

1 . Ausfertigung

Fachliche Stellungnahme zur Auslegung „hohe Ertragsfähigkeit (regional)“ im informellen Rahmenkonzept der Solar-Freiflächenanlagen in der Gemeinde Süsel am Standort Bujendorf



Prof. Dr. Conrad Wiermann
Bahnhofstrasse 8
24214 Neuwittenbek
Tel.: 01577-2475644
E-Mail: conrad.wiermann@fh-kiel.de

Vorbemerkung:

Für die Genehmigung von Solar-Freilandanlagen sind neben den genehmigungsrechtlichen Vorgaben auch Anforderungen bzw. Bedürfnisse der örtlichen Bevölkerung zu erwägen. Zudem können durch die Inanspruchnahme landwirtschaftlicher Nutzflächen durch Solar-Freilandanlagen Konflikte hinsichtlich der Priorität der Lebens- und Futtermittelerzeugung für die Ernährung einer weiter wachsenden Weltbevölkerung entstehen. In der nachfolgenden Stellungnahme bleiben diese Konflikte und Anforderungen allerdings unberücksichtigt. Das Ziel der Ausführungen ist es hingegen zu der Auslegung des Kriteriums „hohe regionale Ertragsfähigkeit“ im Zusammenhang mit der Genehmigung der Solar-Freilandanlage Bujendorf/Süsel fachlich Stellung zu nehmen. Deshalb werden auch naturschutzfachliche Aspekte, die durchaus bei der Genehmigung eines solchen Analgenkomplexes zu beachten sind, unberücksichtigt bleiben. Im Folgenden dargestellte Sachverhalte und Schlussfolgerungen beruhen ausschließlich auf einer eingehenden Literaturstudie sowie einem Vor-Ort-Termin am 2. März 2022.

Problemaufriss:

Im gemeinsamen Beratungserlass des Ministeriums für Inneres, ländliche Räume, Integration und Gleichstellung und des Ministeriums für Energie, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung vom 1. September 2021 „Grundsätze zur Planung von großflächigen Solar-Freiflächenanlagen im Außenbereich“ werden unter Ziffer C verschiedene fachliche und überfachliche Vorgaben, die bei der Genehmigung von Solar-Freiflächenanlagen zu beachten sind, benannt. Hierbei wird unterscheiden zwischen Flächen, die grundsätzlich von einer Errichtung raumbedeutsamer Solar-Freiflächenanlagen ausgeschlossen werden (u.a. Vorranggebiete für den Naturschutz) und solchen bei denen eine Genehmigung unter Berücksichtigung verschiedener Kriterien (u.a. landwirtschaftlich genutzte Flächen mit hoher Ertragsfähigkeit) abzuwägen ist. Für diese Flächen können also fachliche Genehmigungserfordernisse bestehen, sie sind aber nicht grundsätzlich von einer Genehmigung für Solar-Freilandanlagen ausgenommen. Dieser Erlass ist Grundlage für das informelle Rahmenkonzept für Solar-Freiflächenanlagen in der Gemeinde Süsel vom 10. Januar 2022. In diesem Rahmenkonzept werden zunächst das Ziel und die rechtlichen Grundlagen für eine Genehmigung von Solar-Freiflächenanlagen dargestellt. In diesem Zusammenhang wird auch Bezug auf den Kriterienkatalog Natur und Landschaft für den Kreis Ostholstein genommen. Dieser Kriterienkatalog unterscheidet zwischen entscheidenden (zwingenden und nicht abwägbaren) Kriterien und bedeutenden (abwägbaren) Kriterien. Unter den entscheidenden Kriterien

werden u.a. „*Flächen mit besonderer Bedeutung für die Landwirtschaft (hier: Ertragsfähigkeit der Böden = sehr hoch)*“ benannt. Auch unter den bedeutenden Kriterien sind „*Flächen mit besonderer Bedeutung für die Landwirtschaft (hier: Ertragsfähigkeit der Böden = sehr hoch)*“ aufgeführt. Die Kriterien für das informelle Rahmenkonzept der Gemeinde Süsel fußt also auf verschiedenen genehmigungsrechtlichen Normen. Endgültig unterscheidet das Rahmenkonzept aber zwischen folgenden drei Kriterienbereichen:

- Flächen mit fachlicher Ausschlusswirkung
- Flächen mit hohen Anforderungen an die Abwägung
- Flächen mit Abwägungs- und Prüferfordernis

Unter Ziffer 22 werden Flächen mit sehr hoher Ertragsfähigkeit (regional bewertet entsprechend dem Landwirtschafts- und Umweltatlas des MELUND) unter den „*Flächen mit fachlicher Ausschlusswirkung*“ geführt. Auch in der Kategorie „*Flächen mit hohen Anforderungen an die Abwägung*“ werden unter Ziffer 6 Flächen mit sehr hoher Ertragsfähigkeit (regional bewertet entsprechend dem Landwirtschafts- und Umweltatlas des MELUND) gelistet. Unter 6.2.2 wird hierzu folgender Hinweis gegeben: *„In der Abwägung kann durch die Planung von Agro-Photovoltaik-Anlagen, die die nachteiligen Auswirkungen auf die hohe Ertragsfähigkeit der Böden minimieren, ein Standort als geeignet eingestuft werden. Die Verbindlichkeit der Einrichtung von Agro-Photovoltaik-Anlagen ist im Rahmen der Bauleitplanung festzusetzen.“* Für die Flächen 8 und 9 in der Nähe der Ortschaft Bujendorf befinden sich entsprechend der im informellen Rahmenkonzept der Gemeinde Süsel verzeichneten Karten Bereiche aller Kategorien. Neben Abstandsregelungen zu Siedlungen etc. sind hierfür offensichtlich einerseits Belange des Denkmalschutzes, andererseits aber auch die Einstufung weiter Teile dieser Flächen in die Kategorien „*sehr hohe (regionale) Ertragsfähigkeit*“ ursächlich. Mit dieser Stellungnahme soll ausschließlich die Einstufung in letztgenannter Kategorie fachlich bewertet werden. Bereits an dieser Stelle ist darauf hinzuweisen, dass eine Diskrepanz zwischen dem im informellen Rahmenkonzept als Fläche mit sehr hoher Ertragsfähigkeit (regional) ausgewiesenen und dem im Landwirtschafts- und Umweltatlas des MELUND angegebenen Bereich besteht. Zudem muss angemerkt werden, dass im Erlass vom 21. September 2021 von einer sehr hohen Ertragsfähigkeit die Rede ist, während im Kriterienkatalog des Kreises Ostholstein eine Eingrenzung auf die regionale Ertragsfähigkeit vorgenommen wird. Landesweit sind die betroffenen Flächen entsprechend des Landwirtschafts- und Umweltatlases des MELUND lediglich als mittel bis hoch ertragsfähig eingestuft.

Grundlage für die Einstufung der Ertragsfähigkeit sind die sogenannten Acker- bzw. Grünlandpunkte in Verbindung mit anderen Parametern (u.a. Bodenart). Für diesen Bereich Schleswig-Holsteins liegen Bodentypenkarten

im Maßstab 1:25.000 vor. Allerdings ist auch in diesem Maßstab eine kleinräumige Bewertung der Ertragsfähigkeit, die allerdings für eine Genehmigung von Solar-Freilandanlagen notwendig wäre, nur begrenzt möglich. Ziel der nachfolgenden Ausführungen ist es deshalb:

- Die örtlichen Standortverhältnisse möglichst detailliert zu beschreiben.
- Die Auswirkungen des Baus einer Solar-Freilandanlage auf die standörtliche Ertragsfähigkeit abzuleiten.
- Empfehlungen hinsichtlich der Abwägung der „hohen Ertragsfähigkeit“ im Genehmigungsverfahren zu formulieren.
- Abschließend werden Vorschläge für eine Begleitforschung, die die tatsächlichen Auswirkungen identifizieren soll, gemacht.

Bodenkundliche Beschreibung und Ertragsfähigkeit der Flächen in Bujendorf:

Die Gemeinde Süsel befindet sich im Naturraum des so genannten östlichen Hügellandes Schleswig-Holsteins. Hier haben sich die Böden aus den Sedimenten der jüngsten Eiszeit (Weichseleiszeit) entwickelt. Als Ausgangsstein sind also Geschiebemergel, -lehme und -sande in verschiedenen Zusammensetzungen vorzufinden. Das Relief der Jungmoränenlandschaft ist durch End-, Stauch- und Grundmoränen, die den kupierten Charakter erklären, geprägt. Unter den vorherrschenden Klimaverhältnissen mit durchschnittlich 800 – 850 mm Niederschlag im Jahr haben sich unterschiedliche Bodentypen, die auf engstem Raum variieren, entwickelt. In den Bodengesellschaften finden sich häufig als Leitbodentypen Parabraunerden und Pseudogleye in den verschiedensten Ausprägungen und Übergängen. Durch die ackerbauliche Nutzung dieser fruchtbaren Böden ist es vielerorts in den Hanglagen zu Erosionsprozessen gekommen, die zu gekappten Profilen an der Hangschulter (u.a. Pararendzinen) und mit diesem Bodenmaterial angereicherten Böden, so genannten Kolluvisolten am Unterhang geführt haben. In den Senken, die oft durch Beckentone oder hohe Grundwasserstände geprägt sind, haben sich durch intensive Akkumulation organischer Substanz und redoximorphe Prozesse Gleye und Niedermoore in den unterschiedlichsten Übergangsformen entwickelt. Im östlichen Hügelland wurden im Mittel 2011 – 2016 ca. 82 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche ackerbaulich und ca. 18 % als Grünlandstandort genutzt (Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein (2018)).

Das für die Errichtung von Solar-Freilandanlagen vorgesehene Gebiet hat einen Flächenumfang von ca. 107 ha, die sich in 6 Teilflächen gliedern lassen. Die örtlichen Gegebenheiten sind in Abbildung 1 im Überblick dargestellt.



Abb. 1: Überblick über das für die Solar-Freiland-Anlage vorgesehene Gebiet mit Foto-Standorten (Quelle: Google-Maps, 3.03.2022, verändert).

Die folgenden Abbildungen 2 bis 5 verdeutlichen die stark variierenden Standorteigenschaften des Gebietes: wechselnde Höhenlagen verbunden mit kleinräumig differierenden Bodeneigenschaften und Wasserregimen.



Abb. 2: Blick von Standort 1.



Abb. 3: Blick von Standort 2.



Abb. 4: Blick von Standort 3.



Abb. 5: Blick von Standort 4.

Im Folgenden werden die Standorteigenschaften des für die Solar-Freiland-Anlage vorgesehenen Gebietes in Bujendorf auf Grundlage des im Landwirtschafts- und Umweltatlas für Schleswig-Holstein (LLUR, 2022) verfügbaren Kartenmaterials und einer ergänzenden Einschätzung durch einen Vor-Ort-Termin am 2. März 2022 beschrieben.

a) Bodeneigenschaften:

Die Bodeneigenschaften weisen kleinräumig eine hohe Variabilität auf. Auf Grundlage der Bodentypenkarte im Maßstab 1:25.000 (LLUR, 2022) lassen sich folgende Leitbodentypen im Gebiet identifizieren: Parabraunerde, Pseudogley-Parabraunerde, Pseudogley-Braunerde und Niedermoor (vgl. Abb. 6). Die Bodenarten variieren stark: von schwereren sandigen Lehmen (Ls), über mittlere lehmige Sande (Sl) bis zu leichten fast reinen Sanden (Ss) ist eine große Bandbreite der für diesen Naturraum typischen Bodenarten vertreten.

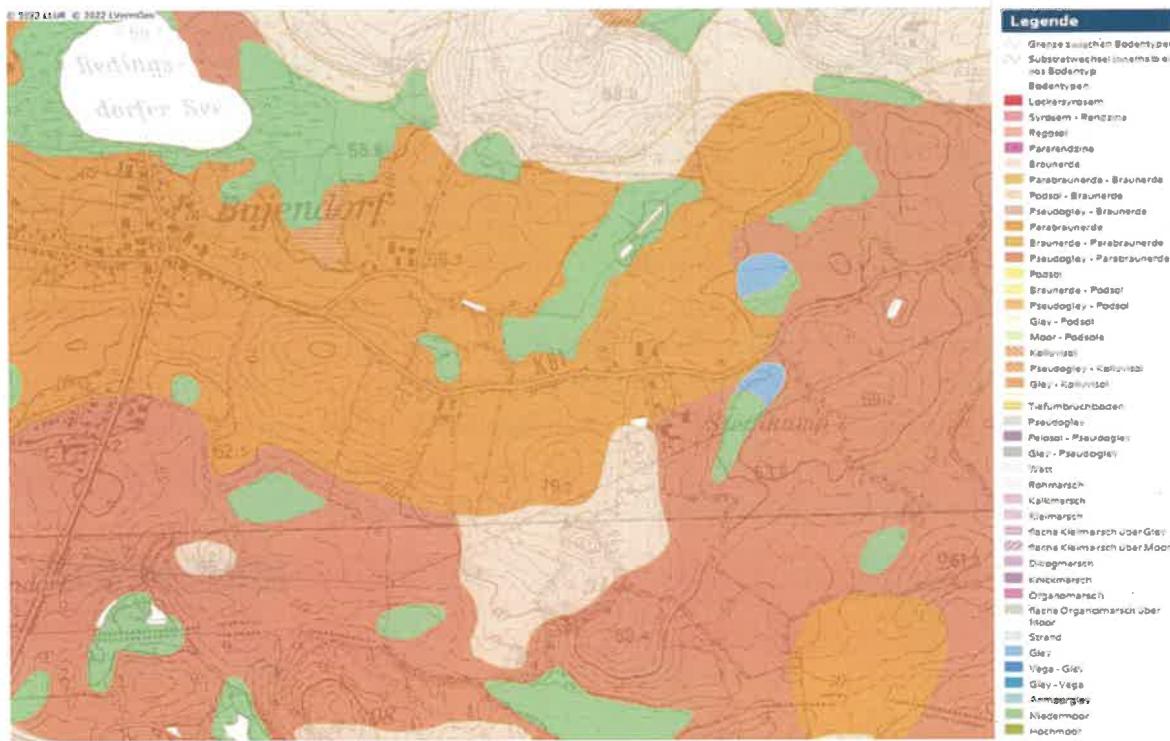


Abb. 6: Bodentypen (Maßstab 1:25.000) im Raum Bujendorf (LLUR, 2022).

Eine grobe Bohrstocksondierung bis 1 Meter Tiefe hat ergeben, dass die humosen Oberbodenhorizonte (Ah) zwischen ca. 25 cm auf den Kuppen und ca. 50 - 60 cm in den Senken variieren. Dies deutet auf einen für Ackerstandorte im östlichen Hügelland typischen, oft durch (Wasser-)Erosion ausgelösten Bodenentwicklungsprozess hin: Kolluvienbildung. Hierbei wird oft humoses Bodenmaterial von der Hangschulter in die Senken transportiert, wo es akkumuliert und so den hier deutlich mächtigeren Ah-Horizont erklärt. Burbaum et al. (2016) haben diesen Prozess anhand von Untersuchungen in der Nähe von Lütjenburg unter vergleichbaren Standortverhältnissen beschrieben. Abbildung 7 zeigt schematisch den Prozess der Kolluvienbildung.

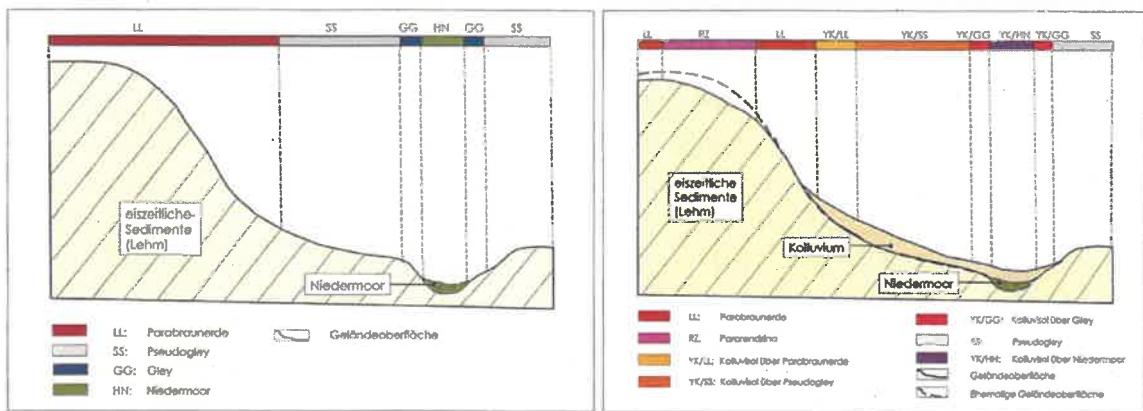


Abb. 7: Schematische Darstellung der Kolluvienbildung im östlichen Hügelland. Links: Ausgangssituation, rechts: Kolluvienbildung durch Bodenerosion (Burbaum et al., 2016).

Dieser Prozess wird durch jährlich/regelmäßig durchgeführte, krumentiefe Bearbeitungsmaßnahmen (u.a. mit dem Pflug) sowie dem Vorhandensein von Stauwasser unterstützt bzw. beschleunigt. Im östlichen Hügelland ist die Bildung von Stauwasser überwiegend auf geogene (u.a. Gletschertätigkeit) und pedogene (u.a. Tonverlagerung) Prozesse zurückzuführen. Aber auch anthropogene Beeinflussungen (u.a. Bodenschadverdichtungen durch schwere landwirtschaftliche Maschinen) haben vielerorts die Stauwasserbildung besonders im Bereich der Vorgewende und damit direkt gekoppelt, das Erosionspotenzial erhöht. Dies wird durch die Einschätzungen zur Erosionsgefährdung im Untersuchungsgebiet durch das LLUR (2022) bestätigt (Abb. 8). Nach dieser Einschätzung wird die Gefährdung durch Wassererosion in weiten Bereichen der Fläche 1 als hoch eingeschätzt. Für die Fläche 2 wird die Wassererosionsgefährdung als Mittel eingeschätzt.

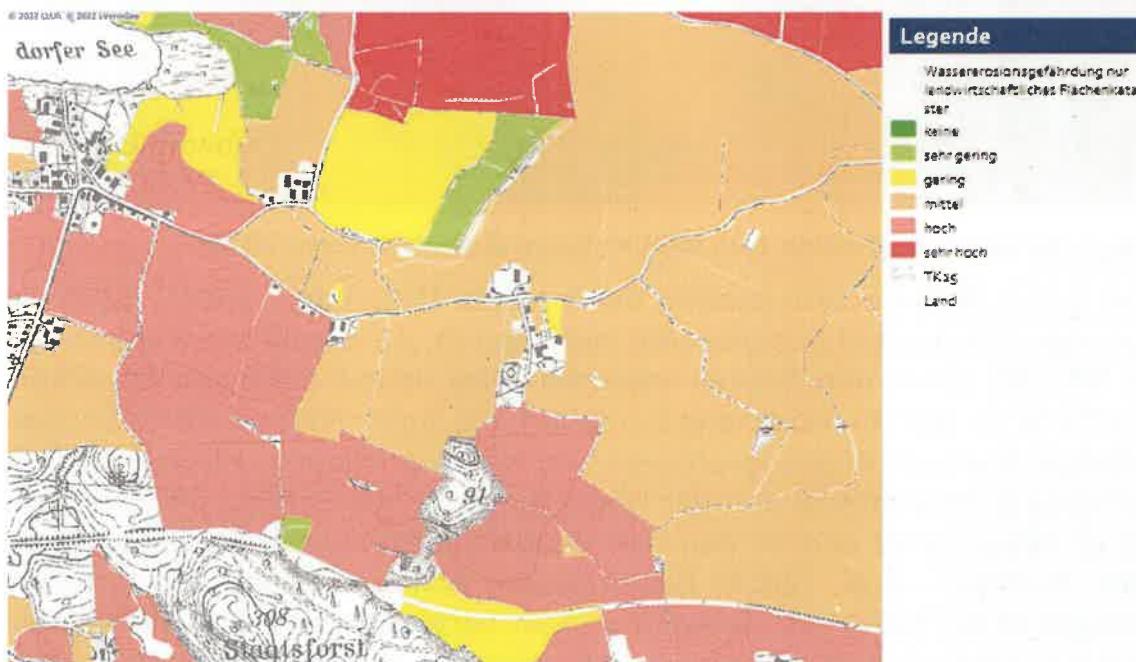


Abb. 8: Einschätzung der Erosionsgefährdung im Raum Bujendorf (LLUR, 2022).

Untersuchungen von Fleige et al. (1999) haben gezeigt, dass unter den Standortverhältnissen des östlichen Hügellandes in Schleswig-Holstein bei einem einzigen Starkregenereignis (28,7 mm/h; 35,4 mm insgesamt) bis zu 39 t/ha Bodenmaterial abgetragen werden kann. Über zwei Vegetationsperioden hinweg ermittelten Horn und Fleige (1999) sowie Fleige und Horn (2000) in Abhängigkeit von der Hangneigung in Fahrspuren jährliche Bodenabträge zwischen 5,4 und 16,1 t/ha. Ein Vergleich dieser Ergebnisse mit den Toleranzwerten für Jungmoränenstandorte entsprechend der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung (ABAG) von ca. 6,5 t/ha hebt die Bedeutung von Wassererosionsprozessen und den damit verbundenen externen Effekten (Onsite- und Offsite-Schäden) hervor. Neben dem Verlagerungsprozess von Bodenmaterial innerhalb einer Fläche ist im Kontext der umweltrele-

vanten externen Effekte besonders die Eutrophierungsgefahr von Oberflächengewässern durch u.a. Phosphor zu erwähnen (Holsten et al., 2016). Nach Untersuchungen von Tetzlaff (2020) sind im östlichen Hügelland Schleswig-Holsteins besonders diese Prozesse für den Eintrag von Phosphor, das stark an Bodenpartikel gebunden ist, in Oberflächengewässer verantwortlich, wie Abbildung 9 belegt.

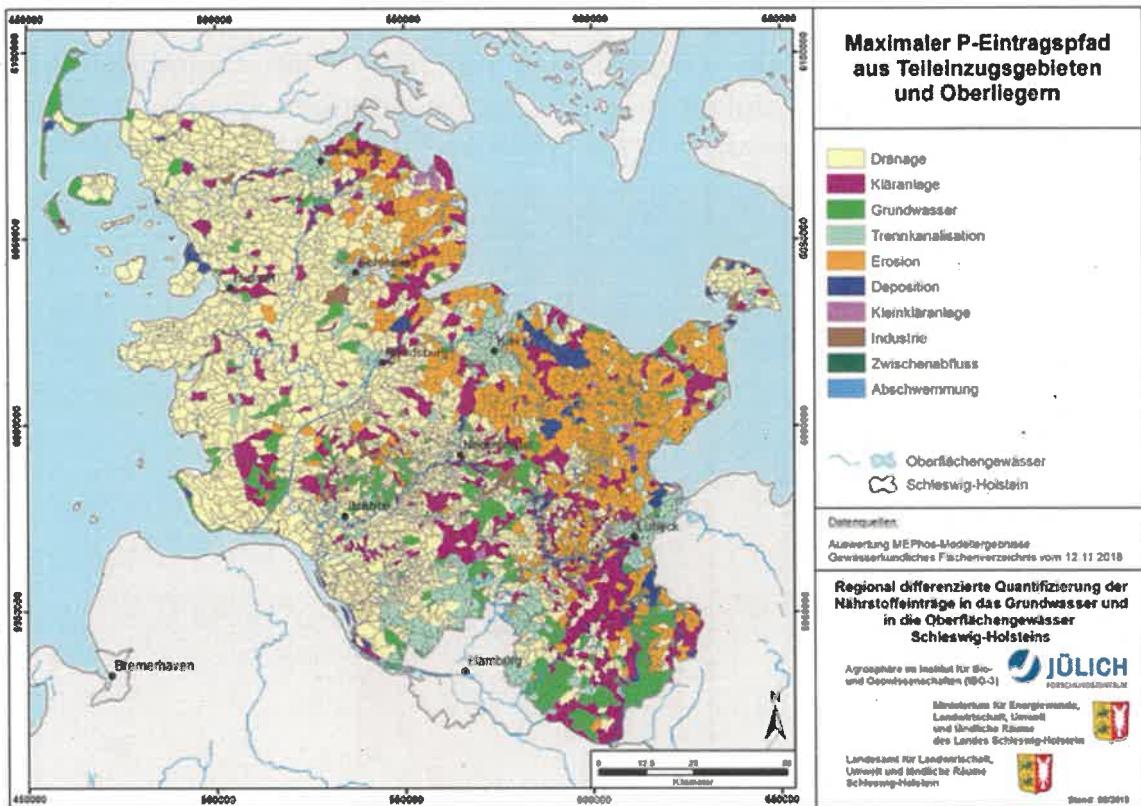


Abb. 9: Eintragspfad von Phosphor in Oberflächengewässer mit der jeweils größten Bedeutung auf Gemeindeebene (Tetzlaff, 2020).

b) Ertragsfähigkeit

Die Ertragsfähigkeit des Bodens ist eine Funktion der chemischen, biologischen und physikalischen Eigenschaften des Bodens, die auch als Bodenfruchtbarkeit bezeichnet wird. Für die Fruchtbarkeit landwirtschaftlich genutzter Böden sind die Nährstoffverfügbarkeit und –speichervermögen, der pH-Wert, der Humusgehalt, die biologische Aktivität und die Ausgestaltung des Porensystems entscheidende Parameter. Als Inbegriff eines fruchtbaren Bodens gilt ein humoser, gut strukturierter (Krümelstruktur), von Wurzeln und Regenwürmern bis in größere Tiefen durchzogener Boden mit typischem Erdgeruch. Im Hinblick auf die Ertragsfähigkeit eines Standortes ist grundsätzlich zwischen natürlicher und bewirtschaftungsbedingter Ertragsfähigkeit zu unterscheiden: Die natürliche Ertragsfähigkeit ergibt sich aus den geogen und pedogen bedingten Bodeneigenschaften in Verbindung mit dem örtlichen Klima. Durch zahlreiche Bewirtschaftungsmaßnahmen, wie

u.a. Fruchfolge-, Düngungs- und Bearbeitungsmaßnahmen, ergibt sich die aktuell vorliegende Ertragsfähigkeit eines Standortes.

Im Landwirtschafts- und Umweltatlas Schleswig-Holsteins (LLUR, 2022) wird Kartenmaterial zur Ertragsfähigkeit auf Basis der Boden- und Grünlandgrundzahlen zur Verfügung gestellt. Hierbei ist besonders die Bodenart maßgeblich für die Bewertung, aber auch die Zustandsstufen (Entwicklungs-/Alterungsstufen) werden in die Bewertung einbezogen. Neben einer landesweiten Klassifikation ist auch eine regionale (naturraumbezogene) Bewertung der Ertragsfähigkeit möglich. Die Abbildungen 10 und 11 zeigen die landesweite und regionale Ertragsfähigkeit für den Raum Bujendorf.



Abb. 10: Landesweite Ertragsfähigkeit Raum Bujendorf (LLUR, 2022).

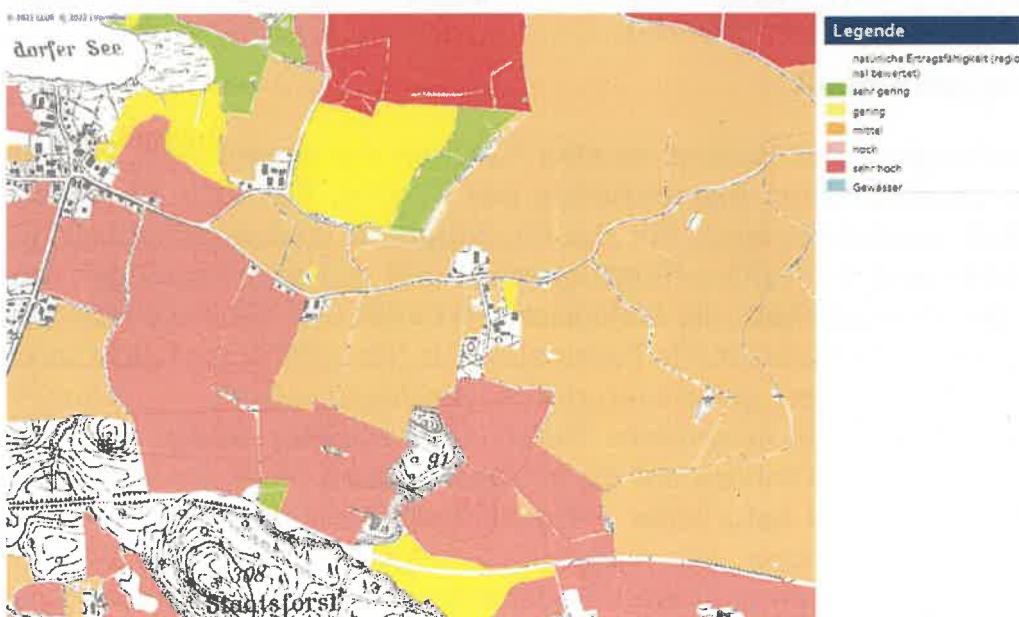


Abb. 11: Regionale Ertragsfähigkeit Raum Bujendorf (LLUR, 2022).

Die landesweite Ertragsfähigkeit wird also als „mittel“ eingestuft, während die regionale Ertragsfähigkeit, auf der für die Solar-Freiland-anlage vorgesehenen Fläche 1, teilweise sogar als „hoch“ eingeschätzt wird. Eine regionale Einstufung als „sehr hohe“ Ertragsfähigkeit liegt auf den betrachteten Flächen nicht vor.

Bei einem Abgleich der Karte, die die räumliche Vergesellschaftung der Bodentypen beinhaltet (Abb. 6), mit der in Abbildung 11 dargestellten regionalen Ertragsfähigkeit, werden einige Unstimmigkeiten aufgezeigt: Beispielsweise wird der als Niedermoor auf Fläche 1 ausgewiesene Bereich (Bohrstocksondierung am 2.03.2022 ergab eine Torfmächtigkeit von mindestens 1 m) als Hochertragsstandort eingestuft. Dies widerspricht der einschlägigen Literatur (u.a. Amelung et al., 2020) sowie Fachmeinung und zeigt die Schwächen der Vorgehensweise im informellen Rahmenkonzept für Solar-Freiflächenanlagen in der Gemeinde Süsel vom 10.01.2022 auf. Auch wird in der Kategorisierung der regionalen Ertragsfähigkeit nicht zwischen Bereichen die nicht stauwasserbeeinflusst sind (Leitboden: Parabraunerde) und solchen, die redoximorphe Merkmale (= Stauwassereinfluss) aufweisen, unterschieden. Gerade der Stauwassereinfluss hat einen erheblichen Einfluss auf die Ertragsfähigkeit des Standortes.

Die hier betrachteten Flächen werden nach Aussage von Boßmann (2022) hauptsächlich durch die Fruchtfolge Winterraps – Winterweizen – Wintergerste genutzt. Ergänzt wird diese Fruchtfolge in einigen Jahren durch Silo Mais und Zuckerrüben. Das Ertragsniveau beläuft sich bei Winterweizen im Mittel der letzten 5 Jahre nach Aussagen von Boßmann (2022) auf ca. 85 – 88 dt/ha. Die Erhebungen des Statistikamtes Nord (2017 – 2021) im Rahmen der Besonderen Ernteermittlung (BEE) weisen für den gleichen Zeitraum im östlichen Hügelland einen Weizenertrag von im Mittel 89 dt/ha aus. Dieser Vergleich unterstreicht, dass es sich bei den betrachteten Flächen um keine Hochertragsstandorte handelt, sondern auch naturräumlich betrachtet um Standorte mittlerer Bodenqualität mit kleinräumig variierenden Eigenschaften.

Mögliche Auswirkungen von Solar-Freiland-anlagen auf die Standorteigenschaften:

a) Auswirkungen:

Über die Auswirkungen der Errichtung von Solar-Freiland-anlagen auf die Standorteigenschaften liegen kaum Untersuchungen vor. Dies gilt insbesondere für die Beeinflussung der Bodeneigenschaften und der örtlichen Ertragsfähigkeit. Lediglich auf Länderebene sind von den zuständigen Ministerien bzw. Landesdienststellen Handreichungen bzw. Leitfäden für die Aufstellung von Solar-Freiland-anlagen herausgegeben worden:

- Bayrisches Landesamt für Umwelt (LfU) (2014): Praxisleitfaden für die ökologische Gestaltung von Photovoltaik-Freilandanlagen.
- Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (MUKE-BW) (2019): Freiflächen solaranlagen – Handleitfaden.
- Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz (MUEBK-NI) (2020): Integration von Solarenergie in die niedersächsische Energielandschaft (INSIDE).

Auch von Umwelt- und Naturschutzverbänden (u.a. WWF, NABU, BUND) sind verschiedene Handreichungen und Stellungnahmen in Bezug auf die Auswirkungen von Freiflächen solaranlagen auf verschiedene Standort- und Ökosystemeigenschaften veröffentlicht worden.

In den folgenden Ausführungen werden mögliche Auswirkungen des Baus und des Betriebes von Solarfreiflächenanlagen auf Bodeneigenschaften und die Ertragsfähigkeit aus vorhandenen, in der Literatur ausreichend dokumentierten Sachverhalten abgeleitet. Hierbei werden auch die genannten Handreichungen und Empfehlungen miteinbezogen.

- Mit der Aufstellung von Solar-Freilandanlagen kann auf der Fläche, die mit Solar-Paneele bestückt wird, in der Regel keine Bodenbearbeitung im landwirtschaftlichen Sinne stattfinden. Die damit eintretende Bodenruhe induziert kontinuierliche Strukturierungsprozesse: u.a. Quellung und Schrumpfung, Frost- und Tauzyklen und die Aktivität der Bodenflora und -fauna führen zu einem sich immer weiter differenzierenden, funktionalen Porensystem, so dass Infiltrationsprozesse beschleunigt werden. Dieser Sachverhalt wird durch zahlreiche Untersuchungen (u.a. Tebrügge und Düring (1999), Jensen et al. (2020)) zu den Auswirkungen von konservierender Bodenbearbeitung bzw. Direktsaat auf die Bodenstruktur gestützt.
- Das Risiko von Bodenschadverdichtungen, die im Zuge der Befahrung mit schweren landwirtschaftlichen Maschinen ausgelöst werden können, wird mit der Errichtung von Solar-Freiflächenanlagen minimiert. Dies gilt besonders für die Ernte von Silomais und Zuckerrüben (u.a. Duttmann et al. (2013)), die häufig unter Verhältnissen hoher Bodenfeuchte und damit steigendem Risiko durchgeführt werden. Lediglich in der Bauphase können zusätzliche mechanische Beanspruchungen des Bodens durch Baufahrzeuge auftreten, die aber durch vorbeugende Maßnahmen (u.a. Nutzung von Stahlplatten, Berücksichtigung des Bodenwassergehaltes) vermeidbar sind. Hierzu sind die Empfehlungen des Leitfadens Bodenschutz auf Linienbaustellen (LLUR, 2020) zu berücksichtigen.

- Durch den Bau von Solar-Freiflächenanlagen ist in der Regel ein ganzjähriger Pflanzenbewuchs bzw. eine Bodenbedeckung gewährleistet. Gerade in der Sickerwasserperiode im Herbst, Winter und Frühjahr verhindert ein etablierter Pflanzenbestand, dessen Wurzeln tief im Boden verankert sind, die Erosionsneigung (u.a. Auerswald, 1998). Außerdem ist zu vermuten, dass mit einer kontinuierlich vorhandenen Vegetationsdecke und gleichzeitig begrenzten Abfuhr von organischer Substanz der Humusgehalt (u.a. Poeplau et al. (2011)) stabilisiert oder sogar erhöht werden kann. Im Hinblick auf die genannten Aspekte ist eine gezielte Etablierung und Bewirtschaftung einer geeigneten Grünland-/Blühmischung zu empfehlen, die eine extensive Nutzung (u.U. nur durch Mulchverfahren) zulässt.
- Da auf der Fläche mit der Errichtung der Solarfreiland-anlage keine gezielte Biomasseerzeugung beabsichtigt wird, entfällt der Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln. Somit kann es zu keiner Beeinträchtigung der Flora und Fauna sowie von Grund- und Oberflächengewässern kommen.
- Die Solaranlagen führen zu einer Beschattung von Teilflächen, so dass durch die verringerte Einstrahlung weniger Biomasse je Flächeneinheit erzeugt wird, der Temperaturhaushalt des Bodens modifiziert wird und der Bodenwasserhaushalt kleinräumig variiert. Hinsichtlich dieser Aspekte liegen unter den Standortverhältnissen Norddeutschlands keine Untersuchungen vor. Das MUEBK-NI (2020) kommt jedoch zu dem Schluss, dass besonders im Oberboden kleinräumige Unterschiede hinsichtlich der Temperatur und des Wasserhaushaltes (durch Beschattung sowie Ablaufen des Wassers von den Modulen) zu finden sind, diese sich aber im Unterboden ausgleichen.
- Weitere Beeinträchtigungen des Bodens und der Ertragsfähigkeit des Standortes sind durch bauliche Eingriffe zu erwarten: Die Verankerung der Trägersysteme im Boden kann zu einer Beeinträchtigung führen. Dies gilt besonders, wenn Betonfundamente notwendig sind. Zudem kann es durch die Verlegung von Erdkabeln und die Anlage von Stellflächen für Transformatoren zu einem Eingriff in den Boden bzw. Versiegelung kommen. Mit der Reinigung der Solarmodule können Tenside und Schadstoffe in den Boden eingebracht werden.

b) Bewertung:

In der Gesamtschau der genannten Aspekte ist abzuleiten, dass die Ertragsfähigkeit der für die Solarfreiland-anlage vorgesehenen Flächen am Standort Bujendorf durch den Bau und den Betrieb der Anlage nur für einen kleinen Teilbereich u.U. beeinträchtigt wird. Durch natürliche Strukturierungsprozesse, die eine Infiltration von Niederschlagswasser beschleunigen, wird das

Erosionspotenzial auf den teilweise stark geneigten Teilflächen deutlich vermindert.



Abb. 12: Deutlich erkennbare Erosionsprozesse auf den für die Solar-Freilandanzlage vorgesehenen Fläche in Bujendorf am 02.03.2022.

Weiterhin führt die nach der Errichtung vorgesehene gezielte Begrünung zu einer weiteren Stabilisierung der Bodenstruktur. Es ist anzunehmen, dass sich auch positive Effekte hinsichtlich des Humusgehaltes auf weiten Teilen der Flächen einstellen. Diese Effekte sind auch dann zu erwarten, wenn es zu einer teilweisen Beschattung durch die Solar Paneelen kommt, da die kleinräumig auftretende Variabilität im Wasser- und Temperaturhaushalt sich nach bisherigem Kenntnisstand lediglich auf den Oberboden bezieht. Diese Teilespekte der Gesamtbewertung deuten also auf einen Erhalt, in Teilen sogar auf eine langfristige Verbesserung der Ertragsfähigkeit hin.

Die Flächen weisen eine enorme Heterogenität der Standort- bzw. Bodeneigenschaften auf. Auf engstem Raum liegen stark variierende Bodeneigenschaften vor: Auf den Kuppen ist es durch die ackerbauliche Nutzung zu einem Abtrag von fruchtbarem Bodenmaterial gekommen, in den Senken teilweise zu einer Akkumulation dieses Materials. Dieser Prozess würde durch eine gezielte Begrünung weitestgehend gestoppt werden. Zudem befinden sich in den Senken Niedermoore, die bei einer Fortführung der ackerbaulichen Nutzung weiter degradieren. Mit der jährlich erfolgenden Bodenbearbeitung bei gleichzeitiger Absenkung des Grundwasserspiegels wird der biologische Abbau des Torfkörpers beschleunigt und dabei zum einen verstärkt Treibhausgase freigesetzt (Poyda et al. (2016), zum anderen die Vermüllung des Niedermoors beschleunigt (Succow und Jeschke (1990). Demnach ist auch unter Berücksichtigung dieser Teilespekte nicht von einer Gefährdung der Ertragsfähigkeit des Standortes auszugehen. Vielmehr würden externe Effekte der bisherigen ackerbaulichen Nutzung (u.a. THG-Emission, Gewässerschutz) vermieden.

Lediglich die Verankerung der Trägersysteme, hierfür sind keine Betonfundamente vorgesehen (U-Profile werden in den Boden gerammt) und das Aufstellen von Transformatoren (maximal 30 m² alle 5 – 7 ha) bedeuten

einen erheblichen Eingriff. Allerdings betrifft dies nur einen sehr geringen Flächenanteil: unter Berücksichtigung der Gesamtfläche von insgesamt 107 ha ist dieser Anteil mit weit unter 5 %, also unter 5 ha, einzuschätzen.

Empfehlung für die Solar-Freiland-anlage am Standort Bujendorf:

Grundsätzlich ist abzuleiten, dass die Ertragsfähigkeit der für die Solar-Freiland-anlage in Bujendorf vorgesehenen Flächen nur im geringen Umfang kleinräumig beeinträchtigt werden (Verankerung im Boden). Auf der anderen Seite ist zu vermuten, dass auf dem weitaus größten Teil der Fläche (> 95 %) die Ertragsfähigkeit hingegen erhalten oder sogar verbessert wird. Zudem ist davon auszugehen, dass die Beeinträchtigung anderer Schutzgüter (u.a. Gewässer) verringert wird. Insgesamt ist aus bodenkundlich/pflanzenbaulicher Sicht nach bisherigen Erkenntnissen nicht von einer erheblichen Verschlechterung der Ertragsfähigkeit der Flächen auszugehen. Um baubedingte Beeinträchtigungen des Bodens zu vermeiden, wird empfohlen den Leitfaden Bodenschutz auf Linienbaustellen (LLUR, 2020) anzuwenden. Für weitere Kenntnisse und zur Verifizierung der dargestellten Schlussfolgerungen ist eine wissenschaftliche Begleitung des Baus und des Betriebes der Solar-Freiland-anlage am Standort Bujendorf erforderlich. Dies würde die Akzeptanz der Anlage in der Gemeinde erhöhen und wertvolle Erkenntnisse für zukünftige Genehmigungsverfahren erbringen.

Wissenschaftliche Begleitforschung:

Da die Auswirkungen des Baus und des Betriebs von Solar-Freiland-anlagen auf die örtlichen Bodeneigenschaften und die Ertragsfähigkeit bisher nur unzureichend untersucht wurden, ist eine wissenschaftliche Begleitforschung zu empfehlen. Dies sollte grundsätzlich in einem zweistufigen Verfahren erfolgen: Zunächst sind bodenkundliche Untersuchungen zur Erfassung der Ausgangssituation auf repräsentativen Teilflächen (3 – 5) erforderlich. In einem zweiten, über mindestens fünf Jahre laufenden Schritt sollten in regelmäßigen Abständen vergleichende Untersuchungen auf den repräsentativen Teilflächen unter Bedingungen mit und ohne Einfluss der Solar-Panneelen durchgeführt werden. Hierbei ist zwischen bodenkundlichen und pflanzenbaulichen Untersuchungen zu unterscheiden:

- bodenkundliche Untersuchungen:
 - Körnung
 - Humusgehalt (inkl. C/N – Verhältnis)
 - pH-Wert
 - Nährstoffgehalte (u.a. Phosphor, Magnesium, Kalium)
 - Porengrößenverteilung und gesättigte Wasserleitfähigkeit
 - biologische Aktivität (u.a. Basalatmung)

- N_{min} – Untersuchungen (nur in Verbindung mit pflanzenbaulichen Untersuchungen sinnvoll, 3 Tiefen)
- pflanzenbauliche Untersuchungen:
 - Entwicklung der Artenzusammensetzung (einmal jährlich)
 - Erfassung der Biomasse des Aufwuchses (TM- und N-Ertrag) zu mehreren Terminen in der Vegetationsperiode

Um insbesondere den Einfluss der Solar-Paneele auf den Bodenwasser- und Bodentemperaturhaushalt beurteilen zu können, sind kontinuierliche Messungen erforderlich. Hierfür ist der Einbau von TDR-Sonden (Wasser gehalt) und Temperaturfühlern in verschiedenen Tiefen auf ausgewählten Teilflächen zu empfehlen. Nur so wird es möglich sein, unter Umständen auftretende Unterschiede in den Bodeneigenschaften und der Biomasseentwicklung zwischen mit/ohne Beschattung durch Solar-Paneele erklären zu können.

Die wissenschaftliche Begleitforschung kann in verschiedenen Intensitäten erfolgen. Wichtig hierbei ist, dass die Untersuchungen über mehrere, im Minimum fünf Vegetationsperioden erfolgen, da Entwicklungen in der Bodenstruktur, dem Humusgehalt und der Erosionsneigung langfristig erfolgen und zudem stark von der Jahreswitterung beeinflusst werden. Folgende „Intensitätspakete“ sind aus wissenschaftlicher Sicht sinnvoll:

a) Bodenkundliche Grundanalytik

Bodenkundliche Aufnahme vor Baubeginn der Solar-Freiland anlage mit den oben genannten Parametern auf 3 bis 5 Teilflächen. Nach der Inbetrieb nahme der Solar-Freiland anlage jährlich einmalige bodenkundliche Unter suchung der 3 bis 5 Teilflächen, jeweils mit/ohne Einfluss von Solar-Panee len, über einen Zeitraum von fünf Jahren.

b) Bodenkundliche und pflanzenbauliche Grundanalytik

Bodenkundliche Untersuchungen wie a) zusätzlich an ca. 5 – 7 Terminen im Jahr (über fünf Jahre) Entnahme von Biomasse Proben auf den gleichen Teilflächen, die bodenkundlich untersucht werden. Zu gleichen Zeitpunkt könnten N_{min} Proben entnommen werden, um eine Einschätzung der Mineralisationsprozesse vornehmen zu können. Außerdem wird jedes Jahr zu einem Termin die Artenzusammensetzung des Pflanzenbestandes auf den untersuchten Teilflächen bestimmt.

c) Bodenkundliche und pflanzenbauliche Grundanalytik mit Sensorik

Bodenkundliche und pflanzenbauliche Untersuchungen wie b) zusätzliche Installierung von Sonden zur kontinuierlichen Erfassung des Bodenwasser- und Bodentemperaturhaushaltes in mindestens drei Tiefen auf mindestens drei ausgewählten Teilflächen.

Quellennachweis:

- Amelung, W., Blume, H.P., Fleige, H., Horn, R., Kandeler, E., Kögel-Knabner, I., Kretzschmar, R., Stahr, K., Wilke, B.M. (2018): Scheffer/Schachtschabel - Lehrbuch der Bodenkunde; 17. Auflage, Springer-Spektrum.
- Auerswald, K. (1998): Bodenerosion durch Wasser; in: Richter, G. (Hrsg.) (1998): Bodenerosion – Analyse und Bilanz eines Umweltproblems; Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt.
- Boßmann, H. (2022): Persönliche Mitteilung am 2.03.2022.
- Bayrisches Landesamt für Umwelt (LfU) (2014): Praxisleitfaden für die ökologische Gestaltung von Photovoltaik-Freilandanlagen.
- Duttmann, R., Brunotte, J., Bach, M. (2013): Evaluierung der schlaginternen Bodenbelastung durch Befahrung und Ableitung von Optimierungshilfen für den Praktiker; Landbauforsch, Appl. Agric. Forestry Res., 2 (63), S. 171-190.
- Fleige, H., Horn, R., Wetzel, H. (1999): Onsite- und Offsite-Schäden in der Knick-landschaft Ostholsteins am Beispiel eines typischen Erosionsereignisses. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, 91/III, 1201-1204.
- Gemeinsamen Beratungserlass des Ministeriums für Inneres, ländliche Räume, Integration und Gleichstellung und des Ministeriums für Energie, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung vom 1. September 2021 „Grundsätze zur Planung von großflächigen Solar-Freiflächenanlagen im Außenbereich“; Amtsblatt für Schleswig-Holstein Ausgabe Nr. 6 vom 7. Februar 2022.
- Holsten, B., Pfannerstill, M., Trepel, M. (2016): Phosphor in der Landschaft – Management eines begrenzt verfügbaren Nährstoffes; CAU Kiel, 52 S.
- Horn, R., Fleige, H. (1999): Bewertung der Bodenerosion in Fahrspuren nach der Toleranzgrenze der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, 91/III, 1229-1232.
- Jensen, J.L., Schjønning, P., Watts, C.W., Christensen, B.T., Munkholm, L.J. (2020): Short-term changes in soil pore size distribution: Impact of land use; Soil & Tillage Research, 199, 104597.
- Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (2020): Leitfaden Bodenschutz auf Linienbaustellen.
- Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (2022): Landwirtschafts- und Umweltatlas; <http://www.umweltdaten.landsh.de/atlas/>.

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (MUKE-BW) (2019): Freiflächensolaranlagen – Handlungsleitfaden.

Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz (MUEBK-NI) (2020): Integration von Solarenergie in die niedersächsische Energielandschaft (INSIDE).

Poeplau, C., Don, A., Vesterdal, L., Leifeld, J., Van Wesemael, B., Schumacher, J., and Gensior, A. (2011): Temporal dynamics of soil organic carbon after land-use change in the temperate zone – carbon response functions as a model approach, *Glob. Change Biol.*, 17, 2415–2427.

Poyda, A., Reinsch, T., Kluß, C., Loges, R., Taube, F. (2016): Greenhouse gas emissions from fen soils used for forage production in northern Germany; *Biogeosciences*, 13, 5221–5244.

Statistikamt Nord (2017 - 2021): Erträge Winterweizen; www.statistikamt-nord.de.

Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein (2018): Bodennutzung und Ernte in Schleswig-Holstein 2017; Statistischer Bericht C I / C II - j 17 SH.

Succow, M., Jeschke, L. (1990): Moore in der Landschaft – Entstehung, Haushalt, Lebewelt, Verbreitung, Nutzung und Erhaltung der Moore; Urania-Verlag Leipzig, Jena, Berlin.

Teebrügge, F., Düring, R.A. (1999): Reducing tillage intensity – a review of results from long-term study in Germany; *Soil & Tillage Research*, 53, 15 – 28.

Tetzlaff, B. (2020): Räumlich differenzierte Quantifizierung der P-Belastung in den Oberflächengewässern Schleswig-Holsteins aus diffusen und punktuellen Quellen; Ergebnisse aus Forschungsarbeiten für MELUND und LLUR 2011 – 2019; Vortrag im MELUND 12.02.2020.