Forschungsprojekt zum landwirtschaftlichen Wert von Solarparks

Institute of Grassland Science

GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT GÖTTINGEN IN PUBLICA COMMODA SEIT 1737

EPOTRONIC
Ihr Experte für Industriedrohnen, Sensoren & 3D-Scanner

AG GIS & FERNERKUNDUNG
50° 55' 39" N
6° 56' 10" E
Geographisches Institut
Universität zu Köln

Universität zu Köln

Vorstellung Personen / Projekt – Untersuchungsdesign – SLAM LiDAR für flächendeckende Untersuchungen – Pflanzenarten – Weidehaltung und Tierwohl – Fazit / Diskussion

Wissenschaft trifft Praxis: Konferenz zur landwirtschaftlichen Nutzung von Solarparks 11.03.2026 Berlin

Forschungsprojekt

Zum landwirtschaftlichen Wert von Solarparks

Photovoltaik (PV) - Anlagen als erneuerbare, kohlenstoffarme Energiequelle (ARMSTRONG et al. 2016) werden als vielversprechend angesehen, um den globalen Energiebedarf zu decken (WESELEK et al. 2019), erfordern jedoch umfangreiche Flächenressourcen.

Weltweite Flächenverknappung:
Mögliche Synergien bei der Flächennutzung evaluieren (HAMIDI ET AL. 2024).

⍰ Untersuchung des Flächenpotenzials nötig !

https://sonne-sammeln.de/landwirtschaft/forschungsprojekt-landwirtschaftlicher-wert-von-solarparks

GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT GÖTTINGEN IN PUBLICA COMMODA SEIT 1737

Universität zu Köln

Untersuchungsstandorte

- **Standorte der PV-Anlagen:**
- ‚Klein Rheide‘ und ‚Lottorf‘ (Schleswig-Holstein).
- Versuchsstandort ‚Dwergte‘ (Niedersachsen).
- ‚Gottesgabe‘ (Brandenburg).
- ‚Lauterbach‘ (Hessen)

GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT GÖTTINGEN IN PUBLICA COMMODA SEIT 1737

Universität zu Köln

Material und Methoden

Generelles Versuchsdesign

am Beispiel ‚Klein Rheide‘

GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT GÖTTINGEN IN PUBLICA COMMODA SEIT 1737

Universität zu Köln

3 Triplets je Standort

GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT GÖTTINGEN IN PUBLICA COMMODA SEIT 1737

Universität zu Köln

Material und Methoden

Datenerhebungen

Rising Plate Meter (RPM)

Destruktives Sampling

Frische Biomasse

Temperaturlogger

Einstrahlungs-sensoren (PAR)

Thermalkamera

Bodenproben

Bodenfeuchte

Pflanzenhöhen

Pflanzenarten

NIRS analyse

Feldspektrometer

UAV LiDAR

handheld LiDAR

GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT GÖTTINGEN IN PUBLICA COMMODA SEIT 1737

Universität zu Köln

Trockengewicht je PV-Anlage

- Gewicht in g je 0,25 m²
- Modul entspricht dem gesamten Effekt des Solarparks
- Modul variabler als Freifläche

Trockengewicht je Position

- Gewicht in g je 0,25 m²
- Position ‚gap' liefert die meiste Biomasse
- Position ‚shade' liefert die wenigste Biomasse

GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT GÖTTINGEN IN PUBLICA COMMODA SEIT 1737
Universität zu Köln

Trockengewicht

GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT GÖTTINGEN IN PUBLICA COMMODA SEIT 1737

Universität zu Köln

Herausforderung

Erfassung der Grünland-Biomasse unter Freiflächen-Photovoltaikanlagen

(Konventionelle) Fernerkundung:
Sichtfeld wird durch PV-Module teilweise verdeckt

etablierte Methoden:
→ Punktbasierte, zeitaufwändige und arbeitsintensive Datenerhebung

Rising Plate Meter (RPM)

destruktiv

Limitation:
Räumliche Variabilität wird nicht flächendeckend erfasst

GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT GÖTTINGEN IN PUBLICA COMMODA SEIT 1737
Universität zu Köln

Lösung: LiDAR

GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT GÖTTINGEN IN PUBLICA COMMODA SEIT 1737
Universität zu Köln

SLAM LiDAR

	ST
MAPPING SPECIFICATIONS	
LiDAR range	0.40m to 100m 1.3 to 330 ft
LiDAR Precision	± 30 mm
Mapping Accuracy	± 20 mm (3/4 in) in general environments ± 15 mm (19/32 in) in typical indoor and underground environments ± 5 mm (7/32 in) isolated change detection capability
LiDAR Channels	16
LiDAR Data acquisition speed	Single Return Mode: up to 300,000 points/sec

Sensor: Hovermap ST SLAM LiDAR + GoPro (Farbe)

Vorteile:

- Kosteneffektiv, schnell, flexibel

SLAM LiDAR als neues Tool für das Biomassemonitoring unter Solarmodulen?

GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT GÖTTINGEN IN PUBLICA COMMODA SEIT 1737
Universität zu Köln

UAV Flug: 7 October 2024 in Klein Rheide

„Flugfreigabe durch Platzkontrollstelle Schleswig“

Langsamer und tiefer Flug mit UAV (Drohne)

GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT GÖTTINGEN IN PUBLICA COMMODA SEIT 1737

Universität zu Köln

(SLAM) LiDAR Pointcloud

Dichte Punktwolke
Auch Areale unter den Modulen wurden aufgenommen

GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT GÖTTINGEN IN PUBLICA COMMODA SEIT 1737
Universität zu Köln

Solarpark Klein Rheide

Punktewolke eingefärbt nach Höhe

GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT GÖTTINGEN IN PUBLICA COMMODA SEIT 1737
Universität zu Köln

Solarpark Klein Rheide

Punktewolke eingefärbt nach Intensität der Reflektion

GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT GÖTTINGEN IN PUBLICA COMMODA SEIT 1737
Universität zu Köln

Solarpark Klein Rheide

Punktewolke coloriert mit Bildern aus einer GoPro Kamera

GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT GÖTTINGEN IN PUBLICA COMMODA SEIT 1737

Universität zu Köln

Handgetragen:
Im Solarpark Gottesgabe (27.5.2025)

Im Versuchspark in Dwergte (4x in 2025)

… in Klein Rheide (3x)

… in Lottorf (2x)

… in Lauterbach

GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT GÖTTINGEN IN PUBLICA COMMODA SEIT 1737
Universität zu Köln

Datenprozessierung

Hochgenaue Verortung der Punktewolke (RTK GPS)

Manuelle Segmentierung der PV Module

(=Löschen der Punkte von den Modulen)

Normalisierung von Höhe über Boden

GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT GÖTTINGEN IN PUBLICA COMMODA SEIT 1737

Universität zu Köln

Flächendeckende Information

- **der RPM Messungen**
- **der Biomasse**
- **…**

Rising Plate Meter (RPM)

destruktiv

Ergebnisse

Geringere Heterogenität in der Freifläche

Karte der modellierten RPM Werte

Räumliche Muster durch die Module

Erhöhte Heterogenität des Grasbewuches unter und neben den Modulen

GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT GÖTTINGEN IN PUBLICA COMMODA SEIT 1737

Universität zu Köln

Höhere Heterogenität unter den Modulen

Geringere Heterogenität in der Freifläche

Ergebnisse

Geringere Heterogenität in der Freifläche

Karte der modellierten RPM Werte

Räumliche Muster durch die Module

SLAM LiDAR hat ein großes Potenzial Biomasse unter Solarmodulen flächenhaft zu erfassen

Erhöhte Heterogenität des Grasbewuches Unter und neben den Modulen

Einfluss der Fenster auf Grasbewuchs

Estimation of grassland structure as a proxy for biomass under free-field photovoltaic systems using handheld SLAM LiDAR

in Precision agriculture '25

Autor:innen: C. Hütt, J. Isselstein, A. Jenal, F. Kunz, L. Vehlken, J. Wolf, L. Zinken, und D. Hamidi

Art: Kapitel

Seiten: 852–858

DOI: https://doi.org/10.1163/9789004725232_112

SLAM LIDAR Scanner als Dokumentationtools und für die Erstellung eines digitalen Zwilling

EPOTRONIC
Ihr Experte für Industriedrohnen, Sensoren & 3D-Scanner

www.epotronic.com

Zahlreiche LiDAR Scanner für unterschiedliche Anforderungen im Portfolio!

Ich helfe Ihnen gerne den richtigen für Ihre Anforderungen zu finden.

GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT GÖTTINGEN IN PUBLICA COMMODA SEIT 1737

Universität zu Köln

Deckungsgrad in %

GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT GÖTTINGEN IN PUBLICA COMMODA SEIT 1737

Universität zu Köln

Wärmebildkamera

GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT GÖTTINGEN IN PUBLICA COMMODA SEIT 1737

Universität zu Köln

Stickstoff im Boden

- In der Freifläche deutlich homogenere Verteilung von N je Position

- Niedrigster Wert direkt unter dem Modul (Shade)

GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT GÖTTINGEN IN PUBLICA COMMODA SEIT 1737

Universität zu Köln

Kohlenstoff im Boden

- In der Freifläche homogenere Verteilung von C je Position
- Niedrigster Wert direkt unter dem Modul (Shade)

Pflanzenarten

- Im Feld bestimmte Pflanzenarten im 50*50 cm Rahmen

- In 3 Blöcken jeweils 8 Aufnahmepunkte; Insgesamt 24 Aufnahmepunkte (jeweils für Modul und Freifläche)

Pflanzenarten

GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT GÖTTINGEN IN PUBLICA COMMODA SEIT 1737
Universität zu Köln

Pflanzenarten

- Im Feld bestimmte Pflanzenarten im 50*50 cm Rahmen

- In 3 Blöcken jeweils 8 Aufnahmepunkte; Insgesamt 24 Aufnahmepunkte (jeweils für Modul und Freifläche)

Pflanzenarten

GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT GÖTTINGEN IN PUBLICA COMMODA SEIT 1737
Universität zu Köln

Rohprotein

Gottesgabe

Lauterbach

NIRS analyse

GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT GÖTTINGEN IN PUBLICA COMMODA SEIT 1737

Universität zu Köln

Pflanzeninhaltsstoffe

- Pflanzeninhaltsstoffe hängen von den Standort-bedingungen ab.
- Höherer Rohproteingehalt und niedrigerer Rohzuckergehalt.
- Photosynthese ist limitiert unter PV-Modulen.

NIRS analyse

Schnittzeitpunkte im Solarpark Lottorf: 24. Mai, 26. Juli, 28. September 2023 (Zinken *et al.* 2024)

33

Qualität ausreichend für die Fütterung von Rindern und Schafen

GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT GÖTTINGEN IN PUBLICA COMMODA SEIT 1737

Universität zu Köln

Pflanzeninhaltsstoffe

- *Holcus lanatus* (Lottorf 2023)
- SPAD (Soil Plant Analyses Developement) → misst den relativen Chlorophyllgehalt.
- Beschattung führt zu höherem Chlorophyllgehalt.
- Linearer Zusammenhang SPAD-Rohprotein.

(Sieve *et al.* 2024)

GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT GÖTTINGEN IN PUBLICA COMMODA SEIT 1737

Universität zu Köln

Weidehaltung und Tierwohl

- Freie Aufenthaltswahl
- 2 Perioden
- jeweils 10 Schafe
- Vegetationsanalysen
- Minütliche GPS Signale zum Aufenthaltsort der Schafe

GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT GÖTTINGEN IN PUBLICA COMMODA SEIT 1737

Universität zu Köln

Räumliche Verteilung der Schafe

GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT GÖTTINGEN IN PUBLICA COMMODA SEIT 1737

Universität zu Köln

Tierverhalten

Aufenthalt der Tiere unter den Modulen (h)

Temperatur (°C)

- Bei steigenden Temperaturen halten sich die Schafe mehr unter den Modulen auf.
- Prognostiziert: Länger andauernden Hitzeperiode.

Module als Witterungsschutz können eine wichtige Funktion hinsichtlich des Tierwohls auf der Weide einnehmen. Siede *et al.* (2026)

GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT GÖTTINGEN IN PUBLICA COMMODA SEIT 1737

Universität zu Köln

Weidehaltung und Tierwohl

ELSEVIER

Livestock Science

Volume 303, January 2026, 105880

Short-term behavioural patterns of sheep under extensive solar grazing management with sun-tracking photovoltaic modules

Caroline Siede [a], Friederike Rethmeyer [b], Lisa Wilms [a], Lars Zinken [a], Franziska Kunz [a], Rahel Sutterlütti [a], Lena Weber [c], Masud Hamidi [d], Manfred Kayser [a b], Johannes Isselstein [a e], Dina Hamidi [a]

Show more

+ Add to Mendeley Share Cite

https://doi.org/10.1016/j.livsci.2025.105880 ↗

Get rights and content ↗

GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT GÖTTINGEN IN PUBLICA COMMODA SEIT 1737

Universität zu Köln

Ergebnisse & Diskussion

 Untersuchung des Flächenpotenzials nötig !

- LiDAR Scanning zur flächenhaften Biomassebestimmung erfolgreich.

- Ökologisches Flächenpotenzial:
  - Erhöhte Variabilität der Wachstumsbedingungen der Grünlandvegetation durch die Module.
  - Technische Ausgestaltung der PV-Anlage beeinflusst die Vegetation.

- Ökonomische Flächenpotenzial:
  - Futterverfügbarkeit und -qualität ausreichend für Weidenutzung mit Schafen und Rindern.
  - Module als Witterungsschutz.
    - Klimawandelbedingte Veränderungen in der Nutztierhaltung.

GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT GÖTTINGEN IN PUBLICA COMMODA SEIT 1737
Universität zu Köln

Ausblick

Zwei neue Projekte bewilligt:

Moorbewirtschaftung mit kleinen Wiederkäuern: Individualisiertes Weidemanagement und Tiermonitoring zur Tierwohlverbesserung in Photovoltaik-Anlagen auf wiedervernässtem Moor (**WeiTiMo**)

Sustainable Agrivoltaic Grazing Ecosystem: Agroecological Synergies through Ruminant Integration for Enhanced Environmental and Economic Benefits (**SAGE**)

GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT GÖTTINGEN IN PUBLICA COMMODA SEIT 1737

Universität zu Köln

Vielen Dank …

… für Ihre Aufmerksamkeit

… BNE, Wattmanufaktur, EnBW, ENERPARC AG und allen Beteiligten

für die Unterstützung unserer Forschungen

GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT GÖTTINGEN IN PUBLICA COMMODA SEIT 1737

Universität zu Köln

Literatur

Armstrong A., Ostle N.J. and Whitaker, J. 2016. Solar park microclimate and vegetation management effects on grassland carboncycling. Environment Research Letters 11: 074016.

Hamidi, D., Baumann, K., Kayser, M., von Witzke, H., Isselstein, J., 2024b. Agronomische und ökologische Potenziale von Photovoltaikanlagen auf Grünland. Berichte über Landwirtschaft., Band 102, Heft 2, August 2024 https://doi.org/10.12767/buel.v102i2.514

Siede, C., Rethmeyer, F., Wilms, L., Zinken, L., Kunz, F., Sutterlütti, R., Weber, L., Hamidi, M., Kayser, M., Isselstein, J., Hamidi, D., Short-term behavioural patterns of sheep under extensive solar grazing management with sun-tracking photovoltaic modules. (2026). Livestock Science. Volume 303, 105880. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2025.105880

Weselek, A., Ehmann, A., Zikeli, S., Lewandowski, I., Schindele, S., Högy, P. (2019). Agrophotovoltaic systems: Applications, challenges, and opportunities. A review. Agronomy for Sustainable Development, 39(4), 35.

Zinken, L., Hamidi, D., Tegtmeyer, P., Kayser, M., Isselstein, J., Microclimate, grass growth and herbage quality of peat grassland under free field photovoltaic modules. "Why grassland" General Meeting of the European Grassland Federation, 9– 13 June 2024, Netherlands, Theatre presentation.

Pointcloud Colored by Height

AG GIS & FERNERKUNDUNG

Universität zu Köln

Pointcloud Colored by Intensity

AG GIS & FERNERKUNDUNG
GEOGRAPHISCHES INSTITUT · UNIVERSITÄT ZU KÖLN

Universität zu Köln

GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT GÖTTINGEN IN PUBLICA COMMODA SEIT 1737

Universität zu Köln

AG GIS & FERNERKUNDUNG

Universität zu Köln

AG GIS & FERNERKUNDUNG

Universität zu Köln