



Feldrain-Photovoltaik als innovatives Element zur Bereicherung des agrarisch genutzten Landschaftsraumes und seiner nachhaltigen Transformation

Manfred Kayser^(1,2,6), Christine Aka⁽³⁾, Armando W. Colombo⁽⁴⁾, Johannes Isselstein⁽²⁾, Johannes Rolink⁽⁴⁾, Sven Steinigeweg⁽⁴⁾, Karen Baumann⁽¹⁾, Marie Scheffler⁽³⁾, Hannes Foth⁽⁵⁾, Broder Breckling⁽¹⁾

(1) Universität Vechta, Driverstraße 22, 49377 Vechta

(2) Universität Göttingen, DNPW, Von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen

(3) Institut für Kulturanthropologie des Oldenburger Münsterlandes e.V., Museumstraße 25, 49661 Cloppenburg

(4) Hochschule Emden/Leer, Constantiplatz 4, 26723 Emden

(5) Jade Hochschule, Institut für angewandte Photogrammetrie und Geoinformatik, Ofener Straße 16/19, 26121 Oldenburg

(6) Korrespondierender Autor: manfred.kayser@uni-vechta.de

Abstract

Das Forschungsvorhaben „Nordwest Niedersachsen Nachhaltig Neu“ (4N) entwickelt in einem seiner Teilvorhaben (TV 7) eine neue Variante zur Integration von Photovoltaik in die Agrarlandschaft. Das Konzept der Feldrain-Photovoltaik wird als integrierender Ansatz vorgestellt, der Zielkonflikte bei der Erreichung sozialer, ökonomischer und ökologischer Nachhaltigkeitsdimensionen auf produktiv genutzten landwirtschaftlichen Flächen reduzieren könnte. Durch die Etablierung von Randstreifen mit hoher biologischer Vielfalt, in die teilbeschattend Photovoltaik-Module integriert werden, könnte ein erweitertes Potenzial zur Gewinnung regenerativer Energie erschlossen werden. Flächenkonkurrenzen zwischen energetischer und agrarischer Nutzung und Konflikte zwischen Biodiversitätsförderung und Bewirtschaftung könnten auf diese Weise gemindert werden. Die exemplarische Erprobung im Rahmen eines Reallabor-Prozesses und dessen Skalierung auf den regionalen Raum wird als Beitrag zur Transformationsforschung in einem Reallabor-Prozess aus technologischer, ökologischer und sozio-kultureller Perspektive vorangetrieben.

Schlüsselworte:

Feldrain; Photovoltaik; Biodiversität; Ländliche Räume; Reallabor; Zielkonflikte

Zitation:

Kayser et al. Feldrain-Photovoltaik als innovatives Element zur Bereicherung des agrarisch genutzten Landschaftsraumes und seiner nachhaltigen Transformation. Transformation Dynamics 2025, 2, 3. (S. 67 - 79). DOI: 10.23660/voado-595. ISSN: 2510-9766.

Der Ausbau regenerativer Energien ist ein dringendes Erfordernis zur Erreichung von Klimaschutz-Zielen und Nachhaltigkeit.

Der Ausbau regenerativer Energiegewinnung ist ein Anliegen von hoher Priorität, um dringliche Nachhaltigkeitsziele zu erreichen (UN 2022). Die Europäische Union formulierte im Rahmen des Klimaschutzgesetzes das Ziel, bis 2050 klimaneutral zu werden (EU 2021). Der Ausbau von Anlagen zur Gewinnung regenerativer Energie in Deutschland wird als eine Frage der Öffentlichen Sicherheit erachtet (Deutscher Bundestag 2022). Damit gibt es ein sehr weites Einvernehmen über den Bedarf und die Umsetzungsbereitschaft, damit verbundene Transformationen voranzubringen.

Eine bisher noch nicht systematisch untersuchte Möglichkeit regenerative Energienutzung in Verbindung mit Maßnahmen zum Erhalt der biologischen Vielfalt zu nutzen, wurde bisher kaum verfolgt und wird von uns als neue Option in den Diskurs eingebracht. Umgesetzt wird dieser Ansatz im Rahmen des Forschungsvorhabens „Nordwest Niedersachsen Nachhaltig Neu“ (4N) – Forschungsverbund: Transformation und Strukturwandel im ländlichen Raum Nordwestdeutschlands: Reallabore in Marsch, Moor, Geest und Mee(h)r (<https://vier-n.de/project/teilverhaben-7/>).

Während viele der bisherigen Konzeptionen des Ausbaus regenerativer Energien zur Stromerzeugung flächenbezogene Nutzungskonkurrenzen beinhalten oder Zielkonflikte mit anderen schutzwürdigen Belangen bestehen, präsentieren wir hier das Konzept einer Integration regenerativer Energiegewinnung in bestehende Landnutzungssysteme. Mit diesem Konzept sind Synergien verbunden, die zusätzliche Potenziale zur Erreichung der Nachhaltigkeitsziele (Kaumanns et al. 2016) beinhalten.

Klimakrise und Strukturwandel erfordern neue Antworten für die Landwirtschaft

Die Rahmenbedingungen sind für die landwirtschaftlichen Betriebe in den letzten Jahrzehnten schwieriger geworden. Der Anstieg der Kosten im Verhältnis zu den erzielbaren Erzeugerpreisen macht es besonders für Familienbetriebe herausfordernd, die traditionell generationenübergreifenden Perspektiven fortzuführen (Schürmann 2021). Die Gesamtzahl landwirtschaftlicher Betriebe geht seit Jahren zurück, die durchschnittlichen Betriebsgrößen nehmen zu (Tscharncke 2021). Verbunden damit ist ein Trend zur Vereinfachung von

Fruchtfolgen. Zielkonflikte weiten sich aus zwischen dem Erreichen aktueller ökonomischer Erfordernisse und den ökologisch sowie agronomisch anzustrebenden Nachhaltigkeitszielen zur Gewährleistung der langfristigen Tragfähigkeit der verfolgten Wirtschaftsmodelle. Zukunftsdiskurse zur Transformation in der Landwirtschaft werden deshalb intensiv geführt (Zukunftskommission Landwirtschaft 2021).

Den gesellschaftlich und ökonomisch bedingten transformativ wirksamen Triebkräften fügt der Klimawandel einen weiteren, gravierend wirkenden Unsicherheitsfaktor hinzu (Dietzsch 2017). Weitgehende Einigkeit besteht darüber, dass die Häufigkeit von Extremwetterlagen ansteigt und in der Zukunft weiter zunehmen wird (Rahmstorf und Schellnhuber 2018). Die Risiken für die landwirtschaftlichen Betriebe erhöhen sich dadurch. Es ist zu erwarten, dass der Bewässerungsbedarf erheblich steigt (Riediger et al. 2016). In Nordwestdeutschland kommt regional auch ein steigender Energieaufwand für die Entwässerung wegen des Anstiegs des Meeresspiegels hinzu (Bormann et al. 2018). Um weitere Landsenkungen im küstennahen Bereich zu mindern und die Torfzersetzung in Niedermoorböden zu reduzieren, sind umfangreiche Wiedervernässungen in der Diskussion (Nitsch und Schramek 2021).

Landwirtschaftlicher Strukturwandel macht einen Ausgleich bestehender Zielkonflikte zwischen sozialer, ökonomischer und ökologischer Nachhaltigkeit dringlicher – aber auch schwieriger

Die gegebene Konstellation forciert Entwicklungstrends, die zu einer tendenziellen Verschärfung von Zielkonflikten beitragen. Auf diese müssen sich transformative Konzepte einstellen und insbesondere diejenigen Optionen in den Blick nehmen, die zum Abbau, zur Verminderung oder im besten Fall zum Ausgleich der Zielkonflikte beitragen. Zielkonflikte bestehen insbesondere in folgenden Richtungen:

- Die weltweite Bedarfssituation an Nahrungsgütern erzeugt einen zunehmenden Nachfragedruck nach kostengünstigen Lebensmitteln. Steigende Nachfrage nach landwirtschaftlichen Erzeugnissen, höhere Verbraucherpreise und sinkende Erlöse für die Erzeuger können gleichzeitig auftreten (Dachverband Agrarforschung 2012).
- Auf betrieblicher Ebene nehmen Risiken zu – sowohl was die Volatilität der Marktpreise betrifft als auch in der Erzeugung selbst. So unterliegen auch die größeren Betriebe unerwarteten Fährnissen (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung 2022).

- Der allgemeine Rückgang der biologischen Vielfalt (<https://berliner-erklaerung.eu/>) wie auch der Biodiversität im Agrarraum hat dramatischen Umfang angenommen (Feindt et al. 2019). Dies beeinträchtigt absehbar direkt die ökologische Dimension der Nachhaltigkeit des Produktionssystems (Haines-Young und Potschin 2018, EEA 2022).
- Abhängig von der Art der Bewirtschaftung ist eine Tendenz zur langfristigen Reduktion der organischen Substanz im Boden festzustellen (Feindt et al. 2019), die für die Infiltrationskapazität und Wasser- und Nährstoff-Haltermögen wesentlich ist und die weitere für die Nutzbarkeit maßgebliche Kenngrößen beeinflusst.

Die Suche nach Maßnahmen zum Abbau von Zielkonflikten und zur Stärkung der Resilienz landwirtschaftlicher Nutzung hat daher Dringlichkeit. Dem dient die im Forschungsvorhaben 4N (<https://www.uni-vechta.de/4n>) in Untersuchung befindliche Feldrain-Photovoltaik. Sie integriert die Nutzung regenerativer Energien auf eine Weise in das Landschaftsbild, die mit anderen Nutzungsformen und deren Nachhaltigkeit nicht in Konflikt steht, sondern diese fördert und unterstützt. Im Forschungsvorhaben soll eine Testanlage aufgebaut, Simulationen verschiedener Anwendungs- und Ertrags-Szenarien durchgeführt sowie Befragungen und Austausch mit landwirtschaftlichen Akteuren organisiert werden.

Bisher entwickelte Photovoltaik für den Einsatz im Agrarbereich: Erste experimentelle Lösungen auf dem Weg in die landwirtschaftliche Praxis

Die Entwicklung von Photovoltaik-Modulen ist inzwischen weit fortgeschritten. Es bestehen Einsatzmöglichkeiten in vielen unterschiedlichen Bereichen. Auch in den gemäßigten Breiten expandiert die Anwendung stark (Wirth, 2022). Das Land Niedersachsen führt aktuell eine Photovoltaikpflicht für alle Neubauten ein (Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz 2022), das Land Baden-Württemberg hat dies schon umgesetzt. Nutzungen auf großen Flächen in Solarparks (Freiflächenanlagen, Böhm et al. 2022) sind lukrativ, aber aufgrund der Flächenkonkurrenz zum Anbau von Nahrungsmitteln ähnlich umstritten wie der Anbau von (Nahrungs-)Pflanzen zur energetischen Nutzung (Meyer et al. 2010).

Als zusätzliche Option finden Photovoltaik-Installationen eine direkte Integration in die landwirtschaftliche Produktion. Das vermeidet Flächenkonkurrenzen. Diese Anwendungen werden als Agri-Photovoltaik zusammengefasst (Schindele 2021a,b; Weselek et al. 2019). Dazu gehören:

- **Photovoltaik-Installationen über Anbauflächen:** Das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (Fraunhofer ISE 2022) hat Anlagen entwickelt und erprobt, die eine gleichzeitige agrarische und energetische Flächennutzung ermöglichen. Dazu werden die Flächen mit Photovoltaik-Paneelen auf hinreichend hohen Gerüsten überbaut. Durch Kombination landwirtschaftlicher und energetischer Nutzung auf derselben Fläche lassen sich kombinierte Nutzungsgrade von weit über 100 % erreichen (Seeger 2017). Ein begrenzender Faktor ist der hohe Investitionsbedarf für die Aufständigung. Deshalb sind die Konzepte überwiegend geeignet für kleinere Flächen und für Sonderkulturen mit hohem Marktwert.
- **Photovoltaik-Anlagen in vertikaler Aufstellung:** Bifaziale Photovoltaik-Module werden vertikal aufgestellt und erzielen Absorptionsmaxima bei ost-westlicher Einstrahlung in den Morgen- und Abendstunden. Sie liefern Energie in verbrauchsstärkeren Stunden des Tages (<https://www.next2sun.de/>, abgerufen am 07.11.2024). Die Anlagen sind beispielsweise für Weideflächen geeignet, auf denen eine Exposition in Reihen mit etwa 10 m Abstand möglich ist. Als Erweiterung des Ansatzes kommt auch die Nutzung als Solarzaun für Flächenbegrenzungen in Betracht.
- **Semitransparente PV-Zell-Technologie:** Semitransparente Module ermöglichen sowohl die Absorption als auch die Transmission von Photonen und damit die nur teilweise Beschattung der darunter sich befindenden Vegetation. Zum einen lässt sich die Transparenz eines Moduls durch den Abstand der Zellen beeinflussen, zum anderen ist es möglich, Zelltypen mit sehr dünnen Schichten zu verwenden. Ferner gibt es Zellen, die Transparenz dadurch erzielen, dass sie selektiv Photonen im UV- bzw. Nahinfrarotbereich absorbieren und den sichtbaren Bereich des Lichtes durchlassen (Gorjian et al. 2022).

Feldrain-Photovoltaik: Ein neues Landschaftselement mit dem Potenzial zur Verringerung von Zielkonflikten im landwirtschaftlichen Strukturwandel

Feldrain-Photovoltaik stellt eine mögliche Konzeption zur Weiterentwicklung regenerativer Energie-Systeme und ein zusätzliches Element zum Erhalt der biologischen Vielfalt im Landschaftsraum dar. Die Grundidee besteht darin, entlang von Feld-Randstrukturen, die traditionell als Feldraine bezeichnet werden, Photovoltaik-Module so zu etablieren, dass die bisherige Flächennutzung nicht wesentlich davon berührt wird (Abb. 1). Besonders eignen sich dazu nach Süden offene Ränder an den

nordseitig gelegenen Grenzlinien von Feldern (Abb. 2). Die agrarische Nutzung wird dadurch um die Verfügbarkeit regenerativer Energie erweitert.

Die Randstreifen müssen auf geeignete Weise gemanagt werden. Hierzu bietet es sich an, Elemente des Ackerrandstreifen-Programms weiter zu entwickeln und z.B. regionale Wildsaat-Mischungen initial auszubringen (Bleeker und Buschmann 2018). Das Ackerrandstreifen-Programm ist eine Fördermaßnahme, die Landwirte und Landwirtinnen dafür entschädigt, temporär die Bewirtschaftung auf Teilflächen auszusetzen, um die biologische Vielfalt im Agrarraum zu erhöhen. Die energetische Nutzung in Form von Feldrain-Photovoltaik für diese Flächen, könnte die Abhängigkeit von der Verfügbarkeit von Fördermitteln reduzieren und den ökologischen Nutzen dauerhaft erhöhen, indem die Randstreifen über längere Zeiträume biodiversitätssteigernd zur Verfügung stehen. Dort werden längerfristig wirksame Prozesse der Biodiversitäts-Entwicklung anbaubegleitend ermöglicht. Im Landschaftsrahmen betrachtet entsteht eine umfangreichere Verknüpfung biotopvernetzender Korridore für Wildarten. Die Vergrößerung von Bewirtschaftungseinheiten und eine Spezialisierung auf wenige Kulturen gelten als wesentliche Gründe für den Rückgang der biologischen Vielfalt (Tschardtke 2021).

Feldraine, die eine wichtige Funktion für die biologische Vielfalt im Agrarraum haben, stellen ein wichtiges ökologisches Potenzial dar (LANUV 2003). Einschränkungen aus technischer und regulatorischer Sicht sind zu berücksichtigende Randbedingungen (Vollprecht et al. 2021). Ansichten und Interessen ländlicher Akteure werden von Beginn an in den Forschungsprozess einbezogen. Hierfür ist die Konzeption des Reallabors (Schäpke et al. 2017) besonders geeignet.

Forschungsfragestellungen zur Ermittlung des Potenzials

Mit der Einführung neuer Landschaftselemente stellen sich für die Transformationsforschung neue Fragen. Diese untersuchen wir im Rahmen des Forschungsvorhabens 4N im Teilvorhaben 7 im Zusammenwirken mehrerer Disziplinen (Abb. 3). Beteiligt an dieser interdisziplinären Kooperation ist die ingenieurstechnische Expertise der Hochschule Emden/Leer, systemökologische, bodenökologische und agrarwissenschaftliche Expertise der Universitäten Vechta und Göttingen und die kulturwissenschaftliche Expertise des Kulturanthropologischen Instituts Oldenburger Münsterland. Auf Ebene des Verbundes 4 N werden weitere interdisziplinäre Anknüpfungspunkte zu Fragen der



Abb 1 a, b: Fotomontage(n) zur Ausgestaltung von Feldrain-Photovoltaik: In das Landschaftsbild einpassbare Nutzung von Randbereichen. a: wenig auffällige Installation oben links am Gehölzrand, b: Aufstellung vor einem Blühstreifen.

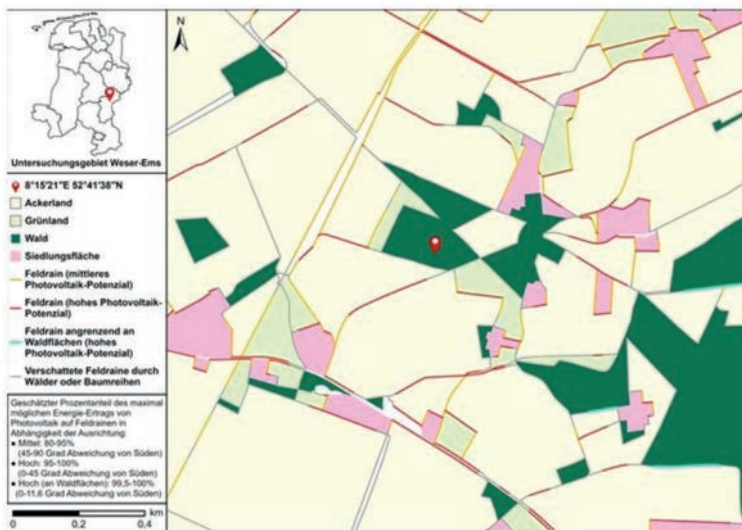


Abb 2 GIS-Modellierung für eine Potenzialanalyse von Feldrain-Photovoltaik im Untersuchungsgebiet Weser-Ems. Quelle: Hannes Foth 2023 unter Verwendung von Geodaten des Landesamtes für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen, © 2022 (LGLN), dl-de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), URL: <https://opengodata.lgln.niedersachsen.de/#bdlm> (Abruf: 05.10.2022).

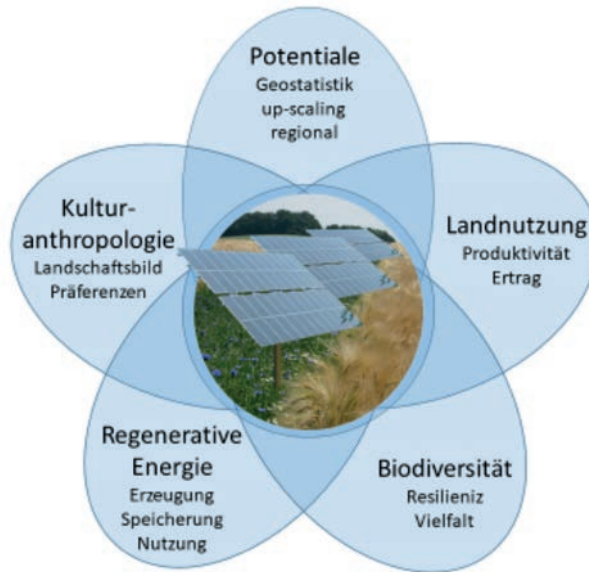


Abb 3 Interdisziplinäre Perspektiven zur Potenzial-Ermittlung der Feldrain-Photovoltaik, die im Forschungsvorhaben „Nordwest Niedersachsen nachhaltig Neu“ zusammenhängend untersucht werden. Zum Verständnis der Wirkungen im Landschaftsraum werden Beiträge der Ingenieurwissenschaften, Ökologie, Geostatistik und der Kultur- und Gesellschaftswissenschaften einbezogen.

Raumentwicklung, Governance und Bildung entwickelt und genutzt. Dies führt im Zusammenwirken zu einem vielfältigen Diskurs mit Anwenderinnen und Anwendern aus der Landwirtschaft und weiteren Akteur*innen im ländlichen Raum. In einem partizipativen Co-Creation Prozess werden so mit regionalen Partner*innen Perspektiven für die zukünftige Entwicklung evaluiert – hier am Beispiel der Kombination der Nutzung regenerativer Energien und Erhöhung der Biodiversität. Ausgehend vom Konzept des Reallabors werden diskurs-analytische und partizipativ-anwendungspraktische Ansätze genutzt, die methodisch unter anderem Potenzialanalysen, wirtschaftliche und räumliche Modellierungen, Befragungen, Feldversuche und Demonstrationsanlagen sowie Beschreibungen des Stakeholder-Involvements beinhalten.

- **Landwirtschaftliche Nutzung:** Randstrukturen sind in der Regel diejenigen Bereiche, die am wenigsten zum Gesamtertrag von Nutzflächen beitragen. Daher kommen sie für ergänzende alternative Nutzungen besonders in Betracht, da hier die etablierte Nutzung am

wenigsten beeinflusst wird. Die energetische Nutzung hängt von den Einstrahlungsbedingungen, der Zugänglichkeit und Netzwerk-Anbindung ab.

- **Biologische Vielfalt:** Die photovoltaische Nutzung von Feldrainen und Randstreifen erlaubt die Besiedlung durch Wildarten und die Entwicklung von Bewuchs-Strukturen. Daraus können ruderale und segetale Lebensräume verschiedener Sukzessionsalter entstehen, die Korridore und Ausbreitungspfade bilden. Die quantitative Abschätzung des Beitrages zum Erhalt der biologischen Vielfalt im ländlichen Raum wollen wir herausarbeiten. Uns interessiert, wie sich Gestaltungs-Alternativen auf die Förderung verschiedener Organismengruppen auswirken und wie eine Bewirtschaftung des Bewuchses mit einem Minimum an Pflege-Eingriffen erfolgen kann. Ferner ließe sich diskutieren, inwieweit sich durch die dann höhere Landschaftsdiversität eine indirekt wirkende Reduktion des Schädlingsdrucks auf den Anbauflächen ergibt (Gurr et al 2003, Tschardt et al. 2020).
- **Technische Design-Alternativen:** Im Rahmen der Entwicklung dieser Co-Nutzungsform betrachten wir unterschiedliche Konfigurationen, die sich für verschiedene Standorte, Grenz- und Übergangsbereiche eignen. Besonders in Frage kommen Randstrukturen entlang von Feld-Waldübergängen, aber auch Gewässer-Ränder, die in ökologischer und in technischer Hinsicht unterschiedliche Anforderungen stellen. Beim Einsatz von dezentralen Energie-Erzeugungsanlagen im ländlich-peripheren Raum ist es wichtig zu differenzieren zwischen netzgekoppelten Photovoltaikanlagen und Anlagen im Inselbetrieb. Kann der erzeugte Strom im netzgekoppelten Fall direkt in das öffentliche Stromnetz eingespeist und dadurch ein Mehrwert generiert werden, so muss im Inselbetrieb der Strom vor Ort genutzt werden, z. B. durch elektrische Verbraucher oder durch Umwandlung in andere Energieformen. Mögliche Einsatzgebiete für den erzeugten Strom können sein:
 - Bewässerung von Ackerflächen in Trockenzeiten
 - Entwässerung von tiefer liegenden Gebieten, insbesondere in Zeiten nach großem Niederschlag
 - Versorgung dezentraler Verbraucher, z. B. Straßenbeleuchtung, Aktorik und Sensorik, landwirtschaftliche Anlagen
 - Tourismus, z. B. Ladestationen für E-Bikes
 - Dezentrale Erzeugung und (Zwischen-)Speicherung von Wasserstoff

- **Vernetzung und Digitalisierung:** Der Einsatz der Systeme ist im landwirtschaftlichen, regionalen Kontext als Teil eines digitalisierten und vernetzten Energie- und Informationssystems zu sehen. Photovoltaik und in Kombination damit auch wasserstofftechnologie-basierte Energiesysteme werden als Komponenten der Energieumwandlungskette untersucht, die sowohl Energieprozesse als auch das assoziierte Informationsmanagement mittels Industrie 4.0-basierter Technologie umfasst.
- **Ertrags-Implicationen:** Abhängig von der lokalen Situation, von der Netz-Anbindung, von den Speicher- und Energieanwendungs-Optionen gibt es eine Variationsbreite der erreichbaren Rentabilität. Ziel des Forschungsvorhabens ist es, hierfür Grundlagen zur Abschätzung zu erarbeiten.

Ausblick

Der Umsetzung von Beiträgen zu den hier umrissenen Fragestellungen dienen Reallabor-Arbeiten, die im Forschungsverbund 4N durchgeführt werden (Abbildung 3). Wir erwarten daraus, dass das Potenzial der Photovoltaik für den ländlichen Raum in weiter gespannter Hinsicht nutzbringend ausgeschöpft werden kann, Impulse für den Erhalt und die Förderung der biologischen Vielfalt im Agrarraum gesetzt werden können, Perspektiven der landwirtschaftlich tätigen Akteur*innen auf Klimawandel und Anpassungsstrategien sichtbar gemacht werden und damit neben dem Nutzen für die landwirtschaftlichen Betriebe ein gesamtgesellschaftlicher Mehrwert aus dieser transformativen Aktivität entsteht.

Danksagung

Die Autorinnen und Autoren danken dem Ministerium für Wissenschaft und Kultur des Landes Niedersachsen (MWK) für die Förderung aus Mitteln des Niedersächsischen Vorab.

Literatur

- Bleeker, Walter, Buschmann, Holger 2018: Artenreiches Grünland in Niedersachsen – Schutz und Erhaltung, Anlage und Entwicklung, Broschüre NABU Niedersachsen, 34 S.
- Böhm Jonas, Witte, Thomas, Plaas, Elke, 2022: PV-Freiflächenanlagen: Rahmenbedingungen und Wirtschaftlichkeit. Berichte über Landwirtschaft. Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft, vol. 100, no 2, S. 1–31, <https://doi.org/10.12767/buel.v100i2.421>
- Bormann Helge, Kebschull, Jenny, Ahlhorn, Frank, Spiekermann, Jan, Schaal, Peter, 2018: Modellbasierte Szenarioanalyse zur Anpassung des Entwässerungsmanagements im nordwestdeutschen Küstenraum. Wasser und Abfall, Vol. 20 no 7-8, S. 60–66.

- Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung 2022: Bericht zur Markt- und Versorgungslage mit Fleisch, https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/BZL/Daten-Berichte/Fleisch/2022BerichtFleisch.pdf?__blob=publicationFile&v=2
- Dachverband Agrarforschung (Hrsg.) 2021: Nutzungskonkurrenzen in der Landwirtschaft – Ursachen, Auswirkungen und Lösungsansätze, Agrarspectrum Schriftenreihe 45. Frankfurt: DLG Verlag, 2012, Grundlagen für eine Moorschutzstrategie der Bundesregierung. Endbericht zum gleichnamigen F+E-Vorhaben (FKZ: 3519 800 300), Institut für Ländliche Strukturforchung (IfLS) an der Goethe-Universität Frankfurt am Main im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz, https://www.bfn.de/sites/default/files/2021-12/Endbericht_F%2BE_Grundlagen_Moorschutzstrategie_bf.pdf
- Deutscher Bundestag 2022: Entwurf eines Gesetzes zu Sofortmaßnahmen für einen beschleunigten Ausbau der erneuerbaren Energien und weiteren Maßnahmen im Stromsektor, <https://dserver.bundestag.de/btd/20/016/2001630.pdf>
- Dietzsch, Ina 2017: Klimawandel. Kulturanthropologische Perspektiven darauf, wie ein abstrakter Begriff erfahrbar gemacht wird, Schweizerisches Archiv für Volkskunde, vol. 113, no 1, S. 21–40.
- EEA 2022, European Environment Agency 2022: Towards a Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) for Integrated Environmental and Economic Accounting, <https://cices.eu/resources/>
- EU 2021, Regulation (EU) 2021/1119 of the European Parliament and of the Council of 30 June 2021 establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulations (EC) No 401/2009 and (EU) 2018/1999 ('European Climate Law'), Official Journal of the European Union 2021: L 243/1, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32021R1119>
- Feindt, Peter H., Krämer, Christine, Früh-Müller, Andrea, Heißenhuber, Alois, Pahl-Wostl, Claudia, Purnhagen, Kai P., Fabian, Thomas, van Bers, Caroline, Wolters, Volkmar 2019: „Kurzdarstellung der Ausgangssituation: Umwelteffekte der Landwirtschaft“ in: Ein neuer Gesellschaftsvertrag für eine nachhaltige Landwirtschaft. Berlin: Springer Open, 23–56, https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-58656-3_3
- Foth, Hannes 2023: Feldraine als Standorte für Photovoltaikanlagen – Ein geodatenbasiertes Bewertungsverfahren für die Region Nordwest Niedersachsen. Bachelor-Arbeit Jade Hochschule Oldenburg, Fachbereich: Bauwesen Geoinformation Gesundheitstechnologie. Studiengang: B.Eng. Wirtschaftsingenieurwesen Geoinformation. 65 S.
- Fraunhofer I.S.E. 2022: Agri-Photovoltaik: Chance für Landwirtschaft und Energiewende. Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems, <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/APV-Leitfaden.pdf> (abgerufen April 2022)
- Gorjian, Shiva, Bousi, Erion, Özdemir, Özal Emre, Trommsdorff, Max, Kumar, Nallapaneni Manoj, Anand, Abhishek, Kant, Karunesh, Chopra., Shauhrat S. 2022: Progress and challenges of crop production and electricity generation in agrivoltaic systems using semi-transparent photovoltaic technology. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 158: 112126, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112126>
- Gurr, Geoff M., Wratten, Stephen D., Luna, John Michael 2003: Multi-function agricultural biodiversity: pest management and other benefits, Basic and Applied Ecology, vol. 4, no 2, S. 107–116.
- Haines-Young, Roy, Potschin, Marion 2018: Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1. Guidance on the Application of the Revised Structure, <https://cices.eu/content/uploads/sites/8/2018/01/Guidance-V51-01012018.pdf>
- Kaumanns, Sven C., Blumers, Miriam, Junglewitz., Georg 2016: Sustainable Development Goals – Indikatoren für die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung, Statistisches Bundesamt | WISTA | 5 |, https://sdg-indikatoren.de//public/wista_SDG.pdf
- Lanuv 2003, Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten NRW (Hrsg.), Statusbericht zur naturverträglichen Bodennutzung als Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen. Bearbeitung: Universität Kassel, Fachgebiet Ökologischer Land- und Pflanzenbau van Elsen, Thomas, Reinert, Mark, Ingensand, Tanja, https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuv/natur/pdf/StatusberichtL.OEBF_050404.pdf

- Meyer, Rolf, Rösch, Christine, Sauter, Arnold 2010: Endbericht zum TA-Projekt Chancen und Herausforderungen neuer Energiepflanzen. Arbeitsbericht Nr. 136, Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag, Karlsruhe Institut für Technologie (KIT), <https://www.itas.kit.edu/pub/v/2010/meua10a.pdf>
- Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz 2022: Klimaschutzminister Lies: „Klimaschutz ist die Chance für die Zukunft unseres Landes.“, Presseinformation PI 083/2022 vom 4.7.2022, <https://www.umwelt.niedersachsen.de/startseite/aktuelles/pressemitteilungen/pi83-klimagesetz-212942.html>
- Rahmstorf, Stefan, Schellnhuber, Hans Joachim 2018: Der Klimawandel. Diagnose, Prognose, Therapie. München: C. H. Beck, 144 S.
- Riediger Jan, Breckling, Broder, Svoboda, Nikolai, Schröder, Winfried, 2016: Modelling regional variability of irrigation requirements due to climate change in Northern Germany, *Science of The Total Environment*, vol. 541, S. 329–340, doi:10.1016/j.scitotenv.2015.09.043
- Schäpke, Niko, Stelzer, Franziska, Bergmann, Matthias, Singer-Brodowski, Mandy, Wanner, Matthias, Caniglia, Guido, Lang, Daniel J. 2017: Reallabore im Kontext transformativer Forschung. Ansatzpunkte zur Konzeption und Einbettung in den internationalen Forschungsstand, *Leuphana Universität Lüneburg, Institut für Ethik und Transdisziplinäre Nachhaltigkeitsforschung*, no1, 62 S.XX, <https://d-nb.info/1127111027/34>
- Schindele, Stephan 2021a: Feldfrüchte und Strom von Agrarflächen: Was ist Agri-Photovoltaik und was kann sie leisten?, *GAIA*, vol. 30, no 2, S. 87–95. <https://doi.org/10.14512/gaia.30.2.6>
- Schindele, Stephan 2021b: Nachhaltige Landnutzung und Agri-Photovoltaik: Photovoltaikausbau im Einklang mit der Lebensmittelproduktion, *GAIA*, , vol. 30, no 2, S. 96–105. <https://doi.org/10.14512/gaia.30.2.7>
- Schürmann, Thomas 2021: Höfe vor der Nachfolge. Landwirtschaft und bäuerliches Selbstverständnis im Oldenburger Münsterland, Cloppenburg: Verlag des Museumsdorfs Cloppenburg, 320 S.
- Seeger, Daniel 2017: Agri-Photovoltaik steigert die Landnutzungseffizienz um über 60 Prozent, <https://www.pv-magazine.de/2017/11/22/agro-photovoltaik-steigert-die-landnutzungseffizienz-um-ueber-60-prozent/>
- Tscharntke, Teja 2021: Bedeutung einer vielfältigen und kleinteiligen Agrarstruktur für die Biodiversität und ihre Förderung im Rahmen der Gemeinsamen Europäischen Agrarpolitik (GAP). Studie im Auftrag der Fraktion B90/Grüne im Deutschen Bundestag, https://www.gruene-bundestag.de/fileadmin/media/gruenebundestag_de/themen_az/agrar/PDF/Studie_Kleinteilige_Agrarstruktur_und_Biodiversitaet-2021.pdf
- Tscharntke, Teja, Wiedenmann, Andreas, Piko, Julia, Quente, Johannes, Osten, Fabian 2020: Konkrete Maßnahmen gegen den Insektenrückgang – ein Handlungsrahmen für Baden-Württemberg, Abschlussbericht, <https://www.uni-goettingen.de/de/document/download/5fa7bbbf653de6ec100c136f6f18767.pdf>
- Tscharntke%202020%20BaWue%20Bericht%20Ma%C3%9Fnahmen%20Insektensterben.pdf
- UN 2022, United Nations Framework Convention on Climate Change, the Kyoto Protocol and the Paris Agreement, United Nations Climate Change Annual Report 2021, https://unfccc.int/sites/default/files/resource/UNFCCC_Annual_Report_2021.pdf
- Vollprecht, Jens, Trommsdorff, Max, Hermann, Charis 2021: Legal Framework of Agrivoltaics in Germany. *AIP Conference Proceedings* 2361, <https://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/5.0055133>, https://www.researchgate.net/publication/352807853_Legal_framework_of_agrivoltaics_in_Germany
- Weselek, Axel, Ehmann, Andrea, Zikeli, Sabine, Lewandowski, Iris, Schindele, Stephan, Högy, Petra 2019: Agrophotovoltaic systems: applications, challenges, and opportunities. A review, *Agronomy for Sustainable Development*, vol. 39, no 35, <https://doi.org/10.1007/s13593-019-0581-3>
- Wirth, Harry 2022: Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland. Fraunhofer ISE, Fassung vom 12.8.2022, <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.pdf>

Zukunftskommission Landwirtschaft 2021: Zukunft Landwirtschaft. Eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe. Empfehlungen der Zukunftskommission Landwirtschaft,
https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Landwirtschaft/abschlussbericht-zukunftskommission-landwirtschaft.html