studien mit ähnlichem Aufbau.

In einem Untersuchungsbericht des Hermann-Hoepke-Institut der TH Bingen wurden in einer Laufzeit von Juli 2020 bis August 2021 unter anderem Effekte auf Arten und Biotope durch die Errichtung PV-FFA auf intensiv genutzten landwirtschaftlichen Standorten untersucht und zusammengestellt. Es wurden drei verschiedene PV-FFA in Rheinland-Pfalz mit vergleichbaren, als Biotop geschützten Referenzgrünflächen, die einen hohen Artenreichtum aufweisen, verglichen. Bei den ausgewählten PV-FFA war Naturverträglichkeit und Biodiversitätsförderung bei der Errichtung kein vorrangiges Thema. Die untersuchten PV-FFA waren 5-15 ha groß, hatten einen Modulreihenabstand von mindestens 3 m und waren seit mindestens sechs Jahren in Betrieb. Sie wurden maximal zweimal im Jahr gemäht. Die Untersuchungen kamen zu dem Ergebnis, dass bei PV-FFA artenreiche Vegetationsbestände und vielfältige Populationen von Arthropoden (Gliederfüßer) entstehen können. Durch die unterschiedlichen Licht-, Schatten- und Feuchtigkeitsverhältnisse verfügen die PV-FFA über vielfältigere Lebensbedingungen als die Referenzflächen. Es wird jedoch auch darauf hingewiesen, dass noch weitere Untersuchungen über einen längeren Zeitraum und auf mehreren Flächen notwendig sind, um fundiertere Erkenntnisse gewinnen zu können. (Hietel, Lenz und Schnaubelt, 2021)

Zu ähnlichen Ergebnissen kommt auch ein Bericht der F&P Umwelt GmbH. Hier wurde eine PV-FFA in Guntramsdorf untersucht, die auf einer ehemaligen intensiv bewirtschafteten Ackerfläche errichtet wurde. Sie wird seither extensiv bewirtschaftet. Die Untersuchungen auf dieser Fläche ergeben, dass die PV-FFA vielfältige Lebensraumstrukturen bietet und dass die Flora artenreicher ist als am umliegenden Agrarland (wobei nicht genau spezifiziert wird, um welche Art Agrarland es sich hierbei handelt). Intensiv bewirtschaftetes Agrarland ist in der Regel relativ artenarm. Auf der PV-FFA treten sowohl schatten- und halbschattentolerante Pflanzen sowie lichtlebende Arten auf. In der Tiergruppe der Wirbellosen konnten speziell bei Heuschrecken und Schmetterlinge positive Auswirkungen auf deren Arten- und Individuenzahlen auf der PV-FFA im Vergleich zum Umland festgestellt werden. Auch diverse Vogelarten, speziell typische Agrarlandvögel, wie z.B. das stark gefährdete Rebhuhn, nutzen die PV-FFA als Brut- und Nahrungsgebiete. (F&P Netzwerk Umwelt GmbH, 2021)

Es bedarf noch weiterer größer angelegter Studien über längere Beobachtungszeiträume, um verlässlichere Aussagen treffen zu können. Die ersten Ergebnisse stellen eine sehr positive Tendenz für PV-FFA fest, speziell wenn sie auf ehemaligem Ackerland errichtet werden. Die oben vorgestellten Studien beziehen sich allerdings nur auf südausgerichtete PV-FFA. Andere Formen von PV-FFA, wie beispielsweise Ost-West ausgerichtete oder nachgeführte Anlagen wurden hier nicht untersucht. Es

ist anzunehmen, dass auch andere Formen der PV-FFA ähnliche Wirkungen auf die Biodiversität erzielen, sofern die gleichen Naturverträglichkeitsstandards angewendet werden. Um eine Aussage darüber treffen zu können, ob und wie sich die Wirkung aufgrund der Bauweise abändert bedarf es weiterer Untersuchungen. Aus diesem Grund werden im praktischen Teil dieser Arbeit nur südausgerichtete PV-FFA behandelt. Ein Überblick zu den Erträgen und bekannten Wirkungen auf die Biodiversität unterschiedlicher PV-FFA Bautypen ist in Tabelle 7 ersichtlich.

Tabelle 7 Überblick zur Leistung von PV-FFA Typen/ Bruttofläche und die bekannte Wirkung auf die Biodiversität, eigene Darstellung, eigene Berechnungen auf Grundlage der Werte aus Kapitel 3.3 und 4.1.1

PV-FFA Typen	Leistung im Vergleich zu einer starren Anlage mit Südausrichtung	Solarstromertrag pro Bruttofläche	Biodiversitätseffekte
Starre Anlagen mit Südausrichtung	100%	830 kWp/ha 83 kWh/m ² /a	Positiv
Starre Anlagen mit Ost-West-Ausrichtung	85%	710 kWp/ha 71 kWh/m ² /a	Unklar – tendenziell positiv
Einachsig nachgeführten Anlagen	115%	955 kWp/ha 96 kWh/m ² /a	Unklar – tendenziell positiv
Zweiachsig nachgeführten Anlagen	120%	996 kWp/ha 100 kWh/m ² /a	Unklar – tendenziell positiv
Senkrecht installierte Anlagen	130%	1079 kWp/ha 108 kWh/m ² /a	Unklar – tendenziell positiv

Ein Aspekt, der in den Studien nur in geringem Ausmaß beschrieben wurde, ist die Wahl von heimischen und standortgerechten Pflanzen. Heimische Pflanzen sind gegenüber gebietsfremdem Pflanzen zu bevorzugen, da letztere im besten Fall einen neutralen, wenn nicht einen negativen Einfluss auf den Bestand heimischer Insekten- und Vogelarten haben (Rabitsch, Zulka und Götzl, 2020). Standortgerechte Pflanzen entsprechen den natürlich vorherrschenden Bedingungen der jeweiligen Fläche in Aspekten wie Bodenart, Nährstoffverfügbarkeit, Feuchtigkeit, Sonneneinstrahlung, etc. Es sollte nicht das Ziel von naturfreundlichen PV-FFA Konzepten (generell allen naturfreundlichen Konzepten) sein, bei jeder Anlage denselben Lebensraumtyp herzustellen (wie beispielsweise einen Trockenrasen), sondern vielmehr angepasst an die natürlichen Gegebenheiten der jeweiligen Fläche unterschiedliche naturnahe Habitate zu ermöglichen. Auch hierfür besteht weiterer Forschungsbedarf.

Neben diesen Studien gibt von z.B. NGOs, Bundesverbänden und Planungsbüros es diverse Leitfäden zum naturverträglichen Ausbau. Einige davon werden beispielhaft für die Summe an vorhandenen Leitfäden im deutschsprachigen Raum beschrieben und deren unterschiedliche Kriterien im Folgenden kurz aufgelistet:

WWF Österreich – Position zur Photovoltaik (WWF Österreich, 2020)

- Standortwahl: Grundsätzlich sind PV-Freiflächenanlagen auf bereits versiegelten Flächen (Parkplätze, Straßen) zu bevorzugen.
- Ausschluss von Schutzgebieten bzw. Flächen mit besonderer naturschutzfachlicher Relevanz bzw. Lebensräume für seltene oder gefährdete Arten, oder wertvoller klimasensitiver Ökosysteme und Biodiversitätsinseln in der Landwirtschaft.
- Naturschutzfachliche Prüfung vor der Umwidmung der Fläche.
- Pflege, biologisch, standortgerecht und extensiv.
- Umzäunungen möglichst durchlässig gestalten: höherer Bodenabstand, größere Maschen und Verzicht auf Stacheldraht. Auf der Außenseite des Zaunes sollte mithilfe einer naturnahen Hecke ein zusätzlicher Lebensraum geschaffen werden.
- Vermeidung von Zerschneidung der Landschaft -> Wildtierkorridore freihalten, bei größeren Anlagen.

Naturschutzbund Deutschland – Kriterien für naturverträgliche PV-Freiflächenanlagen (NABU, 2010)

- Standort: bereits versiegelte, vorbelastete Standorte und auf Ackerflächen. In Ausnahmefällen auch in Naturparks und Landschaftsschutzgebieten.
- Exponierte Standorte sind zu vermeiden, da PV-Anlagen einen landschaftsprägenden Charakter haben.
- Das Areal der PV-Anlage darf inklusive aller Gebäudeteile max. zu 5% versiegelt werden.
- Die Horizontale Überdeckung durch die Module darf max. 50% des Areals betragen.
- Die Modulreihen dürfen max. 5m tief sein. Bei über 3 m muss innerhalb der Modulreihen ein Regenwasserabfluss mit naher Versickerung etabliert werden. → Kombination mit Biotop ideal.
- Die Umzäunung ist durchlässig für Amphibien und Kleinsäuger zu gestalten. Höhe, Maschengröße, kein Stacheldraht.
- Extensive und biologische Pflege der Fläche. (NABU, 2010)

Photovoltaic Austria & ÖIR – Photovoltaik in der Landschaft

(Bundesverband Photovoltaic Austria und Österreichisches Institut für Raumplanung, 2022)

- Standort: nicht mehr als durchschnittliche ökologische Bedeutung, keine höchstwertigen Landwirtschaftsböden, (Angemessene Nähe zu einem Netzanschlusspunkt).
- Überschilderung der Fläche von max. 50%.
- Die Funktionsfähigkeit des Bodens ist zu erhalten – keine Versiegelung keine vollflächige Schotterung – Gesamtversiegelungsgrad zwischen 2-5%.
- Versiegelungsarme und bodenschonende Bauweisen sollen zum Einsatz kommen beispielsweise Ramm- oder Bohrfundamente.
- Möglichst geringe Bodenverdichtung bei Errichtung → Bodenschonende Errichtung,
- Modulreihentiefe max. 6,5 m, Mindestbreite zwischen den Modulreihen 2 m, Mindesthöhe der Modultischunterkante min. 80 cm (siehe Abbildung 59).
- Einbindung in die Landschaft mit Hecken.
- Erhalt von bestehenden Strukturelementen wie Hecken, Baumreihen & solitäre Büsche & Bäume.
- Neuanlage von Strukturelementen wie Hecken, Einzelsträuchern aber auch Vogelnistkästen, Totholz-, Lesesteinhaufen oder Vernässungsflächen.
- Teilweise Begrünung der Umzäunung durch ökologisch funktionsfähige Heckenstrukturen.
- Ökologische und extensive Pflege der Fläche.

- Durchlässigkeit der Anlage: Umzäunung nach Möglichkeit weglassen, wenn dann möglichst durchlässig, wie oben (min. 20cm von Boden weg).
- Wildtierkorridore und bestehendes Wegenetz müssen erhalten bleiben.

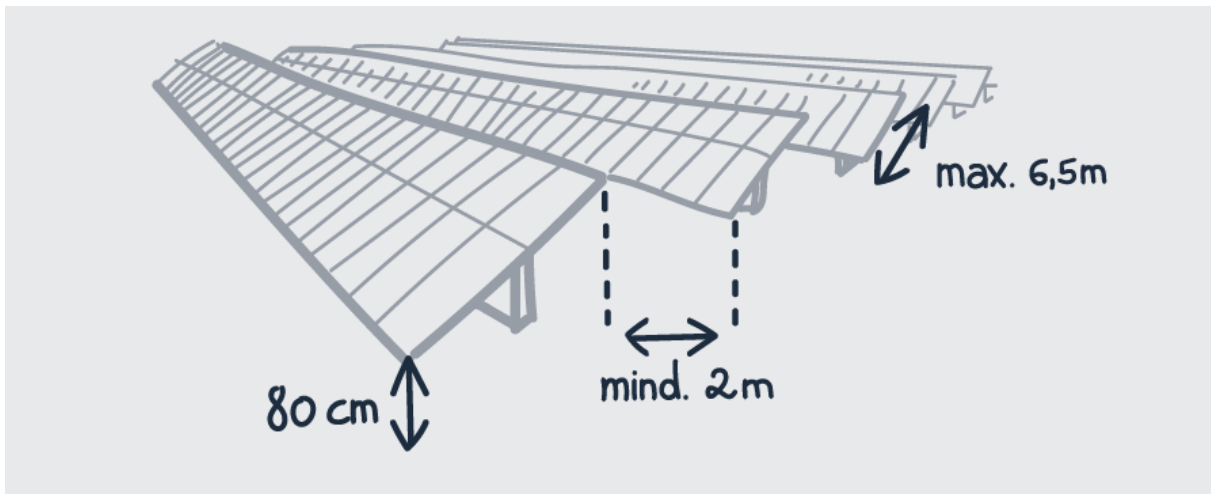


Abbildung 59 Abmessungen einer natur- und raumverträglichen PV-FFA,
(Bundesverband Photovoltaic Austria und Österreichisches Institut für Raumplanung, 2022, S. 8)

Ökologiekonzept des Entwurfs zu PV-Zonierung in Niederösterreich

Der Entwurf zu PV-Zonierung in Niederösterreich sieht ab einer Anlagengröße von 10 ha ein Ökologiekonzept vor, welches wie folgt beschrieben ist (Amt der NÖ Landesregierung, 2020, § 4 Abs. 1-2):

- „(1) Ein Ökologiekonzept ist nach den entsprechenden fachlichen Festlegungen zu erarbeiten und hat verpflichtend folgende Maßnahmen für eine nachhaltige Bewirtschaftung sowie Pflege der Flächen während der gesamten Betriebsdauer der Photovoltaikanlage sicherzustellen:
 - Rückstandslose Rückbaubarkeit der Anlage, insbesondere der
 - Fundamentierung und Verankerung, um die ursprüngliche Nutzungsmöglichkeit nach dem Abbau der Anlage zu gewährleisten;
 - Gleichmäßige Verteilung der Photovoltaikmodule auf der Widmungsfläche, wobei maximal 50 % der Widmungsfläche mit Modulen überschirmt sein dürfen;
 - Abstand der Modulunterkante zum Boden von mindestens 80 cm und Reihenabstände von mindestens 3 m, gemessen zwischen den gegenüberliegenden Modulflächen;
 - Ökologische und standortgerechte Begrünung;
 - Sekundärnutzung der Widmungsfläche für Zwecke der Biodiversität und/oder Ernährung.“
- „(2) Ein Ökologiekonzept mit Sekundärnutzung Biodiversität hat ein Pflegekonzept zu enthalten. Die ökologischen Maßnahmen sind detailliert zu beschreiben und in einem Plan darzustellen, z. B.:
 - Erhalt von bestehenden Biotopstrukturen;
 - Anlage zusätzlicher Biodiversitätsflächen und -elemente wie Totholzhaufen, Steinhaufen, Ansitzstangen, Nisthilfen oder Blühstreifen;
 - Pflanzung und Pflege von standortangepassten Hecken oder Büschen;
 - Aussaat und Pflege artenreicher Wiesen mit Festlegungen zur Mahdfrequenz und Mahdhöhe (ohne Häckseln oder Mulchen).“

NÖ Leitfaden zur Ausweisung von Grünland-Photovoltaikanlagen im Flächenwidmungsplan

Hier werden die für die Arbeit relevanten Aspekte des NÖ Grünland-PV Leitfadens im Flächenwidmungsplan beschrieben (Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, 2020b):

- Schonung landwirtschaftlicher Böden
 - Vorbelastete Flächen sind zu bevorzugen
 - Hoch- und Mittelwertige Böden sollen gemieden werden. Die besten 50% landwirtschaftlicher Böden in einem Gemeindegebiet sollen jedenfalls nicht verwendet werden und landwirtschaftliche Fläche soll so wenig wie möglich verwendet werden.
- Schonung des Landschaftsbildes
 - Exponierte Flächen sollen vermieden werden
 - Flächen im Nah- und Sichtbereich von bspw. Ortskernen. Bzw. Naturdenkmälern sollen gemieden werden
- Ausgeschlossene Flächen sind
 - Regionale Grünzonen
 - Siedlungserweiterungsbereiche
 - Planungsbereiche neuer Verkehrsanlagen
 - Naturschutzgebiete und Naturdenkmäler
 - Schutzwälder
- Nur in Ausnahmeflächen sind folgende Flächen heranzuziehen
 - Erhaltenswerte Landschaftsteile
 - In Landschaftsschutzgebieten – speziell die Schönheit der Landschaft und Auswirkungen auf den naturnahen Tourismus sind dabei zu beachten
 - Freihalteflächen, Hochwasserabflussgebiet, sowie geschützte Bodendenkmäler und archäologische Fundhoffnungsgebiete

Die Leitfäden bestätigen aufgrund der derzeitigen Datenlage nicht direkt, dass PV-Freiflächenanlagen sich bei einer korrekten Ausführung positiv auf den Erhalt der Biodiversität auswirken können. Allerdings widersprechen sie dieser Aussage auch nicht, wenn bestimmte oben beschriebene Kriterien erfüllt sind. Die Kriterien, die sowohl die Studie des bne (Peschel *u. a.*, 2019) als auch die oben gelisteten Leitfäden gemeinsam haben sind folgende:

Standortwahl: PV-Freiflächenanlagen sollten nicht auf Flächen, welche bereits eine hohe Biodiversität bzw. eine hohe ökologische Wertigkeit haben, errichten werden.

Einbindung in die Landschaft: Vorhandene Wildkorridore, sowie Wege sollten nicht zerschnitten werden. Generell ist, wenn möglich, auf eine Umzäunung ganz zu verzichten bzw. durch Hecken zu ersetzen. Falls ein Zaun aber dringend notwendig ist, muss dieser möglichst durchlässig gestaltet sein. Höhe zum Boden mindestens 20 cm und weite Maschen.

Extensive und Biologische Pflege der Fläche: Die Mahd bzw. Beweidung sollte ein- bis zweimal im Jahr durchgeführt werden. Auf den Einsatz von Düngemitteln und Pestiziden soll verzichtet werden. Auf eine standortgerechte sowie heimische Vegetation und den Erhalt vorhandener Lebensräume ist zu achten. Der Versiegelungsgrad sollte 5% der Fläche nicht übersteigen. Nach Möglichkeit sind zusätzliche Strukturelemente zu ergänzen.

Gestaltung der Module: Modulreihentiefe sollten zwischen 6,5-5 m (je weniger tief umso besser für die Artenvielfalt), Reihenzwischenräume zwischen 2-3 m (je tiefer, umso besser für die Artenvielfalt) liegen, eine Modultischhöhe von mindestens 80 cm und eine Überschirmung der Fläche von maximal 50% sollten eingehalten werden.

Da es in dieser Arbeit darum geht, wie ein möglichst positiver Effekt auf die Biodiversität erzielt werden kann, wird in Kapitel 5.1 mit den strengsten Kriterien für naturverträgliche PV-Freiflächenanlagen gearbeitet.

4.2.2. Agri PV-Anlagen

Agri PV-Anlagen sind wie bereits in Kapitel 4.1 erwähnt eine spezielle Form von PV-Freiflächenanlagen, die eine gemeinsame Nutzung einer Fläche für Landwirtschaft und Energieerzeugung ermöglicht. Damit soll die Flächenkonkurrenz dieser beiden Nutzungen vermindert werden. Zudem ergeben sich auch Synergieeffekte, welche weiters näher erläutert werden (Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, 2022).

Hoch aufgeständerte Agri PV-Anlagen haben einen etwa 20-40% höheren Flächenbedarf als PV-FFA, monopolisieren die Fläche jedoch nicht (Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, 2022, S. 44). Für die Landwirtschaft können Agri PVA zum Schutz und zur Stabilisierung der Erträge beitragen. Die teilweise Verschattung führt zu einem leicht veränderten Mikroklima, welches in Hitze- und Dürreperioden die Austrocknung des Feldes vermindert und den Wasserverbrauch senkt. Außerdem können die Solarpaneele, je nach Anordnung, Kulturen vor Hagel- und Starkregenereignissen schützen und andere Schutzvorrichtungen wie beispielsweise Hagelnetze ersetzen. Die Art der Paneele und die verwendeten Kulturen sind aneinander anzupassen, um sowohl Solarstrom- als auch Landwirtschaftserträge zu optimieren. Trotz des höheren Flächenbedarfs von etwa 20-40%, kann die allgemeine Landnutzungseffizienz so in der Regel gegenüber einer Einzelnutzung erhöht werden (siehe Abbildung 60).

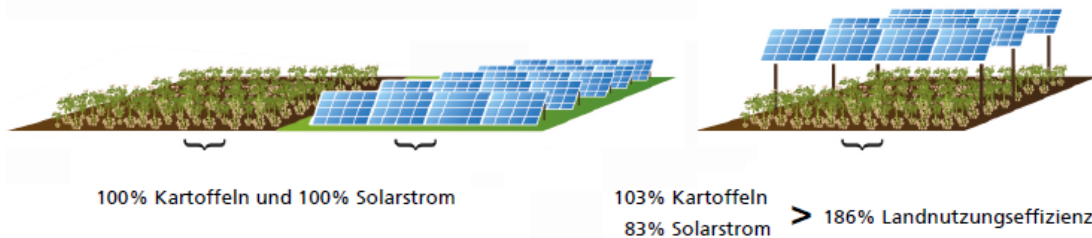
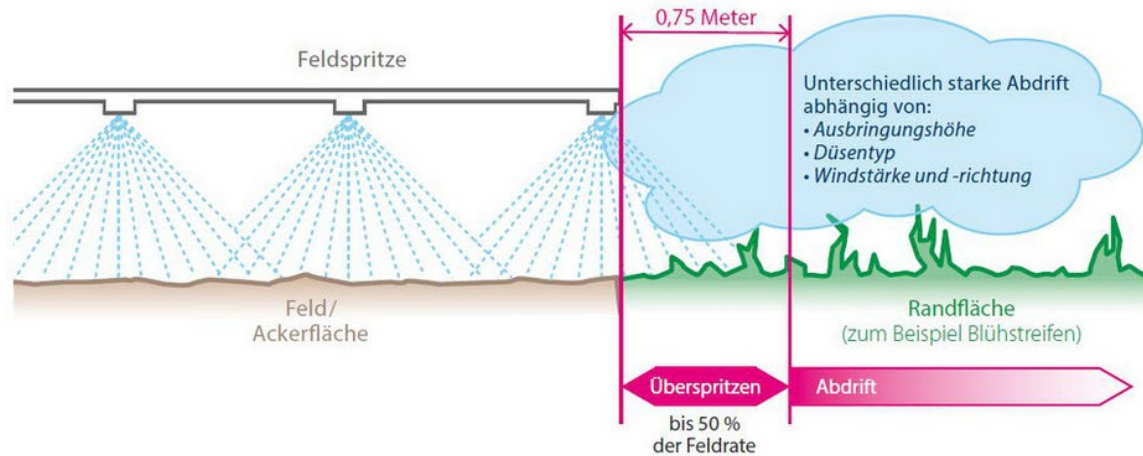


Abbildung 60 Vergleich Landnutzungseffizienz, (Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, 2020, S. 14)

Die Ausführung der Agri PVA fokussiert primär darauf die landwirtschaftliche Leistung der Fläche möglichst nicht zu mindern. Landwirtschaft involviert je nach Intensität einen unterschiedlich hohen Einsatz von Maschinen, Düngemitteln und Pestiziden, welche je nach Einsatzmaß die Biodiversität mehr oder weniger stark beeinträchtigen. Nachdem eine Agri PVA allein keinen Rückschluss darüber gibt, wie die Landwirtschaft dabei betrieben wird, ob konventionell oder biologisch, kann keine allgemeine Aussage darüber getroffen werden, wie sich Agri PVA prinzipiell auf die Biodiversität auswirken.

Meist gibt es bei Agri PVA Zwischenstreifen in unmittelbarer Nähe zu den Konstruktionselementen der PV-Module, welche landwirtschaftlich nicht genutzt werden können. Es wird empfohlen die Zwischenstreifen als Erosionsschutzstreifen und Korridorbiotope zu verwenden, um zum Erhalt der Biodiversität beizutragen (Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, 2022, S. 53). Dies setzt allerdings voraus, dass der Einsatz von Pflanzenschutz- und Düngemitteln auf ein Maß reduziert wird, das mit dem Erhalt der Biodiversität vereinbar ist.

Bei Blühstreifen gilt aus naturschutzfachlicher Sicht: je breiter, desto besser. Als minimale Breite werden 6 m angegeben, allerdings wird eine Breite von 9 m empfohlen (Fluhr-Meyer und Adelman, 2020, S. 10). Weiter wird empfohlen, eine zusätzliche Pufferzone zwischen Ackerfläche und Blühstreifen einzurichten, um bei Verwendung von Pflanzenschutzmitteln ein Überspritzen des Blühstreifens zu verhindern (siehe Abbildung 64). Eine Abdrift der versprühten Pflanzenschutzmittel ist dennoch nicht gänzlich zu verhindern (Fluhr-Meyer und Adelman, 2020).



Schema des Pestizideintrags in angrenzende Flächen durch unmittelbares Überspritzen und durch Abdrift; werden keine Randdüsen eingesetzt, ist ein Überspritzen bis 50 % der Feldrate in zirka 0,75 m nachweisbar (nach Brühl 2015, verändert). [7]

Abbildung 61 Schema zu Pestizideintrag auf Ackerflächen, (NABU Grifhorn, ohne Datum)

Es gibt keine genauen Angaben bzw. Vorgaben, wie breit Zwischenstreifen bei Agri PVA in der Regel ausgeführt werden. Daher kann kein allgemeiner Rückschluss auf deren Einfluss auf die Biodiversität gezogen werden. Bei einem biologischen Anbau, ohne den Einsatz von Pflanzenschutzmittel, in Kombination mit Blühstreifen in den Zwischenbereichen der Agri PVA, könnte je nach Ausführung des Blühstreifens, ein Mehrwert für die Biodiversität entstehen.

In Anbetracht dieser Informationen werden Agri PVA bei Umnutzung einer Landwirtschaftsfläche in dieser Arbeit als neutral gegenüber der Wirkung auf Biodiversität betrachtet. Bei Umnutzung einer extensiv bewirtschafteten Weidefläche wird die Wirkung der Biodiversität in dieser Arbeit als negativ betrachtet.

4.2.3. Gebäudegebundene-PV Anlagen

Wie bereits in Kapitel 4.1 beschrieben, handelt es sich bei gebäudegebundenen PV-Anlagen um Anlagen, die auf einem Gebäude montiert, oder in die Außenhülle eines Gebäudes integriert sind. Dächer, speziell Flachdächer, und Fassaden haben im Grunde eine Funktion: die Schutzwirkung des Innenraums. Bei der Fassade kommen noch die Belichtung und die gestalterische Wirkung dazu. Jedoch bietet die Gebäudehülle, speziell Dächer, ein Potential für Energiegewinnung und natürlichen Lebensraum.

Gebäudegebundene PV-Anlagen ohne jegliche Begrünungen werden hier nicht weiter betrachtet, da es sich dabei um künstliche Strukturen handelt, die zwar möglicherweise vereinzelt für manche Kulturfolger, wie Tauben, das Potential für einen Lebensraum bieten können, aber für die Biodiversität im Gesamten wenig Potential für Verbesserung aufweisen können. Bei PV-Anlagen, welche in der Fassade eines Gebäudes integriert sind, besteht theoretisch eine Konkurrenz zu einer begrünten Fassade. Diese haben, je nach Ausgestaltung, das Potential, ähnlich wie begrünte Dächer, Lebensraum zu schaffen und als Trittsteinbiotope zu fungieren und so positiv auf die Biodiversität zu wirken. Eine begrünte Fassade kann nicht in direkter Kombination mit einer PV-Fassade errichtet werden, wie es bei PV-Anlagen auf Dächern möglich ist. Jedoch ist eine Nutzung von Teilen der Fassade für PV und andere Teile für Fassadenbegrünungen möglich. Aus diesem Grund wird auch eine PV-Fassade als neutral gegenüber der Biodiversität betrachtet.

Bei der Kombination einer Aufdach PVA mit einer intensiven oder extensiven Dachbegrünung besteht das Potential einen naturnahen Lebensraum zu bilden. Prinzipiell ist jede Form von Begrünung an einem Gebäude eine Verbesserung der Biodiversität im Vergleich zu nicht begrünten Gebäuden. Die Wirkung auf die Biodiversität und welche Arten inwiefern von einer Gebäudebegrünung profitieren und inwieweit die Kombination mit PV-Anlagen dieser Wirkung zuträglich ist, ist noch weitgehend unerforscht. Hierzu gibt es erst einzelne Studien.

In einer Studie, die von der Wiener Umweltschutzabteilung MA22 in Auftrag gegeben worden ist, wurde die Bedeutung von Flachdächern auf den Bruterfolg der Haubenlerche an 4 verschiedene Standorte in Wien untersucht. Auch wenn an allen Standorten Haubenlerchen beobachtet werden konnten, konnte nur an einem Standort, dem Briefzentrum Wien, auch Brutvorkommen in der 14-tägigen Beobachtungszeit nachgewiesen werden. Das Gebäude des Briefzentrums verfügt über ein 37.000 m² großes Flachdach, welches extensiv begrünt ist und mit zahlreichen Solarpanelen ausgestattet ist. Es wird angenommen, dass die PV-Anlage den Vögeln Sichtschutz vor Fressfeinden aus der Luft, sowie Witterungsschutz bietet. In Kombination mit dem Schutz, den ein Flachdach vor Fressfeinden am Boden, wie Katzen, Marder, etc. bietet, ermöglicht eine PV-Anlage am Dach einen attraktiven Standort für sog. Bodenbrüter. (Krampl, 2016)

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass es sich bei Gebäudebegrünungen ähnlich verhält wie in der freien Landschaft: je vielfältiger und strukturreicher eine Begrünung gestaltet ist, umso mehr Arten können davon profitieren. Auch wenn eine Begrünung nie den, durch den Bau des Gebäudes, zerstörten Lebensraum wieder ganz ausgleichen kann, bieten sie dennoch das Potential, einigen Arten eine Lebensgrundlage zu ermöglichen und eventuell auch neue Nischen entstehen zu lassen (Brenneisen, Hanselmann und Lüthy, 2020).

Die Kombination aus Dachbegrünung und PV-Anlage vereint nicht nur die Nutzung als Lebensraum und nachhaltige Energieerzeugung, sondern beeinflussen sich auch gegenseitig positiv. Der Wirkungsgrad einer PV-Anlage wird durch eine Dachbegrünung erhöht, da sich durch die Verdunstung von Wasser die Umgebungsluft weniger stark erwärmt und die PV-Module dank Aufständigung besser belüftet werden. Außerdem wird durch die Beschwerung der

Vegetationsschicht eine Befestigung der PV-Module in der Dachhaut obsolet. Die Dachhaut wird nicht verletzt und ist dadurch widerstandsfähiger. (Brenneisen, Hanselmann und Lüthy, 2020)

Auch die PV-Anlage selbst hat eine positive Wirkung auf die Biodiversität. Aufgrund der Verschattung durch die Module bleibt die Vegetationsschicht länger feucht und bietet unterschiedliche Sonnenverhältnisse, die für mehr Pflanzenvielfalt sorgt. Voraussetzung für gute Lebensbedingungen ist ein ausreichender Abstand der Module, die für ausreichend Licht und Zugang für die Grünpflege gewährleisten. Darüber hinaus verbessern begrünte Dächer, sowohl mit als auch ohne PV-Anlage, das Mikroklima, reinigen die Luft von Feinstaub und Schwefel, binden CO₂, wirken schallhemmend und speichern Regenwasser. (Brenneisen, Hanselmann und Lüthy, 2020)

Inwieweit die Biodiversität profitiert, ist genau wie bei den PV-FFA auch abhängig von der Art der Bepflanzung und deren Pflege. Daher sind heimische und standortgerechte Pflanzen zu bevorzugen. Weiters sollten genau wie bei den Freiflächenanlagen keine Pestizide, Herbizide oder Düngemittel in der Pflege eingesetzt werden. Falls nötig, sollte hier ebenfalls nur maximal ein- bis zweimal im Jahr gemäht werden.

PV-Anlagen in Kombination mit einer extensiven oder intensiven Begrünung sind bei richtiger Bepflanzung und Gestaltung der Dächer für die Biodiversität durchaus als positiv einzustufen und können für flugfähige Insekten und Vögel auch als Trittsteinbiotope dienen, sofern sie nicht zu weit von anderen natürlichen bzw. naturnahen Strukturen entfernt sind. Die Distanzen, die hierfür als geeignet betrachtet werden, sind in Kapitel 5.1.3 näher beleuchtet und ist mit max. 500 m angegeben. Generell ist die Kombination von Begrünung und PV-Anlage aufgrund der oben beschriebenen Synergieeffekte als sinnvoll zu betrachten und sollte, wann immer technisch möglich, gegenüber einer reinen PV-Anlage bevorzugt werden. In Zürich ist diese Kombination nach Artikel 11 der Bau- und Zonenordnung seit 2015 beispielsweise bereits vorgeschrieben.

4.3. Wirkungszusammenhänge von PV-Anlagen auf verschiedenen Flächentypen

Anhand der Erkenntnisse der vorangehenden Kapitel folgt eine Auflistung gewählter Flächentypen und welche PV-Ausführungsart sich im Hinblick auf den Schutz bzw. Förderung der Biodiversität am ehesten eignet.

Die ausgewählten Flächentypen beruhen auf Flächen mit Nutzungen, wo PV-FFA ausgeführt werden können und die in den ländlichen Gebieten Österreichs häufig vorkommen. Sehr kleine Anlagen mit weniger als 0,1 ha Flächenbedarf (Koscher, 2021, S. 53), welche beispielsweise auch in Gärten von Siedlungsgebieten ausgeführt werden können oder fassadenintegrierte Anlagen, werden hierbei nicht berücksichtigt.

Die Zuordnung der PV-Ausführungsart zu dem jeweiligen Flächentyp berücksichtigt zum einen die Funktionalität der derzeitigen Nutzung der Fläche und zum anderen das Potential zum Schutz bzw. Verbesserung der Biodiversität sowohl bei gleichbleibender Nutzung als auch bei Umnutzung der Fläche.

Prinzipiell sind bereits versiegelte Flächen für den Bau von PV-Anlagen vorzuziehen, da durch die duale Nutzung die Flächeneffizienz deutlich gesteigert wird. Zudem wird die Flächenkonkurrenz mit anderen Nutzungen nicht weiter verschärft. Auf die Biodiversität hat die Nutzung von bereits versiegelten Flächen, wie Straßen und Parkplätze, bisher keine direkten Auswirkungen. Eine indirekte Wirkung auf die Biodiversität könnte allenfalls nach dem Prinzip der Opportunitätskosten entstehen, da durch die Nutzung bereits überbauter Fläche von der Inanspruchnahme unversiegelter Fläche abgesehen wird.

Grünlandnutzungen, die sich mit PV-FFA vereinbaren lassen, sind Wiesen und Weiden. In der Landwirtschaft werden Wiesen im Unterschied zu Weiden nicht direkt von Nutztieren beweidet, sondern werden durch Mähen für die Futterherstellung in Form von Heu oder Silage verwendet. Hierbei eignen sich senkrechte PV-Anlagen, um die Nutzung der Fläche als Futterwiese beizubehalten. Alle anderen Bauformen von PV-FFA, beispielsweise mit Süd- bzw. Ost-West-Ausrichtung, sind ebenfalls möglich, wobei es durch Platzverbrauch und Beschattung zu Ertragseinbußen käme. Eine Verbesserung der Biodiversität hängt nicht von der Art von PV-FFA ab, sondern von der Art der Bewirtschaftung (siehe Kapitel 4.2.1). Futterwiesen werden in der Regel häufig gemäht (bis zu 6-mal im Jahr) und regelmäßig gedüngt. Dies führt zu einem Rückgang des Artenreichtums (Salcher-Lugger, Ludwig und Rüdiger, 2021).

Bei Weideflächen eignet sich sowohl senkrechte PV-FFA als auch PV-FFA beispielsweise mit Süd-Ausrichtung. Eine Beweidung mit Vieh, wie beispielsweise Rinder, Schweine, Schafe und Hühner, ist bei beiden Varianten möglich. Bei Ziegen können alle Bauformen mit erreichbaren Plattformen problematisch sein, da die Tiere auf Modultische klettern und diese beschädigen können. Ansonsten ist noch zu beachten, dass bei PV-FFA mit Süd- bzw. Ost-West-Ausrichtung die Kapazität der Weidefläche sinkt. In Bezug auf positive Effekte auf die Biodiversität kommt es auch hier vorrangig auf die Bewirtschaftung der Fläche an. Wenn es durch die Errichtung von PV-FFA auf einer Weidefläche zu einem extensiveren Pflegemanagement der Weidefläche kommt, sprich zu einer Verringerung der Häufigkeit und Dauer der Beweidung, kann das positive Effekte auf die Biodiversität haben. Ansonsten kann die Auswirkung auf die Biodiversität als neutral betrachtet werden.

Die Zahl der Landwirtschaftsflächen mit hochwertigen Böden, wie beispielsweise Schwarz- oder Braunerde, nimmt in Österreich kontinuierlich ab. Seit 1990 haben wir etwa 85.000 Hektar Ackerfläche verloren (BML, 2021). Ursachen dafür sind Verbauung für Industriegebiete, Wohngebäude, Verkehrswege, etc. Aus diesem Grund sollten Ackerflächen mit qualitativ hochwertigen Böden nur in Ausnahmefällen für die Errichtung von PV-FFA herangezogen werden. Beispielsweise, wenn andere Schutzvorrichtungen für die Kulturen (Hagelschutznetze, etc.) notwendig sind, die evtl. auch durch Agri PVA übernommen werden können.

Bei Ackerflächen mit mittlerer bzw. schlechter Bodenqualität ist die Errichtung von Agri PVA in Anpassung an die verwendeten Kulturen sinnvoll und die Flächeneffizienz kann voraussichtlich gesteigert werden. Sofern sich eine Fläche aufgrund der Lage für die Energiegewinnung eignet und Bedarf dafür besteht, ist die Nutzung von Agrarflächen für PV-FFA möglich und sinnvoll. Bei Ackerflächen mit einer schlechten Bodenqualität ist eine Umnutzung auf eine reine PV-FFA mit einer extensiven Wiesenpflege aus naturschutzfachlicher Sicht sinnvoll, da ein großes Verbesserungspotential für die Biodiversität zu erwarten ist.

Tabelle 8 Überblick zu PV-FFA-Typen und geeignete Errichtungsorte, eigene Darstellung

PV-Ausführungsart	Errichtungsorte
PV-Dach mit Begrünung	Industriegebäude
	Öffentliche Gebäude
	Private Wohngebäude
PV-Überdachung	Parkplätze
	hochrangige Straßen
Senkrechte PV	Futterwiesen
	Wiesen
	Weideflächen
Agri-PV	hohe Bodenqualität
	mittlere Bodenqualität
PV-FFA	mittlere Bodenqualität
	schlechte Bodenqualität
	Weideflächen
	Wiesen

Tabelle 9 Überblick zu Kombinationen von PV-FFA und Flächentypen

Flächentypen	Errichtungsflächen	PV-Ausführung	Biodiversitätsverbesserungspotential
Versiegelte Flächen	Parkplätze	PV-Überdachung	unbekannt
	niederrangige Straßen	x	x
	hochrangige Straßen	PV-Überdachung	unbekannt
	Industriegebäude	PV-Dach	Möglicherweise (Brutvögel)
	Öffentliche Gebäude	PV-Dach	Möglicherweise (Brutvögel)
	Private Wohngebäude	PV-Dach	Möglicherweise (Brutvögel)
Landwirtschaftsflächen	hohe Bodenqualität	Agri-PV	Möglicherweise - je nach Pflege
	mittlere Bodenqualität	Agri-PV / PV-FFA	Möglicherweise- je nach Pflege / Ja
	schlechte Bodenqualität	PV-FFA	Ja
Wiesenflächen	Futterwiesen	Senkrechte PVA/PV-FFA	nein
	Weideflächen	Senkrechte PVA/PV-FFA	Ja
	Wiesen	Senkrechte PVA/PV-FFA	Nur nach naturschutzfachlicher Prüfung sinnvoll

5. PV-FFA Ausbaukonzept mit Fokus auf Förderung von Biodiversität

Im folgenden Kapitel wird eine mögliche Herangehensweise zur Erstellung und Umsetzung eines räumlichen PV-FFA-Ausbaukonzeptes dargelegt. Der Anspruch ist, die Biodiversität nicht weiter zu gefährden, sondern sie im besten Fall zu fördern. Zunächst wird die Vorgehensweise der Analyse von Eignungsflächen für den Ausbau von PV-FFA und die zu erwartenden Ergebnisse beschrieben. Anschließend werden diese Analyseschritte an einer bestehenden KEM&KLAR in Niederösterreich angewandt.

Das Ziel ist es, geeignete Flächen für die Errichtung von PV-FFA zu ermitteln, welche nachweislich das Potential haben die Biodiversität zu fördern. Es geht sowohl um lokale Funktionen auf der jeweiligen Fläche als auch um Trittstein- bzw. Verbindungswirkungen auf regionaler Ebene. Ausschlaggebend für die Erreichung dieser Potentiale ist die Nutzung und Art der Bewirtschaftung der gegebenen Fläche (siehe Kapitel 4.2.1). PV-FFA in zweiter Ebene, sowohl auf bereits bebauter Fläche als auch in Form von Agri PVA, werden deshalb nicht behandelt.

Für die Erstellung eines biodiversitätsfreundlichen bzw. -fördernden Ausbau von PV-Freiflächenanlagen ist die Auswahl der geeigneten Flächen von größter Bedeutung. Die Definition von geeigneten Flächen im Kontext dieser Arbeit bezieht folgende Faktoren mit in Betracht:

Tabelle 10 Eignungs- und Ausschlusskriterien für ökologische PV-FFA, eigene Darstellung

	Eignung	Ausschluss
PV-Potential (Solareintrag)	Gut für PV-Geeignet – Ausrichtung der Fläche bei Hanglage nach Osten, Süden, Westen	Schlecht für PV-Geeignet – Ausrichtung der Fläche bei Hanglage nach Norden
Landnutzung	Derzeitige Landnutzung: Ackerland, Dauerkulturen, Weiden	Derzeitige Landnutzung: Bebautes Gebiet, Wald, Wasser
Biodiversität	Distanz zu naturnahen Habitaten ist hoch – < 500m (Naturdistanz nach Rüdisser)	Distanz zu naturnahen Habitaten ist gering - >500m (Naturdistanz nach Rüdisser)
	Natürlichkeit des Lebensraumes ist weder besonders hoch noch künstlich	Natürlichkeit des Lebensraumes ist besonders hoch oder künstlich
Landwirtschaft	Keine hochwertige Landwirtschaftsflächen	Hochwertige Landwirtschaftsflächen

Eignungs- und Ausschlusskriterien sind in diesem Fall nicht als harte Grenzen zu verstehen. Die einzelnen Kriterien werden hierbei immer in Kombination mit den anderen Kriterien betrachtet. Anhand derer wird abgewogen, inwieweit sich eine Fläche für eine PV-Freiflächenanlage in diesem Konzept eignet. Bei der Bewertung gibt es mehrere Abstufungen, welche folgend näher erläutert werden.

5.1. Erstellung von GIS-Analyseschritten

5.1.1. Solaranalyse

Um den Ertrag und somit die Wirtschaftlichkeit einer Fläche für eine PV-FFA zu eruieren, ist zunächst der solare Eintrag auf die Fläche festzustellen. Bei Hanglagen kommt es vorrangig auf die Ausrichtung an. Südhänge verfügen über die höchste Sonneneinstrahlung, Nordhänge sind für PV-FFA in der Regel ungeeignet, da sie weitestgehend im Schatten liegen. In dieser Arbeit wird der solare Eintrag auf die Flächen auf Grundlage eines Oberflächenmodells in ArcGIS Pro mittels des Solar Radiation Tools analysiert. Anschließend werden die Ergebnisse in Werte von „0“ – Wenig geeignet zu „1“ - geeignet umgerechnet.

5.1.2. Landnutzungsanalyse

In diesem Schritt gilt es, die derzeitige Nutzung der Flächen zu verorten und nach der Eignung des Nutzungstyps einzustufen. In dieser Arbeit wurde als Grundlage für die Analyse der Landnutzung die Daten des Corine-Landcover, der Urban Atlas 2018 herangezogen (Copernicus Land Monitoring Service, 2018). Die unterschiedlichen Nutzungstypen wurden anschließend folgende Werte zugeteilt:

Wert „+1“ – geeignet für PV-FFA:

- Ackerland (einjährige Kulturpflanzen)
- Weide

Wert „- 1“ – ungeeignet für PV-FFA:

- Wald
- Wasser
- Sport- und Freizeiteinrichtungen
- Diskontinuierliches, dichtes Stadtgefüge
- Diskontinuierliches städtisches Gefüge mittlerer Dichte
- Diskontinuierliches städtisches Gefüge mit geringer Dichte
- Diskontinuierliches städtisches Gefüge mit sehr geringer Dichte
- Isolierte Strukturen
- Industrielle, kommerzielle, öffentliche, militärische und private Einheiten
- Sonstige Straßen und zugehörige Grundstücke
- Eisenbahn und zugehörige Grundstücke
- Mineralienabbau und Deponien
- Grundstücke ohne derzeitige Nutzung
- Grüne städtische Gebiete
- Dauerkulturen (Weinberge, Obstbäume, Olivenhaine)
- Baustellen
- Flughäfen
- Schnelle Transitstraßen und zugehörige Grundstücke
- Krautige Vegetationsgesellschaften (natürliches Grasland, Moore...)
- Offene Flächen mit wenig oder keiner Vegetation (Strände, Dünen, nackte Felsen, Gletscher)
- Hafengebiete
- Feuchtgebiete

Als ungeeignet werden Landnutzungstypen eingestuft, welche nach derzeitigem Stand der Technik nicht für PV-FFA geeignet sind, wie „Wald“ und „Wasser“, sowie Landnutzungstypen, welche aufgrund der Bebauung, bzw. etwaigen Nutzungskonflikten nicht oder nur für sehr kleine für PV-FFA in Frage kommen, wie beispielsweise „Grüne städtische Nutzungsanlagen“. Ebenfalls als ungeeignet werden bereits versiegelte Flächen betrachtet, da kein positiver Beitrag zu Biodiversität durch PV-FFA entstehen kann. Daher werden diese für das Konzept dieser Arbeit nicht berücksichtigt. Auch „Dauerkulturen“ werden in dieser Kategorie eingestuft, da sie sich in der Regel nur für Agri-PV eignen und diese als neutral in Hinblick auf die Biodiversität gewertet werden (siehe Kapitel 4.2.2).

Für Waldflächen wurden zusätzlich zur Landnutzungskategorie „Wald“ des Urban Atlas 2018 bei der Landnutzung hier ein zweites Mal kategorisiert und mit dem Wert „-1“ als Ausschlussflächen eingestuft. Als Grundlage hierfür wurden GIS Dateien der Waldflächen des Geoshop von NÖ (Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, 2008) herangezogen. Bei dieser Datei sind kleinere Waldstrukturen, wie beispielsweise Windschutzhecken in der Landwirtschaft, ebenfalls mit aufgenommen. Durch den wiederholten Ausschluss der Waldflächen, kann sichergestellt werden, dass Flächen mit zu viel Bewuchs und damit verbundenen Schattenwurf, nicht als Eignungsflächen für PV-FFA in der Gesamtanalyse aufscheinen und auch kleinere Waldstrukturen mit in die Analyse aufgenommen werden können.

5.1.3. Biodiversitätsanalyse

Für die Eignung der Flächen aus naturschutzfachlicher Sicht wurden die Analysen über den Einfluss von Landnutzungsformen auf die Biodiversität (Rüdisser, Tasser und Tappeiner, 2012) in Form von GIS-Rasterdateien mit einer Rastergröße von 25x25 m herangezogen (siehe Kapitel 2.2). In die Analyse im GIS-Modell ist sowohl die Natürlichkeit der Lebensräume als auch die Entfernung zu naturnahen Lebensräumen mit eingeflossen.

Die Grade der Natürlichkeit von 1-7 werden für die Analyse zwischen den Werten „0“ für „wenig geeignet“ und „1“ für „geeignet“ in Bezug auf das Verbesserungspotential für die Biodiversität durch PV-FFA eingestuft.

Tabelle 11 Grad der Natürlichkeit, eigene Darstellung nach (Rüdisser, Tasser und Tappeiner, 2012, S. 5)

Grad der Natürlichkeit	Beschreibung der Bewertungskriterien	Landnutzungsbeispiele
1 natürlich	Natürliche oder nur minimal vom Menschen beeinflusste (z. B. durch globale Umweltbelastung) Ökosysteme.	Moore, Felsen, Gletscher
2 naturnah	Der vorherrschende Ökosystemtyp entspricht dem an diesem Standort ohne menschlichen Einfluss zu erwartenden – dessen Ausprägung wurde aber durch menschliche Aktivitäten beeinflusst.	Alpine Rasen, Wasserflächen, Wald
3 verändert	Der unter natürlichen Bedingungen vorhandene Ökosystemtyp findet sich nicht mehr und wurde durch menschliche Aktivitäten in einen anderen umgewandelt.	Wiesen, Weiden, Almweiden
4 stark verändert	Neben einer Veränderung des Ökosystemtyps kommt es auch zu einer regelmäßigen anthropogenen Beeinflussung des Edaphons (z. B. durch Drainagen, Befahren, intensive Düngung...)	Weinbauflächen, Intensivgrünland, Energiewälder
5 naturfern	Veränderter Ökosystemtyp und intensive und regelmäßige Störung und Zerstörung des Edaphons; Zerstörung des natürlichen Bodenaufbaus.	Ackerland, Parkanlagen
6 Sekundärer Lebensraum	Veränderter Ökosystemtyp und intensive und irreversible Veränderung des Bodenaufbaus und der Landschaftsstruktur; Bodenversiegelung bis zu 30 %; natürliche Elemente in Form von Sekundärlebensräumen.	Locker verbauter Siedlungsraum, Abbaubereiche
7 künstlich	Künstliche Flächen, Bodenversiegelung über 30 %.	Stadt, Verkehrsflächen

Diese Einstufung beruht auf der Annahme, dass bei natürlichen und naturnahen Lebensräumen wenig, bis gar keine Aufwertung für die Biodiversität durch PV-FFA zu erwarten ist, sondern im Gegenteil ein Risiko einer Verschlechterung durch die Errichtung und den Betrieb besteht. Bei künstlichen und sekundären Lebensräumen hingegen besteht die Annahme, dass großflächigere PV-FFA mit einem ökologischen Konzept durch bestehende Bebauung nicht realisierbar sind bzw. im Siedlungsgebiet auch ein Widerstand durch die Bevölkerung für solche vorhanden sein könnte. In

diesen Bereichen sind eher gebäudegebundene PV-Anlagen in Kombination mit begrünten Dächern zu bevorzugen, welche auch ein Verbesserungspotential für die Biodiversität aufweisen können, wie in Kapitel 4.2.3 beschrieben wurde.

Aus diesem Grund werden sowohl natürliche als auch künstliche Lebensräume mit „0“ bewertet und die dazwischenliegenden Grade der Natürlichkeit werden mit Werten zwischen „0“ und „1“ bewertet. Die am höchsten bewertete Kategorie ist somit der Grad der Natürlichkeit 4 – „stark verändert“

Darüber hinaus wurde auch die Distanz zu naturnahen Lebensräumen im GIS-Modell berücksichtigt. Hier gilt, je höher die Distanz umso eher besteht ein Aufwertungsbedarf durch PV-FFA, um Lebensräume zu schaffen und diese mit anderen naturnahen Lebensräumen zu verbinden. Als Richtwert wurde hier eine Distanz von <500 m zu naturnahen Lebensräumen als erstrebenswert angenommen. Wenn eine Distanz von 500 m zu einem naturnahen Lebensraum überschritten ist, gilt dies somit als positiver Einflussfaktor für die Errichtung einer PV-FFA. Dieser Wert bezieht sich zum einen auf die Distanzwerte von der Analyse über den Einfluss von Landnutzungsformen auf die Biodiversität bzw. wurde hier ebenfalls die Meinung von Konrad Fiedler, Abteilungsleiter des Departments für Botanik und Biodiversitätsforschung an der Universität Wien, eingeholt.

„Für alle heimischen Vögel ist diese Distanz (500 m) überbrückbar, und auch die nachgewiesenen maximalen Dispersionsdistanzen der heimischen Reptilien und vieler Fluginsekten (soweit es dazu überhaupt empirische Daten gibt ...) liegen in diesem Bereich oder darüber. Klar ist auch: bei vielen (ortstreuen) Insekten sind solche weiten Flüge schon eher die Ausnahme, und einige extrem philopatrische (ortstreue) Arten werden nur in ganz exzeptionellen Situationen jemals so weit kommen. Aber das ist die Variabilität über all die vielen Organismenarten hinweg.“ - Konrad Fiedler (Persönliche Korrespondenz am 17.08.2022)

Eine Distanz von <500 m ist somit für einige Tierarten aus den Tiergruppen Vögel, Reptilien und Fluginsekten prinzipiell eine überbrückbare Distanz, sofern keine Barrieren, wie beispielsweise mehrspurige Autobahnen, die Lebensräume voneinander trennt. Je näher sie sich zueinander befinden, umso einfacher ist die Möglichkeit einer Verbreitung bzw. ein Austausch von Tier- und Pflanzenarten zwischen diesen Lebensräumen. Im Idealfall gibt es zudem direkte Verbindungen zwischen Lebensräumen. Biotopverbindungen bzw. -korridore erleichtern und leiten die Verbreitung von diversen Tier- und Pflanzenarten (Haddad u. a., 2003).

Bei einer Biotopverbindung durch PV-FFA als Trittsteinbiotope in Gebieten, wo die Distanz zu naturnahen Lebensräumen größer als 500 m ist, sollten PV-FFA zunächst an den Orten errichtet werden, die noch am nächsten zu naturnahen Habitaten liegen. Damit können sich bereits Arten im PV-FFA Habitat etablieren, bevor die nächste Anlage errichtet wird.

Die Distanzen zu naturnahen Lebensräumen werden in der Analyse zwischen Werten von „0“ - wenig geeignet, und „1“ – geeignet, umgerechnet. Wobei Werten, die über 500 m liegen, eine höhere Gewichtung zugesprochen wird, da Flächen ab dieser Distanz mehr von Trittsteinbiotopen profitieren.

5.1.4. Wertvolle Landwirtschaftsflächen

Vor dem Hintergrund, dass die Anzahl an Landwirtschaftsflächen und somit auch die Selbstversorgungsfähigkeit Österreichs in den letzten Jahren kontinuierlich gesunken ist (BML, 2021), ist es notwendig, besonders wertvolle Landwirtschaftsflächen für die Versorgung Österreichs mit Lebensmitteln zu schützen. Auch wenn der Flächenbedarf für den Ausbau an PV-FFA für das Erreichen der erneuerbaren Energieziele sehr gering ist und nur 0,43% der Ackerflächen benötigen würde (siehe Kapitel 3.3), sind Ackerflächen in Österreich durch diverse Treiber wie z.B. Bau von Wohneinheiten und Infrastruktur stark unter Druck gesetzt (siehe Kapitel 2.3). Gerade hochwertige Ackerflächen sollten daher nicht zusätzlich durch PV-FFA beansprucht werden, sofern andere Standorte dafür zu Verfügung stehen. Hierbei ist allerdings nur die reine Nutzung mit PV-FFA gemeint. Agri PV kann auch auf hochwertigen Ackerflächen eine mögliche und sinnvolle Kombination darstellen (siehe Kapitel 4.2.2).

Wertvolle Landwirtschaftsflächen werden daher als ungeeignet und mit dem Wert „-1“ eingestuft. Die GIS-Daten hierfür stammen aus dem Forschungsprojekt "Bodenbedarf für die Ernährungssicherung in Österreich" (BEAT) unter Führung der AGES (AGES, ohne Datum).

5.1.5. Schutzgebiete

In dieser Analyse werden Naturschutzgebiete bzw. Wildnisgebiete und Nationalparke als ungeeignet und mit dem Wert „-1“ eingestuft. Alle anderen Schutzkategorien in Österreich sehen nur einen bedingten Schutz für die Biodiversität vor bzw. müssen bestimmte Eingriffe in diese Gebiete naturschutzfachlich genehmigt werden. Vor dem Hintergrund der vorgestellten Studien in Kapitel 4.2.1 ist eine Verschlechterung der Biodiversität durch PV-FFA im Regelfall nur auf Flächen zu erwarten, die bereits eine hohe Biodiversität aufweisen. Durch die Biodiversitätsanalyse soll diesem Risiko vorgebeugt werden.

Im Fall von Landschaftsschutzgebieten, bei denen der Erhalt des Landschaftsbildes im Vordergrund steht, sollte jeweils im Einzelfall über die Eignung der Fläche entschieden werden, bzw. Sonderauflagen zur Einschränkung der Sichtbarkeit beispielsweise mittels Heckpflanzung vorgesehen werden. Es besteht kein Grund, Landschaftsschutzgebiete generell auszuschließen (siehe Kapitel 3.4).

Natura 2000 Gebiete werden nicht primär ausgeschlossen, da es auch hier Ackerflächen mit Monokulturen geben kann, welche durch eine Errichtung einer naturverträglichen PV-FFA für die Biodiversität aufgewertet werden können. Bei den ermittelten Eignungsflächen, welche in ein Natura 2000 Gebiet fallen, muss vor der Planung der Errichtung einer PV-FFA allerdings naturschutzfachlich abgeklärt werden, ob diese eine potentielle Gefährdung von Lebensräumen und Arten darstellen kann, welche in der FFH-Richtlinie in diesem Gebiet verzeichnet sind.

5.2. Anwendung der Analyse in einer bestehenden Region

Folgend werden die Analyseschritte in einer ausgewählten Region angewandt, um ein mögliches Ergebnis dieser Analyse zu präsentieren und zu diskutieren. Es wird zuerst der Auswahlprozess der Region erläutert. Anschließend wird die Region und die vorherrschenden Bedingungen näher analysiert und beschrieben bevor die Analyseschritte ausgeführt werden. Die am besten geeigneten Flächen werden hervorgehoben und deren theoretisches PV-Ertragspotential ermittelt. Anschließend folgen mögliche Ausbauszenarien anhand der Ergebnisse.

5.2.1. Auswahl

Die Region wurde aus bestehenden Klima- und Energiemodellregionen ausgesucht, da diese als Vorzeigeregionen in Themengebieten der nachhaltigen Energien und Klimaschutzmaßnahmen fungieren sollen. Zudem verfügen KEMs über ein Netzwerk an Entscheidungsträger*innen und Expert*innen zu diesen Themen und über eine*n Modellregionsmanager*in, der*die als Ansprechpartner*in für eine Kooperation für diese Analyse zur Verfügung steht.

Die Auswahl der KEM erfolgte über verschiedene Kriterien. Die KEM soll über Naturräume, am besten mehrere verschiedene Typen (Wald, Auen, Wiesen), verfügen, die ein Potential zum Biotopverbund aufweisen, aber auch über Flächen, die ein Potential zur ökologischen Aufwertung besitzen (z.B. Landwirtschaftsflächen). Die Topografie soll überwiegend offen, möglichst flach und nicht zu bergig sein, damit der Einsatz von PV-FFA gut möglich ist. Zudem soll die KEM offen für PV-FFA bzw. Agri-PVA sein und im besten Fall Interesse an einer Kooperation und den Ergebnissen dieser Arbeit haben. Ein weiteres Kriterium der Auswahl war die Nähe und gute Erreichbarkeit von Wien, damit Besuche in die Region leicht möglich sind. Es kamen mehrere KEM in Niederösterreich in die nähere Auswahl (siehe Tabelle 12).

Tabelle 12 Kriterienüberblick zur Auswahl der KEM, eigene Darstellung

KEM	Topographie	Flächen für ökologische Aufwertung	Potential zur Biotopvernetzung	PV-FFA im KEM-Konzept	Nahe bei Wien
Energie³	offen, flach	vorhanden	kaum	nein	ja
Marchfeld	offen, flach	vorhanden	kaum	ist angedacht	mittel
Schwarzatal	bewaldet, bergig	kaum	eher nicht notwendig	unbekannt	nein
Tullnerfeld OST	Großteils offen, eher flach	vorhanden	vorhanden	ist angedacht	ja

Die KEM Tullnerfeld Ost erfüllt alle Kriterien und ist zusätzlich eine Klimawandel- Anpassungsregion (KLAR). Zudem war das KEM-Management auf Anfrage sehr interessiert an der Arbeit und bereit zur Kooperation.

5.2.2. Vorstellung der Region

Die Region Tullnerfeld Ost, welche als Untersuchungsregion ausgewählt wurde, ist seit 2015 eine Klima- und Energiemodellregion (KEM) sowie eine Klimawandel-Anpassungsregion (KLAR). Sie liegt in Niederösterreich nordöstlich von Wien und besteht aus fünf Gemeinden: Königstetten, Muckendorf-Wipfing, St. Andrä-Wördern, Tulbing und Zeiselmauer-Wolfpassing. Die insgesamt 89,88 km² werden im Norden von der Donau, der Bezirkshauptstadt Tulln im Westen und durch den Wienerwald im Osten und Süden eingefasst. Es leben etwa 17.000 Einwohner*innen in dieser Region. In den flachen Gebieten des Tullnerfelds ist sie stark landwirtschaftlich geprägt. Das Hügelland im Süden und Westen der Region ist hauptsächlich bewaldet und gehört zu den Ausläufern des Biosphärenparks Wienerwald. Im Norden befindet sich zudem die Tullnerfelder Donau-Au (siehe Abbildung 62 und Abbildung 63).



Abbildung 62 Panoramabild der KEM Tullnerfeld Ost, (Wychera, 2017, S. 4)

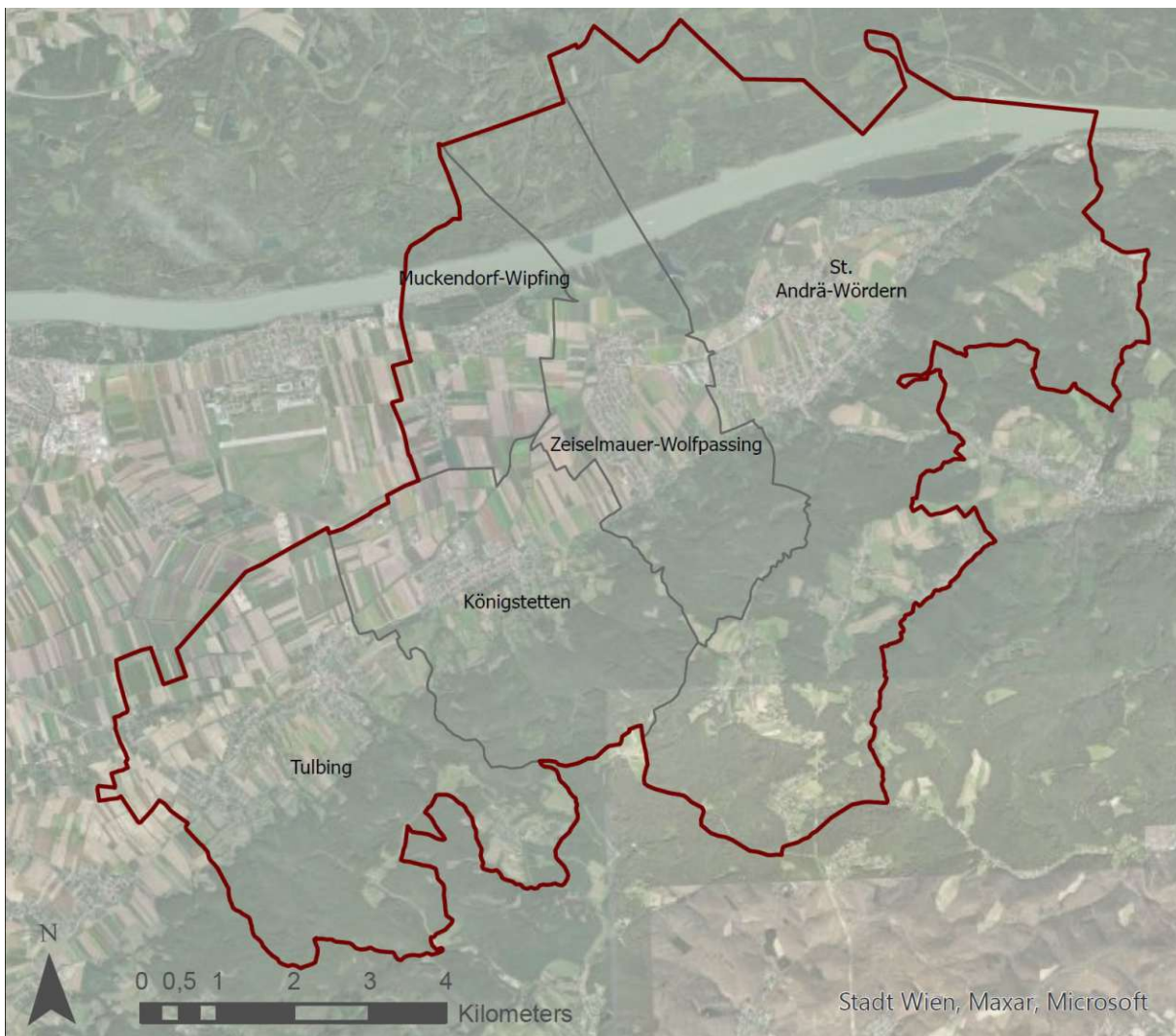


Abbildung 63 Übersicht KEM Tullnerfeld OST, eigene Darstellung

5.2.3. Demographie

Die 17.542 Einwohner*innen verteilen sich wie folgt auf die fünf Gemeinden auf:

- St.Andrä-Wördern: 7.855 EW (Stand 1.1.2022)
- Tulbing: 3.191 EW (Stand 1.1.2022)
- Königstetten: 2.534 EW (Stand 1.1.2022)
- Zeiselmauer-Wolfpassing: 2.261 EW (Stand 1.1.2022)
- Muckendorf-Wipfing: 1.701 EW (Stand 1.1.2022)

In Bezug auf Bevölkerungsstruktur und Altersverteilung sind die Gemeinden untereinander homogen. Die Altersgruppe der unter 15-Jährigen kann mit 2.594 Personen rund 15% der Bevölkerung, die Gruppe der 15-60 Jährigen mit 9.953 Personen rund 57% der Bevölkerung und die Gruppe der über 60 Jährigen mit 4.995 Personen rund 28% der Bevölkerung der KEM zugeordnet werden (Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, 2022a Eigene Berechnung). Die durchschnittliche Haushaltsgröße der Region liegt mit 2,3 Personen pro Haushalt im Bereich von suburbanen Gebieten (städtisches Umland) und damit niedriger als durchschnittlich in einem ruralen Gebiet (ländlich) mit 2,6 Personen zu erwarten wäre (Görgl u. a., 2016, S. 52–54).

Die Bevölkerungsentwicklung zeigt einen Zuwachs der Bevölkerung zwischen 2019 und 2021 von 92 Personen in der gesamten KEM. Diese schwankt aber zwischen den Gemeinden relativ stark (siehe Tabelle 13). So hat Königstetten in diesem Betrachtungszeitraum eine recht stabile und Zeiselmauer-Wolfpassing eine leicht negative Bevölkerungsentwicklung erlebt, während die anderen drei Gemeinden einen Zuwachs der Bevölkerung zu verzeichnen hatten.

*Tabelle 13 Wanderungsbilanzen der Gemeinden, eigene Darstellung nach
(Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, 2022a, Eigene Berechnungen)*

Gemeinde	Wanderungsbilanz zwischen 2019 - 2021
St.Andrä-Wördern	+ 28 Personen
Königstetten	± 0 Personen
Muckendorf-Wipfing	+ 12 Personen
Tulbing Wanderungsbilanz	+ 60 Personen
Zeiselmauer-Wolfpassing	- 8 Personen
Gesamt	+ 92 Personen

5.2.4. Verkehrsinfrastruktur

Die KEM verfügt über zwei Hauptverkehrsrouen für den motorisierten Individualverkehr (MIV). Die Landstraße B14 (früher Bundesstraße) schafft eine Verbindung zwischen Wien, Klosterneuburg und Tulln an der Donau und führt dabei durch die Gemeinden St.Andrä-Wördern, Zeiselmauer-Wolfpassing und Muckendorf-Wipfing. Die L118 ist eine wichtige Landstraße der Region, die innerhalb der KEM durch Tulbing, Königstetten, Zeiselmauer-Wolfpassing und St.Andrä-Wördern führt.

Die Westbahnstrecke verläuft in der KEM relativ zentral durch die Gemeinden St.Andrä-Wördern, Zeiselmauer-Wolfpassing und Muckendorf-Wipfing. Die S40 stellt für die Region eine wichtige öffentliche Verkehrslinie, welche etwa jede halbe Stunde fährt. Am Bahnhof in St.Andrä-Wördern bleiben zudem auch Regionalzüge stehen, er ist daher ein wichtiger Knotenpunkt der Region.

5.2.5. Landnutzung

Die KEM Tullnerfeld OST ist von verschiedenen Landschaftstypen und dementsprechend auch sehr unterschiedlichen Nutzungen geprägt (siehe Abbildung 64). 50,2% der KEM-Fläche besteht aus Wald (45,14 km²). Das Waldgebiet im Norden, die Donauauen, das Gebiet um Südosten und der Wienerwald (siehe Kapitel 5.2.8) sind durch mehrere Siedlungsgebiete, Verkehrsflächen und Landwirtschaftsflächen voneinander getrennt.

21,98% der KEM wird landwirtschaftlich mit einjährigen Kulturpflanzen genutzt (19,76 km²). Flächen mit mehrjährigen Kulturpflanzen machen dagegen nur 0,05% der KEM aus. Weidelandnutzung kommt in der KEM auf etwa 8% der Fläche vor.

Die vorhandenen Siedlungen machen insgesamt knapp 10 % der Fläche der KEM aus. Von diesen 10% weisen ca. 45% eine mittlere Dichte (zwischen 30-50% verbaut), 38% eine geringe Dichte (10-30% verbaut) und jeweils etwa 9% eine sehr geringe Dichte (unter 10% verbaut) und eine hohe Dichte (50-80% verbaut) auf.

5.2.6. Bodenqualität – Wertvolle Landwirtschaftsflächen

Der Boden der KEM und KLAR Tullnerfeld OST ist fruchtbares Schwemmland. 56% der landwirtschaftlich genutzten Fläche der KEM gehören zu den fruchtbarsten Böden Österreichs (siehe Abbildung 65), welche im Rahmen des Forschungsprojekt „BEAT: Bodenbedarf zur Ernährungssicherung in Österreich“ identifiziert wurden. Hierbei wurden neben Daten der Bodenkartierung auch zukünftige klimatische und demographische Entwicklungen mitberücksichtigt. Diese Flächen gilt es zu erhalten, um den Selbstversorgungsgrad Österreichs hochzuhalten und somit die Abhängigkeit von Importen zu reduzieren. (AGES, 2022)

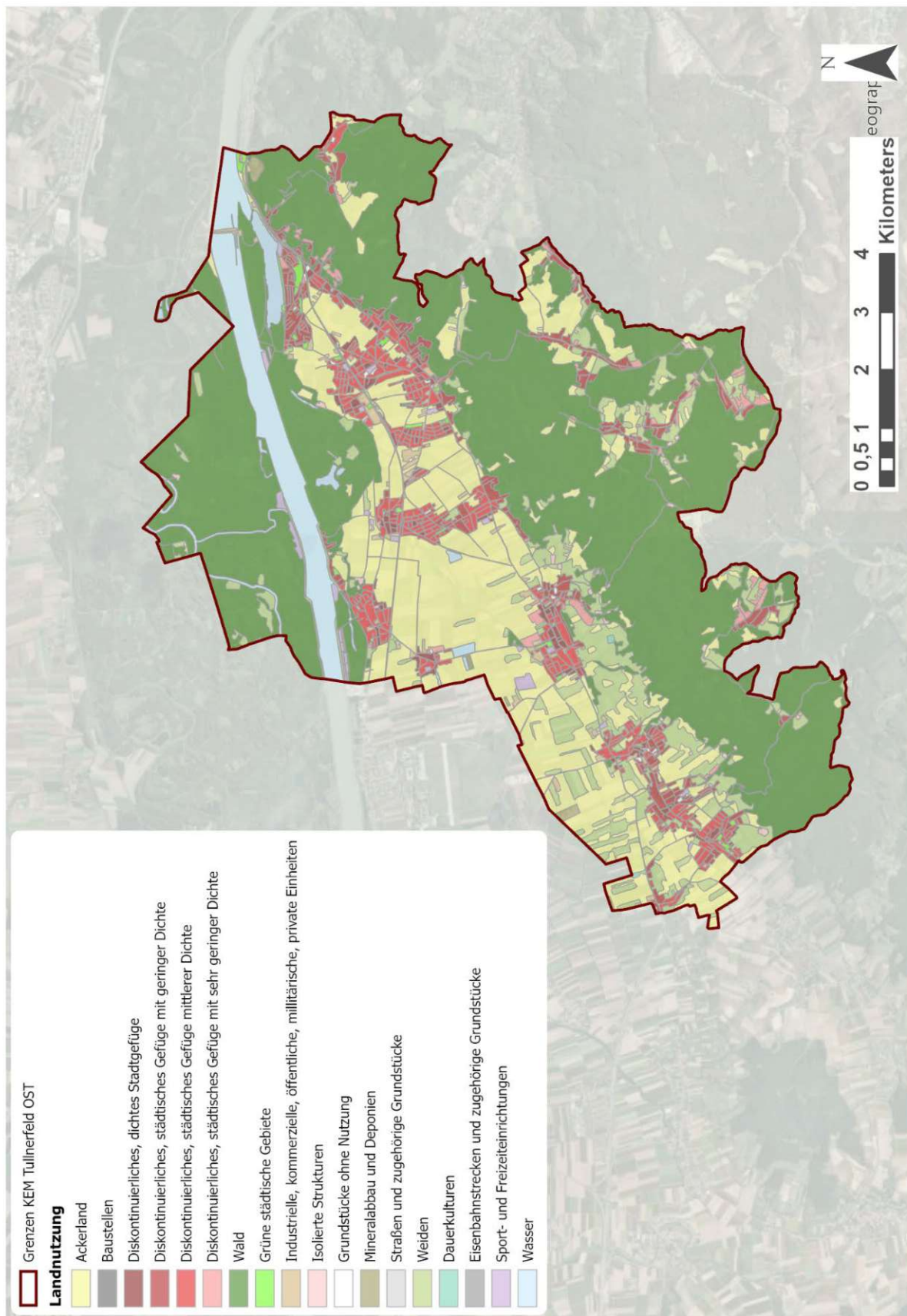


Abbildung 64: Landnutzung KEM, eigene Darstellung nach (Copernicus Land Monitoring Service, 2018)

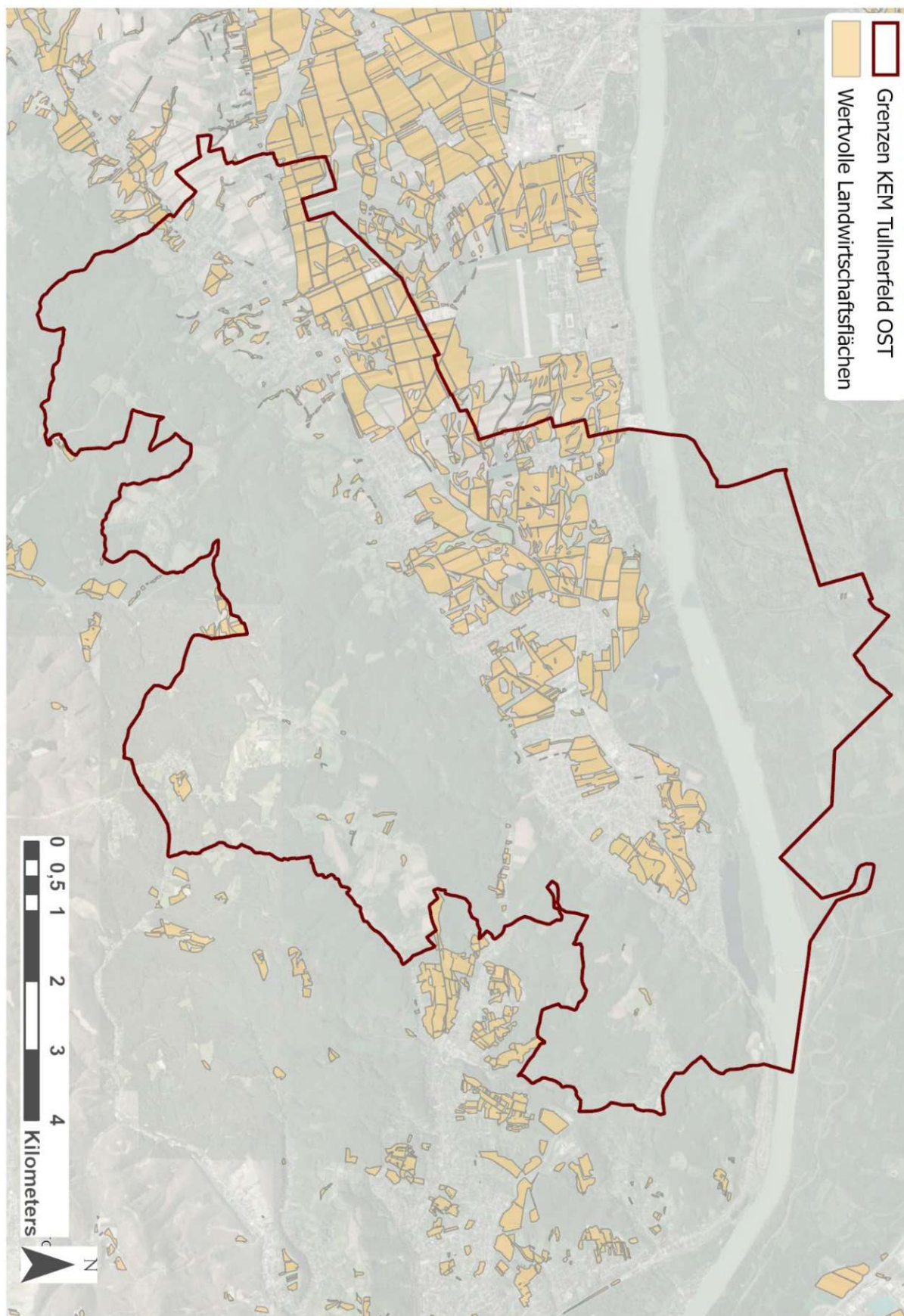


Abbildung 65 Wertvolle Landwirtschaftsflächen zur Sicherung der österreichischen Ernährungssicherheit in der KEM Tullnerfeld OST, eigene Darstellung nach (Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH (AGES), ohne Datum)

5.2.7. Klima

Die KEM Tullnerfeld OST liegt in einem Übergangsbereich zwischen den Ausläufern der Alpen und dem pannonischen Flach- und Hügelland. Die klimatisch vorherrschenden Bedingungen werden daher als pannonisch beeinflusstes Alpenostrandklima bezeichnet und es ist dementsprechend von einer von West nach Ost tendenziell abnehmenden Niederschlagswahrscheinlichkeit geprägt (siehe Abbildung 66) (Kilian, Müller und Starlinger, 1992).

Das Mittel der Niederschlagsjahressumme lag von 2011 bis 2020 in der KEM Tullnerfeld OST zwischen 800-700 mm (siehe Abbildung 66) und gehört damit zu den trockeneren Teilen Österreichs. Das Flächenmittel bei Niederschlag beträgt in Österreich beträgt etwa 1.100 mm im Jahr.

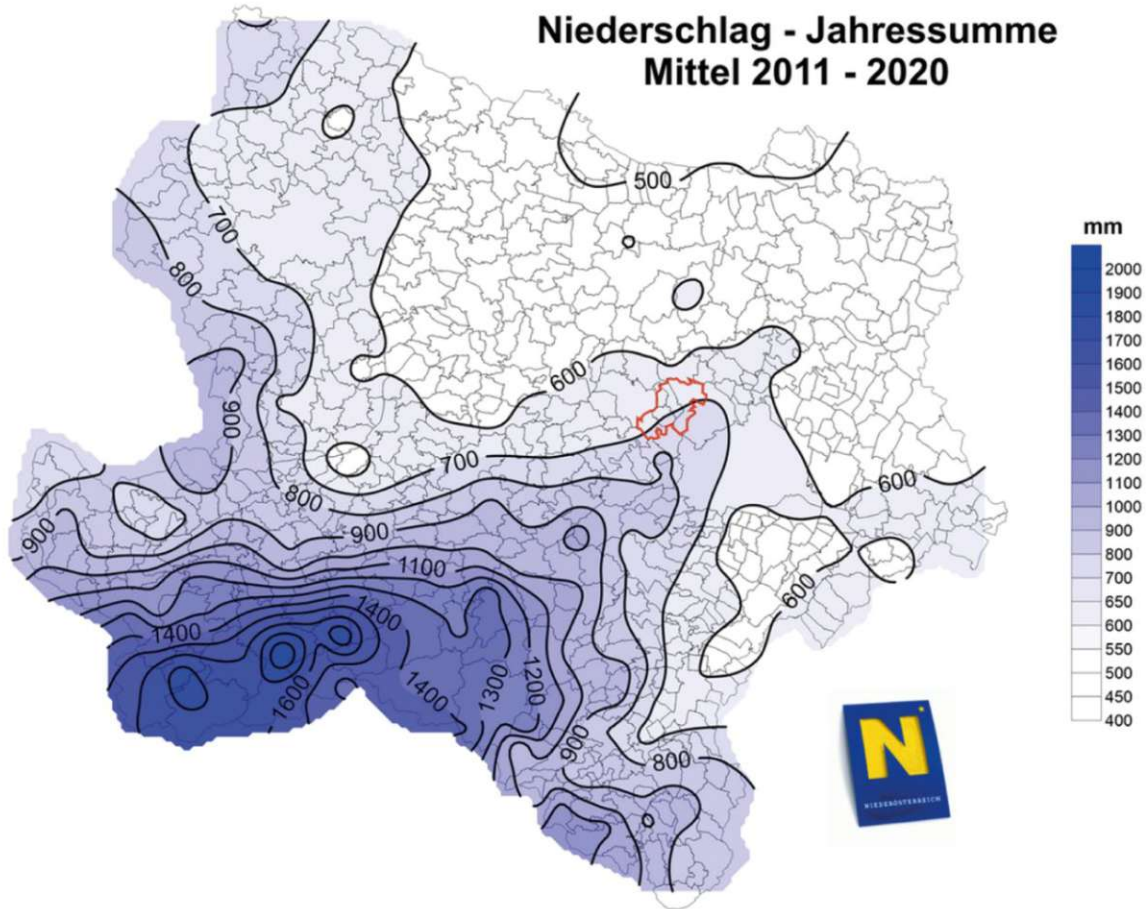


Abbildung 66 Übersicht Niederschlagssumme Niederösterreichs, (Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, ohne Datum b), KEM-Grenzen – eigene Darstellung

Die mittlere Lufttemperatur im Jahr 2020, gemessen an den nächstgelegenen Messstation - Krems an der Donau - betrug 11°C mit einer Höchsttemperatur von 35°C im Juli und einer Tiefsttemperatur von -7,9°C im Dezember. Wie in Abbildung 67 zu sehen ist, hat sich die durchschnittliche Jahreslufttemperatur zwischen 2007 und 2020 leicht erhöht. (Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, 2021, S. 35)

Lufttemperatur (Jahresmittel in °C) 2007–2020 nach Landschaftsräumen

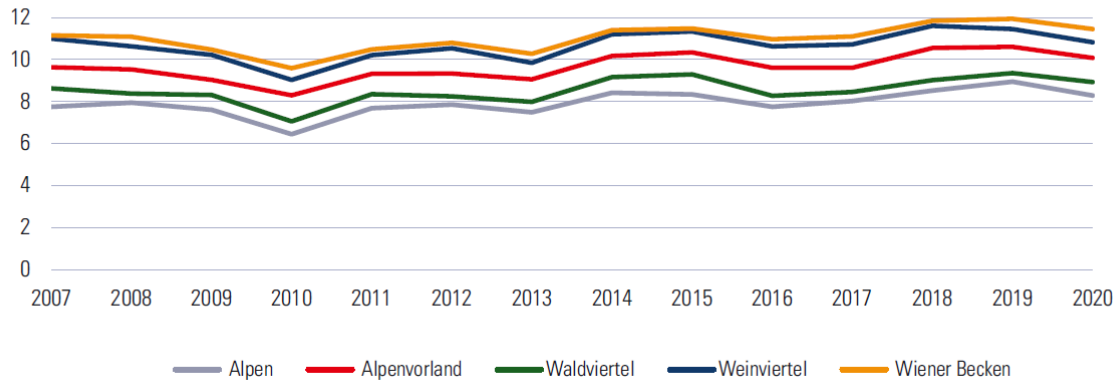


Abbildung 67 Jahresmittel LufttemperaturNiederösterreich, (Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, 2021, S. 36)

In Bezug auf Sonnenstunden liegt die KEM Tullnerfeld OST in einer Region mit einer hohen Einstrahlung für Österreich (siehe Abbildung 68). Im Jahr 2020 konnten bei der Messstelle in der Nähe der KEM (Krems an der Donau) 1.736 Sonnenstunden verzeichnet werden. Das ist allerdings der niedrigste Wert aller Messstationen in Niederösterreich und beträgt 45% der dort örtlich möglichen Sonnenscheindauer (Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, 2021, S. 40). Abbildung 69 zeigt den Verlauf der Sonnenscheindauer in Prozent der örtlich möglichen Dauer zwischen 2011 und 2020. Hier zeigt sich, dass das Jahr 2020 ein unterdurchschnittliches Jahr bezogen auf die Sonnenscheindauer war.

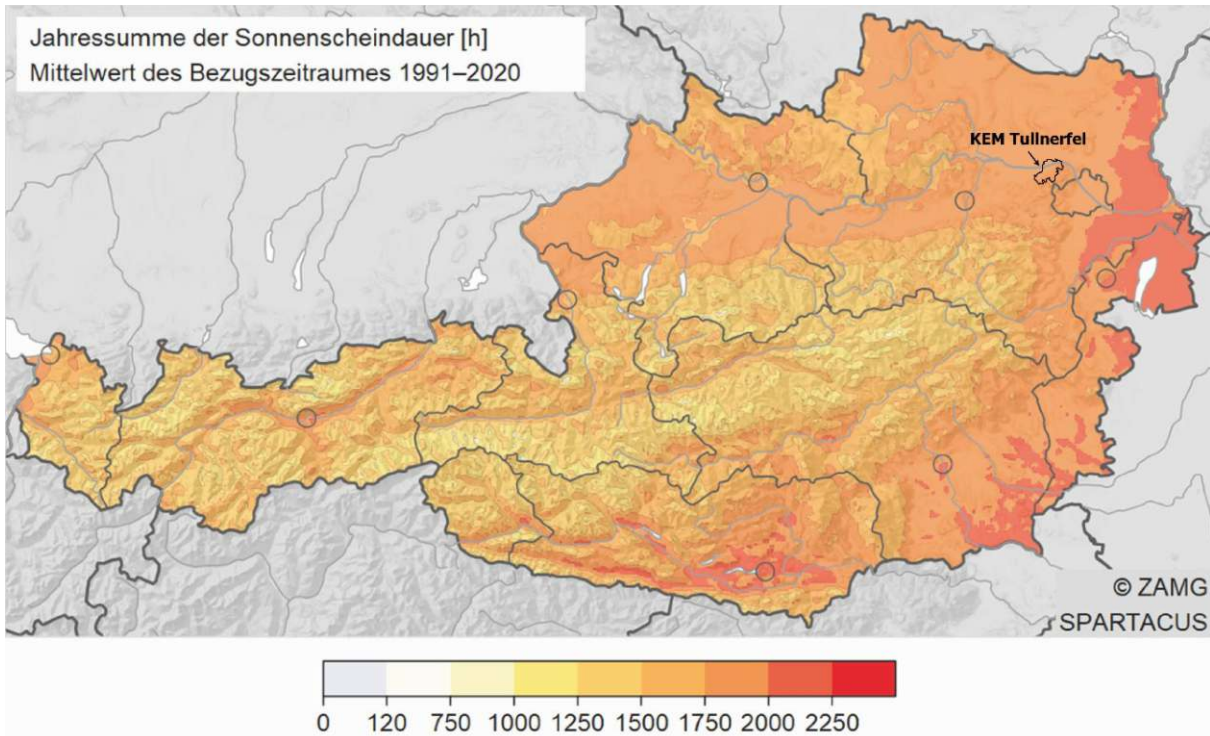


Abbildung 68 Jahressumme der Sonnenscheindauer in Niederösterreich, (ZAMG, 2021)

Sonnenschein in % der örtlich möglichen Dauer 2011–2020

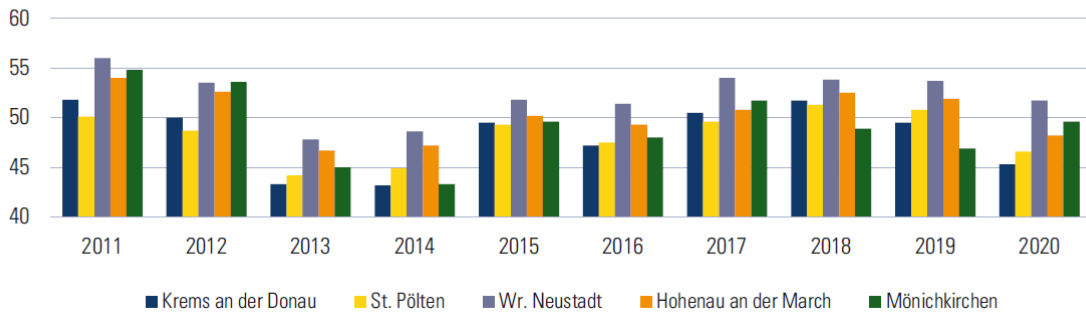


Abbildung 69 Sonnenscheindauer in % in Niederösterreich, (Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, 2021, S. 41)

Das Klima in Niederösterreich ändert sich durch den menschengemachten Klimawandel. Die konkret bevorstehenden Auswirkungen sind allerdings nur schwer und mit wenig Genauigkeit in dieser Lokalität vorherzusagen. Die Jahresmitteltemperatur ist seit Mitte des 19. Jahrhunderts im Norden Österreichs bereits um 2°C angestiegen. Dieser Trend wird sich weiter fortsetzen (Haslinger, ohne Datum, S. 5). Inwieweit sich dieser Trend abbremsen lässt, hängt von den globalen Anstrengungen der Menschheit für den Klimaschutz ab.

JAHRESMITTELTEMPERATUR 1768 - 2018 REGION NORD

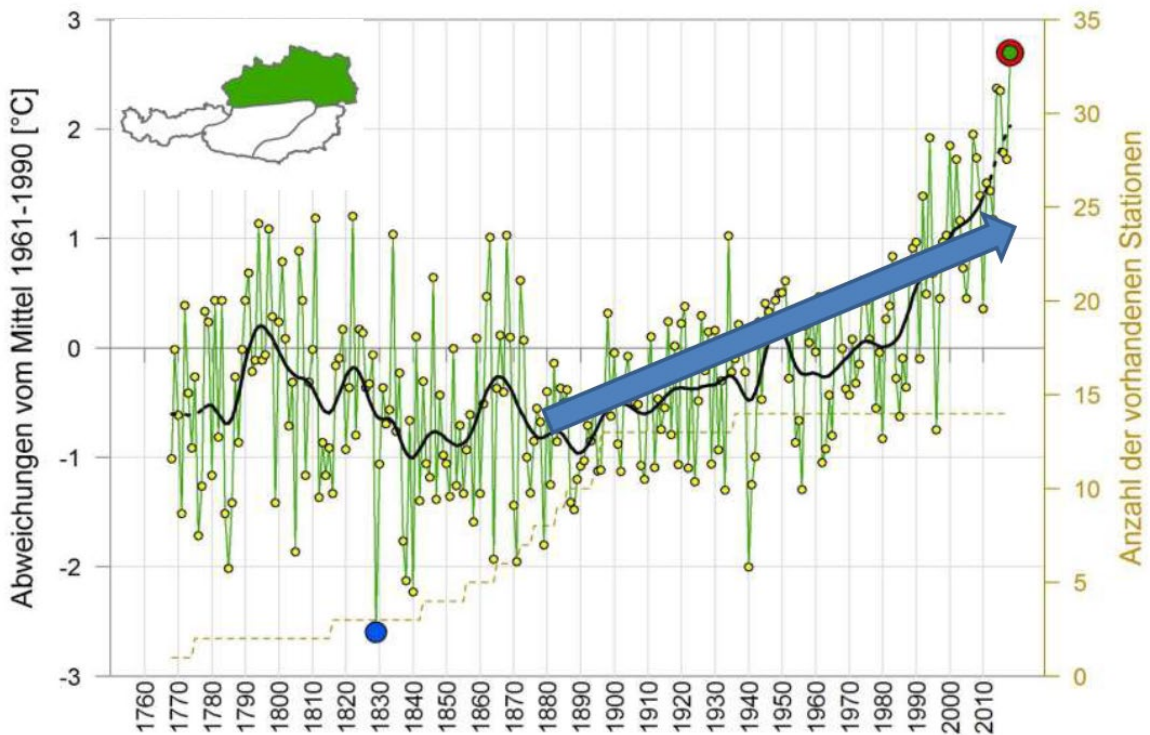


Abbildung 70 Jahresmitteltemperatur in Österreich Region Nord, (Haslinger, ohne Datum, S. 5)

In Bezug auf Niederschlag ist im Norden Österreichs und somit auch in der KEM eine Veränderung in der Häufigkeit und der Intensität von Niederschlagsereignissen zu rechnen. So wird es voraussichtlich seltener Niederschlagsereignisse geben, jedoch dafür häufiger mit hohen bis extremen Tagesniederschlagsmengen (Haslinger, ohne Datum). Weiters ist ein langfristig abnehmender Trend bei der Bodenfeuchte aufgrund von zunehmender Verdunstung zu erwarten (Haslinger, ohne Datum).

5.2.8. Naturräume

Wie bereits erwähnt, gehört die KEM Tullnerfeld OST zum Teil zu den Ausläufern der Nordalpen und zum Teil zu den Pannonischen Flach- und Hügelländern bzw. Pannonikum. Die Nordalpen bilden mit etwa 20.000 km² Fläche, was 24% des österreichischen Staatsgebiets entspricht, den zweitgrößten Naturraum Österreichs und ziehen sich von Vorarlberg bis nach Wien. Die KEM Tullnerfeld OST befindet sich in den nördlichsten Ausläufern der Nordalpen. Das Pannonikum ist mit 9.500 km² und 10,7% Flächenanteil der drittgrößte Naturraum in Österreich und weist die geringste Waldfläche auf. Auwälder an der Donau, wie sie in der Stockerauer Au zu finden sind, sind hier eine Ausnahme. Normalerweise überwiegt die Nutzung als Ackerfläche. (Prinz, Essl und Sauberer, 2017)

Teilregionen des NÖ Naturschutzkonzept

Im NÖ Naturschutzkonzept werden 26 Teilregionen unterschieden, welche je nach Gegebenheiten, naturschutzfachlich unterschieden werden und über verschiedene Handlungsschwerpunkte verfügen. Die KEM Tullnerfeld OST hat Anteil an drei der 26 Teilregionen (siehe Abbildung 71).

Nordwestlicher Wienerwald

Diese Teilregion macht 48% der KEM aus. Wald ist die dominierende Landbedeckung in dieser Region. Dieser besteht vorwiegend aus Buchenwald. In der Offenlandschaft finden sich vor allem Wiesen und Weiden, sowie Streuobstwiesen, in breiteren Tälern auch Ackerbau. Sumpf- und Feuchtwiesen, bestehen durch wasserundurchlässigen Untergrund, welcher auch die Entstehung von Quellen und Nassgallen fördert. Der naturschutzfachliche Zustand dieser Region wird als vielfältig und aufgrund großteils extensiver Nutzung als guter Lebensraum, speziell für Amphibien, Krebse und Weichtiere eingeschätzt. Daraus resultieren folgende naturschutzfachliche Schwerpunkte für diese Region (Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, 2015):

- Erhaltung und Förderung der Wiesen-Vielfalt in ihrer gesamten ökologischen Bandbreite von trocken bis nass und mager bis fett
- Erhaltung und Entwicklung großflächiger Wiesen-Ökosysteme (u.a. als Lebensraum des Wachtelkönigs)
- Schutz, Nachpflanzung und Pflege alter Obstbaumalleen, Streuobstbestände und Hochstamm-Obstwiesen
- Schutz und Management der Quellen und Nassgallen
- Förderung der Vielfalt an naturnahen Laubwäldern mit reichlich Alt- und Totholz
- Erhaltung und Entwicklung großräumiger, nutzungs- und störungsarmer Waldkomplexe in der Region
- Schutz, Management und Revitalisierung naturnaher Fließgewässer und ihrer begleitenden Ökosysteme als Lebensraum von z.B. Steinkrebs, Feuersalamander, Koppe, Flussmuschel (Hirschgartenbach bei Mauerbach) und Quelljungfern.

Tullnerfeld - Südwestliches Weinviertel

48% der KEM gehören zu dieser Teilregion. Das nördliche sowie das südliche Tullnerfeld haben ihre ursprünglich typischen Feuchtwiesen verloren, da sie für den Ackerbau entwässert wurden. Naturnahe Reststrukturen sind nur noch vereinzelt vorhanden. In den Donauauen, welche als Natura 2000 Gebiet unter Schutz stehen, sind die Lebensräume vielfältig mit naturnahen Wäldern, Feuchtlebensräumen, Heißländern, Trockenrasen und extensiv bewirtschafteten Wiesen. Diese Gegensätze prägen die Region stark und sie sind daher naturschutzfachlich sehr differenziert zu betrachten. Die naturschutzfachlichen Schwerpunkte wurden daher wie folgt beschrieben (Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, 2015):

- Schutz und Pflege der Heißländern und extensiv genutzter Auwiesen
- Erhaltung und Förderung der Auwälder in den Donauauen mit reichlich Alt- und Totholzanteil
- Schutz und Pflege insel- oder korridorartig vorhandener Sondersituationen, wie etwa Trockenrasen (z.B. am Wagram) oder Grabenböschungen mit Resten von Feuchtwiesen
- Entwicklung von Pufferzonen entlang wasserführender Gräben und Bächen und Reduzierung des Spritzmittel- und Düngemittelintrags durch Nutzung von Förderprogrammen (z.B. Perschling mit Flussmuschel und Donau-Kahnschnecke)
- Erhaltung und Entwicklung nicht-agrarisch genutzter Zwischenstrukturen in den von Ackerbau dominierten Landschaften
- Bewahrung und Management des großräumigen Offenlandcharakters des Tullnerfeldes
- Schutz und Management der Urzeitkrebsvorkommen (v.a. im nördlichen Tullnerfeld zwischen Bierbaum und Neuaigen)
- Erhaltung und Pflege der Weinbaukomplexlandschaft (z.B. am Wagram) mit kleinteiligem Nutzungsmuster und hohem Anteil an Zwischenstrukturen
- Schutz und Management naturnaher Altarmsysteme als Lebensraum u.a. von Muscheln und des Bitterlings.

Östliches Alpenvorland

Diese Teilregion macht nur 4% der KEM aus. Sie ist ebenfalls großteils durch Ackerbau dominiert, aber auch durch Viehmast und Feldfutteranbau. Es gibt Vorkommen von größeren Waldbereichen, auch Galeriewälder entlang von Fließgewässern. Diese wurden räumlich häufig stark eingengt und sind dadurch in ihrer natürlichen Dynamik reduziert. Es kommen unter anderem Halbtrocken- und Schittertrockenrasen, nährstoffarme Ackerraine und trocken-warme Waldsäume vor. Natürliche Lebensräume finden sich hier hauptsächlich entlang der Flüsse. Die naturschutzfachlichen Schwerpunkte sind daher wie folgt definiert (Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, 2015):

- Schutz und Pflege der Trockenrasen und Halbtrockenrasen (z.B. im Traisental und in den Hollenburger Bergen)
- Erhaltung und naturschutzfachliches Management magerer Wiesenökosysteme
- Erhaltung und Entwicklung der insel- und korridorartig vorhandenen Sondersituationen wie z.B. der seltenen Lebensraumtypen entlang des ökologischen Gradienten der Taleinhänge
- Schutz, Revitalisierung und Management naturnaher, dynamischer Fließgewässerabschnitte (z.B. Perschling mit Flussmuschel)
- Erhaltung, Förderung und Management der nicht-agrarisch genutzten Zwischenstrukturen in den von Ackerbau dominierten Landschaften (z.B. Feldraine oder Hecken)
- Schutz und Pflege der Obstbaumalleen und Hochstamm-Obstwiesen
- Erhaltung und Förderung artenreicher Laubmischwälder und der Schwarzföhrenwälder (z.B. in den Hollenburger Bergen).

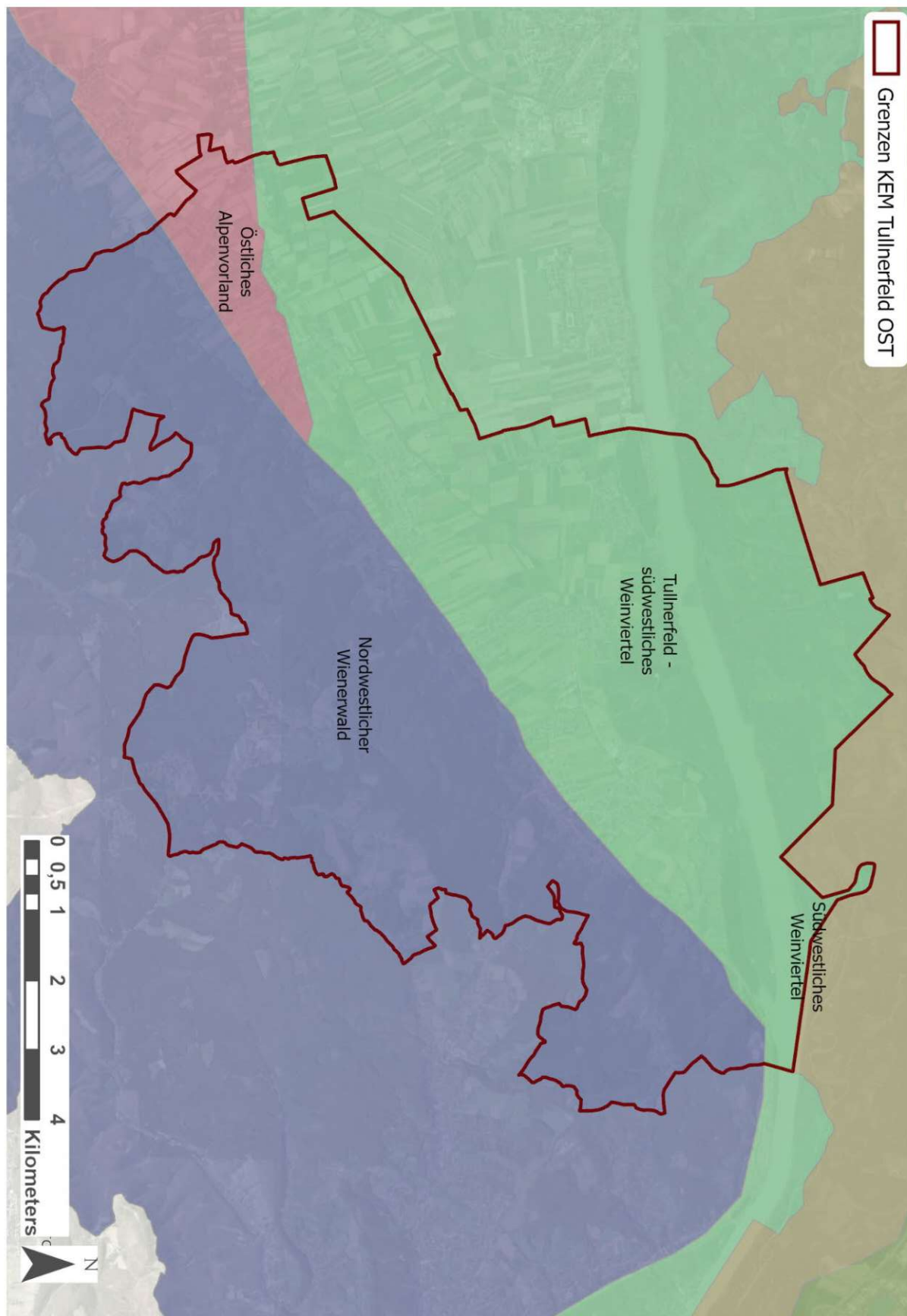


Abbildung 71 Teilregionen des NÖ Naturschutzkonzepts in der KEM Tullnerfeld OST, eigene Darstellung nach (Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, RU5, 2022)

In der KEM befinden sich zudem zwei markante und geschützte Naturräume: Der Biosphärenpark Wienerwald und die Tullnerfeldner Donau-Auen.

Biosphärenpark Wienerwald

Der Wienerwald wurde von der UNESCO 2005 zum Biosphärenpark (BP) ernannt (siehe Abbildung 73). Wie bereits in Kapitel 2.6. beschrieben, gibt es in einem Biosphärenpark Kernzonen, welche streng geschützt und forstlich nicht mehr genutzt werden, Pflegezonen (wichtige Kulturlandschaften, die nach naturschutzfachlichen Kriterien gepflegt werden) und die Entwicklungszonen. Im BP Wienerwald befinden sich 37 Kernzonen mit ca. 5.400 ha Fläche. Dies entspricht etwa 5% der Gesamtfläche, welche als „Urwälder von morgen“ bezeichnet werden. Die Kernzonen des Wienerwaldes, die innerhalb der KEM liegen, sind in Niederösterreich als Naturschutzgebiete verordnet. Es befinden sich im KEM-Gebiet zwei Naturschutzgebiete bzw. zwei Kernzonen des BP Wienerwald. Die Kernzone „Altenberg“ mit einer Fläche von etwa 106 ha in der Gemeinde St.Andrä-Wördern und die Kernzone „Rauchbuchberg“ mit einer Ausdehnung von etwa 67 ha in der Gemeinde Tulbing.

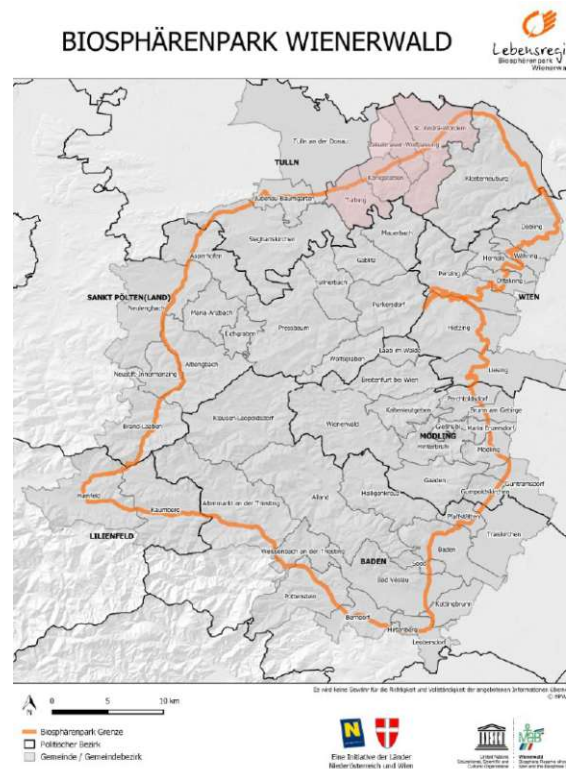


Abbildung 72 Überblick Biosphärenpark Wienerwald, (BPWW. 2018)

Die gesamte Waldfläche, die an der südwestlichen Grenze der KEM liegt, und noch einige Hektar darüber hinaus, sind Teil des BP Wienerwald (siehe Abbildung 74). Insgesamt gehören ca. 5.000 ha der KEM zum BP Wienerwald, welcher in Niederösterreich als Landschaftsschutzgebiet verordnet ist. Alle Gemeinden der KEM Tullnerfeld OST bis auf Muckendorf-Wipfing haben Anteile am BP Wienerwald. St.Andrä-Wördern hat mit 2.203 ha flächenmäßig den größten Anteil und Tulbing mit 81 % seiner Gemeindefläche prozentual den größten Anteil.

- Tulbing 1.496 ha – 81%
- Königstetten 885 ha – 67%
- St.Andrä-Wördern 2.203 ha – 56%
- Zeiselmauer 418 ha – 33%

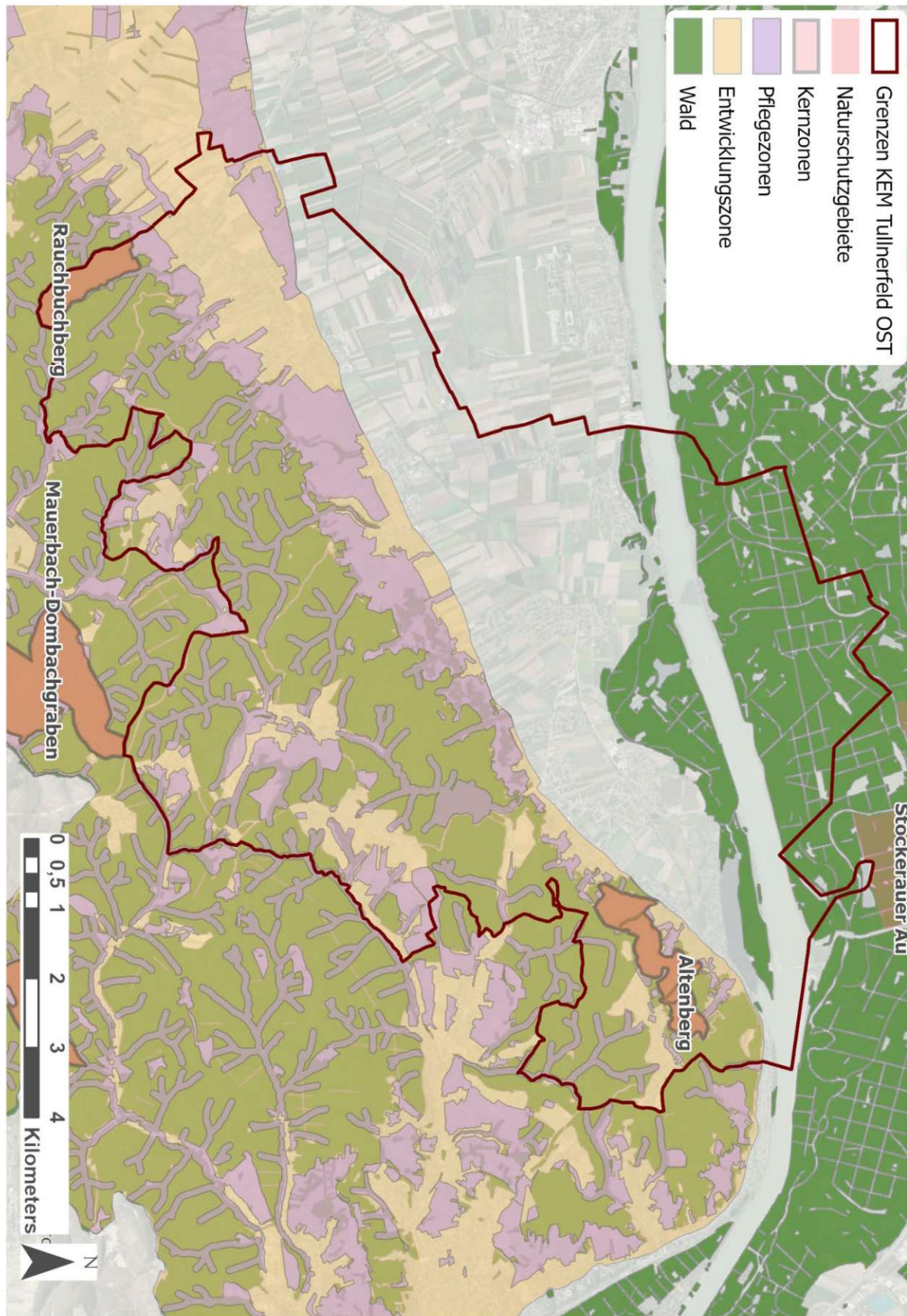


Abbildung 73 Überblick zu Kern-, Pflege- und Entwicklungszonen des BPWW, eigene Darstellung nach (Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, RU7, 2022)

Der Wienerwald weist vielfältige Lebensbedingungen auf, welche von Faktoren wie Gestein, Hangneigungen, Boden, Seehöhe, Himmelsrichtungen, Klima und Feuchtigkeit beeinflusst werden. Aufgrund dieser unterschiedlichen Bedingungen, die im Wienerwald vorherrschen, bietet er vielen verschiedenen Pflanzengemeinschaften Lebensraum. Es konnten bisher 33 verschiedene Waldtypen im Wienerwald nachgewiesen werden. Er ist das größte zusammenhängende Laubwaldgebiet Mitteleuropas. Mehr als die Hälfte der Fläche des Waldes ist Buchenwald, speziell Waldmeister-Buchenwald. Eichen-Hainbuchen- und Schwarzföhrenwälder sind die nächsthäufigsten Waldtypen. (Brenner, Drozdowski und Mrkvicka, 2015)

Die Wiesen des BP, von denen auch einige in der KEM liegen, sind eine Mischung aus Mager-, Feucht- und Sauerwiesen und weisen eine hohe Biodiversität auf. Es konnten hier bisher ca. 500 verschiedene Pflanzenarten nachgewiesen werden, von denen einige auf der roten Liste der bedrohten Arten stehen (Blühendes Österreich, 2020). Der Großteil der Wiesen des BP-Wienerwaldes gelten als Pflegezone. Speziell Waldränder zählen als besonders artenreiche „Grenzlebensräume“, da Pflanzen und Tiere der Wiesen, mit denen der Wälder und Gebüsche zusammentreffen und auch ein besonderes Mikroklima herrscht. Im Gemeindegebiet von St. Andrä-Wördern liegt zudem noch ein Teil des Naturparks Eichenhain, der sich nach Klosterneuburg erstreckt. Hier dominieren vor allem Eichen- und Buchenwälder. Es gibt diverse Naturbildungsangebote, in Form von Greifvogelschutzstationen und Naturlehrpfaden, sowie Naturerlebnisse.

Die Fläche des BP Wienerwald hat auch eine großflächige Überschneidung mit dem Natura 2000 Gebiet „Wienerwald Thermenregion“ innerhalb KEM. Dieses unterliegt innerhalb der KEM sowohl der FFH- als auch Vogelschutzrichtlinie. Ein nachhaltiger Schaden an der Charakteristik der Landschaft ist durch menschliche Eingriffe also zu vermeiden, speziell im Landschaftsschutzgebiet, wenn die Schönheit oder Eigenart der Landschaft „gefährdet“ ist. Eingriffe sind in manchen Fällen auch genehmigungspflichtig. Darunter können auch PV-Anlagen fallen. In Natura 2000 Gebieten benötigen Projekte eine Naturverträglichkeitsprüfung, die eine erhebliche Beeinträchtigung für die schützenswerten Lebensräume und Arten, die nach der FFH-Richtlinie in diesem Gebiet vorkommen, verursachen.

Tullnerfelder Donau-Auen

Im Norden der KEM entlang der Donau liegen die sogenannten Donau-Auen, welche sich zwischen Krems und Wien erstrecken. Sie sind als Natura 2000 Schutzgebiet unter dem Namen „Tullnerfelder Donau-Auen“ verordnet. Sie unterliegen sowohl der FFH- als auch der Vogelschutzrichtlinie. Dieses Schutzgebiet ist mit etwa 17.500 ha das größte zusammenhängende Auenwaldgebiet Österreichs. 1.803 ha (10,3%) dieses Natura-2000 Gebiets gehören zur KEM Tullnerfeld OST. Neben diversen Vogelarten bietet es auch vielen Säugetier- (darunter Biber und Fischotter), Fisch- und Insektenarten einen geeigneten Lebensraum (Energie- und Umweltagentur des Landes Niederösterreich, ohne Datum). Das Gebiet gehört zudem zum wichtigsten Verbreitungsgebiet von Eichen-Ulmen-Eschenauen und Erlen-Eschen-Weidenauen, welche naturschutzfachlich eine hohe Bedeutung haben, da ihr Vorkommen in Österreich in den letzten Jahrzehnten aufgrund von flussbaulichen Maßnahmen, der Absenkung des Grundwasserspiegels und forstwirtschaftlicher Intensivierung stark abgenommen hat (Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, 2009).

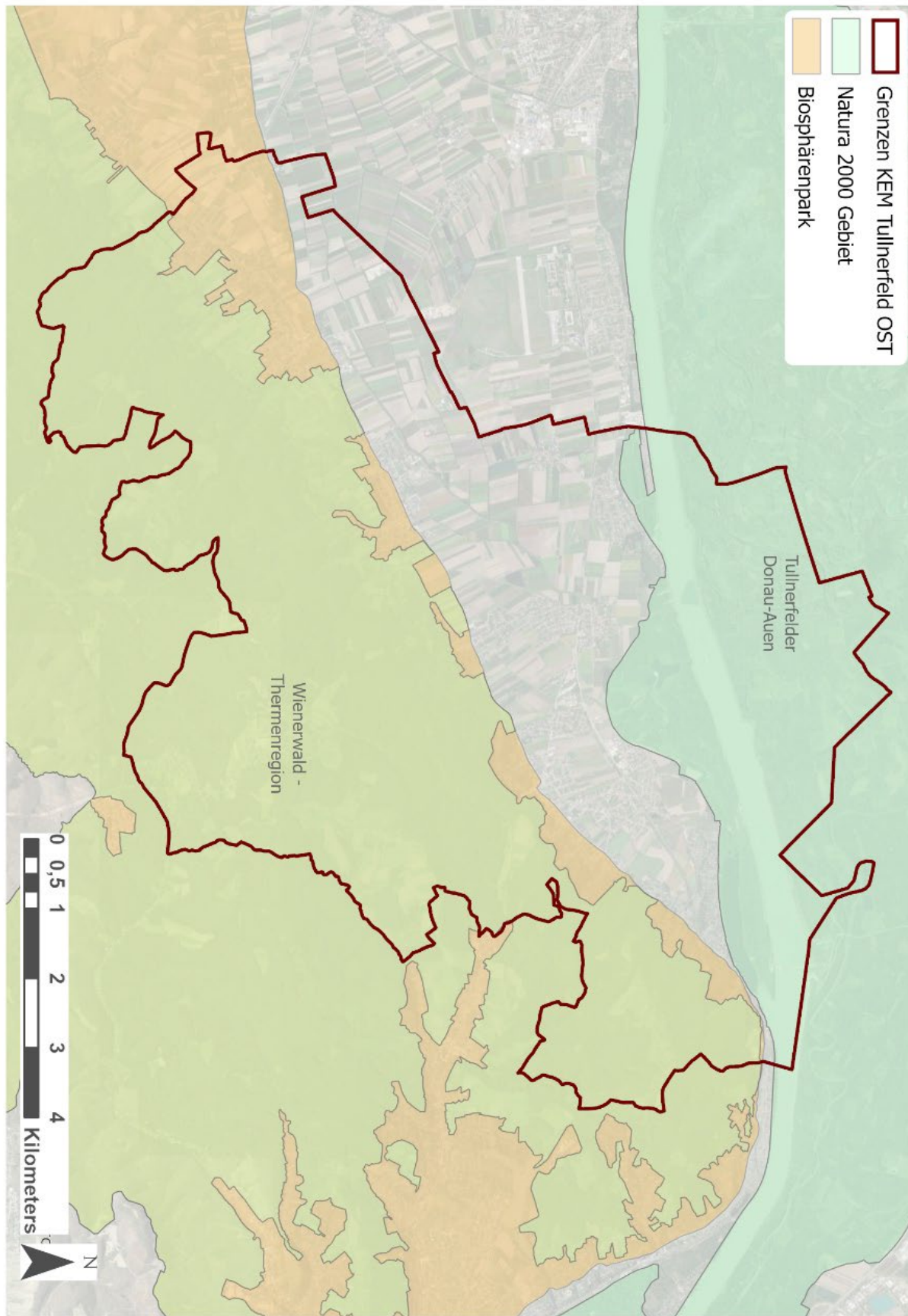


Abbildung 74 Überlappung des Biosphärenpark Wienerwald und Natura 2000 Gebiete in der KEM, eigene Darstellung nach (Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, ohne Datum a)

5.2.9. Biodiversität

Die in Kapitel 2.2 beschriebenen flächendeckenden Biodiversitätsindikatoren, welche im Zuge des proVISION Projekts „Werkzeuge für Modelle einer nachhaltigen Wirtschaft“ 2012 entwickelt wurden, werden in dieser Arbeit zur Bewertung der Biodiversität in der Region Tullnerfeld OST herangezogen. Nachdem es sich auch hierbei um Daten aus 2010 handelt, wird mit aktuellen Satellitenbildern verglichen, ob starke Veränderungen, wie beispielsweise weitere Verbauung, stattgefunden haben. Großflächige Verbesserungen sind in der Landnutzung eher nicht anzunehmen, da der Flächenverbrauch in Niederösterreich und speziell in der näheren Umgebung Wiens seit 2010 deutlich gestiegen ist (siehe Kapitel 2.6.1).

Wie in Abbildung 75 zu sehen ist, befinden sich außerhalb der Waldflächen des Biosphärenparks Wienerwald und des Auwaldgebiets entlang der Donau in dem KEM wenige natürliche Flächen. Es ist auch eine starke Trennung zwischen den beiden großen Naturräumen der KEM auf dieser Karte erkennbar. Abbildung 76 zeigt die Distanzen zu naturnahen Lebensräumen in der KEM. Auch hier ist die Trennung der beiden wichtigen Naturräume Wienerwald und Donau-Auen erkennbar. Allerdings zeigt sich, dass trotz geringer Natürlichkeit außerhalb der Naturräume im Osten, die Distanzen zu naturnahen Lebensräumen im Westen deutlich größer sind.

Der Index „Naturdistanz“ ist eine kombinierte Darstellung der Natürlichkeit der Lebensräume und der Distanz zu naturnahen Lebensräumen und spiegelt die „Gesamtbewertung“ beider Indikatoren wider. Hier zeigt sich, dass der ökologische Zustand der Landwirtschaftsflächen in den Gemeinden Zeiselmauer-Wolfpassing und Muckendorf-Wipfing, aber auch die westlich gelegenen Landwirtschaftsflächen der Gemeinde Tulbing, neben den Siedlungsgebieten, am schlechtesten zu bewerten sind (siehe Abbildung 77).

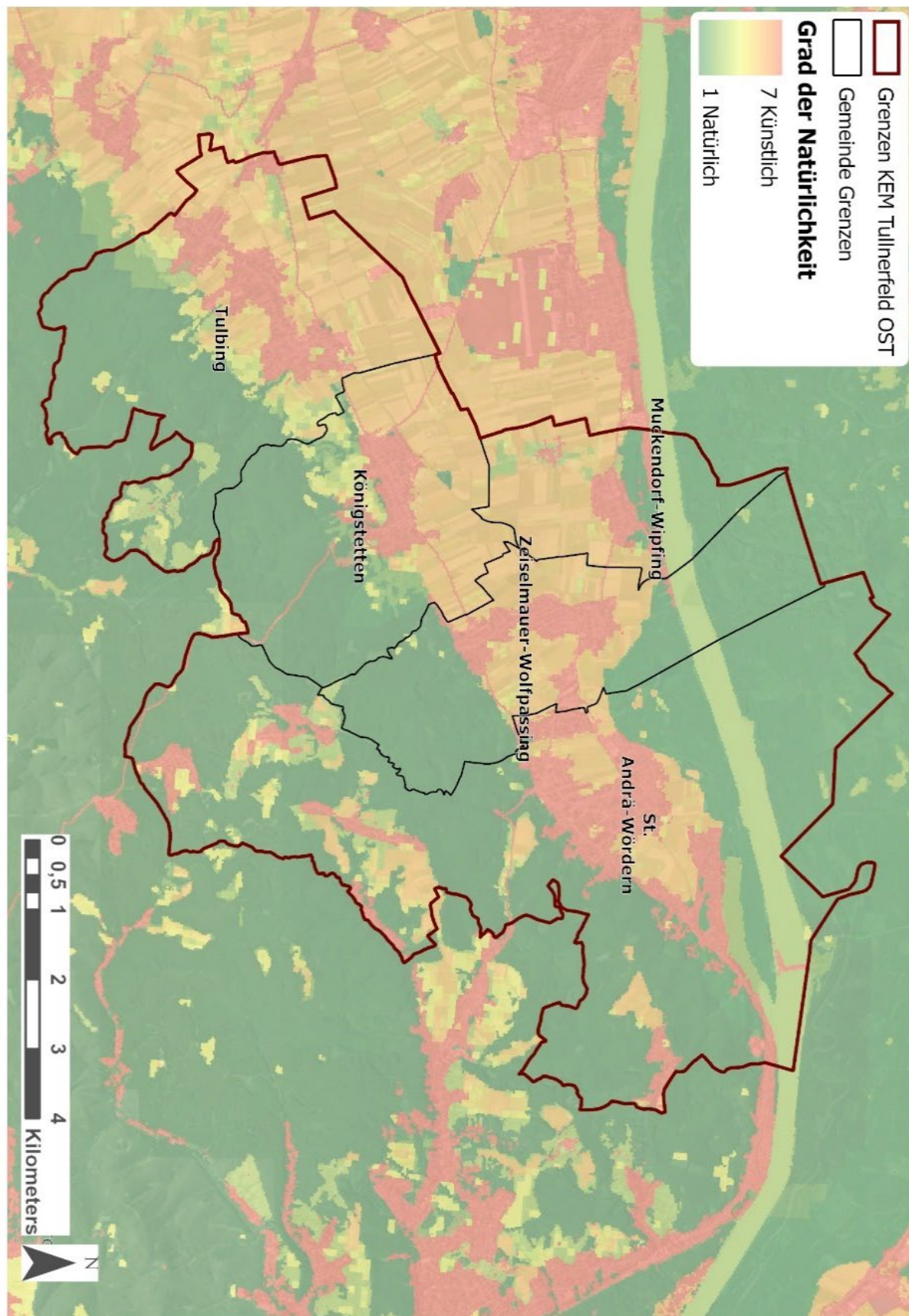


Abbildung 75: Bewertung Natürlichkeit der Lebensräume, eigene Darstellung nach (Rüdissler, Tasser und Tappeiner, 2012)

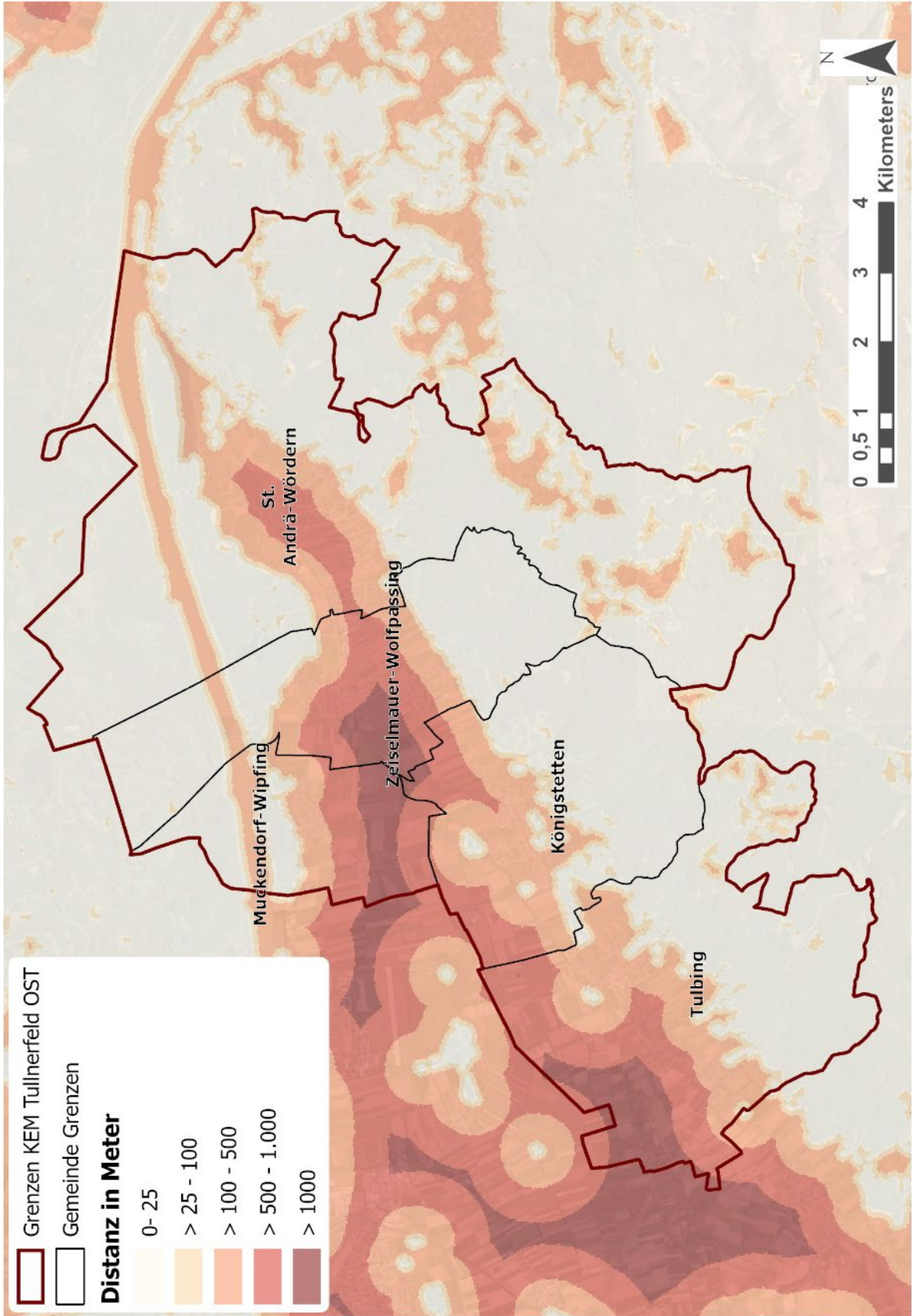


Abbildung 76: Distanz zu naturnahen Lebensräumen in der KEM, eigene Darstellung nach (Rüdiger, Tasser und Tappeiner, 2012)

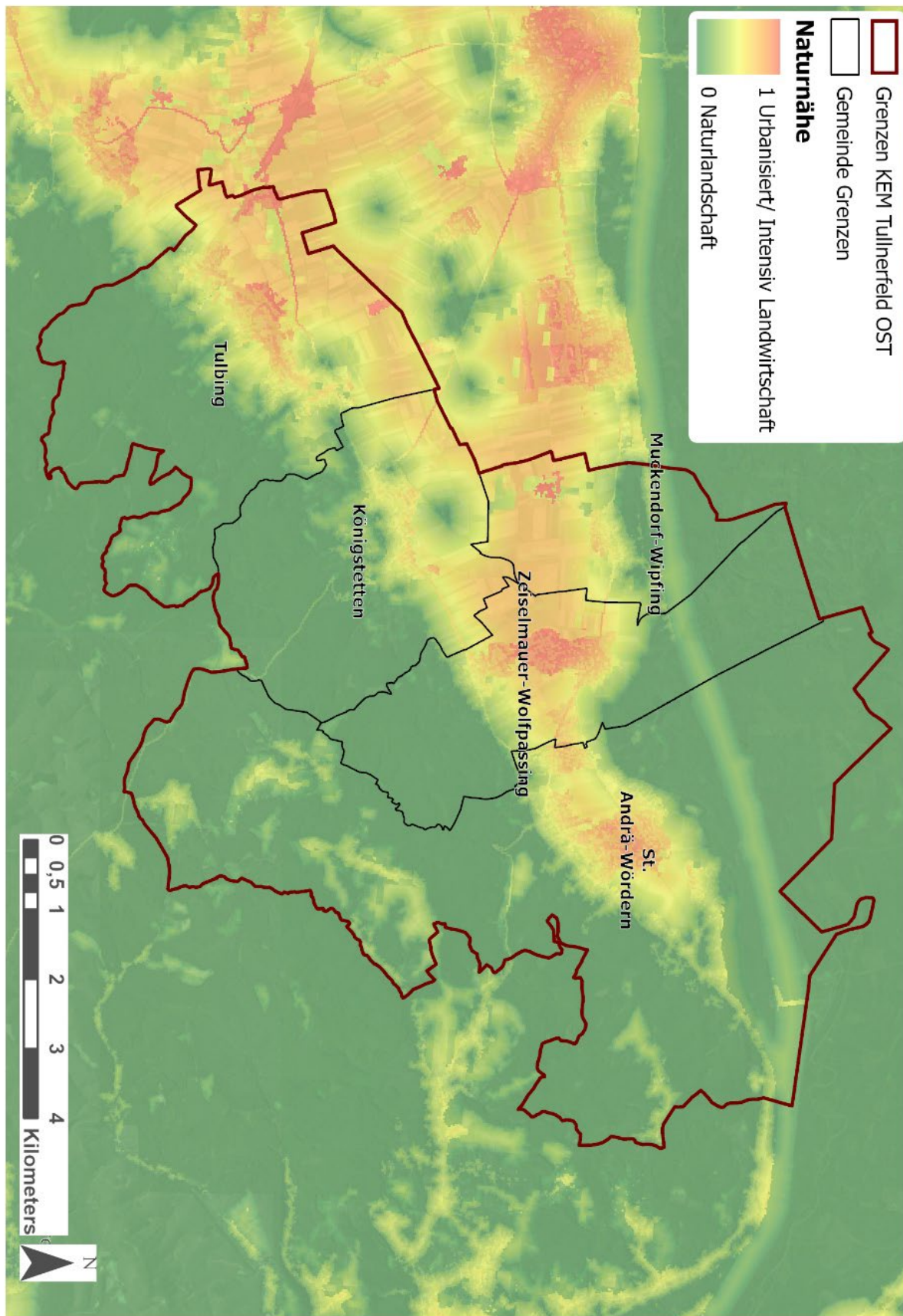


Abbildung 77: Index Naturdistanz der KEM, eigene Darstellung nach (Rüdissler, Tasser und Tappeiner, 2012)

5.2.10. Regionales Raumordnungskonzept

Das regionale Raumordnungsprogramm „Wien Umland Nordwest“ ist für die KEM Tullnerfeld OST gültig (siehe Abbildung 78). Es wird in dieser Arbeit nicht in die Analyseschritte mit einbezogen, wird aber bei der Erarbeitung der Ausbaustufen mitberücksichtigt. Dabei werden Siedlungserweiterungsgebiete und regionale Grünzonen für die Planung von PV-FFA ausgenommen.

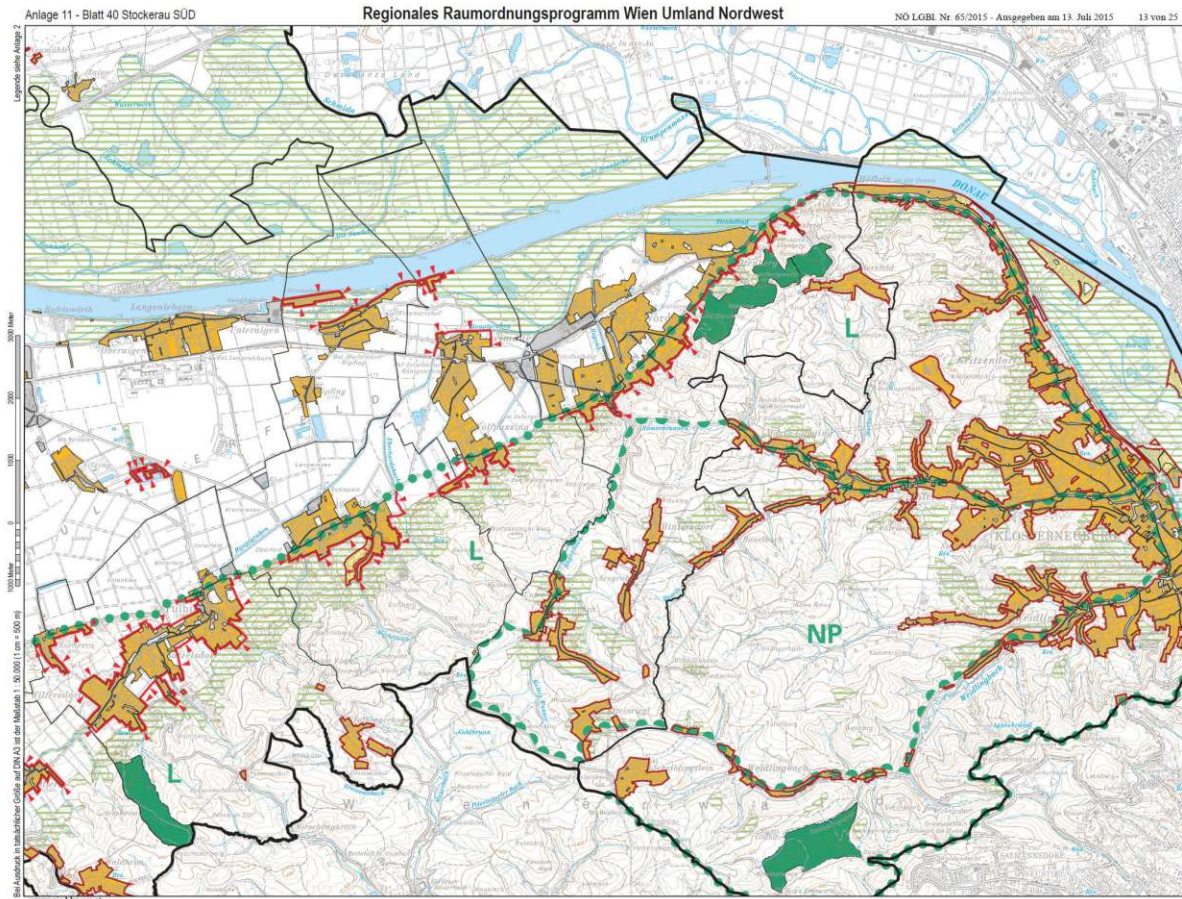


Abbildung 78 Regionales Raumordnungsprogramm Wien Umland Nordwest,
(ROP 2015, Anlage 11)

5.2.11. Überblick Energieumsetzungskonzept der KEM Tullnerfeld OST

Die KEM Tullnerfeld OST besteht, wie zu Beginn erwähnt, seit 2015. Im Jahr 2017 wurde ein Umsetzungskonzept von den beteiligten Gemeinden und dem*r Modellregionsmanager*in erstellt. Hierfür werden zunächst bestimmte Bereiche festgelegt, in welchen die KEM Projekte umsetzen möchte. In der KEM Tullnerfeld Ost sind es folgende Bereiche:

- Mobilität
- Erneuerbare Energien
- Energieeffizienz

Anschließend werden die Stärken und Schwächen der KEM analysiert und in folgenden sechs Handlungsfeldern aufgegliedert:

- **Handlungsfeld 1: Entwicklungsplanung und Raumordnung**
Thema dieses Handlungsfeldes ist es vorrangig, eine regionale Situationsanalyse zu Energie, Klima und Verkehr zu erstellen, die als Basis für ein Energieleitbild bzw. ein Energie- und Klimaschutzkonzept für die Region und für die Formulierung mittelfristiger Maßnahmen dient. Darunter soll sich ein regionales Raumordnungsprogramm bzw. Entwicklungskonzept mit Fokus auf Energieinfrastruktur, Baulandsicherung und Gebäudestandards befinden.
- **Handlungsfeld 2: Kommunale Gebäude und Anlagen**
Hierbei geht es konkret darum den derzeitigen Energie- und Wasserverbrauch von Gebäuden und öffentlichen Anlagen der Region zu erheben, sich auf gemeinsame vergleichbare Kennzahlen zu einigen und Einsparungspotentiale zu identifizieren. Anschließend sollen Umsetzungskonzepte erarbeitet werden, um diese Potentiale zu erschließen.
- **Handlungsfeld 3: Kommunale Versorgung und Entsorgung**
Die Erhebung von der Art der Energiebereitstellung für Raumwärme, Warmwasser und Kühlung, sowie das Abwärmepotential der Region sind hier das Hauptthema. Zusätzlich sollen Maßnahmen zu Steigerung der Stromgewinnung aus erneuerbaren Energieträgern gesetzt werden.
- **Handlungsfeld 4: Mobilität**
Dabei handelt es sich um die Analyse des Verbesserungspotentials des öffentlichen Verkehrs, sowie des Radwegenetzes und wie diese gemeindeübergreifend erweitert werden können. Zudem soll Öffentlichkeitsarbeit für energieschonende Mobilität geleistet werden.
- **Handlungsfeld 5: Interne Organisation**
Hierbei soll die gemeinsame Arbeit der Gemeinden gestärkt und effizient gestaltet werden, um die Umsetzung und Qualität der angestrebten Maßnahmen zu erleichtern und zu überprüfen. Dazu gehören unter anderem regelmäßige Sitzungen zwischen politischen Entscheidungsträger*innen, Expert*innen und Beauftragten, sowie die Durchführung von jährlichen Audits und das Angebot zur Weiterbildung von Gemeindebediensteten
- **Handlungsfeld 6: Kommunikation und Kooperation**
In diesen Handlungsfeld werden Strategien zur internen sowie externen Kommunikation der Anliegen der KEM festgelegt und mögliche Kooperationsprojekte und die Einbeziehung regionaler Unternehmen festgelegt. Dazu werden öffentliche Veranstaltungen zu Energiebewusstsein, Unterstützung der lokalen Wirtschaft bei umweltbezogenen Themen durch Information und Beteiligung der KEM, sowie Stellungnahmen der Region zu Energie- und Klimaschutzthemen gegenüber der nationalen Ebene, genannt.

Anschließend wurde eine energetische Ist-Analyse erstellt. Hierbei wurden unter anderem Aufstellungen der Bereiche Wärme-, Strom- und Treibstoffverbrauch nach Sektoren sowie ein Gesamtenergieverbrauch der Region in all diesen Bereichen erstellt (siehe Abbildung 79 bis Abbildung 81). Die Haushalte sind in der KEM die größten Verbraucher bei Wärme, Strom und Treibstoff, gefolgt von Gewerbe- und Industrie. Der jährliche Strombedarf der KEM betrug 48.224 MWh im Jahr 2015 (Wychera, 2017, S. 49). Der Gesamtenergieverbrauch betrug zu der Zeit 353.143 MWh/a, wobei der Wärmesektor den größten Anteil ausmacht (siehe Abbildung 82).

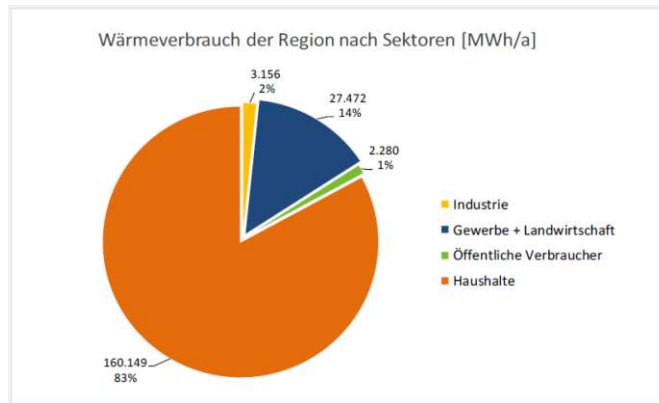


Abbildung 79: Wärmeverbrauch der KEM Tullnerfeld OST nach Sektoren, (Wychera, 2017, S. 48)

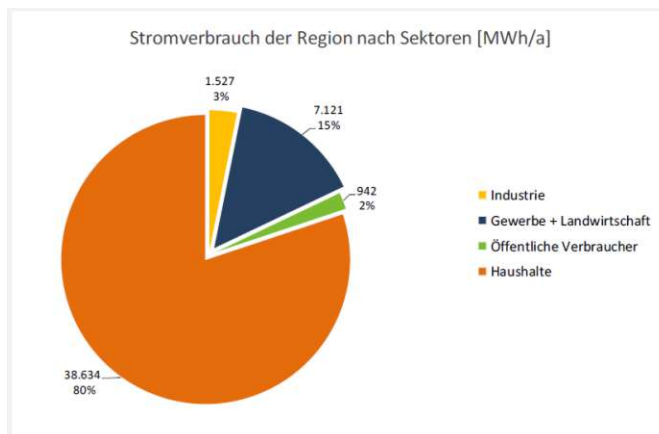


Abbildung 80: Stromverbrauch der KEM Tullnerfeld OST nach Sektoren, (Wychera, 2017, S. 49)

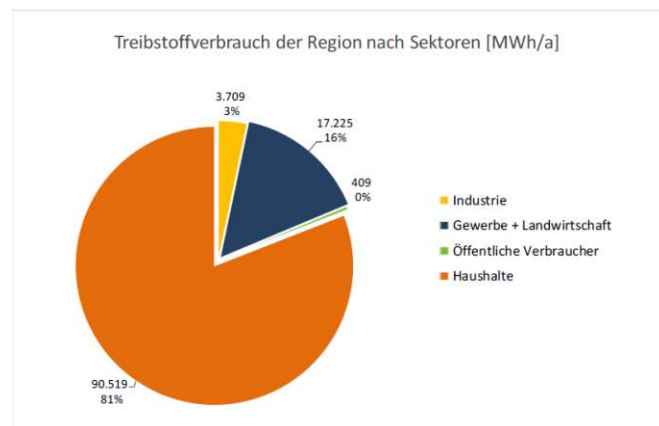


Abbildung 81: Treibstoffverbrauch der KEM Tullnerfeld OST nach Sektoren, (Wychera, 2017, S. 49)

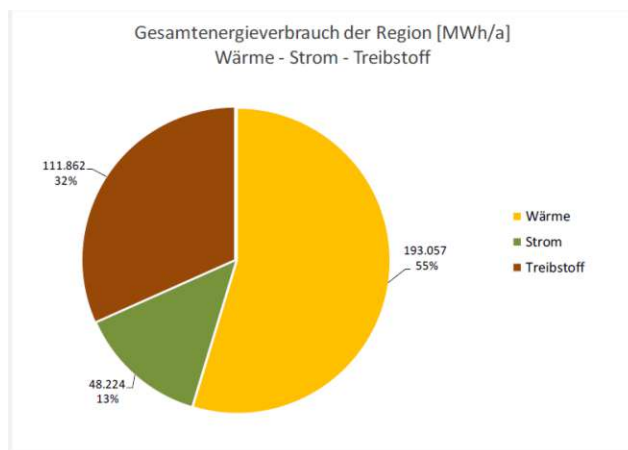


Abbildung 82: Gesamtenergieverbrauch der KEM, (Wychera, 2017, S. 50)

2015 basierte die Energieversorgung der Region überwiegend auf Erdgas, aber es existierten zu Beginn der KEM bereits Anlagen zu Energiegewinnung aus erneuerbaren Quellen, darunter Solarthermie, Klein- und Kleinst-Windenergieanlagen, Wasserkraftanlagen (Donaukraftwerk Greifenstein) und eine Biogas-Anlage. Im Bereich PV gab es ebenfalls bereits einige Anlagen (siehe Abbildung 83 und Abbildung 84).

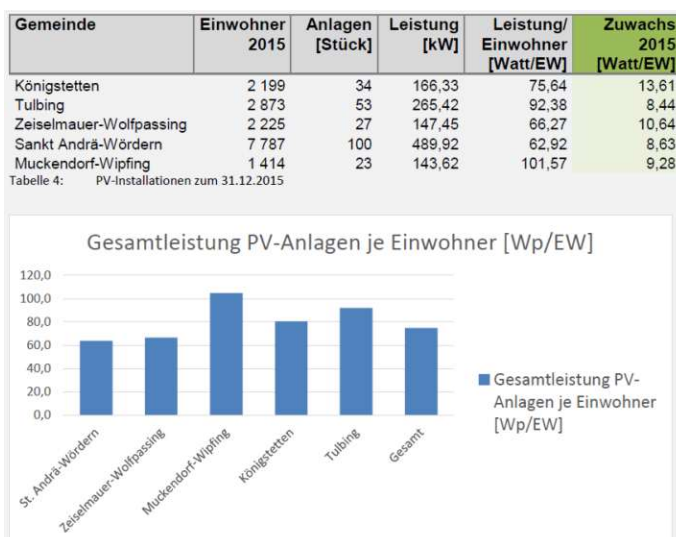


Abbildung 83: Gesamtleistung PV-Anlagen je Einwohner*innen der KEM Tullnerfeld OST, (Wychera, 2017, S. 55)

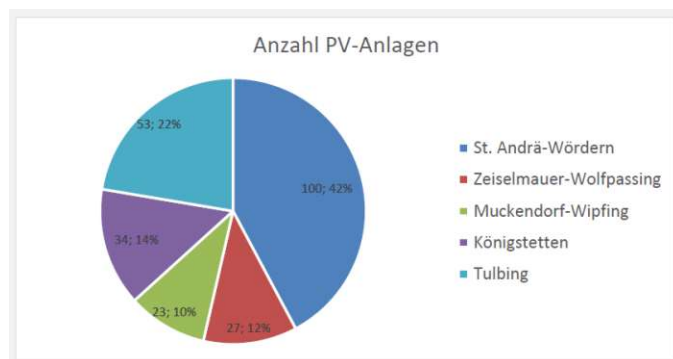


Abbildung 84: Anzahl der PV-Anlagen in der KEM Tullnerfeld OST, (Wychera, 2017, S. 55)

Im nächsten Schritt gibt das Umsetzungskonzept theoretische Potentiale für die verschiedenen erneuerbaren Energiebereiche an. Prinzipiell werden Solarthermie und Photovoltaik dabei die größten Potentiale zugeschrieben, wobei Solarthermie 5.723 MWh und Photovoltaik 10.219 MWh ausmachen. In die Kalkulation wurden jedoch nur Anlagen auf Dächern mit einbezogen; PV-FFA wurden nicht mitberücksichtigt. Diese Potentiale wurden anschließend dem Verbrauch gegenübergestellt. (Wychera, 2017)

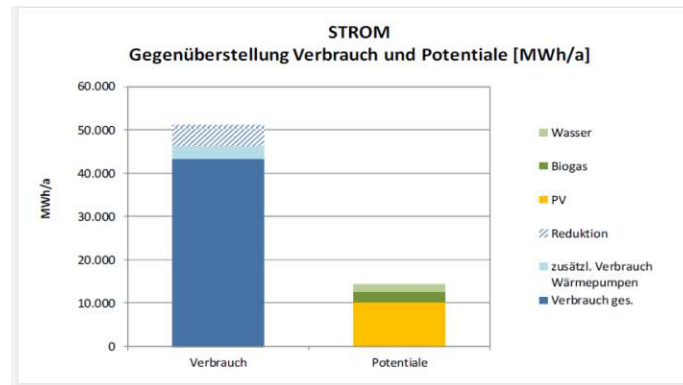


Abbildung 85 Gegenüberstellung Verbrauch und Potentiale Strom, (Wychera, 2017, S. 65)

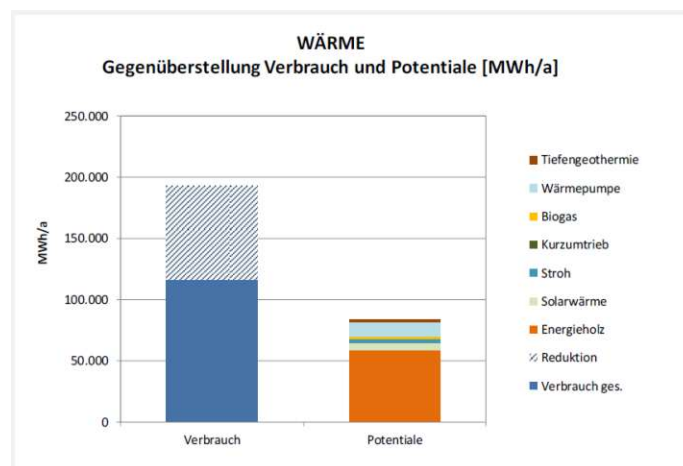


Abbildung 86: Gegenüberstellung Verbrauch und Potentiale Wärme, (Wychera, 2017, S. 66)

Wie in Abbildung 85 und Abbildung 86 erkenntlich ist, reichen die von der KEM errechneten Potentiale von erneuerbaren Energieträgern nicht aus, um den Bedarf zu decken, selbst wenn von einer möglichen Reduktion des Verbrauchs von Wärme und Strom ausgegangen wird.

Aus dem Umsetzungskonzept ist allerdings nicht klar ersichtlich, wie die Potentiale der aufgelisteten Energieträger ermittelt worden sind. Diese wurden im Umsetzungskonzept in mehrere Kategorien aufgeteilt. Es werden weiters all jene Potentiale beschrieben, die für die Arbeit sind:

Energieeffizienz

Für den Bereich Strom wird aufgrund der Digitalisierung, steigender Elektromobilität sowie steigender Zahlen von Wärmepumpen ein erhöhter Bedarf in Zukunft angenommen. Quellen, auf die sich diese Annahme stützt, werden allerdings nicht genannt. Weiters wird auf die Bedeutung der Zunahme von energieeffizienten Systemen aufmerksam gemacht. Es wird die Annahme getroffen, dass durch den Einsatz von diesen energieeffizienten Systemen 10% des aktuellen Stromverbrauchs bzw. 4.822 MWh/a eingespart werden können (Wychera, 2017, S. 61). Es wurden von dem ermittelten Jahresstromverbrauch von 48.227 MWh nur die beschriebenen 10% abgezogen, die ebenfalls beschriebene Zunahme des Stromverbrauchs allerdings nicht berücksichtigt. Wie in Abbildung 85 ersichtlich, wird ein Zuwachs des Stromverbrauchs durch Wärmepumpen angenommen; dieser bezieht sich nur auf Geothermie. Das geschätzte Potential liegt hierfür bei 11.583 MWh/a, wenn 10% der Neubauten bzw. sanierten Gebäude mit Erdwärmepumpen beheizt werden (Wychera, 2017, S. 64). Der zusätzliche Strombedarf für Elektromobilität scheint in der Grafik nicht auf. Es ist folglich anzunehmen, dass der zukünftige Strombedarf höher sein wird als der von der KEM angenommene.

Photovoltaik

Hier wurde von der KEM die Annahme getroffen, dass 25% aller Dachflächen für die Nutzung Sonnenenergie geeignet sind. Dies beruht auf dem österreichischen Dachflächenkataster. Für die Potentialberechnung der KEM wurden 2.043 Gebäude herangezogen (25% der insgesamt 8.175 Gebäude), wovon der Großteil Wohngebäude sind. Anschließend wurde angenommen, dass alle als geeignet betrachteten Gebäude den durchschnittlichen Eigenverbrauch eines Haushaltes mit einer 5 kWp PV-Anlage mit einer Stromproduktion von 1.000 kWh/kWp im Jahr decken können. Darauf beruhend wird ein realisierbares Gesamtpotential 10.219 MWh Stromproduktion im Jahr in der KEM angegeben. (Wychera, 2017, S. 62)

25% aller Dachflächen ist ein allgemeiner Zielwert, der in heutigen Zeiten der Energiekrise vermutlich weit höher einzustufen ist und auch eingestuft werden muss, um die Klima- und Energieziele zu erreichen. Zudem haben sich die Leistungen von PV-Modulen deutlich gesteigert und es wird auch weit mehr von einer Dachfläche eines Gebäudes für PV genutzt als noch im Jahr 2017, da ein lukrativer Ertrag auch bei nicht optimaler Sonneneinstrahlung erzielt werden kann. Das realisierbare Gesamtpotential der KEM ist daher mittlerweile wesentlich höher einzuschätzen als 10.219 MWh/a.

Weiter ist festzustellen, dass in den Berechnungen der KEM nur PV-Anlagen auf Dächern von Gebäuden berücksichtigt wurden. Andere gebäudegebundenen PV-Anlagen sowie Freiflächenanlagen, sei es auf bereits versiegelter Fläche, in der Landwirtschaft oder auf anderen Grünflächen wurden dabei nicht miteinbezogen. Es ist anzunehmen, dass das tatsächlich umsetzbare PV-Potential der KEM wesentlich höher ist als im Umsetzungskonzept angenommen. Zudem haben sich Technologie und Bauformen von PV-Anlagen seit 2017 weiterentwickelt. Bessere Kombinationsmöglichkeiten mit anderen Flächennutzungen sowie auch Fortschritte bei beispielsweise fassadenintegrierten PV-Anlagen eröffnen neue Möglichkeiten. Außerdem sind PV-Anlagen seit 2017 deutlich günstiger geworden und der Strompreis ist gestiegen.

Anhand dieser Potentiale wurden im Zuge des Umsetzungskonzepts mehrere Maßnahmen ausgearbeitet, um den Anteil erneuerbarer Energieträger an der regionalen Energieversorgung zu erhöhen. Für diese Arbeit sind besonders die Maßnahme 5 „PV-Offensive“ und 6 „Bürgerbeteiligung / Crowd-Funding für Erneuerbare Energieprojekte“ von Bedeutung.

Ziel der Maßnahme 5 war, den PV-Ausbau auf privaten und öffentlichen Gebäuden mittels Potentialanalysen, Informationsveranstaltungen und Unterstützung bei Auftraggeberwahl und Förderanträgen seitens der KEM-Verwaltung weiter voranzutreiben (Wychera, 2017). Im Endbericht der Umsetzungsphase der KEM Tullnerfeld Ost, die mit 2019 endete, konnte die Maßnahme bereits einige Erfolge verzeichnen. So wurden sechs PV-Anlagen auf Dächern von öffentlichen Gebäuden, darunter Kindergärten, Veranstaltungszentren und Schulen, umgesetzt:

- PV Kindergarten Wolfpassing (20 kWp)
- PV Haus der Generationen Muckendorf (13,5 kWp)
- PV Kindergarten Muckendorf (12 kWp)
- PV Volksschule Königstetten (15 kWp)
- PV Volksschule Tulbing (45 kWp)
- PV-Erweiterung Gemeindeamt St. Andrä-Wördern (10 kWp)

Insgesamt konnten 115 kWp in der Umsetzungsphase realisiert werden (Wychera, ohne Datum a).

Bei Maßnahme 6 ging es darum, der Bevölkerung die Möglichkeit zu geben sich an erneuerbaren Energieprojekten finanziell zu beteiligen und so auch die Akzeptanz für die Projekte zu erhöhen. Im ersten Schritt war vor allem die Suche nach „best-practice Beispielen“ Priorität und die Identifikation von geplanten Ausbauprojekten, die für eine Bürger*innenbeteiligung geeignet sind. (Wychera, 2017)

Im Endbericht der Umsetzungsphase wurden PV-Anlagen als Projekte, mit der besten Eignung zur Umsetzung mit Bürger*inneninitiativen bewertet. Jedoch wurden am Ende der Umsetzungsphase noch keine erneuerbaren Energieprojekte mit Bürger*innenbeteiligung vorgenommen (Wychera, ohne Datum a). Diese Maßnahme könnte aber für weitere PV-Ausbaupläne wieder aufgegriffen werden.

Die KEM Tullnerfeld OST befindet sich seit September 2019 in der Weiterführungsphase 1. Dafür wurden neue Maßnahmen formuliert, die in dieser Phase erreicht werden sollen. Für diese Arbeit relevante Maßnahmen sind:

- **Maßnahme 5 – Energieraumplanung**
Hierbei sollen Themen wie erneuerbare Energie, Mobilität und Klima in die Raumplanung verstärkt integriert werden und konkrete Projekteideen vorgeschlagen werden, welche die Gemeinden umsetzen können. Klimarelevante Faktoren sollen in die Raumordnungen der Gemeinden integriert werden (Wychera, ohne Datum b).
- **Maßnahme 8 – Tullnerfelder Solarenergie**
Hier ist geplant, die bereits im Umsetzungskonzept begonnene PV-Offensive, noch zu verstärken und sich nicht explizit auf Gebäudedächer zu beschränken. Es sollen weitere Potentiale in den Bereichen Haushalte, Gewerbe und Landwirtschaft für PV-Anlagen herangezogen werden. Dafür werden weitere Beratungen in diesen Bereichen angeboten und potentielle Flächen auf öffentlichen Objekten identifiziert. Damit soll eine Steigerung der installierten PV-Leistung pro Einwohner*in im Sinne der Ziele der NÖ Solarliga erreicht werden. (Wychera, ohne Datum b)

Im Weiterführungskonzept der KEM findet sich ein klares Bestreben, PV-Anlagen weiter auszubauen. Es werde nun auch PV-FFA in Betracht gezogen, jedoch ohne konkrete Ausbauziele zu nennen.

Generell ist anzumerken, dass die Maßnahmen, die in den Umsetzungs- bzw. Weiterführungskonzepten ausgearbeitet wurden, nicht rechtlich verbindlich sind. Zudem sind sie in der Regel relativ vage formuliert, wie beispielsweise Maßnahme 5 im Weiterführungskonzept, wo klimarelevante Faktoren in die Raumordnungen der Gemeinden integriert werden sollen, ohne jedoch „klimarelevanter Faktoren“ konkret zu definieren, einen Zeitrahmen, oder Zielerreichungsindikatoren zu nennen.

Das Umsetzungs- und das Weiterführungskonzept der KEM Tullnerfeld OST sind und waren wichtige Schritte, für die Stärkung der Zusammenarbeit der Gemeinden und der Bewusstseinsbildung der Bevölkerung gegenüber erneuerbaren Energien. Einige Projekte für eine Zukunft ohne fossile Energieträger konnten umgesetzt werden. Das Potential ist aber noch nicht vollständig ausgeschöpft.

5.2.12. Anwendung der PV-Biodiversität Analyseschritte

Solaranalyse

Als erster Schritt wird eine Solaranalyse der KEM durchgeführt, wie in Kapitel 5.1.1 beschrieben. Grundlage dafür ist ein Oberflächenmodell (DSM) im Raster 10x10 m (Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, 2008). Die Solaranalyse ergibt je nach Lage und Orientierung für die KEM eine jährliche solare Einstrahlung zwischen 194.389 und 1.223.205 Wh/m². Dies entspricht 194 und 1.223 kWh/m²a. Die durchschnittliche Globalstrahlung in Österreich beträgt 1.000 kWh/m²a. Das Ergebnis dieser Analyse wird anschließend klassifiziert, so dass die Flächen mit der geringsten jährlichen Einstrahlung den Wert „0“ erhalten und die Flächen mit der meisten jährlichen Einstrahlung den Wert „1“ (siehe Abbildung 87). Hierdurch werden stark verschattete Täler bzw. Nordhänge in der Analyse als wenig geeignet eingestuft.

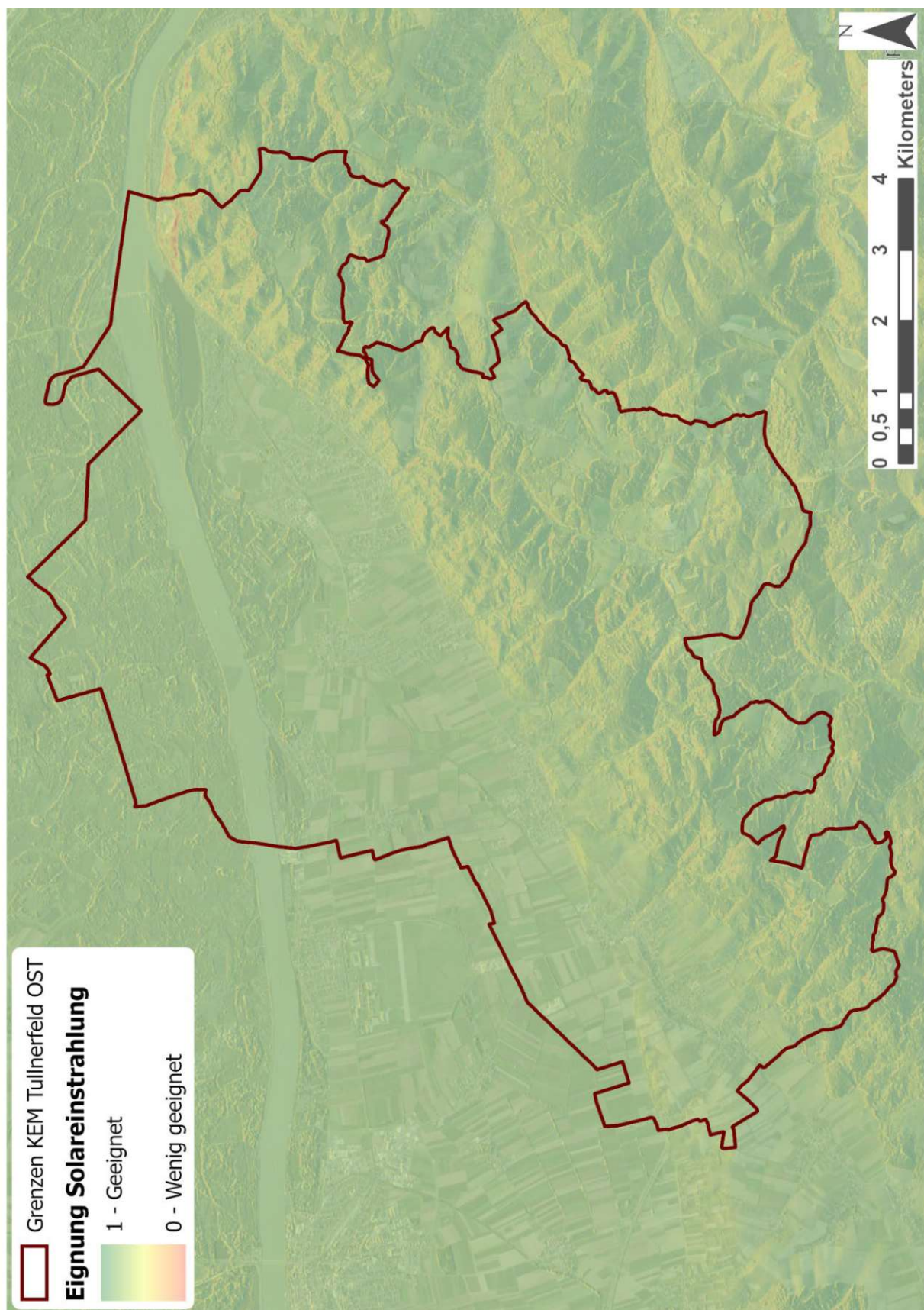


Abbildung 87 Solaranalyse der KEM eigene Darstellung nach
(ArcGIS 2.8.2 Solar Radiation Tool und Land Niederösterreich, ohne Datum a)

Landnutzung

Weiter wird, wie in Kapitel 5.1.2 beschrieben, die Analyse der Landnutzungskategorien nach dem Urban Atlas 2018 in der KEM durchgeführt (siehe Abbildung 88). Die in der KEM vorkommenden Landnutzungstypen und ihre Wertung sind Tabelle 14 zu entnehmen.

Tabelle 14 Landnutzungstypen des Urban Atlas 2018 in der KEM Tullnerfeld OST, eigene Darstellung nach (Copernicus Land Monitoring Service, 2018)

Landnutzungstyp	Wert
Ackerland (einjährige Kulturpflanzen)	1
Weide	1
Isolierte Strukturen	0
Industrielle, kommerzielle, öffentliche, militärische und private Einheiten	0
Sonstige Straßen und zugehörige Grundstücke	0
Eisenbahn und zugehörige Grundstücke	0
Mineralienabbau und Deponien	0
Grundstücke ohne derzeitige Nutzung	0
Grüne städtische Gebiete	0
Dauerkulturen (Weinberge, Obstbäume, Olivenhaine)	0
Baustellen	0
Wald	-1
Wasser	-1
Sport- und Freizeiteinrichtungen	-1
Diskontinuierliches, dichtes Stadtgefüge	-1
Diskontinuierliches städtisches Gefüge mittlerer Dichte	-1
Diskontinuierliches städtisches Gefüge mit geringer Dichte	-1
Diskontinuierliches städtisches Gefüge mit sehr geringer Dichte	-1

Wald

In diesem Analyseschritt werden die exakteren Waldflächen der KEM nach dem Datensatz des Geodaten-Portals des Land Niederösterreichs ermittelt und wie in Kapitel 5.1.2 beschrieben mit dem Wert „-1“ versehen (siehe Abbildung 89).

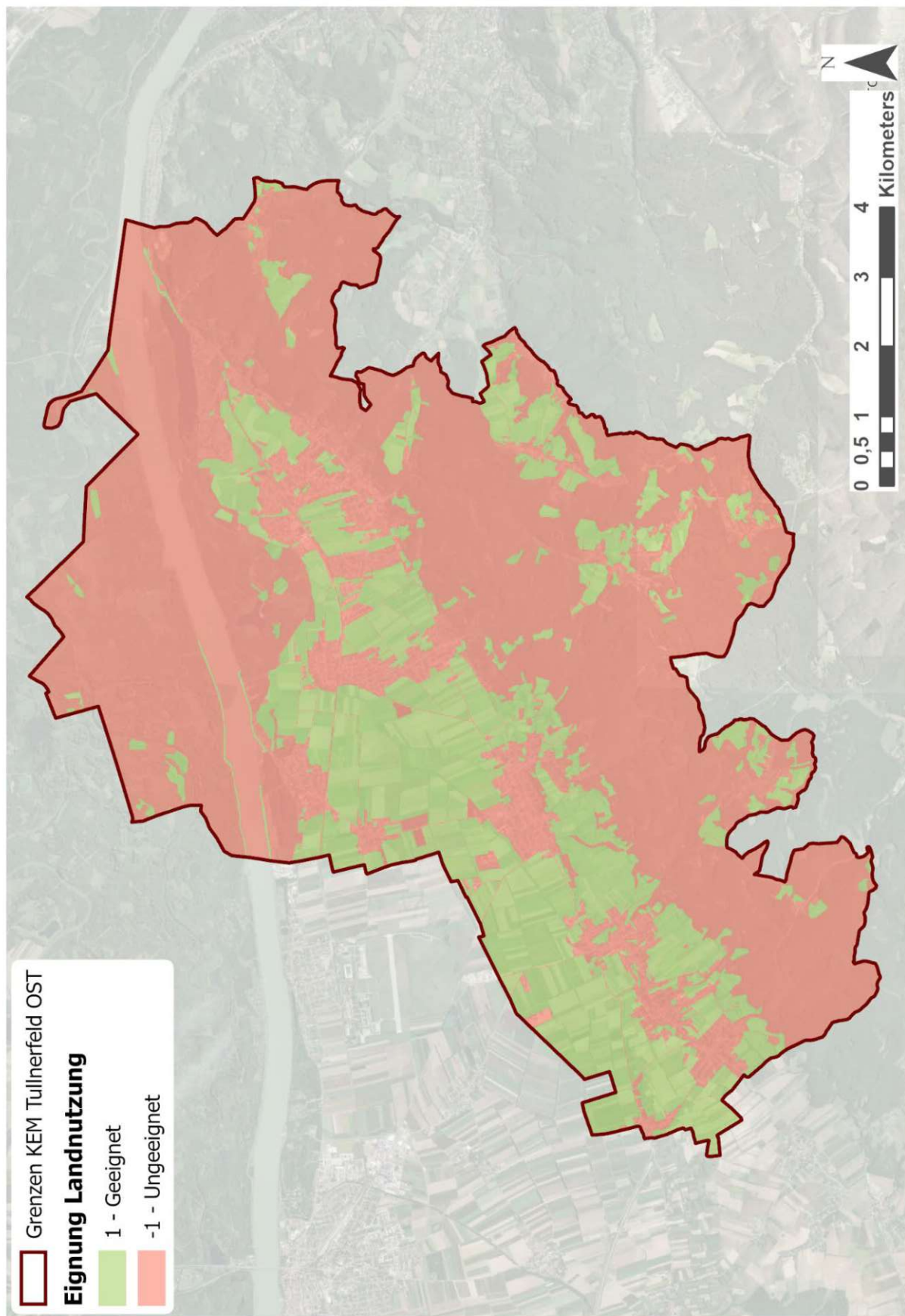


Abbildung 88 Analysekarte zur Eignung der Landnutzungsarten für PV-FFA, eigene Darstellung nach (Copernicus Land Monitoring Service, 2018)

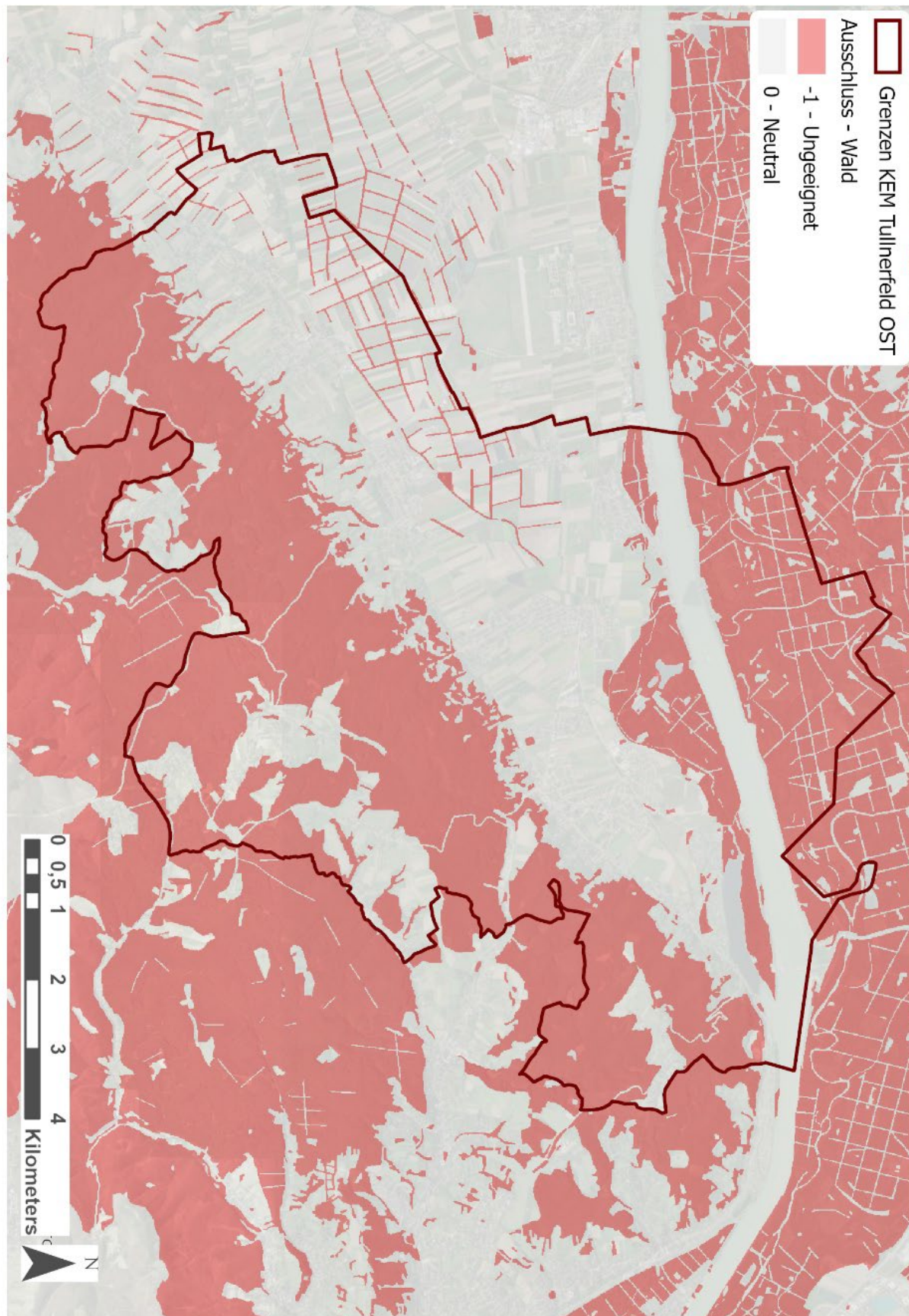


Abbildung 89 Analysekarte zum Ausschluss von Waldflächen, eigene Darstellung nach (Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, ohne Datum a)

Biodiversitätsanalyse

Es folgt die Analyse der Flächen, welche das Potential haben, durch PV-FFA aufgewertet zu werden (siehe Kapitel 5.1.3). Grundlage dafür ist die Arbeit von Rüdiger et al. (2012) über den Einfluss von Landnutzungsformen auf die Biodiversität. Die entsprechenden Datengrundlagen wurde als GIS-Rasterdatei in einem Raster von 25x25 m von Rüdiger für diese Arbeit zu Verfügung gestellt. Die Werte zu den Graden der Natürlichkeit der Lebensräume werden in Werte zwischen „0“ – wenig geeignet zu „1“ – geeignet nach der Beschreibung in Kapitel 5.1.3 umgewandelt. Die Mittelwerte der Verteilung (veränderte Lebensräume) werden als geeignet und die künstliche bzw. natürliche Lebensräume als wenig geeignet eingestuft (siehe Abbildung 90).

In Abbildung 91 ist das Ergebnis der Analyse zu Distanzen zu naturnahen Lebensräumen zu sehen. Hier sind die Bereiche, welche eine Distanz zu naturnahen Lebensräumen von unter 500 m haben als tendenziell weniger geeignet und Distanzen über 500 m tendenziell als geeignet gewertet und mit Werten zwischen „0“ und „1“ eingestuft, wie in Kapitel 5.1.3 beschrieben.

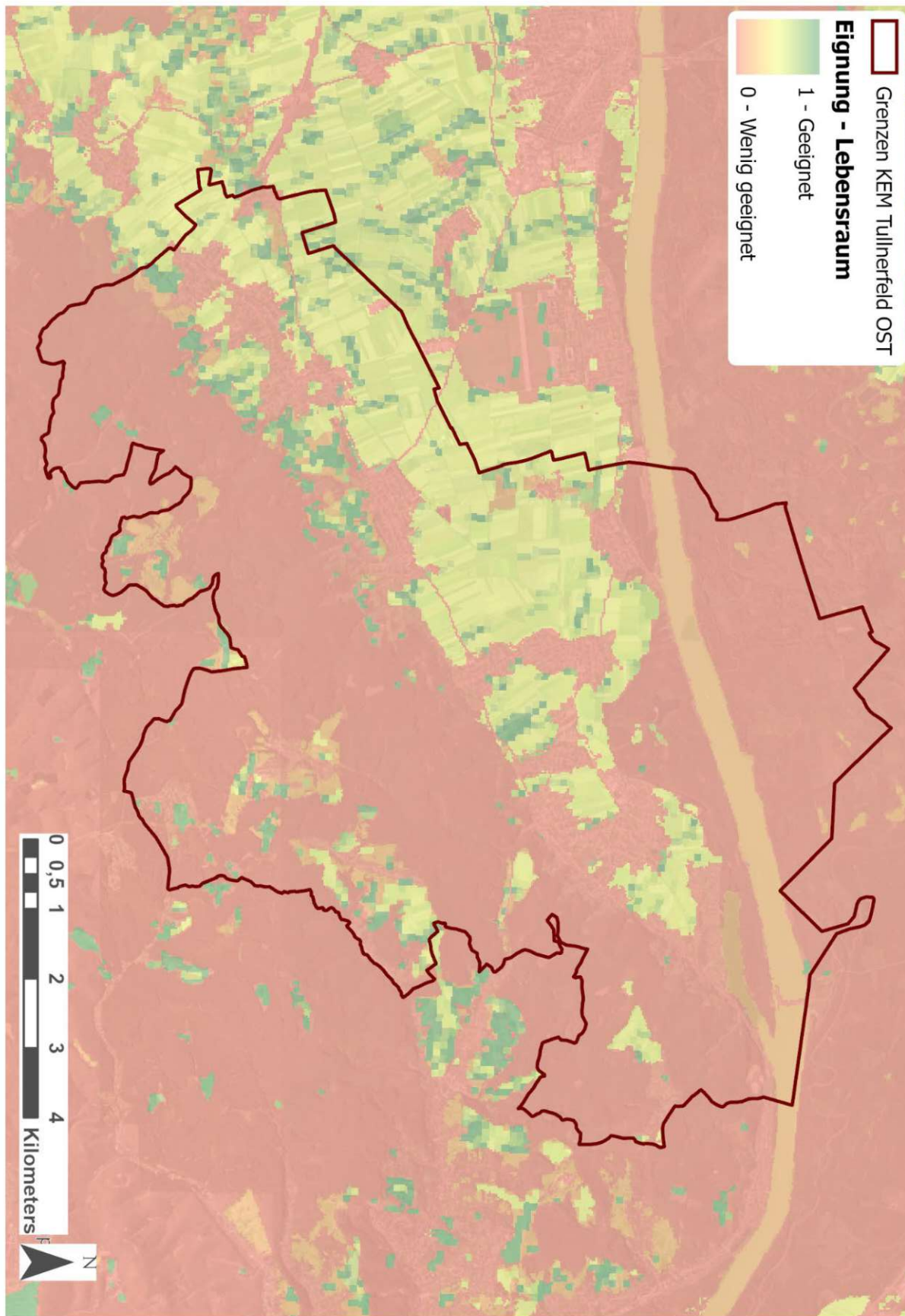


Abbildung 90 Eignungsanalyse der Lebensräume, eigene Darstellung nach (Rüdissler, Tasser und Tappeiner, 2012)

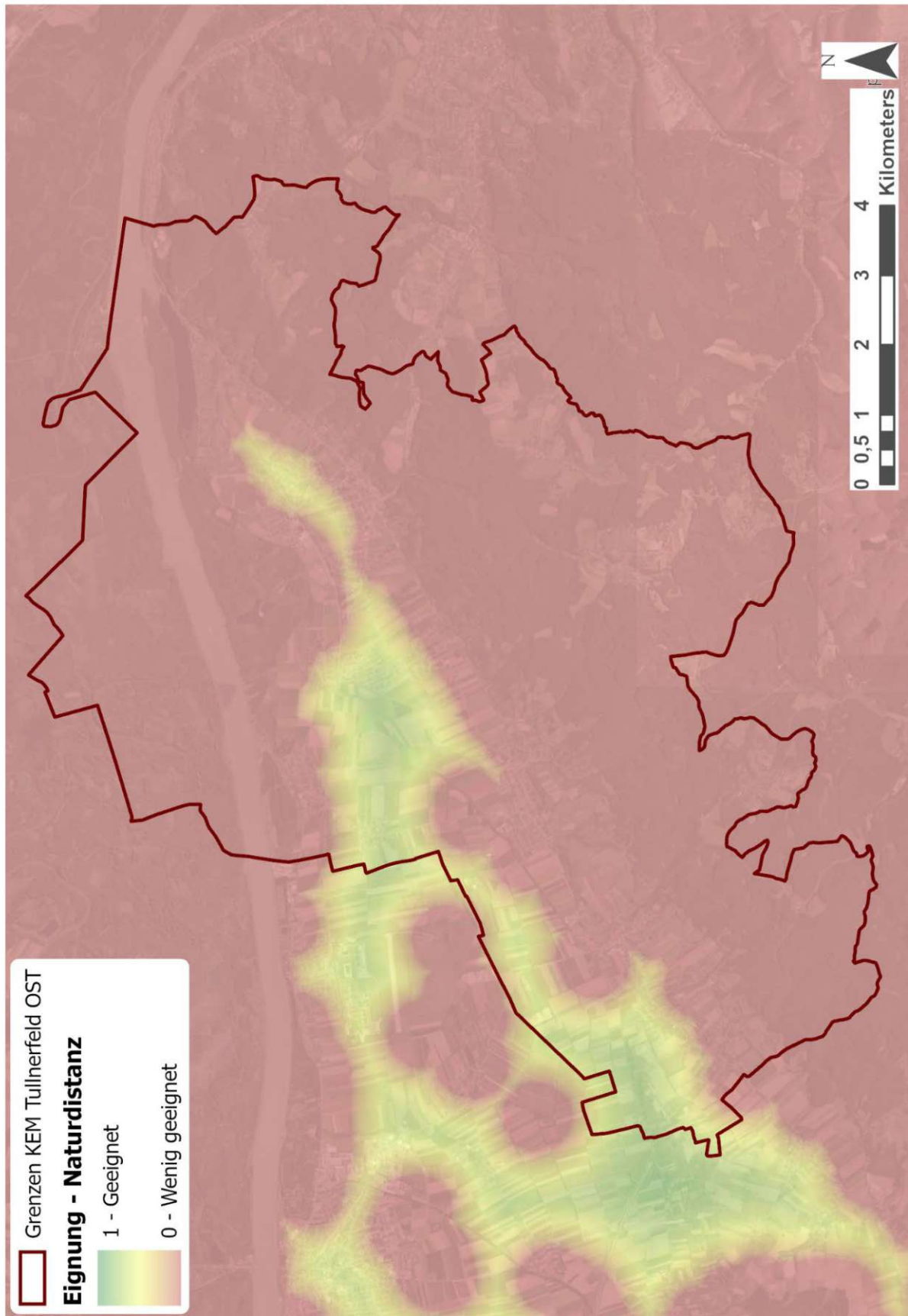


Abbildung 91 Eignungsanalyse der Distanz zu naturnahen Lebensräumen, eigene Darstellung nach (Rüdissler, Tasser und Tappeiner, 2012),

Wertvolle Landwirtschaftsflächen

In diesem Schritt werden wertvolle und erhaltenswerte Landwirtschaftsflächen für die KEM ermittelt. Diese Landwirtschaftsflächen werden, wie in Kapitel 5.1.4 beschrieben, als ungeeignet und mit dem Wert „-1“ eingestuft. Die verwendeten GIS-Vektordaten stammen aus dem Forschungsprojekt „BEAT“ unter Führung der AGES (AGES, 2022) (siehe Abbildung 92).

Schutzgebiete

Dieser Analyseschritt wird in der KEM ausgelassen, da die beiden vorhandenen Naturschutzgebiete (siehe Abbildung 74) jeweils als Wald kategorisiert sind und damit bereits in zwei Analyseschritten als ungeeignet mit dem Wert „-1“ eingestuft wurden.

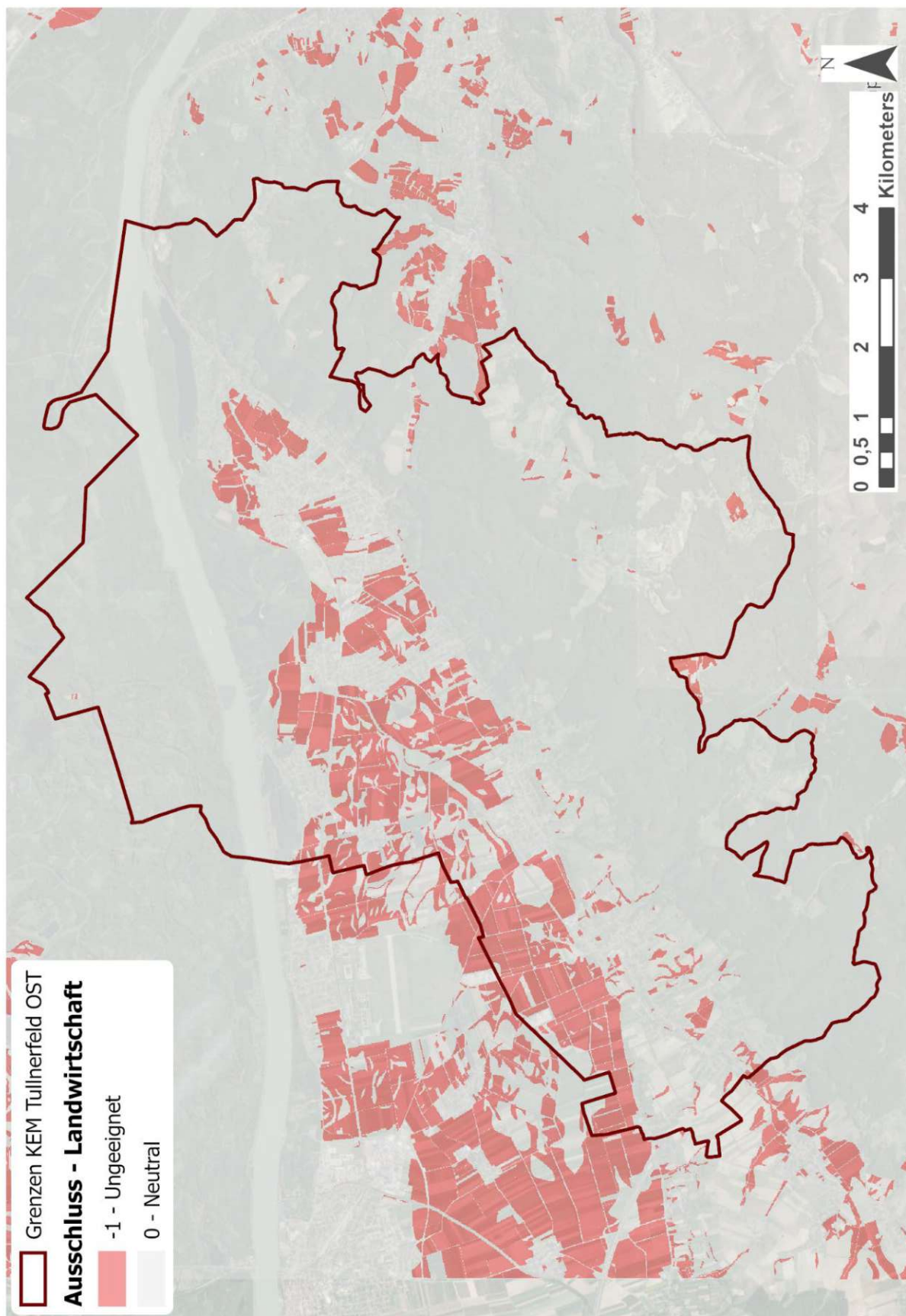


Abbildung 92 Analysekarte zur Eignung der Landwirtschaftsflächen bzw. Ausschluss der wertvollen Landwirtschaftsflächen eigene Darstellung nach (Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, RU7, 2022)

5.2.13. Ergebnis

Die oben beschriebenen Parameter werden anschließend in ArcGIS Pro mittels der „Weighted Sum“ Funktion ausgewertet. Dabei wird den Werten der jeweiligen Parameter eine Gewichtung zugeteilt. Für die folgende Analyse wird den Parametern der Solaranalyse, sowie der Natürlichkeit der Lebensräume die Gewichtung „1“ zugeteilt. Es handelt sich hier um Grundvoraussetzungen für biodiversitätsfördernde PV-FFA. Beide Parameter sind allerdings sehr großflächig und weisen wenig Differenzierungen auf. Sowohl der Landnutzungsanalyse als auch den wertvollen Landwirtschaftsflächen wird die Gewichtung „1,5“ zugeordnet. Durch den höheren Detailgrad der dafür herangezogenen Daten lassen diese beiden Parameter genauere Rückschlüsse auf die Eignung zu. Den Parametern Wald und Distanz zu naturnahen Lebensräumen wird jeweils die Gewichtung „2“ zugeteilt, damit zum einen die bewaldeten Flächen gegenüber den Landwirtschaftsflächen deutlich an Wert verlieren und zum anderen, dass Flächen durch PV-FFA gezielt dort aufgewertet werden können, wo derzeit die größte Distanz zu naturnahen Lebensräumen besteht. Nachdem das erklärte Ziel dieser Analyse die Verbesserung der Biodiversität durch die Positionierung von PV-FFA mit naturförderlichen Flächenmanagement ist, wird der Kategorie „Natürlichkeit der Lebensräume“ die Gewichtung „2“ zugeteilt (siehe Tabelle 15).

Tabelle 15 Überblick zu Wertung und Gewichtung der Analyseschritte in der KEM Tullnerfeld OST, eigene Darstellung

Analyseschritt	Werte	Gewichtung
Solaranalyse	0 bis 1	1
Landnutzung	-1; 1	1,5
Bewaldete Flächen	-1; 0	2
Natürlichkeit der Lebensräume	0 bis 1	1
Distanz zu naturnahen Lebensräumen	0 bis 1	2
Wertvolle Landwirtschaftsflächen	-1; 0	1,5

Die Gewichtung der unterschiedlichen Parameter kann und sollte an die gegebenen Voraussetzungen der zu untersuchenden Region angepasst werden. In einer Region, die beispielsweise über keine größeren Naturräume verfügt, die durch PV-FFA vernetzt werden könnten, kann der Parameter der „Distanz zu naturnahen Lebensräumen“ eine geringe Gewichtung zugeteilt werden.

In Abbildung 93 sieht man das Ergebnis dieser Analyse in der KEM Tullnerfeld OST. Die grün eingefärbten Flächen zählen prinzipiell als „geeignet“, wobei dunkle Grüntöne eine bessere Eignung als helle Grüntöne anzeigen. Diese haben mit insgesamt 14,15 km² einen Anteil von 15,7% an der Fläche der KEM. Die orangeroten Flächen zählen prinzipiell als ungeeignet, dazu zählen mit 62,4 km² etwa 69,5% der KEM (siehe Tabelle 16). Auch hier gilt, je dunkler die Farbe, umso schlechter ist die Eignung der Fläche. Es ist gut erkenntlich, dass Siedlungs-, sowie Waldflächen zur Gänze in die ungeeigneten Zonen fallen.

Tabelle 16 Anteile der Eignungskategorien zu PV-FFA in der KEM Tullnerfeld OST,
eigene Darstellung nach eigener Analyse

Eignung	Fläche in km ²	Fläche in %
Sehr schlechte Eignung	40,75	45,3
Schlechte Eignung	21,65	24,2
Bedingte Eignung	13,30	14,8
Gute Eignung	7,65	8,5
Sehr gute Eignung	6,50	7,2

Unter den geeigneten Flächen befinden sich auch wertvolle Landwirtschaftsflächen, diese sind in der Regel heller eingefärbt. Für die Installation von PV-FFA ist es sinnvoll, hauptsächlich die dunkelgrün gefärbten Flächen heranzuziehen. Für Flächen, die in die Kategorie „Gute Eignung“ fallen und landwirtschaftlich genutzt werden, können auch Agri PV-Anlagen angedacht werden.

In Abbildung 95 sind nur die Flächen der Kategorie „Sehr gute Eignung“ dargestellt, um den Umfang und die Verortung dieser Flächen besser darzustellen und werden in weiterer Folge als Eignungszone bezeichnet. Sie bilden eine Gesamtfläche von 6,5 km². Das entspricht etwa 7,2% der Gesamtfläche der KEM und etwa 24% der Agrar- und Weidefläche.

Mit einer Eignungsfläche von 650 ha und einem Flächenbedarf 1,2 ha/MWp (siehe Kapitel 3.3) ergibt das ein Potential von 541,7 MWp bei 100% Nutzung mit PV-FFA. Wenn man davon ausgeht, dass 1 MWp etwa 1.000 MWh/a entspricht (siehe Kapitel 3.3) können damit 541.700 MWh/a Solarstrom erzeugt werden. Die KEM geht von einem Strombedarf für die Region von etwa 50.000 MWh/a aus (siehe Kapitel 5.2.11). Dies entspricht etwa 10% des biodiversitätserhaltenden bzw. -fördernden Leistungspotential der Eignungsflächen.

Mit einer Errichtung von PV-FFA auf 10% der Eignungsflächen (65 ha) könnte somit der gesamte Strombedarf der KEM gedeckt werden. Eine zu erwartende Steigerung des Strombedarfs bis 2030 und darüber hinaus durch einen vermehrten Einsatz von Strom in der Wärmebereitstellung und der Mobilität, ist mit einem weiteren Zubau von PV-FFA innerhalb der Eignungsflächen naturverträglich möglich. Hierbei ist das Potential für PV-Anlagen auf Gebäuden und Verkehrsflächen noch gar nicht berücksichtigt. Dieses Potential sollte zusätzlich verstärkt ausgebaut werden.

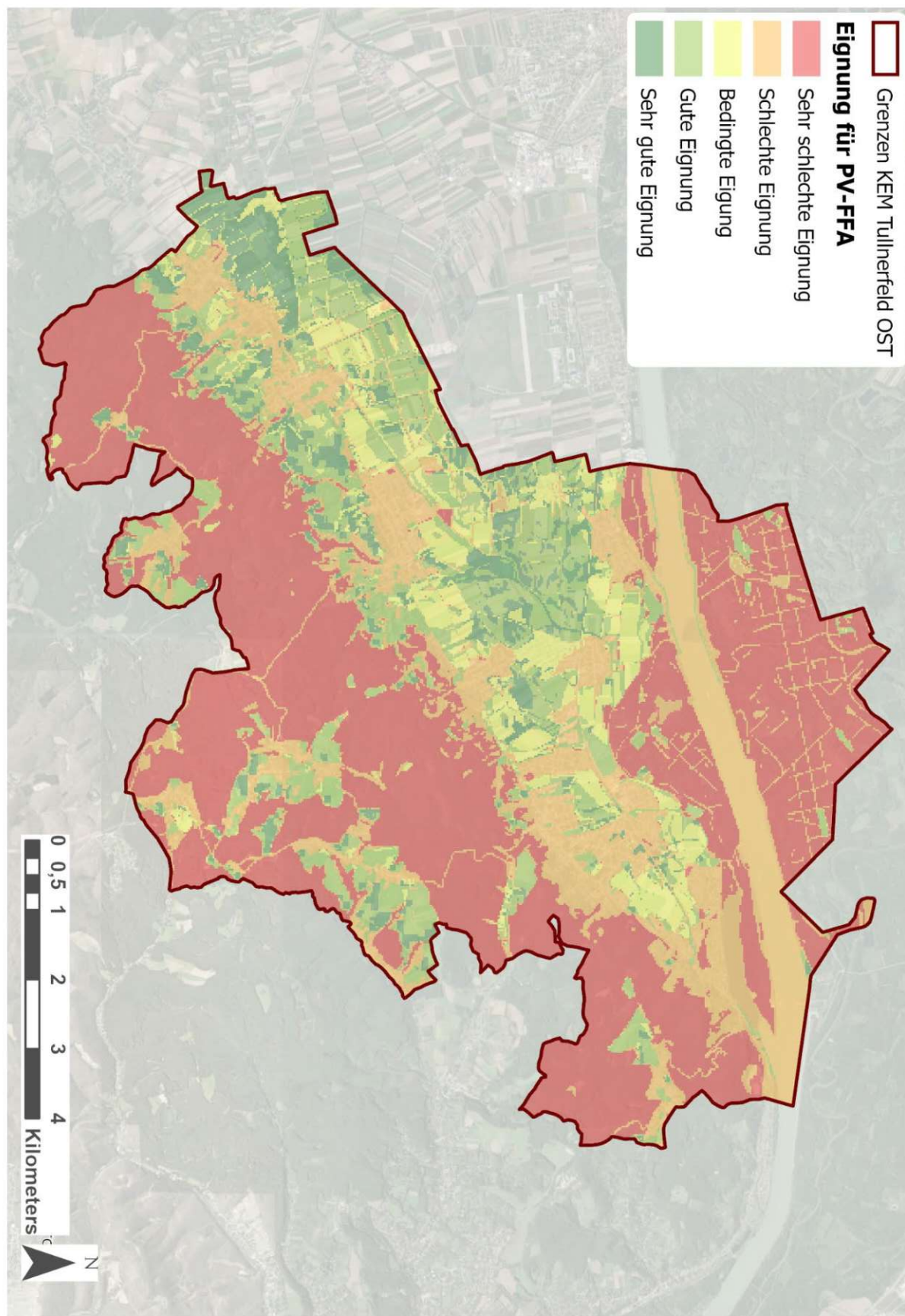


Abbildung 93 Analyse Ergebniskarte, eigene Darstellung

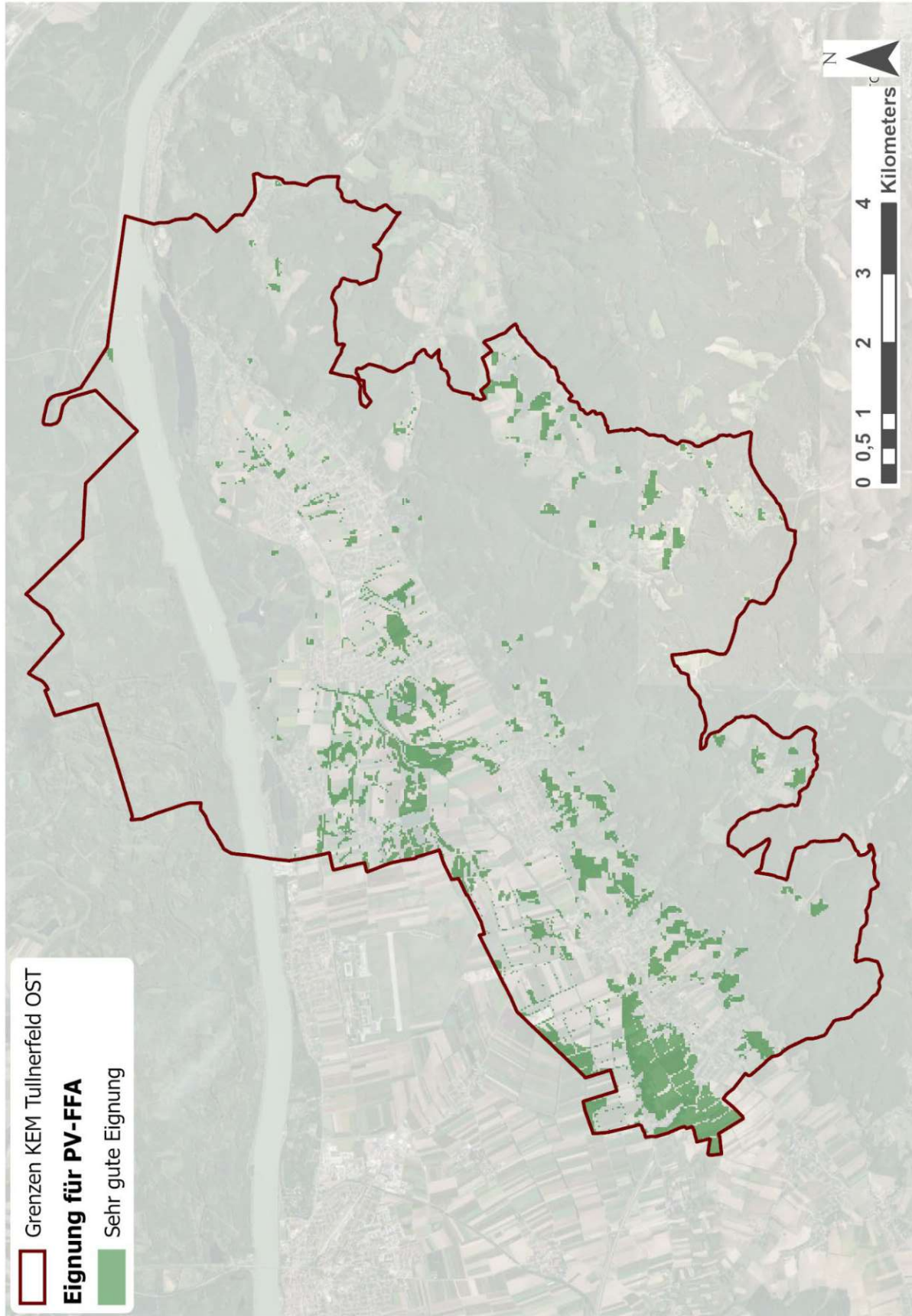


Abbildung 94 Eignungsflächen für PV-FFA der KEM Tullnerfeld OST, eigene Darstellung

5.2.14. Ausbauszenario

Auf Grundlage dieser Berechnungen wird ein Ausbauszenario in drei Ausbaustufen beschrieben, welche auch die Wirkung der PV-FFA auf die Biodiversität in der Makroebene berücksichtigen damit bereits von Beginn des Ausbaus eine möglichst biotopverbindende Wirkung erzielt werden kann. Es werden ausschließlich Flächen innerhalb der beschriebenen Eignungszonen in Betracht gezogen. Innerhalb der Eignungszonen werden nur PV-FFA empfohlen und keine Agri PVA, da diese in Bezug auf die Biodiversität bei Errichtung auf bestehenden Landwirtschaftsflächen als neutral und bei Umnutzung anderer Flächentypen, wie beispielsweise Weideflächen als tendenziell negativ gewertet werden (siehe Kapitel 4.2.2).

Die Art der PV-FFA wird in diesen Szenarien nicht festgelegt, da für jede Fläche aufgrund der Topographie und Solareinstrahlungsverhältnissen, sowie sonstiger natürlicher bzw. Infrastrukturgegebenheiten jeweils die geeignetste Variante gewählt werden sollte. Jedoch ist festzuhalten, dass derzeit nur für starre südausgerichtete PV-FFA Studienergebnisse zur Wirkung auf die Biodiversität vorliegen (siehe Kapitel 4.2.1). Daher wird die Verwendung dieser Anlagen in diesem Ausbauszenario empfohlen und angenommen.

In jeder Ausbaustufe werden etwa 10 ha (1,7% der Eignungsfläche) für die Errichtung mit PV-FFA eingeplant, was einer Leistung von etwa 8330 kWp entspricht. Die Anlagengrößen sind zwischen 0,5 und max. 2 ha angenommen und es wurde ein Abstand von min. 200 m (um noch als eigenständige PV-FFA anerkannt zu werden) und max. 500 m (siehe Kapitel 5.1.3) eingehalten. Die Anlagen können somit auch außerhalb von PV-FFA Eignungszonen errichtet werden, welche in Niederösterreich in Zukunft vom Land ausgegeben werden (siehe Kapitel 3.4) und weisen Distanzen zueinander bzw. zu naturnahen Habitaten auf, die eine Fluktuation verschiedener Arten zwischen den einzelnen Anlagen und den Naturräumen erlauben.

Ausbaustufe 1

Die ausgewählten Flächen wurden bewusst in dem Bereich gewählt, der die größte Distanz zu naturnahen Lebensräumen aufweist, um eine Verbindung der zwei großen Naturräume der KEM – Biosphärenpark Wienerwald und Donau-Auen – zu schaffen. Die Anlagen befinden sich in den Gemeinden Muckendorf-Wipfing (52,1% der Anlagen) und Königstetten (48,9% der Anlagen). Bei den derzeitigen Landnutzungstypen der gewählten Eignungsflächen dieses Szenarios handelt es sich ausschließlich um Ackerland mit einjährigen Kulturen, wobei keine als „wertvoll“ eingestufte Landwirtschaftsflächen zur Verwendung kommen (siehe Abbildung 95).

Damit die Anlagen nicht nur als Trittsteinbiotope fungieren, sondern eine direkte Biotopverbindung entsteht, ohne dass weitere PV-FFA errichtet werden, sollten zusätzlich Verbindungskorridore zwischen den Anlagen errichtet werden. Diese sollten eine Mindestbreite von 6 m aufweisen und so gestaltet werden, dass sich unterschiedliche Arten von Säugetieren, Insekten, Reptilien und Amphibien darin fortbewegen können.

Ausbaustufe 2

In der Ausbaustufe 2 wird angestrebt die Verbindung der großen Naturräume der KEM auszuweiten und die Distanz zu naturnahen Lebensräumen in der Gemeinde Zeiselmauer-Wolfpassing zu verringern. Damit werden alternative Routen zwischen den großen Naturräumen geschaffen, wie auch der Austausch mit den bereits vorhandenen PV-FFA aus Ausbaustufe 1 gefördert. Die Anlagen der Ausbaustufe 2 befinden sich zu 94% in der Gemeinde Zeiselmauer-Wolfpassing und zu 6% in der Gemeinde Königstetten (siehe Abbildung 97).

Ausbaustufe 3

In Ausbaustufe 3 werden PV-FFA im Westen von Königstetten geplant, welche eine Verbindung vom Biosphärenpark Wienerwald westlich vom Ort Königstetten und den PV-FFA von Ausbaustufe 1 darstellen und die Distanz zu naturnahen Lebensräumen im Nordwesten der Gemeinde Königstetten reduzieren. Es befinden sich 56,4% der PV-FFA in Königstetten und 43,6% in Muckendorf-Wipfing (siehe Abbildung 97).

Tabelle 17 Übersicht zur Flächeninanspruchnahme und Leistung der Ausbaustufen, eigene Darstellung nach eigenen Berechnungen

Ausbaustufe	PV-FFA in ha	PV-FFA % der Eignungsfläche	Leistung in MWh/a	Anteil am jährlichen Strombedarf
1	10,6	1,8	8.833	18,3 %
2	9,7	1,7	8.083	16,8 %
3	9,4	1,6	7.833	16,2 %
Gesamt	29,7	5,1	24.749	51,3 %

Insgesamt können mit dem Ausbauszenario fast 25.000 MWh/a Strom generiert werden. Dies entspricht etwa der Hälfte des jährlichen Strombedarfs der KEM. Dabei werden nur 5,1% der Eignungsflächen für PV-FFA in Anspruch genommen (siehe Tabelle 17). Das Potential der KEM Tullnerfeld OST für einen biodiversitätserhaltenden bzw. -fördernden PV-FFA Ausbau ist damit noch bei weitem nicht ausgeschöpft.

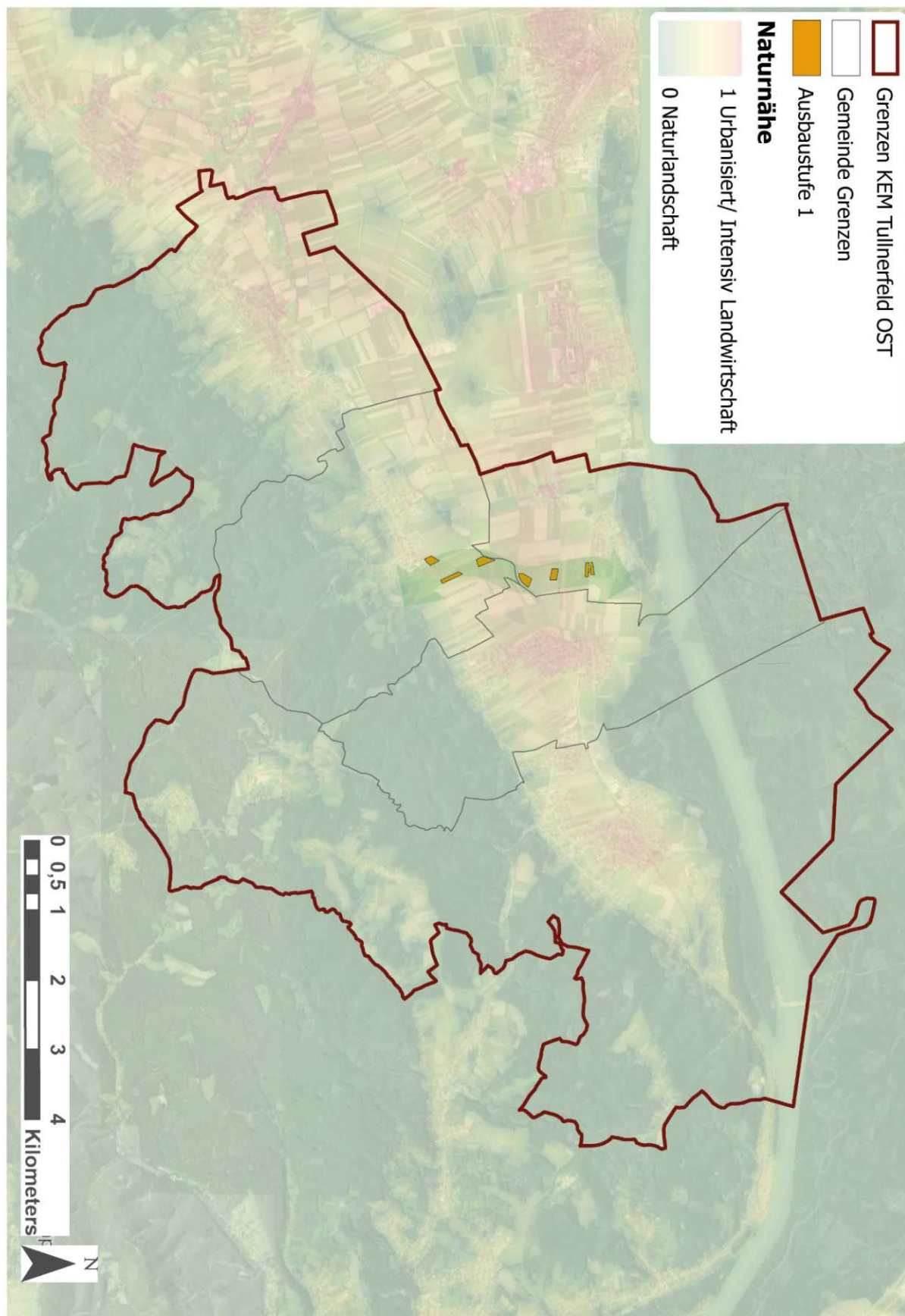


Abbildung 95 PV-FFA Ausbaustufe 1 auf Hintergrund Naturnähe, eigene Darstellung nach eigener Analyse und (Rüdissler, Tasser und Tappeiner, 2012)

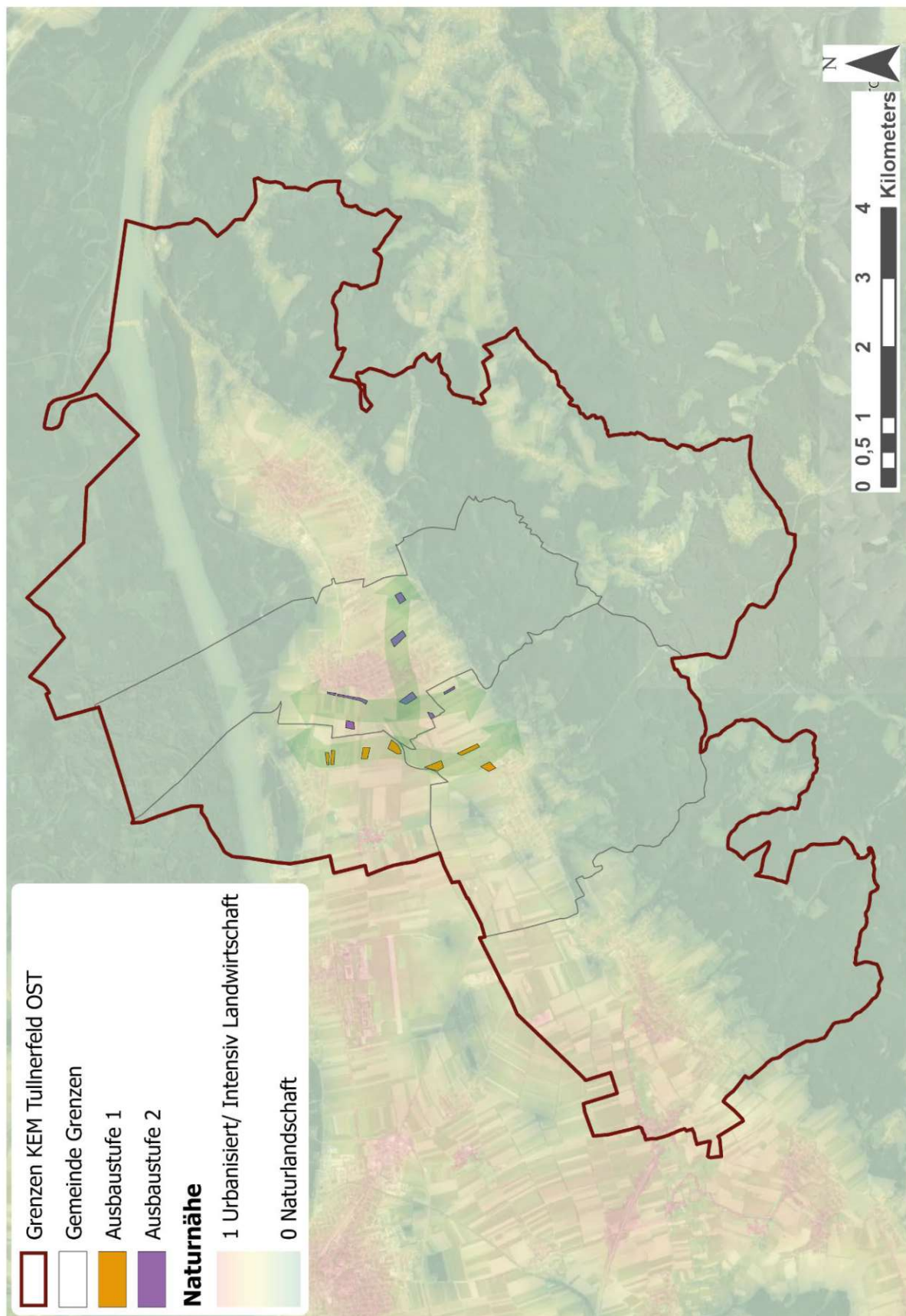


Abbildung 96 PV-FFA Ausbaustufe 2 auf Hintergrund Naturnähe, eigene Darstellung nach eigener Analyse und (Rüdissler, Tasser und Tappeiner, 2012)

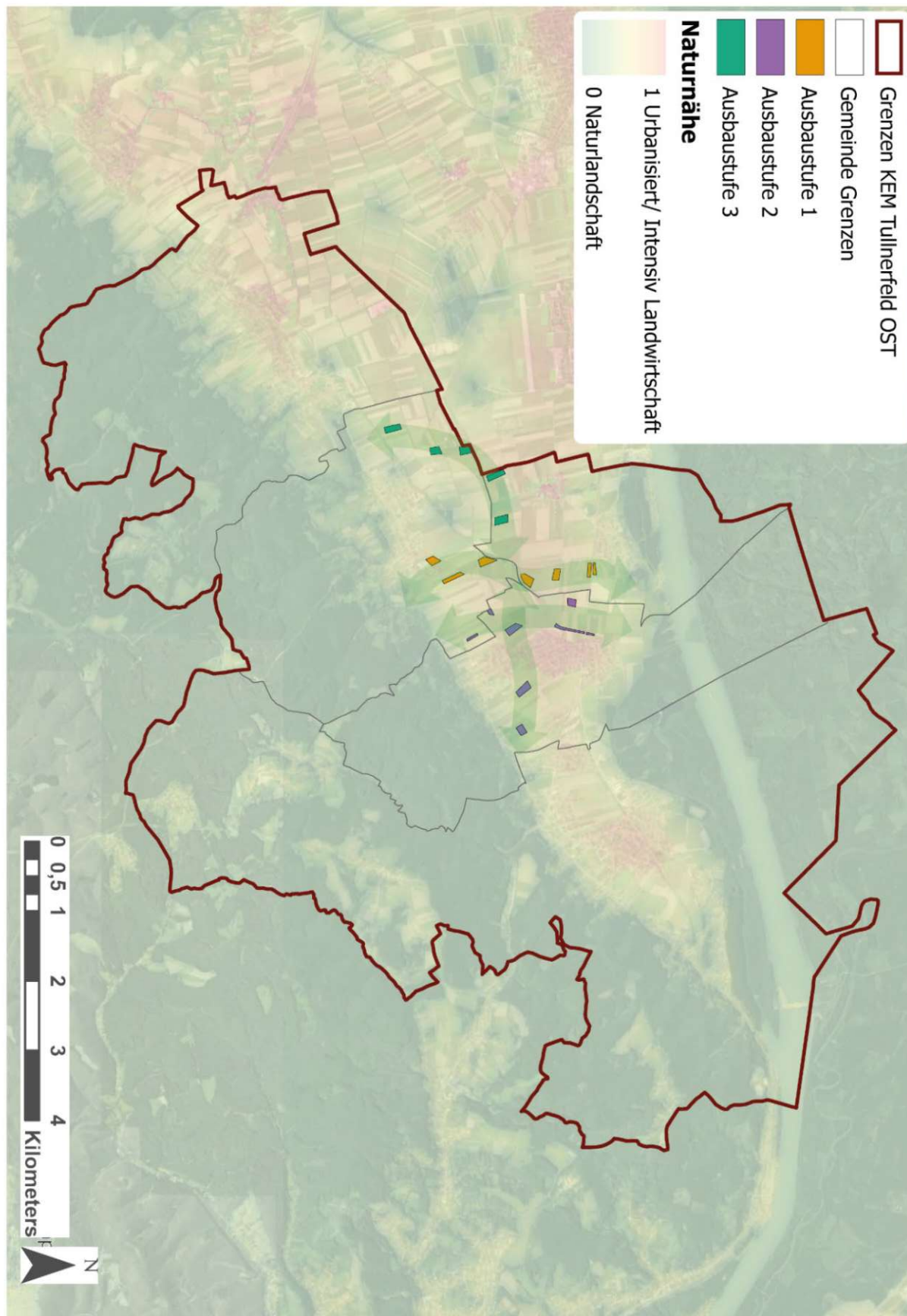


Abbildung 97 PV-FFA Ausbaustufe 3 auf Hintergrund Naturnähe, eigene Darstellung nach eigener Analyse und (Rüdissler, Tasser und Tappeiner, 2012)

5.2.15. Fazit

Die GIS-Analyse der KEM Tullnerfeld OST beruht, wie in den vorherigen Kapiteln beschrieben, auf unterschiedlichen wissenschaftlichen Annahmen wie die Biodiversität auf Mikro- (Fläche der PV-FFA) und Makroebene (KEM Tullnerfeld) verbessert werden könnte. Für die Wirkung auf der Mikroebene gibt es bereits einige Erkenntnisse der positiven Wirkungen von PV-FFA mit naturschutzfachlichem Pflegekonzept, wie in Kapitel 4.2.1 eingehend beschrieben. Dennoch gibt es hier noch einen weiteren Forschungsbedarf über die Langzeitwirkungen auf die Biodiversität. Die Wirkung von PV-FFA auf Makroebene, also inwieweit eine biotopverbindende Wirkung besteht, wurde bisher nur unzureichend in Studien behandelt. Dennoch ist anzunehmen, dass wenn PV-FFA einen vielfältigen Lebensraum für bestimmte Tier- und Pflanzenarten bieten können, eine ähnliche positive Wirkung als Trittsteinbiotop erzielt werden kann, wie mit einem natürlichen bzw. naturnahen Habitat. Auch hier gibt es jedenfalls einen weiteren Forschungsbedarf sowohl an Kurz- als auch Langzeitwirkungen von PV-FFA als Trittsteinbiotope.

PV-FFA werden in der KEM derzeit erst sehr vorsichtig angedacht. Die Ergebnisse der Analyse zu geeigneten Standorten für einen biodiversitätsfreundlichen PV-FFA ergeben allein in der ersten Ausbaustufe ein Potential von etwa 8.000 MWh/a. Dies entspricht 18% des Stromverbrauchs im Jahr 2015. Bei einer Umsetzung aller drei Ausbaustufen ergäbe sich ein Potential von etwa 25.000 MWh/a. Dies würde 50% des Stromverbrauchs der KEM decken. Der Ausbau von PV-FFA könnte einen wesentlichen Baustein für der Energieautarkie der KEM Tullnerfeld OST darstellen.

Für die KEM Tullnerfeld OST bietet das vorgestellte PV-FFA Ausbauszenario jedenfalls die Chance einige ökologisch wenig wertvolle Flächen aufzuwerten und auch die zwei großen Naturräume der Region besser miteinander zu verbinden und damit einen Mehrwert für die Biodiversität und die Sicherung unsere Lebensgrundlagen zu schaffen. Zusätzlich würde auch ein direkter wirtschaftlicher Nutzen erzielt, sowie ein Beitrag zur erneuerbaren Energiewende in Österreich geleistet und die Energieautarkie der KEM gestärkt werden.

Die Anwendung eines biodiversitätsfördernden PV-Ausbaukonzepts auf regionaler Ebene innerhalb einer KEM ist ein möglicher und nicht zu unterschätzender Ansatz. Dennoch braucht es, sowohl um die Biodiversität wirkungsvoll und nachhaltig zu schützen als auch um unseren gesamten Strombedarf von erneuerbaren Energieträgern decken zu können, einen holistischeren Ansatz.

5.3. Wirkung und Umsetzbarkeit

Inwiefern die Analyse zu biodiversitätsfreundlichen PV-FFA Eignungsflächen in unterschiedlichen Ebenen in Instrumente der Energieraumplanung eingegliedert werden kann, wird in diesem Kapitel erläutert. Dafür werden zunächst die unterschiedlichen Planungsebenen, die zum Teil auch bereits in Kapitel 2 und 3 erläutert wurden, und die Akteur*innenlandschaft kurz beschrieben.

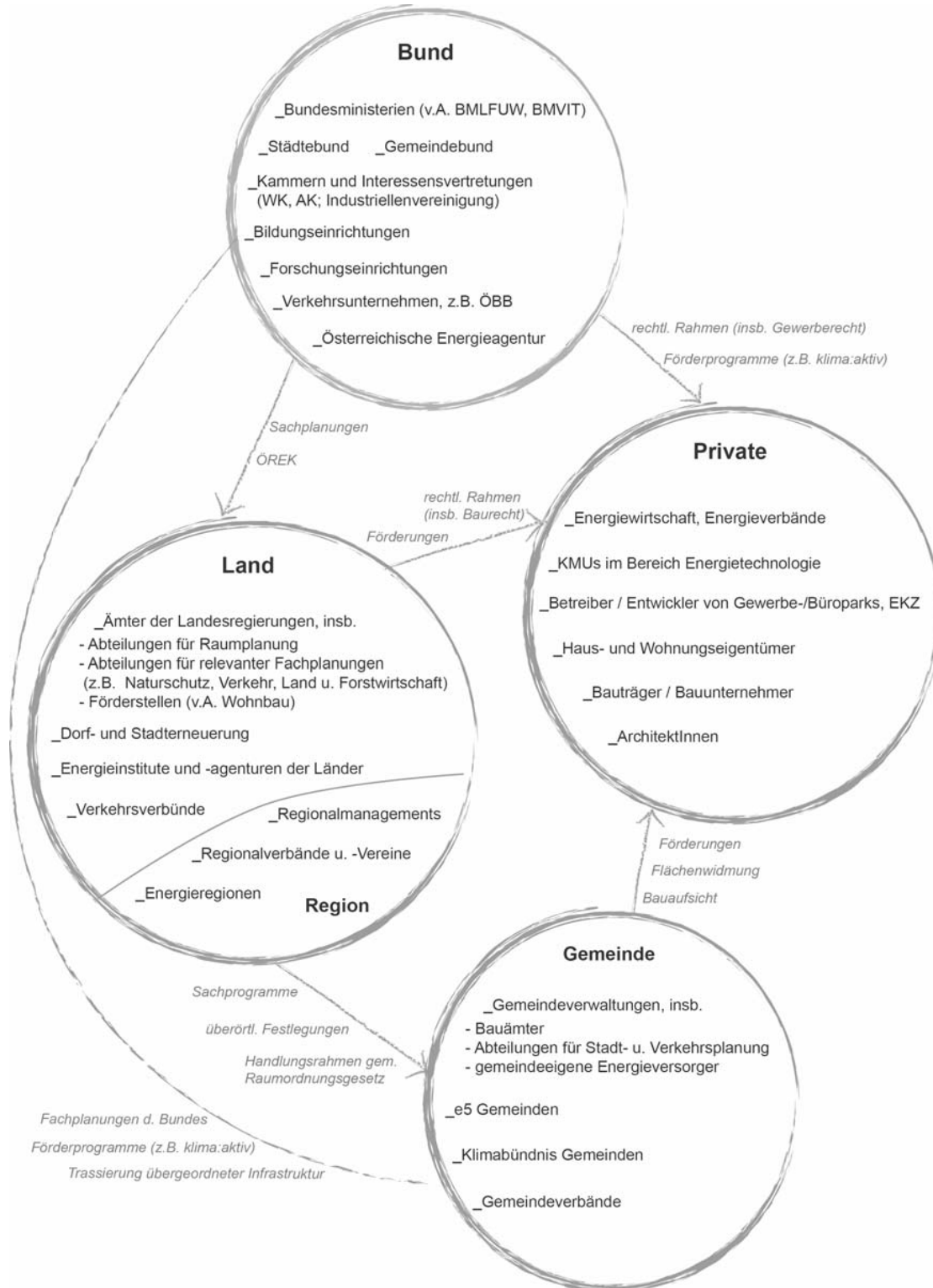


Abbildung 98 Akteur*innenlandschaft Energieraumplanung, (Bork, Trauner und Hemis, 2011, S. 49)

Wie in Abbildung 98 zu sehen ist, finden sich Akteur*innen der Energieraumplanung in allen Planungsebenen wieder. Die Akteur*innen sowie die Wirkung der unterschiedlichen Planungsinstrumente in diesen Ebenen aufeinander, sind stark miteinander verwoben. Dies bietet einige Möglichkeiten, die vorgestellte Analysemethode in die Energieraumplanung einzubinden, wobei die gewünschte Wirkung auf die Biodiversität je nach Planungsebene sich stark unterscheidet. Weiter werden die unterschiedlichen Ebenen und Planungsinstrumente darin beleuchtet (wobei kein Anspruch auf Vollständigkeit gestellt wird). Dabei wird zunächst die kleinste Planungsebene - die Gemeinden - beleuchtet und bis zur größten Ebene - der Bundesebene - beschrieben. Denn obwohl jegliche biodiversitätsreiche Fläche zum Erhalt der Natur als einzelne „Insel“ beiträgt, wird das allein jedoch nicht ausreichen. Je größer und vielfältiger die Flächen sind und je besser und großflächiger natürliche bzw. naturnahe Lebensräume vernetzt sind, umso größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass sie einen nachhaltig positiven Einfluss auf den Erhalt der Biodiversität und die Ökosystemleistungen haben. Aus diesem Grund braucht es ein strategisches Vorgehen auf höheren Maßstabsebenen, wie Ländern oder Bund, auch, aber nicht nur, in Bezug auf ein biodiversitätsfreundliches PV-Ausbaukonzept. Ebenso trifft dies auf die Effizienz des Ausbaus der erneuerbaren Energien zu.

Gemeindeebene

Auf Gemeindeebene müssen seit der Novelle des Raumordnungsgesetzes 2020 in Niederösterreich lt. § 13 Abs. 3 (dieser Paragraf regelt die Inhalte des Örtlichen Raumordnungsprogrammes) nun auch im örtlichen Entwicklungskonzept (ÖEK) die Themen Energieversorgung und Klimawandelanpassung behandelt werden. Dazu kann auch ein PV-FFA Ausbau in Gemeinden zählen. Es ist zu kritisieren, dass nicht genau spezifiziert wird, in welchem Umfang sich die Gemeinden mit diesen Themen auseinandersetzen müssen und dass der Schutz der Biodiversität nicht ebenfalls konkret genannt wird. Zu Klimawandelanpassung ist eine resiliente Natur jedoch von wesentlicher Bedeutung (siehe Kapitel 2.4), daher sollte der Schutz der Biodiversität hier von den Gemeinden berücksichtigt werden. Bei der Planung von PV-FFA in Gemeinden kann das Analysetool zur Ermittlung biodiversitätserhaltender bzw. -fördernder Eignungsflächen für PV-FFA im ÖEK Anwendung finden.

Die positive Wirkung auf die Biodiversität kann sich in diesem Maßstab, je nach Größe der Gemeinde, nur punktuell auswirken. Je nach Ausgangslage der Zustände der Lebensräume in den Gemeinden können hier Lebensräume durch PV-FFA geschaffen bzw. aufgewertet werden. Eine biotopverbindende Wirkung wird auf Gemeindeebene allerdings in vielen Fällen nur begrenzt möglich sein. Zudem sind auch die Ressourcen von Gemeinden begrenzt.

Regionale Ebene

Auf regionaler Ebene ist eine Möglichkeit der Umsetzung des Analysetool zur Ermittlung biodiversitätserhaltender bzw. -fördernder Eignungsflächen für PV-FFA in die Umsetzungs- bzw. Weiterführungskonzepte der KEM zu integrieren. Dies wird in der KEM Tullnerfeld OST beispielhaft erläutert:

Prinzipiell ist festzuhalten, dass die Ressourcen einer KEM und auch einer KLAR begrenzt sind. Der bzw. die Modellregionsmanager*in muss mindestens 20 Wochenstunden für die KEM tätig sein. Bei einer Überschneidung von mehr als 80% mit einer KLAR sollte das Management von einer Person geführt werden. Sollte dieses ein Pensum von 40 Wochenstunden überschreiten, kann eine Assistenzstelle eingerichtet werden. Das Management der KEM und KLAR Tullnerfeld OST hat jeweils 20 Wochenstunden für Projektaktivitäten, also insgesamt 40 Wochenstunden zur Verfügung, die vom Klima- und Energiefonds finanziert werden. Diese werden verwendet, um die im Weiterführungskonzept definierten Maßnahmen umzusetzen. Die Umsetzungen dieser Maßnahmen bildet die Grundlage für die Ausschüttung der Förderung.

Eine Eingliederung der vorgestellten Analyse­methode in ein zukünftiges Weiter­führungs­konzept der KEM Tullnerfeld OST wäre in folgende Maßnahmen denkbar:

- **Maßnahme 5 – Energieraumplanung (siehe Kapitel 5.2.11)**

Die Integration von biodiversitätsrelevanten Faktoren in die Raumordnungen der Gemeinden ist dabei nicht explizit erwähnt, obwohl sich Fragen der Biodiversität oft stark auf das Klima auswirken (siehe Kapitel 2.4). Sie sollten also explizit mit aufgenommen werden. Im Zuge des räumlichen Konzepts für die KEM Tullnerfeld OST zum biodiversitätsfreundlichen Ausbau von PV-Anlagen werden sowohl klima- als auch biodiversitätsrelevante Faktoren mitberücksichtigt. Auf diese Weise könnte ein zukünftiger PV-FFA Ausbauplan der KEM ähnlichen Ansprüchen zugrunde liegen, wie bei der vorgestellten Analyse­methode zur Ermittlung von Flächen für einen biodiversitätsfördernden PV-FFA Ausbau.

- **Maßnahme 8 – Tullnerfelder Solarenergie (siehe Kapitel 5.2.11)**

Bei Beratung in diesem Bereich soll auch auf die biodiversitätsförderliche Wirkung von PV-FFA hingewiesen werden. Ebenso wäre hier eine erneute Durchführung der vorgestellten Analyse­methode mit einer aktuelleren Datengrundlage der Biodiversitätsindikatoren, sofern diese zukünftig vorhanden ist, eine sinnvolle Ergänzung.

Um dies trotz begrenzter Ressourcen der KEM zu bewältigen, wäre beispielweise eine Kooperation mit Universitäten bzw. Fachhochschulen denkbar. Dadurch wäre eine Grundlage an Eignungsflächen für PV-FFA geschaffen, die bei einer zukünftigen Planung eines PV-FFA Ausbauplanes herangezogen werden kann.

Prinzipiell ist es möglich, die Erkenntnisse der vorgestellten Analyse­methode in jedem Umsetzungs- bzw. Weiter­führungs­konzept der KEM in der ein oder anderen Form einzugliedern. Jedoch ist es fraglich, ob dies allein insgesamt den gewünschten Effekt der Biodiversitätsförderung in Österreich erzielen kann. Die positive Wirkung für Biodiversität besteht hier jedoch nicht nur mehr in der Schaffung und der Aufwertung von Habitaten. Je nach den naturräumlichen Bedingungen können auf dieser Ebene bereits wichtige Biotopverbindungen entstehen. Dieser Effekt kann verstärkt werden, wenn für biodiversitätsfreundliche PV-Ausbaupläne extra Förderungen durch die Klima- und Energiefonds etabliert werden würden. Dadurch könnten mehr KEM motiviert werden die vorgestellte Analyse­methode anzuwenden.

Bundesländer Ebene

Auf Ebene der Bundesländer kann das Analysetool zur Ermittlung biodiversitätserhaltender bzw. -fördernder Eignungsflächen für PV-FFA in die Zonierung der PV-FFA, sofern vorhanden, integriert werden. Derzeit ist die Vorgehensweise der Bundesländer in diesem Bereich sehr unterschiedlich. Wenn eine räumliche Zonierung vorgesehen ist, handelt es sich meist um Eignungszonen bzw. Vorrangflächen. In Kärnten sind beispielsweise jedoch Ausschlusszonen vorgesehen (siehe Tabelle 5 in Kapitel 3.3). Diese sind für die vorgestellte Analyse­methode nicht geeignet. Zudem wirken Ausschlusszonen als sehr passives Steuerungsinstrument und es darf bezweifelt werden, ob diese für jene essentiell wichtigen Planungsthemen ausreichend Steuerungspotential bieten. Es wird daher empfohlen, dass in allen Bundesländern Eignungszonen ausgewiesen werden. In Niederösterreich geschieht dies über ein sektorales Raumordnungsprogramm, wo auch die Kriterien für die Ermittlungen der Eignungszonen beschrieben sind. Hier können die derzeitigen, allgemein formulierten Negativkriterien – Schutzgebiete, Biosphärenparks etc. – und die Positivkriterien – Nahbereiche von Autobahnen und Kläranlagen – (siehe Kapitel 3.4) für die Eignungszonen von PV-FFA durch die vorgestellte Analyse­methode ersetzt werden. Dies betrifft PV-FFA die größer als 2 ha sind. Für Anlagen, die kleiner sind als 2 ha, können Gemeinden im Flächenwidmungsplan auch außerhalb der durch das Sek ROP PV definierten Eignungszonen Flächen für PV-FFA widmen. Dafür wurde vom Land NÖ eine Leitlinie zur Widmung von „Grünland Photovoltaikanlagen“ erstellt (siehe

Kapitel 4.2.1). Hierbei kann das vorgestellte Analysetool zur Ermittlung der Eignungsflächen beschrieben und so der geforderte „Bedacht auf Naturschutz“ mit einer konkreten Vorgehensweise der Gemeinden begegnet werden.

Zudem kann jedes Bundesland im Raumordnungsgesetz Vorgaben machen, dass und inwiefern die Themen Klima und Energie von Gemeinden behandelt werden. Wie bereits auf Gemeindeebene erläutert, müssen in Niederösterreich laut NÖ ROG 2014 (Novelle 2020) § 13 die Themen Energieversorgung und Klimawandelanpassung im ÖEK behandelt werden. Es bleibt jedoch unklar in welchem Umfang sich Gemeinden mit diesen Themen auseinandersetzen müssen. Eine Konkretisierung im NÖ ROG, die unter anderem verbindliche Maßnahmen zum Schutz der Biodiversität beinhaltet, ist zu empfehlen. Eine dieser Maßnahmen kann eine räumliche Analyse zu biodiversitätsfreundlichen Eignungsflächen für PV-FFA, wie sie in dieser Arbeit vorgestellt wurde, darstellen. Dies könnte im ROG beispielsweise bei der Erstellung eines Energie- und Klimakonzept im ÖEK verlangt werden, um ein einheitliches Vorgehen der Gemeinden diesbezüglich zu erreichen.

Auf dieser Ebene können die positiven Effekte auf die Biodiversität bereits großflächige Auswirkungen zeigen, da neben der Schaffung bzw. der Aufwertung von Lebensräumen auch ein Netzwerk an Biotopverbindungen erzielt wird.

Bundesebene

Die Erzeugung von erneuerbarer Energie ist von höchstem öffentlichem und auch überörtlichem Interesse. Wie in Kapitel 3.1 beschrieben, liegt dies derzeit im Aufgabenbereich der Bundesländer, mit dem Ergebnis, dass die Ausbauziele der Bundesländer für PV-Anlagen nicht mit den Ausbauzielen des Bundes übereinstimmen. Der Bund sollte hier bestimmte Zielvorgaben an die Länder stellen können. Eine Möglichkeit des Bundes einzugreifen, stellt ein Grundsatzgesetz dar. Denn im Art 12 (1) B-VG steht: „*Bundessache ist die Gesetzgebung über die Grundsätze (...) im (...) 2. Elektrizitätswesen, soweit es nicht unter Art. 10 fällt (...)*“.

Das bedeutet, dass der Bund die Möglichkeit und bereits die gesetzlichen Voraussetzungen hat im Grundsatz eine Fachplanung im Bereich des Elektrizitätswesens festzulegen. Ein Grundsatzgesetz könnte folgendes beinhalten (Damjanovic, 2022):

- Den Beitrag zu den Ausbauzielen jedes Bundeslandes festzulegen.
- Eine verpflichtende Ermittlung des Flächenbedarfs von erneuerbaren Energiesystemen, sowie die Ausweisung von Eignungs- und Ausschlusszonen vorzuschreiben.
- Dazu kann auch eine Vorgabe zu einheitlichen Methoden und Kriterien für die Ermittlung von Eignungsflächen zählen.
- Die Qualität der Eignungszonen als überörtliche Widmung festzulegen.

Hiermit könnte der Bund die Bundesländer in die Verpflichtung nehmen, Ausbauziele für PV und andere erneuerbare Energiegewinnungsanlagen festzulegen und Eignungszonen für diese nach einheitlichen Methoden und Kriterien festzulegen.

Die Analyseverfahren, die in dieser Arbeit vorgestellt wurde, könnte als Grundlage für die Identifikation von geeigneten Flächen dienen. Die maximale Größe von PV-FFA, welche auf den Eignungsflächen errichtet werden können, sollte ebenfalls im Grundsatzgesetz des Bundes bestimmt werden. Bereits bestehende kleinere Anlagen, die beispielsweise von KEM errichtet wurden und dann in solchen Eignungszonen des Bundeslandes liegen würden, könnten später dann auch zu größeren Anlagen ausgebaut werden. Ebenfalls sollte das ökologische Gestaltungs- und Pflegekonzept von PV-FFA jeglicher Größe, wie in Kapitel 4.2.1 beschrieben, in das Grundgesetz aufgenommen werden, um eine positive Wirkung von allen zukünftigen PV-FFA auf die Biodiversität

auf Mikroebene zu ermöglichen. Auf diese Weise könnte in allen Bundesländern das Potential eines biodiversitätsfördernden PV-FFA Ausbaukonzepts mit einem einheitlichen Vorgehen vorangetrieben werden. Als Grundlage dafür bedarf es auf dieser Ebene auch eine aktuelle und flächendeckende Datengrundlage zu Biodiversitätsindikatoren.

Eine weitere Möglichkeit für den Bund, einen biodiversitätsfreundlichen PV-Ausbau zu unterstützen, ist die Förderfähigkeit von neu errichteten bzw. Erweiterungen von PV-FFA im EAG neben Leistungen der Anlagen ebenfalls an ein verpflichtendes Ökologiekonzept zu binden (siehe Kapitel 3.1). Auf Bundesebene kann eine biotopverbindende Wirkung von PV-FFA effektiv eingesetzt werden und gezielt dort Flächen ökologisch aufgewertet werden, wo der höchste Bedarf danach besteht.

Ein Überblick zu den oben beschriebenen Instrumenten und Maßnahmen und ihre Wirkung auf die Biodiversität ist Tabelle 18 zu entnehmen. Eine Einschätzung der Wirkungsweisen der Maßnahmen in den unterschiedlichen Planungsebenen durch die Autorin wurde in Tabelle 19 vorgenommen.

Tabelle 18 Überblick zur möglichen Integration der vorgestellten Analyse in verschiedene Planungsinstrumente, eigene Darstellung

Planungsebene	Instrument	Maßnahme	Positive Wirkung auf die Biodiversität
Bund	Grundsatzgesetz	Verpflichtende Ausweisung von biodiversitätsfreundlichen Eignungszonen	Sehr gute biotopverbindende Wirkung, Verbesserung auf Flächen der PV-Anlagen
	EAG	Förderbarkeit von PV-FFA an ein Ökologiekonzept binden	Verbesserung auf der PVA-Fläche
Bundesländer	Sektorale Raumordnungsprogramme	Ausweisung von biodiversitätsfreundlichen PV-FFA Eignungszonen	Gute biotopverbindende Wirkung, Verbesserung auf der PVA-Fläche
	Regionale Raumordnungsprogramme	Anpassung der Leitlinie für die Widmung von PV-FFA	Verbesserung auf der PVA-Fläche
Konkretisierung des ROG und verpflichtende räumliche Analyse für PV-FFA Eignungszonen im ÖEK		Gute biotopverbindende Wirkung, Verbesserung auf der PVA-Fläche	
Regionale Ebene	Klima- und Energiemodellregionen	Förderungen für einen biodiversitätsfreundlichen PV-Ausbau	Mittelmäßige biotopverbindende Wirkung, Verbesserung auf der PVA-Fläche
		Integration von Biodiversitätsfaktoren in den ERP	
		Integration von Biodiversitätsfaktoren in Informationskampagne für PV	
Gemeinde Ebene	Örtliches Entwicklungskonzept	Ermittlung von biodiversitätsfreundlichen PV-FFA Eignungsflächen als Teil der Themen Energie und Klimawandelanpassung	Geringe biotopverbindende Wirkung, Verbesserung auf der PVA-Fläche

Tabelle 19 Einordnung der vorgestellten Maßnahmen nach Wirkungsart und -ebene, eigene Darstellung nach (Geier und Dumke, ohne Datum)

Raumbezug		Wirkungsweise und Raumwirksamkeit (indirekt und direkt raumverändernd)				
Bund	Grundsatzgesetz, EAG		Förderungen nach EAG sowie von Klima- und Energiefonds			
Bundesland	Regionale ROG, Sektorale ROP PV				Ausweisung von biodiversitätsfreundlichen Eignungszonen, Anpassung der Leitlinie für die Widmung von PV-FFA	
Region		Klima- und Energiemodell-regions-konzepte			Integration von Biodiversitätsfaktoren in den ERP	
Gemeinde	Örtliches Entwicklungskonzept				Ermittlung von biodiversitätsfreundlichen PV-FFA Eignungsflächen	
	Regulativ (indirekt)	Kommunikativ, bewusstseinsbildend (indirekt)	Finanzierend (indirekt)	Marktaktivierend (direkt)	Standortentwickelnd (direkt)	Prozesse steuernd (direkt und/oder indirekt)



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

6. Conclusio

Abschließend werden die Forschungsfragen beantwortet, Limitierungen in der Vorgehensweise der Arbeit erläutert, sowie ein Ausblick über den weiteren Forschungsbedarf der behandelten Themen gegeben.

6.1. Beantwortung der Forschungsfragen

Wie kann durch den Ausbau von Photovoltaik-Anlagen die Biodiversität in einer Region geschützt bzw. verbessert werden?

Zunächst ist hier die Wirkung von PV-FFA auf die Biodiversität auf der Errichtungsfläche zu bewerten. Ob diese Wirkung als positiv einzustufen ist, hängt von mehreren Faktoren ab. Allen voran, in welchem ökologischen Zustand sich eine Fläche befindet, bevor eine PV-FFA darauf errichtet wird. Bei Flächen, die zuvor ökologisch wenig wertvoll sind, wie beispielsweise eine intensiv genutzte Ackerfläche, ist eine ökologische Aufwertung der Fläche durch eine PV-FFA sehr wahrscheinlich. Bei Flächen, die bereits eine hohe ökologische Wertigkeit aufweisen besteht hingegen die Gefahr, dass durch die Errichtung und den Betrieb einer PV-FFA die ökologische Wertigkeit der Fläche gefährdet wird. PV-FFA sollten daher in der Regel nur auf Flächen mit einer geringen bis mittleren ökologischen Wertigkeit errichtet werden, um einen positiven Effekt auf die Biodiversität sicherzustellen.

Die Gestaltung der PV-FFA hat zudem einen Einfluss auf die Biodiversität der Fläche. Ein Abstand der Modulreihen von mindestens 3 Metern sowie eine Modultiefe von maximal 5 m und eine maximale Überschildung von 50% haben sich hierbei als geeignete Richtwerte gezeigt. Bekannte Wildtierrouen sollten nicht zerschnitten werden. Der Verzicht auf Zäune ist zu befürworten und der Ersatz durch heimische Hecken bietet zusätzliche Lebensräume und verbessert zudem die Wirkung der PV-FFA auf das Landschaftsbild. Bei der Bepflanzung der Fläche ist auf standortgerechte und heimische Arten zu achten. Zusätzlich zeigen sich weitere Strukturelemente und spezielle Lebensräume für viele Arten als vorteilhaft. Das können beispielweise Teichanlagen sowie Stein- und Totholzhaufen sein. Wichtig hierbei ist auch, dass hier auf die Bedürfnisse der Arten eingegangen wird, die natürlicherweise in dieser Region vorkommen.

Weiters ist der Umgang und die Pflege der Fläche bei der Errichtung und während des Betriebes der PV-FFA für die Förderung der Biodiversität von höchster Bedeutung. Eine extensive Pflege mit einer ein- bis zweimaligen Mahd im Jahr bzw. Beweidung und der Verzicht auf Düngemittel sowie Pest- und Herbizide zeigt hier eine gute Entwicklungsmöglichkeit für die Biodiversität.

Wie können Formen von PV-Anlagen mit unterschiedlichen Flächentypen kombiniert werden, um eine möglichst positive ökologische Wirkung zu erzielen?

Derzeit gibt es hauptsächlich Studien zur Wirkung von PV-FFA auf die Biodiversität von starren südausgerichteten PV-FFA. Für andere Arten von PV-Anlagen können daher noch keine validen Aussagen über deren Wirkung auf die Biodiversität getätigt werden. Sofern jedoch mit derselben ökologischen Sorgfalt und Methoden bei der Gestaltung der PV-FFA vorgegangen wird, wie oben beschrieben, besteht jedenfalls eine gute Wahrscheinlichkeit, dass eine ähnlich positive Wirkung auf die Biodiversität erzielt werden kann. Ausschlaggebend dafür ist die bisherige Nutzung der Fläche und ob es nach Errichtung einer PV-Anlage noch eine Zusatznutzung gibt.

Tabelle 20 Überblick zur Leistung von PV-FFA Typen/ Bruttofläche und die bekannte Wirkung auf die Biodiversität, eigene Darstellung

PV-FFA Typen	Leistung im Vergleich zu einer starren Anlage mit Südausrichtung	Solarstromertrag pro Bruttofläche	Biodiversitätseffekte
Starre Anlagen mit Südausrichtung	100%	830 kWp/ha 83 kWh/m ² /a	Positiv
Starre Anlagen mit Ost-West-Ausrichtung	85%	710 kWp/ha 71 kWh/m ² /a	Unklar – tendenziell positiv
Einachsig nachgeführten Anlagen	115%	955 kWp/ha 96 kWh/m ² /a	Unklar – tendenziell positiv
Zweiachsig nachgeführten Anlagen	120%	996 kWp/ha 100 kWh/m ² /a	Unklar – tendenziell positiv
Senkrecht installierte Anlagen	130%	1079 kWp/ha 108 kWh/m ² /a	Unklar – tendenziell positiv

Auf Ackerflächen mit einer niedrigen Bodenqualität ist eine alleinige Nutzung mit einer PV-FFA für eine ökologische Aufwertung dieser Fläche durchaus sinnvoll. Bei einer Errichtung einer PV-Anlage auf einem hochwertigen Ackerboden ist eine Agri-PVA eher empfehlenswert, hier kann aber wenig Aussage über die allgemeine Wirkung auf die Biodiversität getroffen werden. Ansonsten gibt es derzeit nur bei PV-Anlagen auf Dächern vereinzelt Studien, die darauf hinweisen, dass möglicherweise eine positive Wirkung auf bodenbrütende Vögel besteht.

Zur Übersicht wurde in dieser Arbeit eine Tabelle erstellt, der die Möglichkeiten der PV-Ausführungen und deren Biodiversitätsverbesserungspotential auf unterschiedlichen Flächentypen aufzeigt (siehe Tabelle 21).

Tabelle 21 Überblick zu Kombinationen von PV-FFA und Flächentypen, eigene Darstellung

Flächentypen	Errichtungsflächen	PV-Ausführung	Biodiversitätsverbesserungspotential
Versiegelte Flächen	Parkplätze	PV-Überdachung	unbekannt
	niederrangige Straßen	x	x
	hochrangige Straßen	PV-Überdachung	unbekannt
	Industriegebäude	PV-Dach	Möglicherweise (Brutvögel)
	Öffentliche Gebäude	PV-Dach	Möglicherweise (Brutvögel)
	Private Wohngebäude	PV-Dach	Möglicherweise (Brutvögel)
Landwirtschaftsflächen	hohe Bodenqualität	Agri-PV	Möglicherweise - je nach Pflege
	mittlere Bodenqualität	Agri-PV / PV-FFA	Möglicherweise- je nach Pflege / Ja
	schlechte Bodenqualität	PV-FFA	Ja
Wiesenflächen	Futterwiesen	Senkrechte PVA/PV-FFA	nein
	Weideflächen	Senkrechte PVA/PV-FFA	Ja
	Wiesen	Senkrechte PVA/PV-FFA	Nur nach naturschutzfachlicher Prüfung sinnvoll

Wie können PV-Anlagen räumlich eingesetzt werden, um eine biotopverbindende Wirkung zu erzielen?

Nachdem eine ökologische Aufwertung nach oben genannten Kriterien durch eine PV-FFA erzielt werden kann, wurde weiters eine Analyse zur Ermittlung von Flächen, welche für PV-FFA geeignet sind und es dadurch zu einer ökologischen Aufwertung der Fläche kommen würde, entwickelt. Die Distanz zu naturnahen Lebensräumen wird miteinbezogen, um Möglichkeiten für Trittsteinbiotope durch die Nutzung als PV-FFA zu erkennen. Diese Analyse umfasst folgende Schritte:

- **Solaranalyse**
Hier wird der solare Eintrag der Flächen bewertet.
- **Landnutzungsanalyse**
Dabei werden Landnutzungstypen ausgeschlossen, die entweder grundsätzlich nicht oder nur schlecht für die Nutzung von PV-FFA Anlagen geeignet sind (bspw. Siedlungsgebiete, Wasser, Wald) oder wo keine oder kaum eine ökologische Aufwertung durch eine PV-FFA erzielt werden kann (bspw. bereits versiegelte Flächen)
- **Biodiversitätsanalyse**
Für die Biodiversitätsanalyse wurden zum einen Daten zur Natürlichkeit der Lebensräume und zum anderen Daten zur Entfernung zu naturnahen Lebensräumen herangezogen. Bei ersterem wurden Flächen am besten bewertet, die weder in einem guten natürlichen Zustand sind noch Flächen, welche schon so stark verändert sind, dass sie als künstlich einzustufen sind, sondern Flächen, die zwar verändert sind, aber dennoch mit relativ wenig Aufwand ökologisch aufgewertet werden können.

Bei der Bewertung der Entfernungen zu naturnahen Lebensräumen, wurde Flächen, die Distanzen von mehr als 500 m zu einem naturnahen Lebensraum aufweisen, als gute geeignet eingestuft, da hier ein hoher ökologischer Aufwertungsbedarf besteht. Diese Distanz gilt für diverse Tier- und Pflanzenarten in der Regel als überbrückbar und PV-FFA können hier, wenn sie eine Distanz von weniger als 500 m zueinander und zu natürlichen Habitaten aufweisen, als Trittsteinbiotope dienen und auch größere naturnahe Lebensräume einer Region verbinden.

- **Wertvolle Landwirtschaftsflächen**

Wertvolle Landwirtschaftsflächen werden in diesem Schritt der Analyse als schlecht geeignet für PV-FFA eingestuft, um eine weitere Nutzungskonkurrenz für diese Flächen zu verhindern.

Diesen Parametern werden anschließend Gewichtungen zugeteilt, die je nach Gegebenheiten der zu untersuchenden Region angepasst werden können und anschließend ausgewertet. Die Flächen, die bei dieser Analyse die besten Werte erhalten, können für die Planung eines PV-FFA Ausbaukonzepts herangezogen werden. Um eine biotopverbindende Wirkung erzielen zu können, ist es ausschlaggebend, die PV-FFA als einen Pfad zwischen unterschiedlichen naturnahen Lebensräumen mit einem max. Abstand von 500 m zu planen. Im Idealfall sind die einzelnen PV-FFA zusätzlich noch direkt mit Biotopkorridoren verbunden, um eine Fluktuation und Verteilung verschiedener Tier- und Pflanzenarten zwischen den Anlagen zu erleichtern.

Auf diese Weise könnte die Errichtung von PV-FFA nicht nur die Biodiversität auf der einzelnen Fläche, also auf der Mikroebene, verbessern, sondern auch zur Verbesserung der Biodiversität auf Makroebene in einer Region beitragen.

In welcher Form kann die Ermittlung solcher Eignungsflächen zur Anwendung gebracht werden bzw. welche Möglichkeiten/ Raumplanungsinstrumente stehen derzeit zu Verfügung, um diese zu implementieren?

Die Ermittlung von Eignungsflächen für PV-FFA, die auch einen Mehrwert für die Biodiversität in Form von Trittsteinbiotopen bilden, sollte in die Energierraumplanung Österreichs integriert werden. Dies kann von der Gemeindeebene über die regionale Ebene bis zur Bundesebene in verschiedenen Formen Anwendung finden. Dabei gilt, je größer der Maßstab für die Ermittlung der Eignungsflächen gewählt wird, umso effektiver kann eine biotopverbindende Wirkung von PV-FFA jedoch eingesetzt werden bzw., umso gezielter können dort Flächen nach Bedarf ökologisch aufgewertet werden.

Sie kann auf Gemeindeebene in die Erstellung eines örtlichen Entwicklungskonzeptes einfließen, in einzelnen KEM in Maßnahmen aufgenommen werden und in die Erstellung eines Energierraumplans integriert werden. Hier sind die Ressourcen für die Umsetzung allerdings begrenzt und die biotopverbindende Wirkung ist, wenn überhaupt natürliche Strukturen vorhanden sind, nur in einem kleinen Rahmen möglich.

Auf Ebene der Bundesländer kann die Analyse in einem sektoralen ROP für die Ausweisung von Eignungsflächen von PV-FFA vorausgesetzt werden oder in NÖ durch eine Konkretisierung des ROG bezüglich Behandlung der Themen Energie- und Klimawandelanpassung im ÖEK verlangt werden (siehe Tabelle 22). Auf dieser Ebene ist die biotopverbindende Wirkung besser als auf Gemeindeebene, aber dennoch nur als mittelmäßig einzustufen. Nicht zuletzt aus diesem Grund ist eine bundesweit einheitliche Vorgehensweise zur Ermittlung von Eignungsflächen für PV-FFA wichtig.

Es wird empfohlen, dies in Form eines Grundsatzgesetzes zu verwirklichen. Dieses soll den Bundesländern konkrete und verpflichtende PV-Ausbauziele vorgeben und unter anderem Kriterien vorschreiben, wie Eignungsflächen für PV-FFA zu ermitteln sind und ähnliche Analyseschritte, die einen Fokus auf die Förderung der Biodiversität legen, dafür vorgeben. Die Wichtigkeit der Erreichung der Klimaziele und der Schutz der Biodiversität ist zu groß und Folgen von Verfehlungen zu schwerwiegend für die nächsten Generationen, als dass es einzelnen Regionen oder gar Gemeinden überlassen werden sollte bzw. diese damit allein gelassen werden, diese Ziele zu bewältigen.

Tabelle 22 Überblick zur möglichen Integration der vorgestellten Analyse in verschiedene Planungsinstrumente, eigene Darstellung

Planungsebene	Instrument	Maßnahme	Positive Wirkung auf die Biodiversität
Bund	Grundsatzgesetz	Verpflichtende Ausweisung von biodiversitätsfreundlichen Eignungszonen	Sehr gute biotopverbindende Wirkung, Verbesserung auf Flächen der PV-Anlagen
	EAG	Förderbarkeit von PV-FFA an ein Ökologiekonzept binden	Verbesserung auf der PVA-Fläche
Bundesländer	Sektorale Raumordnungsprogramme	Ausweisung von biodiversitätsfreundlichen PV-FFA Eignungszonen	Gute biotopverbindende Wirkung, Verbesserung auf der PVA-Fläche
	Regionale Raumordnungsprogramme	Anpassung der Leitlinie für die Widmung von PV-FFA	Verbesserung auf der PVA-Fläche
Konkretisierung des ROG und verpflichtende räumliche Analyse für PV-FFA Eignungszonen im ÖEK		Gute biotopverbindende Wirkung, Verbesserung auf der PVA-Fläche	
Regionale Ebene	Klima- und Energiemodellregionen	Förderungen für einen biodiversitätsfreundlichen PV-Ausbau	Mittelmäßige biotopverbindende Wirkung, Verbesserung auf der PVA-Fläche
		Integration von Biodiversitätsfaktoren in den ERP	
		Integration von Biodiversitätsfaktoren in Informationskampagne für PV	
Gemeinde Ebene	Örtliches Entwicklungskonzept	Ermittlung von biodiversitätsfreundlichen PV-FFA Eignungsflächen als Teil der Themen Energie und Klimawandelanpassung	Geringe biotopverbindende Wirkung, Verbesserung auf der PVA-Fläche

6.2. Reflexion und Ausblick

Der Hauptteil dieser Arbeit beruht auf der durch Literaturrecherche gewonnenen Erkenntnissen zur Wirkung von PV-FFA auf die Biodiversität. Für die Wirkung auf der Mikroebene gibt es bereits einige Erkenntnisse der positiven Wirkungen von PV-FFA mit naturschutzfachlichem Pflegekonzept (siehe Kapitel 4.2.1). Dennoch gibt es hier noch weiteren Forschungsbedarf; zum einen zu Langzeitwirkungen auf die Biodiversität, zum anderen zur Wirkung verschiedener Bauformen von PV-FFA. Die Wirkung von PV-FFA auf Makroebene, der biotopverbindenden Wirkung, wurde bisher nur unzureichend in Studien behandelt. Diese Arbeit geht dennoch von der Annahme aus, dass PV-FFA eine ähnliche positive Wirkung als Trittsteinbiotop erzielen werden, wie es ein natürliches bzw. naturnahes Habitat kann, da sie nachweislich einen vielfältigen Lebensraum für Tier- und Pflanzenarten bieten können, die typischerweise in Offen- bzw. Halboffenland vorkommen. Um diese Annahme überprüfen zu können, braucht es jedoch groß angelegte Untersuchungen sowohl an Kurz- und Langzeitwirkungen von PV-FFA als Trittsteinbiotope sowie die Wirkung in unterschiedlichen Habitaten.

Kritik an der hier angewendeten Methodik kann speziell am Alter der GIS-Daten zum Naturindex (Rüdissler, Tasser und Tappeiner, 2012) der KEM geäußert werden, die bereits 2012 veröffentlicht wurden. Nachdem es in Österreich an einem flächendeckendem Biodiversitätsmonitoring fehlt (siehe Kapitel 2.2) und die GIS-Daten zum Naturindex bisher die einzige flächendeckende Kartierung dieser Art in Österreich sind, sind die Alternativen dazu jedoch stark begrenzt. Die Etablierung eines flächendeckenden und einheitlichen Biodiversitätsmonitorings, wie es beispielsweise in der Schweiz und Südtirol bereits vorhanden ist, sowie eine flächendeckende Kartierung des Naturindex und der Gefäßpflanzenvielfalt (Rüdissler, Tasser und Tappeiner, 2012) oder vergleichbaren Indikatoren in regelmäßigen Zeitabständen wäre nicht nur für eine akkurate Analyse von Eignungsflächen für ein biodiversitätsförderndes PV-FFA Ausbauplanung von hoher Bedeutung. Generell fehlt es dadurch an einer wissenschaftlichen Basis, um die Folgen unterschiedlicher Eingriffe in die Natur ablesen und dadurch zukünftig einschätzbar zu machen und ihnen effektiv entgegenzuwirken.

Ein weiterer Kritikpunkt an der Analyse ist, dass wertvolle Sonderstandorte für die Biodiversität, aufgrund der Ungenauigkeit des Maßstabes nicht berücksichtigt werden konnten, da diese relativ kleinflächig auftreten können. Die sich ergebenden Eignungsflächen müssen nachträglich auf wertvolle Sonderstandorte naturschutzfachlich überprüft werden. Inwieweit es möglich und sinnvoll ist, solche Sonderstandorte in eine Kartierung des Biodiversitätsmonitorings mit aufzunehmen, um diese in die Analyseschritte für geeignete Flächen für PV-FFA mitzuberechnen zu können, ist auch Gegenstand eines weiteren Forschungsbedarfs.

Um die Analyseverfahren weiter ausbauen und verfeinern zu können wäre zudem eine beispielhafte Anwendung in mehreren Regionen mit unterschiedlichen naturräumlichen und Infrastruktur Bedingungen erstrebenswert. Dadurch können weitere Empfehlungen für den Einsatz der Gewichtung der einzelnen Parameter der Analyseverfahren ausgearbeitet werden.

Der in der Arbeit vorgestellte Ansatz bietet jedoch eine Möglichkeit Eignungszonen für PV-FFA, bezogen auf den Schutz der Biodiversität, wesentlich genauer und effektiver zu ermitteln als es bei bisherigen Vorgehensweisen der Fall ist. Zudem zeichnet sich diese Methode durch eine leichte Anpassbarkeit an unterschiedliche räumliche Voraussetzungen, eine hohe Wiederholbarkeit in verschiedenen Maßstabsebenen und eine einfache Zugänglichkeit aus. Sie kann dazu beitragen die Qualität der schwierigen Standortentscheidungen für PV-FFA zu verbessern.

Abschließend ist zu sagen, dass aufgrund der derzeitigen Energiekrise ein großes Momentum entstanden ist, die Energiewende in kurzer Zeit zu bewältigen. Dafür ist in Österreich unter anderem

die Vereinheitlichung der Vorgehensweisen und rechtlicher Grundlagen der Bundesländer wichtig. Der Erfolg dieser Wende hängt aber nicht nur davon ab, wie viel CO₂ eingespart wird. Neben der Klimakrise stellt die Biodiversitätskrise ebenfalls eine existentielle Bedrohung für die Menschheit dar, womöglich sogar schwerwiegender als die Klimakrise. Zur Bewältigung dieser Krise braucht es einen grundlegend anderen Umgang mit der natürlichen Welt. Der Ausbau von PV-FFA bietet hier womöglich eine Chance, nicht nur den CO₂-Ausstoß zu reduzieren, sondern auch wieder natürliche Lebensräume zu schaffen bzw. bestehende zu verbinden. Diese Chance gilt es zu nutzen, um einen Beitrag sowohl im Klima- als auch Biodiversitätsschutz zu leisten und womöglich auch ähnliche Veränderungen in anderen Bereichen aufkeimen zu lassen.



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Anhang

GIS-Dokumentation

Übersicht der verwendeten Werkzeuge zur Analyse der Eignungsflächen für PV-FFA:

Area Solar Radiation Tool

Basis für die Solaranalyse bildet das DSM – Oberflächenmodell des Landes Niederösterreich mit einer Rastergröße von 10x10m. Diese Datei stammt aus dem Geo-Shop Niederösterreich. Es wird mit dem „Area Solar Radiation Tool“ die Sonneneinstrahlung der KEM für ein ganzes Jahr analysiert. Der Ausgaberraster verwendet die Einheit Wattstunden pro Quadratmeter (WH/m²).

Folgende Einstellungen wurden dabei gewählt:

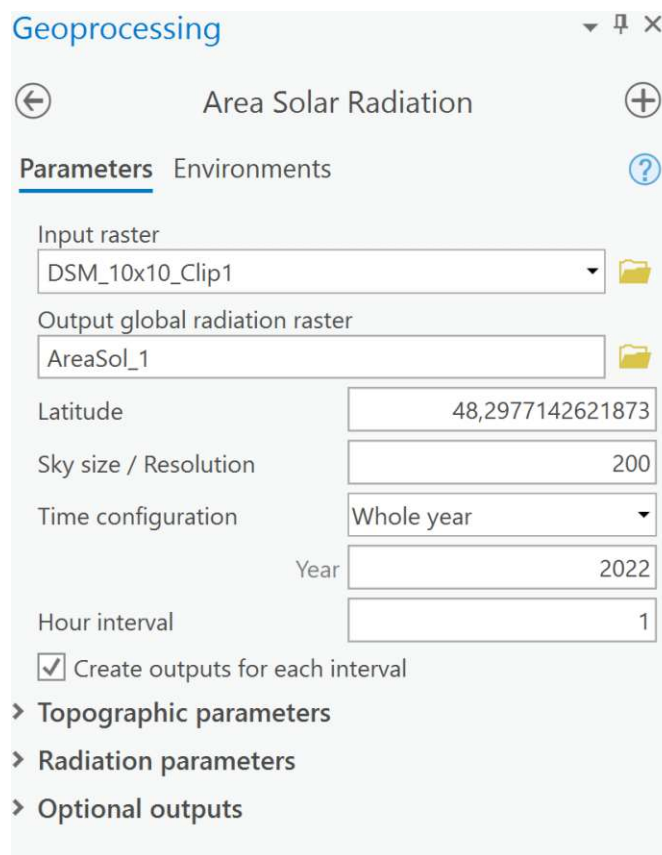


Abbildung 99 Screenshot zu Einstellungen des Area Solar Radiation Tool, eigenes Bild

Die Ergebnisse werden anschließend mit dem Werkzeug „Rescale by function“ mit der Transformationsfunktion „Linear“ auf eine Werteskala von 0 bis 1 skaliert.

Landnutzungsanalyse

Basis für die Landnutzungsanalyse ist die GIS-Vektordatei des Urban Atlas 2018 (Copernicus Land Monitoring Service, 2018). Mit dem Werkzeug „Polygon to Raster“ werden die Vektordaten in Rasterdaten in einer Größe von 10x10m umgewandelt. Anschließend werden mit dem Werkzeug „Reclassify“ den geeigneten Landnutzungstypen (Ackerland und Weide) der Werte „1“ und allen anderen Typen der Wert „-1“ zugeteilt.

Die GIS-Vektordaten der bewaldeten Flächen (Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, ohne Datum a) werden ebenfalls mit dem Werkzeug „Polygon to Raster“ in Rasterdaten in einer Größe von 10x10m umgewandelt. Der Waldfläche wird dann der Wert „-1“ und Flächen ohne Wert der Wert „0“ mit dem Werkzeug „Reclassify“ zugewiesen.

Biodiversitätsanalyse

Die Rasterdaten „Natürlichkeit der Lebensräume“ und „Entfernung zu naturnahen und natürlichen Lebensräumen“ in der Größe von 25x25 m, zu Verfügung gestellt von Rüdiger, werden die Werte mittels des Werkzeugs „Rescale by Function“ auf die Werteskala 0 bis 1 skaliert. Die Daten der „Natürlichkeit der Lebensräume“ werden dabei nach der Transformationsfunktion „Near“ skaliert, diese Funktion bevorzugt Eingabewerte, die sehr nahe am Mittelpunkt liegen. Sie ist ähnlich zu der Funktion der „gaußschen Glockenkurve“, die Werte nehmen aber schneller ab. Diese Transformationsfunktion wurde gewählt, da sich die Bereiche in der Mitte der Skala der Grade der Natürlichkeit, die beste Eignung für PV-FFA in diesem Konzept aufweisen.

Bei der „Entfernung zu naturnahen und natürlichen Lebensräumen“ wird die Transformationsfunktion „MS Large“ verwendet. Hier wird die Skalierung der Eingabedaten auf Grundlage des Mittelwerts und der Standardabweichung vorgenommen, wobei größere Werte im Eingaberaster eine höhere Präferenz haben.

Ausschluss wertvolle Landwirtschaftsflächen

Basis für die wertvollen Landwirtschaftsflächen ist die GIS-Vektordatei des Forschungsprojektes BEAT (AGES, ohne Datum) Mit dem Werkzeug „Polygon to Raster“ werden die Vektordaten in Rasterdaten in einer Größe von 10x10m umgewandelt. Anschließend werden mit dem Werkzeug „Reclassify“ den wertvollen Landwirtschaftsflächen der Werte „-1“ und Flächen ohne Wert der Wert „0“ zugewiesen.

Gewichtung aller Layer

Alle oben genannten Layer werden mithilfe des Werkzeugs „Weighted Sum“ eine Gewichtung zugeteilt und anschließend die Werte summiert. Die Gewichtung der einzelnen Layer sind der Tabelle 23 zu entnehmen.

Tabelle 23 Überblick zu Wertung und Gewichtung der Analyseschritte in der KEM Tullnerfeld OST, eigene Darstellung

Analyseschritt	Werte	Gewichtung
Solaranalyse	0 bis 1	1
Landnutzung	-1; 1	1,5
Bewaldete Flächen	-1; 0	2
Natürlichkeit der Lebensräume	0 bis 1	1
Distanz zu naturnahen Lebensräumen	0 bis 1	2
Wertvolle Landwirtschaftsflächen	-1; 0	1,5

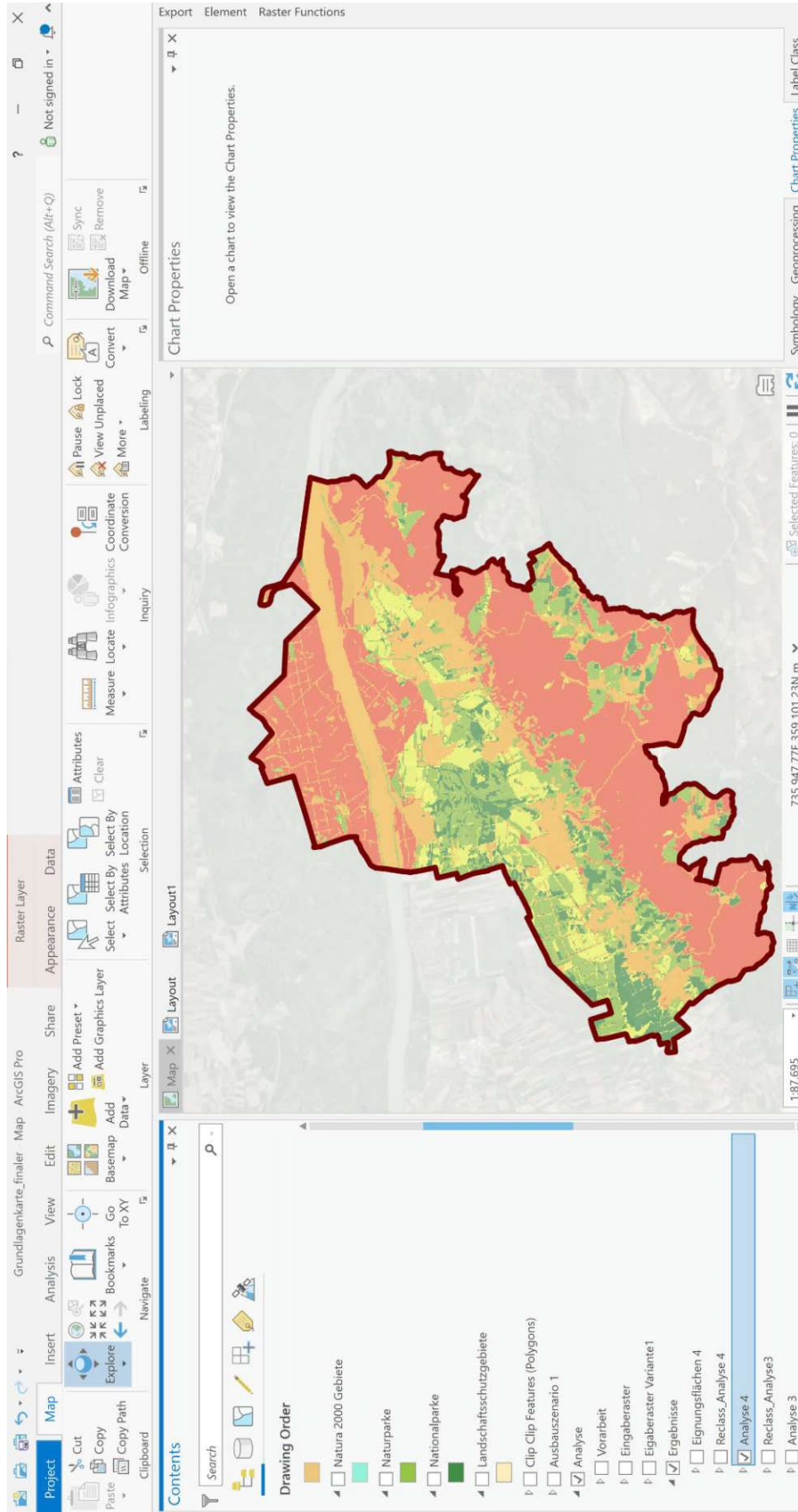


Abbildung 100 Screenshot der GIS-Analyse, eigenes Foto



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Literaturverzeichnis

Rechtsquellen

EAG 2021. Erneuerbaren-Ausbau-Gesetz 2021. BGBl. I Nr. 150/2021 idF BGBl. I Nr. 172/2022.

NÖ NSchG 2000. NÖ Naturschutzgesetz 2000. LGBl. 5500-0 idF LGBl. Nr. 39/2021

NÖ ROG 2014. Niederösterreichisches Raumordnungsgesetz 2014. LGBl Nr 3/2015 idF LGBl Nr 65/2020.

NÖ ROP 2015. Regionales Raumordnungsprogramm Wien Umland Nordwest LGBl. Nr. 65/2015 idF LGBl. Nr. 73/2015

Literatur

Aigner, S. u. a. (2004) „Rote Liste der Biotoptypen Österreichs“, *Umweltbundesamt GmbH*. Wien.

Amt der Niederösterreichischen Landesregierung (2008) *Geodaten Portal*. Verfügbar unter: <http://geoshop.noel.gv.at/Home/Start> (Zugegriffen: 2. November 2022).

Amt der Niederösterreichischen Landesregierung (2009) „NATURA 2000 Europaschutzgebiete „Tullnerfelder Donau-Auen““.

Amt der Niederösterreichischen Landesregierung (2015) *Naturschutzkonzept Niederösterreich*.

Amt der Niederösterreichischen Landesregierung (2020a) „NÖ Klima- und Energiefahrplan 2020 bis 2030“.

Amt der Niederösterreichischen Landesregierung (2020b) „Widmungsart Grünland-Photovoltaikanlagen Ein Leitfaden zur Ausweisung im Flächenwidmungsplan“.

Amt der Niederösterreichischen Landesregierung (2021) *Statistisches Handbuch des Landes Niederösterreich*.

Amt der Niederösterreichischen Landesregierung (2022a) *Gemeinden - Land Niederösterreich*. Verfügbar unter: <https://www.noel.gv.at/noel/Zahlen-Fakten/Statistik-Gemeinden.html> (Zugegriffen: 2. November 2022).

Amt der Niederösterreichischen Landesregierung (2022b) *Naturschutzgebiete - Land Niederösterreich*. Verfügbar unter: https://www.noel.gv.at/noel/Naturschutz/Schutzgebiete_Naturschutzgebiete.html (Zugegriffen: 24. August 2022).

Amt der Niederösterreichischen Landesregierung (ohne Datum a) *Geodaten Portal*. Verfügbar unter: <https://geoshop.noel.gv.at/> (Zugegriffen: 1. Dezember 2022).

Amt der Niederösterreichischen Landesregierung (ohne Datum b) *Wasserstandsrichten und Hochwasserprognosen - noel.gv.at*. Verfügbar unter: <https://www.noel.gv.at/wasserstand/#/de/Static/Analysen/2> (Zugegriffen: 1. Dezember 2022).

Amt der Niederösterreichischen Landesregierung und Abteilung RU5 Naturschutz (2022) „GIS - Vektordaten“. Verfügbar unter: <http://www.noel.gv.at/>.

Amt der Niederösterreichischen Landesregierung und Abteilung RU7 - Abteilung Raumordnung und Gesamtverkehrsangelegenheiten (2022) „GIS - Vektordaten“. Verfügbar unter: <http://www.noel.gv.at/>.

Amt der NÖ Landesregierung (2020) *Entwurf zur Verordnung über ein Sektorales Raumordnungsprogramm über Photovoltaikanlagen im Grünland in Niederösterreich (NÖ SekROP PV)*.

Amt der Salzburger Landesregierung (2021) „Masterplan Klima + Energie 2030“. Verfügbar unter: https://www.salzburg.gv.at/umweltnaturwasser_/Documents/masterplan_2020_broschuere.pdf.

Amt der Tiroler Landesregierung (2021) „Energie-Ziel-Szenario Tirol 2050 Zahlen und Fakten“.

Amt der Vorarlberger Landesregierung (2021) „Strategie Energieautonomie+ 2030“.

Blühendes Österreich (2020) *10 Dinge, die du (vielleicht) noch nicht über den Wienerwald wusstest | blühendesoesterreich.at*. Verfügbar unter: <https://www.bluehendesoesterreich.at/naturmagazin/wienerwald-ausflug-geschichte> (Zugegriffen: 28. Juli 2022).

Bork, H., Trauner, A. und Hemis, H. (2011) „Energieraumplanung - Energieeffizienz durch raumplanerische Maßnahmen steigern“, *Screening zum State of the Art der Energieraumplanung in Österreich*.

BPWW (2018) *BPWW_Karte_Verwaltung_2018.jpg (JPEG-Grafik, 3366 × 4488 Pixel) - Skaliert (20%)*. Verfügbar unter: https://www.bpww.at/sites/default/files/download_files/BPWW_Karte_Verwaltung_2018.jpg (Zugegriffen: 1. Dezember 2022).

Brenneisen, S., Hanselmann, U. und Lüthy, R. (2020) „Biodiversität , PV-Strom und Regenwasserretention auf Flachdächern“, *Energieagentur St.Gallen GmbH*.

Brenner, H., Drozdowski, I. und Mrkvicka, A. (2015) „Wälder im Wienerwald“. Verfügbar unter: https://www.bpww.at/sites/default/files/download_files/Waldbuechlein_Homepage_SMALL.pdf.

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft Regionen und Wasserwirtschaft (BML) (2021) *Zahlen und Fakten zur österreichischen Landwirtschaft*. Verfügbar unter: <https://info.bml.gv.at/themen/landwirtschaft/landwirtschaft-in-oesterreich/landwirtschaft-zahlen-und-fakten-2021.html> (Zugegriffen: 22. August 2022).

Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (BMNT) (2018) „Sixth National Report of Austria“.

Bundesministerium Klimaschutz; Umwelt; Energie; Mobilität; Innovation und Technologie (BMK) (2022a) *Ausschreibung 2022 - neue Förderschiene gestartet*. Verfügbar unter: https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/naturschutz/biol_vielfalt/biodiversitaetsfonds/foedderung-2022.html (Zugegriffen: 31. Oktober 2022).

Bundesministerium Klimaschutz; Umwelt; Energie; Mobilität; Innovation und Technologie (BMK) (2022b) „Energie in Österreich 2021“. Verfügbar unter: <https://www.bmk.gv.at/themen/energie/publikationen/zahlen.html>.

Bundesverband Photovoltaic Austria (ohne Datum) *PV-Ausrichtung | pvaustria.at*. Verfügbar unter: <https://pvaustria.at/pv-ausrichtung/> (Zugegriffen: 1. Dezember 2022).

Bundesverband Photovoltaic Austria und Österreichisches Institut für Raumplanung (2022) „Natur- und raumverträglichkeit eingefügt: Photovoltaik in der Landschaft“. Verfügbar unter: <https://buildingtimes.at/wp-content/uploads/Photovoltaik-in-der-Landschaft.pdf>.

Copernicus Land Monitoring Service (2018) *Urban Atlas 2018 — Copernicus Land Monitoring Service*. Verfügbar unter: <https://land.copernicus.eu/local/urban-atlas/urban-atlas-2018?tab=mapview> (Zugegriffen: 2. November 2022).

Damjanovic, D. (2022) *Ausbau Erneuerbarer Energien – Überlegungen zu einer Grundsatzgesetzgebung des Bundes*.

DHP Technology und Alfons W. Gentner Verlag GmbH & Co. KG (2021) *Solares Faltdach gewinnt Schweizer Zukunftspreis - photovoltaik*. Verfügbar unter: <https://www.photovoltaik.eu/montage/solares-faltdach-gewinnt-schweizer-zukunftspreis> (Zugegriffen: 1. Dezember 2022).

Die Neue Volkspartei und Die Grünen (2020) „Regierungsprogramm 2020 – 2024“.

Dillinger, T. (2019) „Grundlagen der Regionalplanung“. Wien: Technische Universität Wien.

Ellis, E. C. u. a. (2010) „Anthropogenic transformation of the biomes, 1700 to 2000“, *Global Ecology and Biogeography*. Verfügbar unter: <https://ourworldindata.org/global-land-for-agriculture> (Zugegriffen: 5. Dezember 2021).

Ellmayer, T. u. a. (2019) *Monitoring von Lebensraumtypen und Arten von Gemeinschaftlicher Bedeutung in Österreich 2016-2018 und Grundlagenerstellung für den Bericht Gemäß Art. 17 der FFH Richtlinien im Jahr 2019 Teil 2: Artikel 17 Berichto Title*.

Energie- und Umweltagentur des Landes Niederösterreich (ohne Datum) *Europaschutzgebiet Tullnerfelder Donau-Auen Naturland NÖ*. Verfügbar unter: <https://www.naturland-noe.at/europaschutzgebiet-tullnerfelder-donau-auen> (Zugegriffen: 30. Juli 2022).

Energie Tirol (ohne Datum) *Energie-Zielszenario präsentiert - TIROL 2050 energieautonom, 2021*. Verfügbar unter: <https://www.tirol2050.at/aktuelles/newsdetail/energie-zielszenario-praesentiert/> (Zugegriffen: 5. November 2022).

Europäische Umweltagentur (2021) *EUA-Signale 2021 - Europas Natur*. Verfügbar unter: <https://www.eea.europa.eu/de/publications/eua-signale-2021-europas-natur>.

European Commission (2022) „Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council“. Verfügbar unter: <https://medium.com/@arifwicaksanaa/pengertian-use-case-a7e576e1b6bf>.

European Commission (ohne Datum) *Natura 2000 - Environment - European Commission*. Verfügbar unter: https://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/index_en.htm (Zugegriffen: 29. Oktober 2022).

European Commission - Department Environment (ohne Datum) *Biodiversity Strategy for 2030*. Verfügbar unter: https://ec.europa.eu/environment/strategy/biodiversity-strategy-2030_en (Zugegriffen: 24. November 2021).

EWS Consulting (ohne Datum) *Agrar-Photovoltaik: hektarweise Sonnenstrom*. Verfügbar unter: <https://www.ews-sonnenfeld.com/agri-photovoltaik> (Zugegriffen: 1. Dezember 2022).

F&P Netzwerk Umwelt GmbH (2021) „PV – Freiflächenanlagen auf Ackerflächen am Beispiel der PV-Freiflächenanlage Guntramsdorf“. Verfügbar unter: <https://mk0positionencfuw60h.kinstacdn.com/wp-content/uploads/2021/01/Studie-Biodiversitaet-PV-Freiflaechenanlagen.pdf>.

Fechner, H. (2020) „Ermittlung des Flächenpotentials für den Photovoltaik-Ausbau in Österreich : Welche Flächenkategorien sind für die Erschließung von besonderer Bedeutung , um das Ökostromziel realisieren zu können“, *Studie im Auftrag von Österreichs Energie*. Verfügbar unter: https://www.pvaustria.at/wp-content/uploads/2020-02-01_PV-Flaechenpotential-in-Oesterreich.pdf.

Fiedler, K. (2022) Persönliche E-Mail Korrespondenz, Universität Wien

Fluhr-Meyer, G. und Adelman, W. (2020) „Blühstreifen und Pestizide – Falle oder Lebensraum?“, *Anliegen Natur*.

Fraunhofer ISE (2022) „Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland“. Verfügbar unter: <https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/veroeffentlichungen-pdf-dateien/studien-und-konzeptpapiere/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.pdf>.

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE (2020) „Agri-Photovoltaik: Chance für die Landwirtschaft und Energiewende - Leitfaden für Deutschland“.

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE (2022) „Agri-Photovoltaik: Chance Für Landwirtschaft Und Energiewende“. Verfügbar unter: <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/APV-Leitfaden.pdf>.

Gary, W. und Berger, P. (2021) „Daten zur Entwicklung der Energiewirtschaft im Jahr 2020“.

Geier, S. und Dumke, H. (ohne Datum) „Energieraumplanung: Das österreichische Instrumentarium im IST und SOLL“.

Gernot Stöglehner, Susanna Erker, G. N. (2014) „ÖREK - Partnerschaft - Energieraumplanung“.

Görgl, P. u. a. (2016) „Monitoring der Siedlungsentwicklung in der Stadtregion +“.

Haddad, N. M. u. a. (2003) „Corridor use by diverse taxa“, *Ecology*.

Haslinger, K. (ohne Datum) „Klimawandel in Niederösterreich“, *Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik ZAMG*. Verfügbar unter: https://www.noel.gv.at/noel/Landwirtschaft/Klimawandel_in_NOe_%5BHalsinger%5D.pdf.

Hietel, E., Lenz, C. und Schnaubelt, H. L. (2021) „Untersuchungsbericht zum Forschungsprojekt ‚Wissenschaftliche Untersuchungen zur Entwicklung eines Modellkonzepts für naturverträgliche und biodiversitätsfreundliche Solarparks‘“. Verfügbar unter: <https://hhi.th-bingen.de/wp-content/uploads/Untersuchungsbericht-Flora-Fauna.pdf>.

IBC Solar (2013) *Freiflächenanlagen: Ost-West ist das neue Süden!* | *ibc-blog.de*. Verfügbar unter: <https://www.ibc-blog.de/2013/08/freiflaechenanlagen-ost-west-ist-das-neue-sueden/> (Zugegriffen: 4. Dezember 2022).

IBC Solar und Springer Nature (2014) *Erneuerbare Energien | Photovoltaik-Anlage überzeugt auch bei sinkender Vergütung* | *springerprofessional.de*. Verfügbar unter: <https://www.springerprofessional.de/erneuerbare-energien/photovoltaik/photovoltaik-anlage-ueberzeugt-auch-bei-sinkender-verguetung/6595596> (Zugegriffen: 1. Dezember 2022).

Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien (IWR) (2018) *Neues PV-System verschiebt Erzeugungsspitzen auf den Vormittag und Abend*. Verfügbar unter: <https://www.iwr.de/news/neues-pv-system-verschiebt-erzeugungsspitzen-auf-den-vormittag-und-abend-news35457> (Zugegriffen: 1. Dezember 2022).

IPBES (2019) „Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy“, *Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*.

IPBES und IPCC (2021) „Biodiversity and Climate Change“. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.5281/zenodo.4659158>.

IUCN Red List (2021) „Plants Fungi & Protists plant species in the world and its annual increase“. Verfügbar unter: <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>.

Kelm, T. u. a. (2014) „Vorbereitung und Begleitung der Erstellung des Erfahrungsberichts 2014 gemäß § 65 EEG“.

Kilian, W., Müller, F. und Starlinger, F. (1992) „Die forstlichen Wuchsgebiete Österreichs - Eine Naturraumgliederung nach waldökologischen Gesichtspunkten“.

Klima- und Energiefonds (2009) „Gebäudeintegrierte Photovoltaik“.

Klima- und Energiefonds (2022a) *Home - Klima- und Energie-Modellregionen*. Verfügbar unter: <https://www.klimaundenergiemodellregionen.at/> (Zugegriffen: 1. Dezember 2022).

Klima- und Energiefonds (2022b) *KLAR! Programm*. Verfügbar unter: <https://klar-anpassungsregionen.at/klar-programm> (Zugegriffen: 1. Dezember 2022).

Knollconsult Umweltplanung ZT GmbH (2022a) „SekROP PV-Anlagen im Grünland“.

Knollconsult Umweltplanung ZT GmbH (2022b) „Umweltbericht zum SekROP PV- Anlagen im Grünland in Niederösterreich“.

Koscher, R. (2021) „Photovoltaik-Freiflächenanlagen in der Raumplanung“.

Krampl, R. (2016) „Bedeutung von Flachdächern für den Bruterfolg der Haubenlerche (*Galerida cristata*) an ausgewählten Standorten in Wien“.

Kromp-Kolb, H. (2014) „Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014“, *Gaia*.

Landnutzung.at (2011) *Werkzeuge für Modelle einer nachhaltigen Wirtschaft / Indizes Biodiversität*. Verfügbar unter: https://www.landnutzung.at/Biodiversitaet.html#Karten_Biodiversitaet (Zugegriffen: 1. Dezember 2022).

Landwirtschaftskammer Österreich (2018) *Naturschutzgesetze Österreichs | LK Online*. Verfügbar unter: <https://www.lko.at/naturschutzgesetze-österreichs+2400+2908295> (Zugegriffen: 15. September 2022).

Langthaler, M. und Schneidergruber, M. (2011) „Naturschutz-Charta Niederösterreich“.

mb-netzwerk GmbH (ohne Datum) *Photovoltaik an der Fassade | Ökologisch Bauen*. Verfügbar unter: <https://www.oekologisch-bauen.info/baustoffe/dach-fassade/fassaden/fotovoltaik-strom-produzieren-an-der-fassade/> (Zugegriffen: 1. Dezember 2022).

Minehan, C. und Triest, R. (2004) „Living Beyond Our Means: Natural Assets and Human Well-being“, *Millenium Ecosystem Assesment*. Verfügbar unter: <http://ideas.repec.org/a/fip/fedbar/y2004p6-25.html>.

Ministerium für Klimaschutz Umwelt Landwirtschaft Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MKULNV NW) (2004) „Photovoltaikanlagen auf Deponien - technische und rechtliche Grundlagen“. Verfügbar unter: https://www.umwelt.nrw.de/extern/epaper/2014/photovoltaikanlagen_auf_deponien/pubData/source/Broschre_PV_Deponien_endg.pdf.

Naturschutzbund Deutschland (NABU) (2010) „Kriterien für naturverträgliche Photovoltaik-Freiflächenanlagen. Basierend auf einer Vereinbarung zwischen der Unternehmensvereinigung Solarwirtschaft e.V. (heute: BSW-Solar) und Naturschutzbund Deutschland – NABU“, S. 3. Verfügbar unter: <http://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/energie/solarenergie/nabu-kriterien-solarparks.pdf>.

Naturschutzbund Deutschland (NABU) Kreisverband Gifhorn (ohne Datum) *Sinn und Unsinn von Blühstreifen - NABU-Gifhorn*. Verfügbar unter: <https://nabu-gifhorn.jimdo.com/projekte-arbeitsgruppen/insektensterben/bluhstreifen/> (Zugegriffen: 16. August 2022).

ÖROK (2014) *Energieraumplanung Materialienband*. Verfügbar unter: www.oerok.gv.at.

ÖROK (2020) *ÖROK Atlas - Bodenversiegelung in Österreich (Basis: Copernicus High Resolution Layer Imperviousness)*, Österreichische Raumordnungskonferenz. Verfügbar unter: <https://www.oerok-atlas.at/#indicator/61> (Zugegriffen: 24. November 2022).

ÖROK u. a. (2021) „Österreichisches Raumentwicklungskonzept 2030 kompakt - Raum für Wandel“, Österreichische Raumordnungskonferenz ÖROK. Verfügbar unter: https://www.oerek2030.at/fileadmin/user_upload/Dokumente_Cover/OEREK2030-Kompakt.pdf.

ÖROK (2021) „Schutzgebiete in Österreich“, 2021.

Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH (AGES) (2022) *Bodenbedarf zur Ernährungssicherung in Österreich*. Verfügbar unter: <https://www.ages.at/forschung/projekte/beat> (Zugegriffen: 31. Oktober 2022).

Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH (AGES) (ohne Datum) *Wertvolle landwirtschaftliche Produktionsflächen (BEAT) Niederösterreich - Datensätze - data.gv.at*. Verfügbar unter: <https://www.data.gv.at/katalog/dataset/e21274dc-66f9-41fa-95bd-e802cd7de403> (Zugegriffen: 19. September 2022).

Österreichische Energieagentur, Baumann, M., Dolna-gruber, C., u. a. (2021) „Energie und Treibhausgase“.

Österreichische Energieagentur, Baumann, M., Dolna-Gruber, C., u. a. (2021) „Klima- und Energiestrategien der Länder“, S. 153. Verfügbar unter: https://www.energyagency.at/fileadmin/dam/image/Presseausendungen/PA_PDFs/2021/04_IGW-BL_Vergleich_Endbericht_Final.pdf.

Österreichischer Biodiversitätsrat (2021) *Ziele der Biodiversitätsstrategie 2030 umsetzen*. Verfügbar unter: https://www.ots.at/presseausendung/OTS_20211014_OTS0014/ziele-der-biodiversitaetsstrategie-2030-umsetzen (Zugegriffen: 26. November 2021).

Our World in Data (2022) *Per capita energy consumption from solar, 2021*. Verfügbar unter: <https://ourworldindata.org/grapher/per-capita-solar?tab=chart&country=AUT~DNK~CHE~NLD~CZE~HUN~IRL~DEU~FRA~GBR> (Zugegriffen: 29. November 2022).

Peschel, R. u. a. (2019) „Solarparks - Gewinne für die Biodiversität“, *Bundesverband Neue Energiewirtschaft (bne) E.V.*, (November).

Prinz, M., Essl, F. und Sauberer, N. (2017) *Österreichs Klima, Geographie und Landbedeckung*. Verfügbar unter: https://www.researchgate.net/publication/321965090_Osterreichs_Klima_Geographie_und_Landbedeckung (Zugegriffen: 5. Februar 2022).

PV Magazine Deutschland (2019) *Bayerns Grüne fordern Verdopplung der landwirtschaftlichen Flächen in benachteiligten Gebieten für Photovoltaik-Anlagen*, *pv-magazine.de*. Verfügbar unter: <https://www.pv-magazine.de/2019/03/14/bayerns-gruene-fordern-verdopplung-der-landwirtschaftlichen-flaechen-in-benachteiligten-gebieten-fuer-photovoltaik-anlagen/> (Zugegriffen: 3. Dezember 2022).

PV Magazine Deutschland (2020) *Schweiz: Bundesrat beschließt Erhöhung der Solarförderung für kleine Photovoltaik-Dachanlagen ab April 2021* – *pv magazine.de*. Verfügbar unter: <https://www.pv-magazine.de/2020/11/25/schweiz-bundesrat-beschliesst-erhoehung-der-solarfoerderung-fuer-kleine-photovoltaik-dachanlagen-ab-april-2021/> (Zugegriffen: 1. Dezember 2022).

PV Magazine Deutschland (ohne Datum) *PV magazine award für senkrechte Montage bifazialer Solarmodule*. Verfügbar unter: <https://www.pv-magazine.de/2017/09/22/pv-magazine-award-fuer-senkrechte-montage-bifazialer-solarmodule/> (Zugegriffen: 13. November 2022).

Rabitsch, W., Zulka, K. P. und Götzl, M. (2020) *Insekten in Österreich. Artenzahlen, Status, Trends, Bedeutung und Gefährdung.*, Umweltbundesamt.

Ritchie, H. und Roser, M. (2021) „Biodiversity and Wildlife - Our World in Data“, *Our World in Data*. Verfügbar unter: <https://ourworldindata.org/biodiversity-and-wildlife#how-many-species-are-there> (Zugegriffen: 19. November 2022).

Ritchie, H., Roser, M. und Rosado, P. (2022) *Renewable Energy - Our World in Data, Our World in Data*. Verfügbar unter: <https://ourworldindata.org/renewable-energy> (Zugegriffen: 25. November 2022).

Rüdissler, J., Tasser, E. und Tappeiner, U. (2012) „Biodiversität in Österreich – ihre Erfassung und der Einfluss der Landnutzung“, *Angewandte Geoinformatik 2012*.

Salcher-Lugger, H., Ludwig, G. und Rüdissler, J. (2021) „Das stille Sterben : Die Artenkrise in Österreich“, *Greenpeace in Zentral- und Osteuropa*.

Schindegger, F. (2006) *Raum.Planung.Politik. - Ein Handbuch zur Raumplanung in Österreich, Österreichisches Institut für Raumplanung (ÖIR)*. Verfügbar unter: vfa.oir.at/files2/pdf/RaumPlanungPolitik.pdf.

SCNAT Forum Biodiversität Schweiz (ohne Datum) *Bedeutung der Biodiversität*. Verfügbar unter: https://naturwissenschaften.ch/biodiversity-explained/about_biodiversity/bedeutung (Zugegriffen: 1. November 2021).

Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2015) *About the Nagoya Protocol*. Verfügbar unter: <https://www.cbd.int/abs/about/> (Zugegriffen: 23. November 2021).

Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2020a) *Aichi Biodiversity Targets, Convention on Biological Diversity*. Verfügbar unter: <https://www.cbd.int/sp/targets/> (Zugegriffen: 23. November 2021).

Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2020b) „Global Biodiversity Outlook 5: Summary for Policymakers“, *Secretariat of the Convention on Biological Diversity*. Verfügbar unter: <https://www.cbd.int/gbo/gbo5/publication/gbo-5-spm-en.pdf>.

Secretariat of the Convention on Biological Diversity (ohne Datum) *The Cartagena Protocol on Biosafety*. Verfügbar unter: <http://bch.cbd.int/protocol> (Zugegriffen: 23. November 2021).

Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH (ohne Datum) *Biodiversität - Lexikon der Biologie*. Verfügbar unter: <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/biodiversitaet/8597> (Zugegriffen: 25. Oktober 2021).

Statistik Austria (2021) *Ackerbau, Dauergrünland - STATISTIK AUSTRIA - Die Informationsmanager*. Verfügbar unter: <https://statistik.at/statistiken/land-und-forstwirtschaft/pflanzenbau/ackerbau-dauergruenland> (Zugegriffen: 31. August 2022).

Stejskal-Tiefenbach, M., Schindler, S. und Paar, M. (2021) „Biodiversitäts-Strategie Österreich 2030 – Entwurf 07.07.2021“, *Umweltbundesamt*.

Structurae (ohne Datum) *Photovoltaik auf einem Flachdach | structurae.net*. Verfügbar unter: <https://structurae.net/de/produkte-services/photovoltaik-auf-einem-flachdach/medien> (Zugegriffen: 1. Dezember 2022).

Umweltbundesamt (2022) *Schutzgebiete*. Verfügbar unter:
<https://www.umweltbundesamt.at/umweltthemen/naturschutz/schutzgebiete> (Zugegriffen: 1. Dezember 2022).

Umweltbundesamt GmbH (2012) „Flächeninanspruchnahme in Österreich 2012“.

Umweltbundesamt GmbH u. a. (2013) *Biodiversität und Klimawandel - Auswirkungen und Handlungsoptionen für den Naturschutz in Mitteleuropa*. Springer Spektrum. Verfügbar unter:
<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-642-29692-5.pdf>.

Umweltbundesamt GmbH (2020) „Flächeninanspruchnahme in Österreich 2020“. Verfügbar unter:
https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/themen/boden/flaecheninanspruchnahme_2020.pdf.

Umweltbundesamt GmbH (2021) *umweltbundesamt.at - Flächeninanspruchnahme*. Verfügbar unter:
<https://www.umweltbundesamt.at/umweltthemen/boden/flaecheninanspruchnahme> (Zugegriffen: 4. Dezember 2021).

Umweltbundesamt GmbH (ohne Datum) *Rote Listen gefährdeter Biotoptypen und Arten*. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.at/umweltthemen/naturschutz/rotelisten> (Zugegriffen: 3. November 2021).

United Nations (2006) *Convention on Biological Diversity, Artikel 2*. Secretariat of the Convention on Biological Diversity. Verfügbar unter: <https://www.cbd.int/convention/articles/?a=cbd-02> (Zugegriffen: 28. Oktober 2021).

Voltark GmbH (ohne Datum) *PV-Anlage auf Flachdach mit SunPower-Modulen*. Verfügbar unter:
<https://www.voltark.de/anlagen/pv-anlage-auf-flachdach-mit-sunpower-modulen-sonnenbatterie-10-und-sonnencharger-in-muenster/> (Zugegriffen: 1. Dezember 2022).

Wesselak, V. u. a. (2013) *Regenerative Energietechnik*. Springer Berlin Heidelberg.

Wesselak, V. und Voswinckel, S. (2012) *Wie Sonne zu Strom wird*, Springer.

WWF Österreich (2020) „Position des WWF Österreich zur Photovoltaik“.

WWF Österreich (2021a) *Neue Biodiversitätsstrategie: WWF fordert Rettungsplan für Arten und Lebensräume*. Verfügbar unter:
https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20210714_OT0054/neue-biodiversitaetsstrategie-wwf-fordert-rettungsplan-fuer-arten-und-lebensraeume (Zugegriffen: 26. November 2021).

WWF Österreich (2021b) „WWF-Bodenreport 2021: Die Verbauung Österreichs“. Verfügbar unter:
https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/nachhaltigkeit/strategien/nstrat.html.

Wyckera, R. (2017) „Umsetzungskonzept der Klima- und Energiemodellregion Tullnerfeld OST“. Verfügbar unter: <https://www.klimaundenergiemodellregionen.at/showkem.php?id=B569613>.

Wyckera, R. (ohne Datum a) „Endbericht der Umsetzungsphase der Klima- und Energiemodellregion Tullnerfeld OST“. Verfügbar unter:
<https://www.klimaundenergiemodellregionen.at/showkem.php?id=B569613>.

Wyckera, R. (ohne Datum b) „Zwischenbericht der Klima- und Energiemodellregion OST - Weiterführungsphase 1“. Verfügbar unter:
<https://www.klimaundenergiemodellregionen.at/showkem.php?id=B569613>.

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) (2021) „Mittlere Jahressumme der Sonnenscheindauer in Österreich“. Verfügbar unter:
https://de.wikipedia.org/wiki/Klima_in_Österreich#/media/Datei:SAref.png.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Karte zur Natürlichkeit der Lebensräume in Österreich, (Landnutzung.at, 2011).....	19
Abbildung 2 Karte zur Entfernung zu naturnahen und natürlichen Lebensräumen in Österreich, (Landnutzung.at, 2011)	19
Abbildung 3 Karte zur Naturnähe in Österreich, (Landnutzung.at, 2011).....	20
Abbildung 4 Jährliche Flächeninanspruchnahme in Österreich, (Umweltbundesamt GmbH, 2021)	21
Abbildung 5 Veränderung des Anteils der versiegelten Fläche in Österreich, (ÖROK, 2020)	22
Abbildung 6 Änderung der mittleren Jahrestemperatur in Österreich, (Kromp-Kolb, 2014, S. 30).....	23
Abbildung 7 Überblick zum Zehn Punkte Programm für die Biodiversität Österreichs, eigene Grafik nach (Stejskal-Tiefenbach, Schindler und Paar, 2021, S. 13).....	26
Abbildung 8 Verknüpfung des Naturschutzkonzeptes, (Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, 2015, S. 4)	30
Abbildung 9 Regionen nach dem NÖ Naturschutzgesetz, (Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, 2015, S. 49)	31
Abbildung 10 Schutzgebietskulisse in Österreich Stand 2016, (Umweltbundesamt, 2018, S. 9)	33
Abbildung 11 Überblick zu Schutzgebieten in Niederösterreich, eigene Darstellung nach (Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, RU5, 2022)	36
Abbildung 12 Erhaltungszustand der Lebensräume der EU-Mitgliedsstaaten, (Europäische Umweltagentur, 2021, S. 39)	38
Abbildung 13 Erhaltungszustand der Arten der EU-Mitgliedsstaaten, (Europäische Umweltagentur, 2021, S. 53)	39
Abbildung 14 Überblick zu Bruttostromerzeugung in Österreich, (BMK, 2022b, S. 16)	41
Abbildung 15 Vergleich Anteile der erneuerbaren Energien an der Bruttostromerzeugung verschiedener europäischer Länder, (Ritchie, Roser und Rosado, 2022, Kap. 2).....	42
Abbildung 16 Überblick zur Entwicklung des erneuerbaren Stroms in Österreich, (BMK, 2022b, S. 24).....	43
Abbildung 17 Erzeugungsstruktur der erneuerbaren Energien 2020 in Österreich, (BMK, 2022b, S. 20)	43
Abbildung 18 Anteile erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch, (Gary und Berger, 2021, S. 12) .	44
Abbildung 19 Vergleich Anteile erneuerbarer Energien im Bruttoendenergieverbrauch ausgewählter Länder, (Ritchie, Roser und Rosado, 2022, Kap. 1)	45
Abbildung 20 Vergleich des Solarenergieverbrauchs Pro Kops verschiedener europäischer Länder, (Our World in Data, 2022).....	45
Abbildung 21 Photovoltaik Leistung in Österreich, (BMK, 2022b, S. 22).....	46
Abbildung 22 Vergleich Solarenergie Erzeugung ausgewählter Europäischer Länder, (Ritchie, Roser und Rosado, 2022, Kap. 5)	46
Abbildung 23 Vergleich der Länderziele zum PV-Ausbau und dem nationalen Ziel, (Österreichische Energieagentur, Baumann, Dolna-Gruber, u. a., 2021, S. 5).....	50
Abbildung 24 PV-Potentiale im Gebäudesektor, (Fechner, 2020, S. 4)	52
Abbildung 25 Überblick zu PV- Potentialen der Sektoren in Österreich, (Fechner, 2020, S. 4)	52
Abbildung 26 PV-Ausbau Potentiale der Bundesländer, (Österreichische Energieagentur, Baumann, Dolna-gruber, u. a., 2021, S. 54).....	53
Abbildung 27 Zusätzlicher PV Erzeugungsbedarf der Bundesländer bis 2030, (Österreichische Energieagentur, Baumann, Dolna-Gruber, u. a., 2021, S. 6)	54
Abbildung 28 Klima- und Energiemodellregionen Österreich - Stand: 25.11.2022, (Klima- und Energiefonds, 2022a)	58
Abbildung 29 KLAR! Programmphasen, (Klima- und Energiefonds, 2022b)	59
Abbildung 30 KLAR! Regionen in Österreich – Stand 29.11.2022, (Klima- und Energiefonds, 2022b).....	59
Abbildung 31 Rammprofile, (MKULNV NW, 2004, S. 11).....	61
Abbildung 32 Schraubanker, (MKULNV NW, 2004, S. 11).....	61
Abbildung 33 Streifenfundament (Beton), (MKULNV NW, 2004, S. 11).....	61
Abbildung 34 Plattenfundament (Beton), (MKULNV NW, 2004, S. 11).....	61
Abbildung 35 Wannenfundamente, (MKULNV NW, 2004, S. 11).....	61
Abbildung 36 Umgekehrter Betontisch, (MKULNV NW, 2004, S. 11).....	61
Abbildung 37 Starre Anlagen mit Südausrichtung, (PV Magazine Deutschland, 2019)	62

<i>Abbildung 38 Starre Anlagen mit Ost-West-Ausrichtung, (IBC Solar und Springer Nature, 2014)</i>	62
<i>Abbildung 39 Einachsige, nachgeführte PV-Anlage, (Lizenzfrei)</i>	63
<i>Abbildung 40 Zweiachsige, nachgeführte PV-Anlagen von EWS Sonnenfeld, (EWS Consulting, ohne Datum)</i>	63
<i>Abbildung 41: Senkrechte installierte Anlagen, (Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien (IWR), 2018)</i>	64
<i>Abbildung 42 PV-Überdachung Parkplatz, (DHP Technology und Alfons W. Gentner Verlag GmbH & Co. KG, 2021)</i>	65
<i>Abbildung 43 Agri-PV-Anlage Querschnitt, (Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, 2020, S. 11)</i>	65
<i>Abbildung 44 Illustration verschiedener Anlagentypen, (Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, 2020, S. 32)</i>	65
<i>Abbildung 45 Hoch aufgeständerte Anlagen, (Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, 2020, S. 29)</i>	65
<i>Abbildung 46 Agri-PV-Apfelplantage, (Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, 2020, S. 19)</i>	66
<i>Abbildung 47 Dünnschicht-Module in Röhrenform der Firma TubeSolar. (Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, 2020, S. 29)</i>	66
<i>Abbildung 48 Solarröhren eingehängt zwischen Spannseilen der Firma TubeSolar, (Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, 2020, S. 29)</i>	66
<i>Abbildung 49: PV auf Schrägdach, (Bundesverband Photovoltaic Austria, ohne Datum)</i>	68
<i>Abbildung 50: PV-Flachdach, (Structurae, ohne Datum)</i>	69
<i>Abbildung 51: PV-Flachdach Ost-West, (Voltark GmbH, ohne Datum)</i>	69
<i>Abbildung 52: Kombination Gründach und PV-Anlage, (Brenneisen, Hanselmann und Lüthy, 2020, S. 1)</i>	70
<i>Abbildung 53: PV-Fassade, (mb-netzwerk GmbH, ohne Datum)</i>	70
<i>Abbildung 54: PV-Sonnenschutz, (Klima- und Energiefonds, 2009, S. 16)</i>	71
<i>Abbildung 55: PV-Indach, (PV Magazine Deutschland, 2020)</i>	71
<i>Abbildung 56 PVA mit einem Reihenabstand von ca. 2,5 m, (Peschel u. a., 2019, S. 10)</i>	73
<i>Abbildung 57 PVA mit einem Reihenabstand von ca. 4 – 4,5 m, (Peschel u. a., 2019, S. 11)</i>	73
<i>Abbildung 58 Vergleich von PV-FFA mit unterschiedlichen Reihenabständen, (Peschel u. a., 2019, S. 12)</i>	73
<i>Abbildung 59 Abmessungen einer natur- und raumverträglichen PV-FFA, (Bundesverband Photovoltaic Austria und Österreichisches Institut für Raumplanung, 2022, S. 8)</i>	77
<i>Abbildung 60 Vergleich Landnutzungseffizienz, (Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, 2020, S. 14)</i>	79
<i>Abbildung 61 Schema zu Pestizeintrag auf Ackerflächen, (NABU Grifhorn, ohne Datum)</i>	80
<i>Abbildung 62 Panoramabild der KEM Tullnerfeld Ost, (Wychera, 2017, S. 4)</i>	92
<i>Abbildung 63 Übersicht KEM Tullnerfeld OST, eigene Darstellung</i>	92
<i>Abbildung 64: Landnutzung KEM, eigene Darstellung nach (Copernicus Land Monitoring Service, 2018)</i>	95
<i>Abbildung 65 Wertvolle Landwirtschaftsflächen zur Sicherung der österreichischen Ernährungssicherheit in der KEM Tullnerfeld OST, eigene Darstellung nach (Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH (AGES), ohne Datum)</i>	96
<i>Abbildung 66 Übersicht Niederschlagssumme Niederösterreichs, (Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, ohne Datum b), KEM-Grenzen – eigene Darstellung</i>	97
<i>Abbildung 67 Jahresmittel LufttemperaturNiederösterreich, (Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, 2021, S. 36)</i>	98
<i>Abbildung 68 Jahressumme der Sonnenscheindauer in Niederösterreich, (ZAMG, 2021)</i>	98
<i>Abbildung 69 Sonnenscheindauer in % in Niederösterreich, (Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, 2021, S. 41)</i>	99
<i>Abbildung 70 Jahresmitteltemperatur in Österreich Region Nord, (Haslinger, ohne Datum, S. 5)</i>	99
<i>Abbildung 71 Teilregionen des NÖ Naturschutzkonzepts in der KEM Tullnerfeld OST, eigene Darstellung nach (Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, RU5, 2022)</i>	102
<i>Abbildung 72 Überblick Biosphärenpark Wienerwald, (BPWW, 2018)</i>	103
<i>Abbildung 73 Überblick zu Kern-, Pflege- und Entwicklungszonen des BPWW, eigene Darstellung nach (Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, RU7, 2022)</i>	104
<i>Abbildung 74 Überlappung des Biosphärenpark Wienerwald und Natura 2000 Gebiete in der KEM, eigene Darstellung nach (Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, ohne Datum a)</i>	106

<i>Abbildung 75: Bewertung Natürlichkeit der Lebensräume, eigene Darstellung nach (Rüdissler, Tasser und Tappeiner, 2012).....</i>	<i>108</i>
<i>Abbildung 76: Distanz zu naturnahen Lebensräumen in der KEM, eigene Darstellung nach (Rüdissler, Tasser und Tappeiner, 2012).....</i>	<i>109</i>
<i>Abbildung 77: Index Naturdistanz der KEM, eigene Darstellung nach (Rüdissler, Tasser und Tappeiner, 2012).....</i>	<i>110</i>
<i>Abbildung 78 Regionales Raumordnungsprogramm Wien Umland Nordwest, (ROP 2015, Anlage 11).....</i>	<i>111</i>
<i>Abbildung 79: Wärmeverbrauch der KEM Tullnerfeld OST nach Sektoren, (Wychera, 2017, S. 48).....</i>	<i>113</i>
<i>Abbildung 80: Stromverbrauch der KEM Tullnerfeld OST nach Sektoren, (Wychera, 2017, S. 49).....</i>	<i>113</i>
<i>Abbildung 81: Treibstoffverbrauch der KEM Tullnerfeld OST nach Sektoren, (Wychera, 2017, S. 49).....</i>	<i>113</i>
<i>Abbildung 82: Gesamtenergieverbrauch der KEM, (Wychera, 2017, S. 50).....</i>	<i>114</i>
<i>Abbildung 83: Gesamtleistung PV-Anlagen je Einwohner*innen der KEM Tullnerfeld OST, (Wychera, 2017, S. 55).....</i>	<i>114</i>
<i>Abbildung 84: Anzahl der PV-Anlagen in der KEM Tullnerfeld OST, (Wychera, 2017, S. 55).....</i>	<i>114</i>
<i>Abbildung 85 Gegenüberstellung Verbrauch und Potentiale Strom, (Wychera, 2017, S. 65).....</i>	<i>115</i>
<i>Abbildung 86: Gegenüberstellung Verbrauch und Potentiale Wärme, (Wychera, 2017, S. 66).....</i>	<i>115</i>
<i>Abbildung 87 Solaranalyse der KEM eigene Darstellung nach (ArcGIS 2.8.2 Solar Radiation Tool und Land Niederösterreich, ohne Datum a).....</i>	<i>119</i>
<i>Abbildung 88 Analysekarte zur Eignung der Landnutzungsarten für PV-FFA, eigene Darstellung nach (Copernicus Land Monitoring Service, 2018).....</i>	<i>121</i>
<i>Abbildung 89 Analysekarte zum Ausschluss von Waldflächen, eigene Darstellung nach (Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, ohne Datum a).....</i>	<i>122</i>
<i>Abbildung 90 Eignungsanalyse der Lebensräume, eigene Darstellung nach (Rüdissler, Tasser und Tappeiner, 2012).....</i>	<i>124</i>
<i>Abbildung 91 Eignungsanalyse der Distanz zu naturnahen Lebensräumen, eigene Darstellung nach (Rüdissler, Tasser und Tappeiner, 2012),.....</i>	<i>125</i>
<i>Abbildung 92 Analysekarte zur Eignung der Landwirtschaftsflächen bzw. Ausschluss der wertvollen Landwirtschaftsflächen eigene Darstellung nach (Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, RU7, 2022).....</i>	<i>127</i>
<i>Abbildung 93 Analyse Ergebniskarte, eigene Darstellung.....</i>	<i>130</i>
<i>Abbildung 94 Eignungsflächen für PV-FFA der KEM Tullnerfeld OST, eigene Darstellung.....</i>	<i>131</i>
<i>Abbildung 95 PV-FFA Ausbaustufe 1 auf Hintergrund Naturnähe, eigene Darstellung nach eigener Analyse und (Rüdissler, Tasser und Tappeiner, 2012).....</i>	<i>134</i>
<i>Abbildung 96 PV-FFA Ausbaustufe 2 auf Hintergrund Naturnähe, eigene Darstellung nach eigener Analyse und (Rüdissler, Tasser und Tappeiner, 2012).....</i>	<i>135</i>
<i>Abbildung 97 PV-FFA Ausbaustufe 3 auf Hintergrund Naturnähe, eigene Darstellung nach eigener Analyse und (Rüdissler, Tasser und Tappeiner, 2012).....</i>	<i>136</i>
<i>Abbildung 98 Akteur*innenlandschaft Energieraumplanung, (Bork, Trauner und Hemis, 2011, S. 49).....</i>	<i>138</i>
<i>Abbildung 99 Screenshot zu Einstellungen des Area Solar Radiation Tool, eigenes Bild.....</i>	<i>153</i>
<i>Abbildung 100 Screenshot der GIS-Analyse, eigenes Foto.....</i>	<i>155</i>

Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1 Übersicht zum Aufbau und Methodik der Arbeit, eigene Darstellung.</i>	12
<i>Tabelle 2 Beschreibung der Grade der Natürlichkeit, eigene Darstellung nach (Rüdissler, Tasser und Tappeiner, 2012, S. 5)</i>	18
<i>Tabelle 3 Schutzgebiete in Österreich Stand 2022, (Umweltbundesamt, 2022)</i>	33
<i>Tabelle 4 Überblick der Bundesländer Ausbauziele, eigene Darstellung nach (Energie Tirol, ohne Datum; Amt der NÖ Landesregierung, Gruppe Raumordnung, Umwelt und Verkehr, 2020, S. 22; Koscher, 2021, S. 29; Land Salzburg, 2021, S. 16; Land Tirol, 2021; Vorarlberger Landesregierung, 2021, eigene Berechnungen)</i>	49
<i>Tabelle 5 Überblick zu den Planungsgrundlagen von PV-FFA, eigene Darstellung nach (Damjanovic, 2022, S. 9)</i>	55
<i>Tabelle 6 Übersicht über Größenklassen von PV-FFA, (Koscher, 2021, S. 53)</i>	67
<i>Tabelle 7 Überblick zur Leistung von PV-FFA Typen/ Bruttofläche und die bekannte Wirkung auf die Biodiversität, eigene Darstellung, eigene Berechnungen auf Grundlage der Werte aus Kapitel 3.3 und 4.1.1....</i>	75
<i>Tabelle 8 Überblick zu PV-FFA-Typen und geeignete Errichtungsorte, eigene Darstellung</i>	84
<i>Tabelle 9 Überblick zu Kombinationen von PV-FFA und Flächentypen</i>	84
<i>Tabelle 10 Eignungs- und Ausschlusskriterien für ökologische PV-FFA, eigene Darstellung</i>	85
<i>Tabelle 11 Grad der Natürlichkeit, eigene Darstellung nach (Rüdissler, Tasser und Tappeiner, 2012, S. 5)</i>	88
<i>Tabelle 12 Kriterienüberblick zur Auswahl der KEM, eigene Darstellung</i>	91
<i>Tabelle 13 Wanderungsbilanzen der Gemeinden, eigene Darstellung nach (Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, 2022a, Eigene Berechnungen)</i>	93
<i>Tabelle 14 Landnutzungstypen des Urban Atlas 2018 in der KEM Tullnerfeld OST, eigene Darstellung nach (Copernicus Land Monitoring Service, 2018)</i>	120
<i>Tabelle 15 Überblick zu Wertung und Gewichtung der Analyseschritte in der KEM Tullnerfeld OST, eigene Darstellung</i>	128
<i>Tabelle 16 Anteile der Eignungskategorien zu PV-FFA in der KEM Tullnerfeld OST, eigene Darstellung nach eigener Analyse</i>	129
<i>Tabelle 17 Übersicht zur Flächeninanspruchnahme und Leistung der Ausbaustufen, eigene Darstellung nach eigenen Berechnungen</i>	133
<i>Tabelle 18 Überblick zur möglichen Integration der vorgestellten Analyse in verschiedene Planungsinstrumente, eigene Darstellung</i>	142
<i>Tabelle 19 Einordnung der vorgestellten Maßnahmen nach Wirkungsart und -ebene, eigene Darstellung nach (Geier und Dumke, ohne Datum)</i>	143
<i>Tabelle 20 Überblick zur Leistung von PV-FFA Typen/ Bruttofläche und die bekannte Wirkung auf die Biodiversität, eigene Darstellung</i>	146
<i>Tabelle 21 Überblick zu Kombinationen von PV-FFA und Flächentypen, eigene Darstellung</i>	147
<i>Tabelle 22 Überblick zur möglichen Integration der vorgestellten Analyse in verschiedene Planungsinstrumente, eigene Darstellung</i>	149
<i>Tabelle 23 Überblick zu Wertung und Gewichtung der Analyseschritte in der KEM Tullnerfeld OST, eigene Darstellung</i>	154