Solar grazing: Der Effekt von hochaufgeständerten PV-Modulen auf Rinderbeweidung und Grünland auf Moorböden

D. Hamidi[1], L. Karrasch[2], L. Wilms[1], C. Siede[1], F. Sieve[3], H. Gerken[2], M. Hamidi[4], A. Krause[2], M. Kleyer[5], J. Isselstein[1]
[1]Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Graslandwissenschaften, Georg-August Universität Göttingen
[2]Grünlandzentrum Niedersachsen/Bremen, Albrecht-Thaer-Str 1, 26939 Ovelgönne
[3]Geo-Lab Universität Vechta, Driverstr. 22, 49377 Vechta
[4]Heisterholz-Mühle 1, 30916 Isernhagen
[5]Institut für Biologie und Umweltwissenschaften, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
Caroline.siede@uni-goettingen.de

Einleitung und Problemstellung

Die Milchviehhaltung erwirtschaftet aktuell über ihren Deckungsbeitrag den größten Anteil der landwirtschaftlichen Wertschöpfung der Region Wesermarsch (Niedersachsen). Weidehaltung ist eine verbreitete Nutzungsform auf den hier vorherrschenden kohlenstoffreichen Böden. Überlegungen zur Wiedervernässung dieser Böden als Klimaschutzmaßnahme müssen alternative Wertschöpfungspotenziale für die dortigen Betriebe beinhalten (Jansen-Minßen et al. 2022). Eine Anhebung der Wasserstände unter Flur und damit verbunden die Nutzungsanpassung in Form von z.B. innovativem Weidemanagement, Reduktion der Tierzahlen und/oder der Nutzung dieser Flächen mit angepassten Rassen ist möglich, bedeutet gleichzeitig aber auch einen deutlichen agronomischen Verlust. Als eine ökonomisch interessante Option der fortgesetzten landwirtschaftlichen Nutzung von wiedervernässten Moorflächen wird die Kombination von Photovoltaik (PV) mit landwirtschaftlicher Weidenutzung diskutiert. Dabei kommen nicht nur extensive Weideverfahren in Frage, auch der Weidegang von Milchkühen in solchen Anlagen wird erwogen. Bisher liegen aber kaum wissenschaftliche Untersuchungen vor, um die agronomischen und ökologischen Effekte hochaufgeständerter PV-Module auf Grünland an einem Moorstandort mit Beweidung besser einordnen zu können. Hier wurden insbesondere die Auswirkungen auf die Vegetation, die Chlorophyllgehalte der oberirdischen Biomasse und die Tieraufenthalte untersucht.

Material und Methoden

Wir untersuchten Vegetation (Arten und Vegetationsdichte), Chlorophyllgehalte, komprimierte Grasnarbenhöhe (CSH) und das Verhalten von weidenden Kühen (Holstein-Friesian) in zwei Behandlungen. Die Messungen wurden unter als Weideunterstände nutzbaren, hochaufgeständerten PV-Modulen (n=zwei Bereiche; 10 x 5 m je PV-Modul; Unterkante ca. 210 cm, errichtet im August 2023) sowie in zwei Kontrollbereichen (jeweils 10 x 5 m) auf derselben Moorweidefläche (1,63 ha) in Elsfleth (Niedersachsen, Nordwestdeutschland) während einer Weideperiode (14.05.2024 – 27.05.2024) durchgeführt. Vor und nach der Untersuchung wurden alle Tiere tierärztlich begutachtet und die PV-Module auf eventuelle Beschädigungen untersucht, um die grundsätzliche Weideeignung zu überprüfen. Auf der Fläche befindet sich eine Wetterstation, die durchschnittliche Temperaturen von 17,3 ± 4,0 (Mittelwert und Standardabweichung) und eine Niederschlagssumme von 42 mm für die untersuchte Weideperiode aufzeichnete. Die zwei Kontrollbereiche wurden in 50 m Distanz zu den Außenstützen des jeweiligen PV-Moduls in Nordrichtung auf der Weide eingemessen und für die Vegetations- und Datenaufnahme mit Stäben markiert. Die Messungen der Chlorophyllgehalte erfolgten mithilfe eines SPAD-Handgerätes (SPAD-502, Konica Minolta). Um eine Vergleichbarkeit der SPAD-Werte zu gewährleisten, erfolgten die Chlorophyllmessungen ausschließlich an voll ausgebildeten Blättern des Grases *Lolium perenne.*
Um eventuelle Effekte der PV-Module in Abhängigkeit zur Entfernung zur Außenkante bzw. der Distanz zum Boden untersuchen zu können, wurden sowohl die CSH-Messungen als auch die Messungen der Chlorophyllgehalte an drei unterschiedlichen Positionen je Modul (hoch (Norden), Mitte, tief (Süden)) durchgeführt (n=20 je Position): Die nach Norden ausgerichtete Modulaußenkante ist mit ca. 350 cm am höchsten, während die nach Süden ausgerichtete Modulaußenkante mit 210 cm Höhe deutlich niedriger ist. Die Messungen in den beiden Kontrollbereichen wurden identisch dazu durchgeführt. Danach wurden 10 mit GPS-Halsbändern (® Nofence, AS, Batnfjordsøra Norway) ausgerüstete Kühe und Färsen (Alter: 4,4 ± 0,7 und 2,1 ± 0,3 (jeweils Mittelwert ± Standardabweichung)) auf die Weidefläche gebracht.

Die GPS-Halsbänder liefern im Intervall von einer Minute Positionsdaten der Tiere, die in aktive Zeit und Liegezeit unterteilt werden können (Hamidi et al. 2023). Für die Auswertungen der räumlichen Aufenthaltsdaten der Tiere konnten nur acht Tiere berücksichtigt werden, da zwei der GPS-Halsbänder keine Daten lieferten. Nach dem Weideabtrieb wurde eine Vegetationsaufnahme und eine Deckungsgradschätzung vorgenommen. Alle statistischen Analysen wurden mit der Software R durchgeführt (© 2023 The R Foundation for Statistical Computing). SPAD- und CSH-Werte wurden mithilfe eines generalisierten gemischten Modells (Paket 'glmmTMB') mit den festen Effekten Behandlung und Position sowie Probennummer genestet in Bereich als Zufallseffekt untersucht.

Ergebnisse und Diskussion

Unter den PV-Modulen wurden signifikant (p = 0,002) höhere SPAD-Werte gemessen (PV-Module: 41.6 ± 0,84; Kontrollbereiche: 35,0 ± 0,84 (Mittelwert ± Standardfehler)). Die Messungen an den unterschiedlichen Positionen (hoch, Mitte, tief) unterschieden sich dagegen nicht signifikant (Abb. 1).

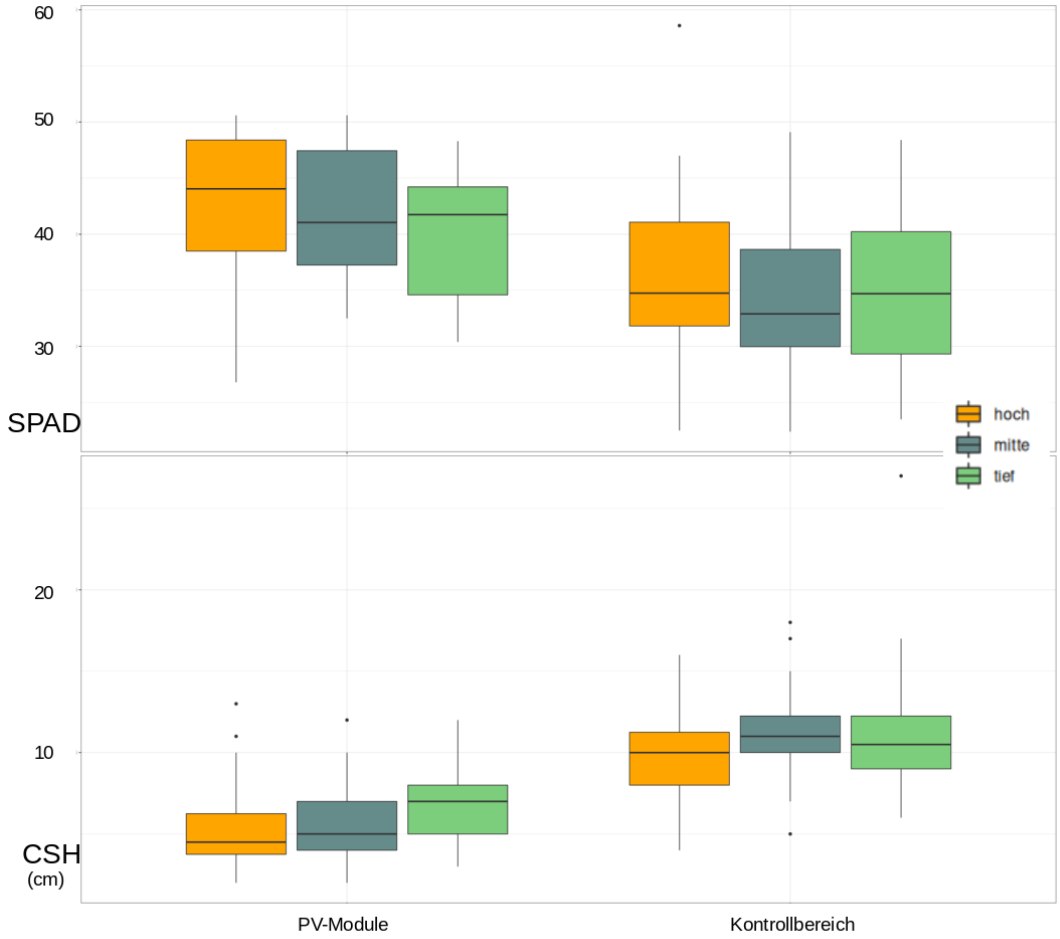

Abb. 1: Boxplots der Behandlungen (PV-Module, Kontrollbereiche) für Chlorophyllgehalte (SPAD) und Grasnarbenhöhen (CSH) an den unterschiedlichen Positionen (hoch, Mitte, tief) vor Beginn der Weideperiode (03.05.2024).

In einer Studie von Sieve et al. (2024) wurden unter niedrig aufgeständerten PV-Modulen ebenfalls signifikant höhere Chlorophyllgehalte von *Holcus lanatus* im Vergleich zu den Bereichen ohne PV-Module gemessen. In verfügbaren Studien (z.B.: Brand, 1997; Van Huylenbroeck and Van Bockstaele, 2001) wurde bereits für verschiedene Futterpflanzen nachgewiesen, dass Beschattung zu höheren Chlorophyllgehalten in Blättern unterschiedlicher Arten führt. Unter den PV-Modulen wurden signifikant (p = 0,023) niedrigere CSH Werte gemessen (Abb.1). Die Messungen an den unterschiedlichen Positionen wiesen keine signifikanten Unterschiede auf. Da die Fläche bereits vor der untersuchten Weideperiode beweidet wurde, kann man jedoch nicht mit Sicherheit sagen, ob die niedrigeren CSH-Werte ein Effekt der PV-Module oder der vorangegangenen Weideperiode sind. Zinken et al. (2024) berichten über eine leicht reduzierte Biomasseproduktion in Bereichen mit (niedrig aufgeständerten) PV-Modulen.

Die Vegetationsanalyse wies *Lolium perenne* und *Poa trivialis* als Hauptbestandsbildner in beiden Behandlungen aus. Insgesamt kamen neun Arten nur in den Kontrollbereichen vor, drei Arten nur im Bereich der PV-Module und fünf Arten in beiden Behandlungen (Tab. 1). Da unter den PV-Modulen deutlich höhere Trittschäden aufgenommen wurden und somit weniger Vegetation bestimmt werden konnte, lässt sich nicht genau sagen, ob es durch die PV-Module zu einer Reduzierung der Arten gekommen ist oder die vermehrten Tieraufenthalte dazu geführt haben. Hervorzuheben ist, dass drei Arten trotz der Reduzierung der Vegetationsbedeckung um 45 % im Vergleich zu den Kontrollbereichen nur im Bereich der PV-Module vorkamen (Tab. 1). Dabei handelt es sich um trittverträgliche bzw. Ruderalarten.

Tab. 1: Vegetationsbestimmung nach dem Abtrieb der Kühe und Färsen. Aufgenommen wurden der Anteil offenen Bodens und der Deckungsgrad (%) sämtlicher Arten.

	PV-Module	Kontrollbereiche
Offenbodenanteil	50,0	5,0
Krautschichtanteil	50,0	95,0
Lolium perenne	25,0	55,0
Poa trivialis	20,0	20,0
Holcus lanatus	0,5	10,0
Plantago major	1,5	0,0
Stellaria media	1,0	5,0
Polygonum aviculare	1,0	0,0
Taraxacum sect. ruderalia	0,5	0,0
Rumex crispus	0,5	0,5
Dactylis glomerata	0,0	1,0
Achillea millefolium	0,0	1,0
Polygonum amphibium	0,0	1,0
Glechoma hederacea	0,0	1,0
Ranunculus repens	0,0	1,0
Rumex obtusifolius	0,0	1,0
Trifolium repens	0,0	0,5
Lamium purpureum	0,0	0,5
Urtica dioica	0,0	0,5

Sowohl aktive Zeit als auch Liegezeit wurde unter den PV-Modulen verbracht. Hohe Standardabweichungen lassen auf starke tierindividuelle Unterschiede schließen. PV-Modul 1 wurde während der aktiven Zeit bevorzugt aufgesucht (Tab. 2). Insgesamt betrug die unter den PV-Modulen verbrachte Zeit (Liegezeit und aktive Zeit) 1,1 % der täglichen Gesamtzeit pro Tier, während die in den Kontrollbereichen verbrachte Zeit einen Anteil von 0,6 % an der täglichen Gesamtzeit je Tier ausmachte. Diese niedrigen Anteile an der Gesamtzeit je Tag und Tier ergaben sich, da sich die Tiere zusätzlich zu den beiden untersuchten Behandlungen auf der Fläche frei bewegen konnten. Trotz dieser Einschränkungen lässt sich sagen, dass die Tiere die beiden Bereiche mit PV-Modulen nicht gemieden haben im Vergleich zu den beiden Kontrollbereichen, sondern eher bevorzugten.

Tab. 2: Durchschnittliche verbrachte Zeit (min) je Tier, Tag und Bereich. Gezeigt werden Mittelwerte ± Standardabweichung.

	PV-Modul 1	PV-Modul 2	Kontrolle 1	Kontrolle 2
Aktive Zeit	13,8 ± 16,1	5.9 ± 6,7	3,5 ± 3,9	5,0 ± 8,7
Liegezeit	5,6 ± 14,8	4,3 ± 16,1	4,7 ± 14,7	5,0 ± 15,4

In einer Studie von Sharpe et al. 2021 konnte ein positiver Effekt von PV-Modulen als Schattenspender für grasende Milchkühe gezeigt werden. Die Körpertemperatur der Kühe, die in der Fläche mit PV-Modulen grasten, konnte deutlich reduziert werden.
In der vorliegenden Untersuchung konnten weder Verletzungen an den Tieren noch Beschädigungen an den Modulen festgestellt werden.

Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigen, dass weder Verletzungen an den Tieren noch Beschädigungen an den Modulen auftraten, was für eine grundsätzliche Eignung von hochaufgeständerten PV-Modulen zur Nutzung mit Kühen spricht. Deutliche Unterschiede in den vegetationsbezogenen Daten zwischen den Behandlungen wurden festgestellt. Obwohl weitere Forschung mit größeren PV-Anlagen notwendig ist, um das räumliche Verhalten von Kühen und Färsen abschließend zu klären, liefert diese Untersuchung erste Erkenntnisse über die Auswirkungen hochaufgeständerter PV-Module auf die darunterliegende Vegetation und die grasenden Tiere und ebnet damit den Weg für eine multifunktionale Landnutzung.

Literatur

Brand, M.H. (1997): Shade influences plant growth, leaf color, and chlorophyll content of Kalmia latifolia L. cultivars. HortScience 32: 206–208.

Hamidi, D., Hütt, C., Komainda, M., Grinnell, N. A., Horn, J., Riesch, F., Hamidi, M., Traulsen, I., Isselstein, J. (2023): Grid grazing: A case study on the potential of combining virtual fencing and remote sensing for innovative grazing management on a grid base. Livestock Science 278: 105373.

Jansen-Minßen, F., Klinck, L. & Krause, A. (2022): Zukunft der Moorstandorte in der Küstenregion Niedersachsen, Fakten, Fragen, Handlungsansätze, Grünlandzentrum Niedersachsen/Bremen e.V., Ovelgönne. https://www.naturschutz-energiewende.de/wp-content/uploads/KNE_Photovoltaik_auf-wiedervernaessten_Moorboeden.pdf

Sharpe, K. T., Heins, B. J., Buchanan, E. S. & Reese, M. H. (2021): Evaluation of solar photovoltaic systems to shade cows in a pasture-based dairy herd. Journal of dairy science, Vol. 104:3: 2794-2806.

Sieve, F., Hamidi, D., Siede, C., Wilms, L., Zinken, L., Kunz, F., Isselstein, J., Hamidi, M., Kayser, M. (2024): Grün oder Grüner? Variabilität der Chlorophyllkonzentration in einer beweideten Freiflächen-Photovoltaik-Anlage. Internationale Weidetagung in Ravensburg: 89-93.

Van Huylenbroeck, J.M., Van Bockstaele, E. (2001): Effects of shading on photosynthetic capacity and growth of turfgrass species. Int. Turfgrass Soc. Res. J 9: 353–359.

Zinken, L., Hamidi, D., Tegtmeyer, P., Kayser, M., Isselstein, J. (2024): 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.