



Ausschussdrucksache 21(16)107-I

(23.03.2026)

Stellungnahme

Verband der Deutschen Biokraftstoffindustrie

Öffentliche Anhörung

zum

Gesetzentwurf der Bundesregierung

**Entwurf eines Zweiten Gesetzes zur Weiterentwicklung der
Treibhausgasminderungs-Quote (THG-Quote)**

BT-Drucksache 21/4083

am 4. März 2026

Dem Ausschuss ist das vorliegende Dokument in nicht barrierefreier Form zugeleitet worden.



Stellungnahme

Verband der Deutschen Biokraftstoffindustrie e.V.

04.03.26

**Öffentliche Anhörung zum Gesetzentwurf der Bundesregierung
Entwurf eines Zweiten Gesetzes zur Weiterentwicklung der Treibhausgasmin-
derungs-Quote (THG-Quote)**

Tel. +49 (0)30 – 72 62 59 11
Fax +49 (0)30 – 72 62 59 19
info@biokraftstoffverband.de

Am Weidendamm 1A
10117 Berlin

Präsident
Stefan Schreiber

Geschäftsführer
Elmar Baumann

1. VDB als Vertreter der Biodieselproduzenten in Deutschland

Der Verband der Deutschen Biokraftstoffindustrie e.V. (VDB) vertritt die Interessen von 17 Biokraftstoffproduzenten in Deutschland, die über eine Produktionskapazität von 2,9 Mio. t Biodiesel und 900 GWh Biomethan verfügen.

Der Verband ist unter der Nummer R000053 im Lobbyregister aufgeführt.

2. Bewertung des Regierungsentwurfs

Die THG-Quote ist bis auf Weiteres das wirksamste Instrument, um die CO₂-Emissionen der Antriebsenergie im Straßenverkehr zu reduzieren. Biokraftstoffe sind bisher und bleiben bis 2030 der mit Abstand größte Beitrag zur THG-Quote.

Seit drei Jahren werden falsch deklarierte, angeblich fortschrittliche Biokraftstoffe auf die Quoten angerechnet. Die erste Grafik der Tischvorlage zeigt den Verlauf des Quotenpreises: Der THG-Quotenpreis ist seit Anfang 2023 abgestürzt, weil die IX A-Unterquote durch zweifelhafte Importe drastisch übererfüllt wurde - zuletzt um 1.000%. Die hell schraffierten Rechtecke zeigen diese Übererfüllung.

Was ist die Ursache? Einerseits übergroße Förderanreize (Doppelanrechnung fortschrittlicher Biokraftstoffe gemäß Anhang IX Teil A), andererseits unzureichende Vorgaben zu Zertifizierung und Kontrollen.

Beides will die Bundesregierung ändern, und wir bitten die Abgeordneten um Unterstützung und Verbesserung der geplanten Schritte:

Erstens: Eine Anhebung der THG-Quote für 2027 auf das Niveau von 2028, um den großen Quotenvorrat abzuschmelzen. Dieser Vorrat beträgt etwa 11-12 Mio. t CO₂. Diese Mengen kommen 2027 wieder auf den Markt und würden den Quotenpreis erneut abstürzen lassen.

www.biokraftstoffverband.de

Zweitens: Die Beibehaltung der im Regierungsentwurf vorgesehenen Abschaffung der Doppelanrechnung fortschrittlicher Biokraftstoffe, und zwar per 01.01.26. Der Markt hat dies bereits eingepreist.

Drittens: Die BLE hat am 09.02.26 informiert, dass die Zugänglichkeit für behördliche Vor-Ort-Kontrollen - Witness Audits - ab dem 19.02.26 auf Nachhaltigkeitsnachweisen vermerkt werden muss. Spätestens hiermit ist der Markt informiert, so dass Witness Audits mit Verabschiedung des Gesetzes, also noch im Jahr 2026 und nicht erst per 01.01.27, verbindlich gemacht werden können.

SPD-Berichterstatte Daniel Rinkert hat in der ersten Lesung den Anspruch formuliert, die „Klimaschutzwirkung des Gesetzes zu verbessern“. Das bedeutet: fossile Kraftstoffmengen reduzieren, mehr Erneuerbare einsetzen. Die BLE-Zahlen für 2024 zeigen, dass die Biokraftstoffmengen seit 2021 konstant geblieben sind, trotz steigender THG-Quote. Gleichzeitig wird etwa ein Drittel der deutschen Biodieselproduktion in anderen Mitgliedstaaten abgesetzt, weil die Nachfrage im Inland fehlt. Mehr Klimaschutz im Straßenverkehr ist also machbar, und die Abschaffung der IX A-Doppelanrechnung sorgt für mehr Nachfrage nach Erneuerbaren und mehr realen Klimaschutz.

3. Beitrag von Biokraftstoffen aus Anbaubiomasse

Der innerhalb des Caps zulässige Beitrag von Anbaubiomasse sollte ausgeschöpft werden, um Strafzahlungen für ein Verfehlen des deutschen Klimaziels zu vermeiden. Gleiches gilt für Biokraftstoffe aus Alt Speisefett und Tierfett (Anhang IX Teil B).

Die falsch deklarierten Importe aus China haben diese Biokraftstoffe verdrängt. co-HVO besitzt übrigens ein vergleichbares Betrugspotential, weil Zertifizierung und Kontrollen (Verbot der Massenbilanzierung und C14-Analytik nach der letzten Schnittstelle) bislang nicht sauber geregelt sind. Die Abgeordneten sollten die Ausweitung der anrechenbaren Rohstoffe für co-HVO daher rückgängig machen.

Anbaubiomasse für Biokraftstoffe ist gedeckelt: Innerhalb des Caps sind keine negativen Auswirkungen zu erwarten, da die Nachfrage nach Biomasse nicht steigt, sondern auf die bereits genutzten Mengen beschränkt bleibt. Das geht auf ein Non-Paper des BMU zurück.

Es geht dem VDB nicht darum, MEHR Anbaubiomasse zu nutzen, sondern die GLEICHE Menge nutzen zu dürfen, während der Energieverbrauch im Straßenverkehr zurückgeht.

Die zweite Grafik der Tischvorlage zeigt, dass die zulässige absolute Menge Anbaubiomasse beim Cap von 4,4% (energetisch) nach 2030 stark zurückgeht. Die zugrundeliegende Energiemenge im Straßenverkehr, auf die sich die Prozentzahl bezieht, ist aufgrund der zunehmenden Elektrifizierung rückläufig; sie basiert auf den Projektionen des Umweltbundesamtes.

Um die zulässigen Biokraftstoffmengen bei Anbaubiomasse und IX B auszunutzen, werden Mittel zur Betrugsvermeidung eingeführt. Außerdem bieten sich höhere Beimischungen an. Dazu sollte auch die Bestandsschutzsorte E5 aufgegeben werden, was von der Mineralölwirtschaft unterstützt wird. Reiner Biodiesel kann in Nutzfahrzeugen eingesetzt werden, zum Beispiel in der Landwirtschaft, was im Übrigen der Koalitionsvertrag vorsieht.

4. ethische Aspekte des Einsatzes anbaubiomassebasierter Biokraftstoffe / Tank UND Teller

Biokraftstoffe aus Anbaubiomasse haben erst ermöglicht, die für Länder des globalen Südens schädlichen EU-Exportsubventionen für Agrarprodukte zu beenden.

Der britische Bioethikrat, das Nuffield Council on Bioethics, hat 2011 geäußert, dass eine moralische Pflicht besteht, Biokraftstoffe einzusetzen, wenn 5 Nachhaltigkeits-Prinzipien eingehalten werden. Der VDB hält diese Bedingung für erfüllt, nicht zuletzt für Biomasse aus der EU.

Im Jahr 2022 konnte zu Beginn des Krieges kein Sonnenblumenöl aus der Ukraine importiert werden. Rapsöl, das hierzulande zur Biodieselproduktion gedacht war, hat das Sonnenblumenöl als Nahrungsmittel ersetzt. Die deutsche Biodieselproduktion ist dafür zeitweilig gesunken. Biokraftstoffe haben damit Tank UND Teller ermöglicht, da ohne die Biokraftstoffnachfrage die Rapsölmengen gar nicht vorrätig gewesen wären.

5. THG-Vermeidungskosten

Für den Autofahrer sind heute Biokraftstoffe die günstigste Option; denn Biokraftstoffe haben derzeit die geringsten THG-Vermeidungskosten.

Volkswirtschaftlich betrachtet stehen den höheren Kosten für Biokraftstoffe folgende Nutzen gegenüber: 1) eine verbesserte Resilienz bei der Kraftstoffversorgung, 2) die THG-Minderung beim Verbrenner, 3) Kuppelprodukte (Proteinfuttermittel, Glycerin, Alkohol) sowie 4) heimische Wertschöpfung von Rohstoffgewinnung (Landwirtschaft und Kreislaufwirtschaft) bis zur Biokraftstoffproduktion. Biokraftstoffe sind heute der größte Sektor der Bioökonomie.

6. Ersatz fossiler Kraftstoffe und THG-Minderung

Der Beitrag anbaubiomassebasierter Biokraftstoffe beim Ersatz fossiler Energie und bei der THG-Minderung kann bis auf Weiteres nicht ersetzt werden.

Es werden nämlich alle Optionen benötigt, um die riesigen THG-Emissionen des Straßenverkehrs zu senken.

Der Bundesverband Erneuerbare Energie (BEE) hat in seinem Papier „Mobilitätsszenarien 2045“ gezeigt, dass auch im Falle eines optimalen Hochlaufs der E-Mobilität eine große Klimaschutzlücke in den Zieljahren 2030 und 2045 verbleibt, die nur durch erneuerbare Kraftstoffe geschlossen werden kann: Biokraftstoffe und RFNBO. Auf Biokraftstoffe aus Anbaubiomasse kann daher auf keinen Fall verzichtet werden.

7. Studie „Diverted Harvest - Environmental Risk from Growth in International Biofuel Demand“ im Auftrag der NGO Transport & Environment (T&E)

In der T&E-Studie sind gravierende fachliche Fehler enthalten:

1) iLUC: Das IPCC hat die Berücksichtigung von iLUC aufgrund methodischer Schwächen in seinem Sonderbericht 2019 grundsätzlich abgelehnt. iLUC wird auch nicht in der Methodik von LCA und CF berücksichtigt.

2) Opportunitätskosten: Der Vergleich mit PV und Wiederbegrünung landwirtschaftlicher Flächen ist nicht belastbar. Die von Biokraftstoffen gelieferte THG-Minderung kann damit nicht ersetzt werden, schon gar nicht zu geringeren Kosten.

3) Water Footprint: Der Wasser-Fußabdruck wurde für bewässerte aride Gebiete entwickelt und liefert völlig unbrauchbare Ergebnisse für die Landwirtschaft in unseren Breitengraden. Sein Einsatz zur Bewertung der herkömmlichen Landwirtschaft, die auf Niederschläge und nicht künstliche Bewässerung angewiesen ist, wird kritisiert von Prof. Mark Mulligan (King's College, London) und 27 Hydrologie-Experten der Technical Advisory Group der FAO.

Eine ausführliche fachliche Bewertung der T&E-Studie ist beigelegt.

8. Luftverkehr und Schifffahrt

Die EU hat durch zwei Verordnungen anspruchsvolle Vorgaben für Luftverkehr und Schifffahrt erlassen: ReFuel Aviation und FuelEU Maritime.

Die ursprünglich vom BMUKN vorgesehene zusätzliche Regulierung im Rahmen der THG-Quote ist im Regierungsentwurf nicht mehr enthalten.

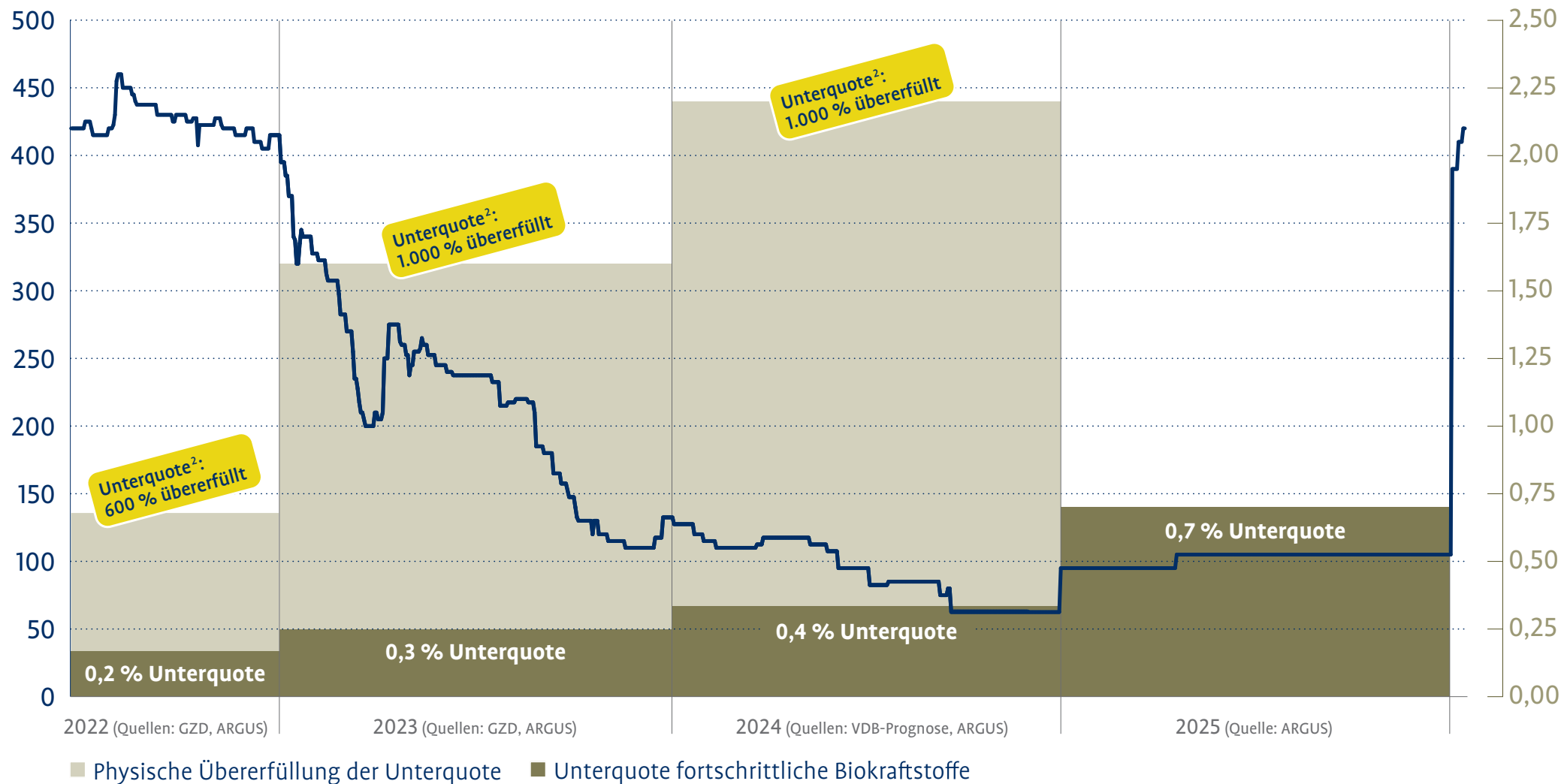
Werden in der Luft- und Schifffahrt eingesetzte erneuerbare Energieträger bei unveränderten Quotenhöhen zusätzlich auf die gemäß Gesetzentwurf festgelegte THG-Quote des Straßenverkehrs angerechnet, dann drohen erneut schwere Marktverwerfungen, die denen aufgrund der IX A-Importe aus China vergleichbar wären.

Dies geschieht bereits (unter Ausnutzung eines gesetzlichen Schlupflochs) mit erneuerbaren Schiffsbrennstoffen, die zur Erfüllung von Vorgaben der FuelEU Maritime-Verordnung, des ETS sowie der IMO zum Einsatz gekommen sind: Sie werden versteuert und dann zusätzlich auf die THG-Quote angerechnet. Es handelt sich um einen reinen Mitnahmeeffekt; die Praxis führt zu einer doppelten Berücksichtigung der erneuerbaren Schiffsbrennstoffe ohne Klimaschutzeffekt.

Schwemme fortschrittlicher Biokraftstoffe drückt THG-Quotenpreis¹

THG-Quotenpreis
[EUR/t CO₂]

Fortschrittliche Biokraftstoffe
gemäß Anhang IX Teil A [Mio. t]



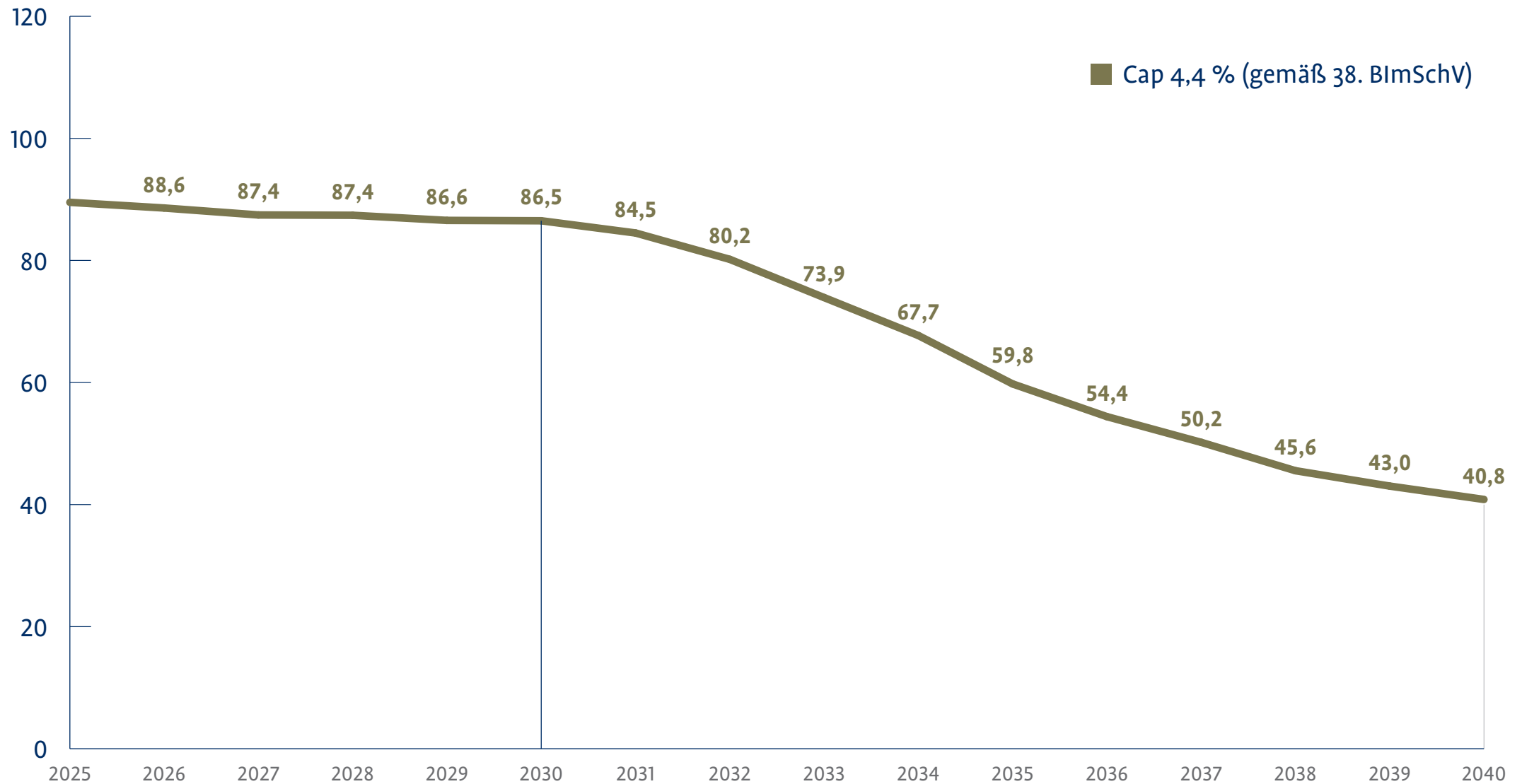
QR-Code scannen
und diese Grafik
online ansehen!

¹ Je niedriger der THG-Quotenpreis, desto weniger Geld können Ladesäulenbetreiber und Produzenten von Biokraftstoffen oder grünem Wasserstoff verdienen. Für Investitionen in mehr Klimaschutz im Straßenverkehr fehlt dann das Geld.

² Die Mengen fortschrittlicher Biokraftstoffe, die die Unterquote übersteigen, können doppelt auf die THG-Quote angerechnet oder auf die Unterquote des Folgejahres übertragen werden.

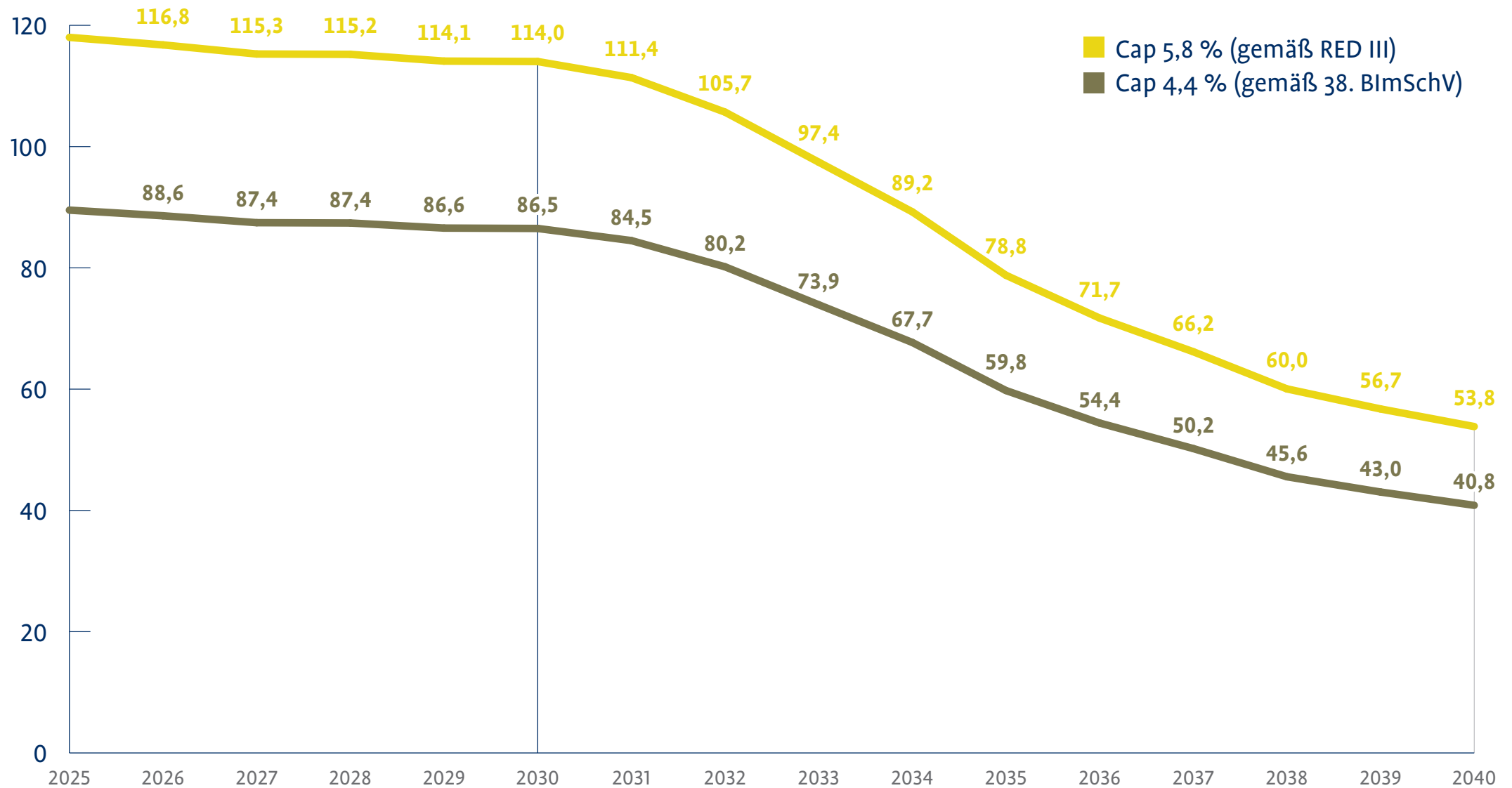
Anbaubiomasse

Energiemenge [PJ]



Anbaubiomasse

Energiemenge [PJ]



Bewertung der Studie

"Diverted harvest – Environmental Risk from Growth in International Biofuel Demand" von Cerulogy im Auftrag von Transport & Environment (T&E)

Björn Pieprzyk, ERA





Bewertung der Studie

“Diverted harvest – Environmental Risk from Growth in International Biofuel Demand” von Cerulogy im Auftrag von Transport & Environment (T&E)

Björn Pieprzyk, ERA

Inhaltsverzeichnis:

Zusammenfassende Bewertung	4
1. Landnutzungsbedarf für Biokraftstoffe	6
2. Kritik an der iLUC-These	6
3. CO ₂ -Opportunitätskosten von Biokraftstoffen	8
4. Substitution der Biokraftstoffe mit Photovoltaik	9
5. Wasserbedarf für die Biokraftstoffproduktion	10
6. Wachstumsprognosen in der T&E-Studie	12
Quellenverzeichnis	13
Anhang: Abbildungen	16

Auftraggeber:

Verband der Deutschen Biokraftstoffindustrie e. V. (VDB)
Am Weidendamm 1A
10117 Berlin
www.biokraftstoffverband.de

November 2025

Zusammenfassende Bewertung

Die Studie „Diverted Harvest – Environmental Risk from Growth in International Biofuel Demand“¹ von Cerulogy im Auftrag von Transport & Environment (T&E) (im Folgenden T&E-Studie genannt) weist fundamentale fachliche Mängel auf.

Einsatz des wissenschaftlich umstrittenen iLUC-Konzepts

Ihre Ergebnisse zu den Treibhausgasemissionen sind nicht belastbar, da sie sich auf die wissenschaftlich umstrittenen iLUC-Faktoren stützt. Das iLUC-Konzept (indirect Land-Use Change) postuliert, dass die Nachfrage nach Agrarprodukten für Biokraftstoffe indirekt Landnutzungsänderungen (vor allem Waldrodung) durch Verdrängungseffekte verursacht. Da diese Effekte in der Realität nicht direkt messbar sind, werden hochkomplexe, wissenschaftlich umstrittene ökonometrische Modelle zur Berechnung eingesetzt, deren Ergebnisse je nach Modelltyp und getroffenen Annahmen stark voneinander abweichen. T&E nutzt hierbei Ergebnisse der Studie von Valin et al. (2015), die sich am oberen Rand der Bandbreite der Modellierungsergebnisse für iLUC-Effekte befinden.

Die iLUC-Modelle sind nicht in der Lage, die vielfältigen Wechselwirkungen in der Landwirtschaft und der Flächennutzung, insbesondere die politischen Rahmenbedingungen, adäquat abzubilden. Statistische Untersuchungen und Fallstudien in Brasilien zeigen, dass die Waldrodungsrate primär vom Erfolg der Waldschutzmaßnahmen abhängt und weniger von der Höhe der Nachfrage nach Agrarprodukten. Die iLUC-Modelle unterschätzen zudem die Bedeutung von Ertragssteigerungen für den Zuwachs der landwirtschaftlichen Produktion.

Fehlerhafte Bezugsgrößen und irreführender Flächenvergleich

In der T&E-Studie werden zudem fehlerhafte Bezugsgrößen für die Landnutzung verwendet. Die von T&E berechneten 32 Millionen Hektar für die heutige globale Biokraftstoffproduktion machen lediglich 2 % der weltweiten Ackerfläche und unter 1 % der gesamten Agrarfläche inklusive Weideflächen aus. Der T&E-Vergleich der globalen Biokraftstofffläche mit Italien, einem im Weltmaßstab sehr kleinen Staat (Nr. 72 im globalen Flächenranking), ist dagegen irreführend. Allein der brasilianische Bundesstaat Mato Grosso ist dreimal so groß wie der heutige Flächenbedarf für die globale Biokraftstoffherzeugung.

Die von T&E dargestellte Flächenknappheit existiert somit nicht, weil beispielsweise bereits durch eine geringe Effizienzsteigerung der tropischen 1.500 Millionen Hektar Weideflächen sehr große zusätzliche Flächen für die Agrarproduktion gewonnen werden könnten.

Konzept der Opportunitätskosten nicht belastbar

Die Studie berechnet außerdem die sogenannten CO₂-Opportunitätskosten von Biokraftstoffen. Damit sind Treibhausgaseinsparungen gemeint, die entstünden, wenn auf jener landwirtschaftlichen Fläche, die sonst für Rohstoffe der Biokraftstoffproduktion genutzt worden wäre, natürliche Vegetation (vor allem Wald) nachwachsen könnte. Die Unsicherheiten für die langfristige

¹ www.transportenvironment.org/articles/biofuels-globally-emit-more-co2-than-the-fossil-fuels-they-replace-study

CO₂-Speicherung auf den stillgelegten Biokraftstoffflächen sind jedoch außerordentlich hoch. Somit sind die Ergebnisse der T&E-Studie für die CO₂-Opportunitätskosten von Biokraftstoffen nicht belastbar.

Zudem wird ein ungeeigneter, einseitiger Vergleich mit Photovoltaik (PV) gezogen, der lediglich die PV-Jahresstromerzeugung berücksichtigt. Schwankungen der Solarstromerzeugung und die gesamte Lebenszykluskette der Elektromobilität (inklusive Lithiumproduktion) werden dabei außer Acht gelassen. Die Studie ignoriert darüber hinaus die Komplexität der Agrar- und Energiemärkte sowie der relevanten Umweltsysteme und missachtet viele wissenschaftliche Erkenntnisse aus zahlreichen Peer-Review-Studien.

Konzept des Wasserfußabdrucks außerhalb von Wüstengebieten nicht anwendbar

Die Einseitigkeit und die nicht wissenschaftliche Bewertung der T&E-Studie werden insbesondere bei der Betrachtung der Umweltauswirkungen deutlich. So wird auch für die Untersuchung des Wasserverbrauchs von Biokraftstoffen mit dem Konzept des Wasserfußabdrucks (Water Footprint, WF) eine ungeeignete Methode verwendet. Nach Analysen von Mark Mulligan, Professor für Physical and Environmental Geography am renommierten King's College London, ist das WF-Konzept nicht für die Anwendung für landwirtschaftliche Flächen außerhalb von ariden Gebieten (Wüstengebieten) geeignet, weil es dort die Wasserbilanz falsch abbildet. Die Methodik des Wasserfußabdrucks wurde auf Basis des Konzeptes des „Virtuellen Wassers“ gebildet, das John Anthony Allan, der ebenfalls am King's College emeritierter Professor für Geografie ist, für bewässerte Trockengebiete entwickelt hat. Die Kritik von Prof. Mulligan an der WF-Methodik wird auch von 27 Hydrologieexperten der Technical Advisory Group (TAG) der FAO LEAP Partnership bestätigt, die sich von 2016 bis 2019 mit den verschiedenen Wasserverbrauchskonzepten beschäftigt haben.

Neben dem grundlegenden methodischen Problem des Wasserfußabdrucks treten in der T&E-Studie weitere gravierende Fehler auf. Die verwendeten Ausgangsdaten des WF-Konzeptes werden falsch bzw. nicht transparent dargestellt. Dadurch wird – insbesondere durch die Abbildungen in der T&E-Studie (Lang- und Kurzfassung) – die Aussage vermittelt, dass der Bewässerungsbedarf für Biokraftstoffe sehr hoch sei, obwohl die genutzte Quelle das Gegenteil aussagt. Für Biokraftstoffrohstoffe überwiegt der Anbau auf Flächen, die nur mit Regenwasser auskommen, mit rund 95 %. Professor Mulligan hat für diese Flächen eine höhere Grundwasserbildung berechnet als auf der natürlichen Vegetation (v. a. Waldflächen). Viele Studien belegen diese Ergebnisse, weil Ackerland in der Regel eine geringere Verdunstung als Wald aufweist und somit mehr Grundwasser gebildet werden kann. Im WF-Konzept wird stattdessen die auf den Ackerflächen verdunstete Wassermenge als Verbrauch dargestellt, obwohl im Untergrund mehr Wasser als im Wald verbleibt.

Aufgrund dieser methodischen Schwächen werden weder die iLUC-Faktoren noch der Wasserfußabdruck in der Life Cycle Assessment (LCA)-Methodik verwendet. Die T&E-Studie verwendet somit ungeeignete Methoden für die Bewertung der Treibhausgasemissionen und Umweltwirkungen von Biokraftstoffen und zieht zudem irreführende Vergleiche zur Einordnung des Flächenbedarfs.

1. Landnutzungsbedarf für Biokraftstoffe

Der Flächenvergleich in der T&E-Studie ist irreführend. T&E berechnet eine Fläche von 32 Mio. ha, die für die Biokraftstoffproduktion beansprucht wird. Diese Fläche muss mit der globalen Agrarfläche verglichen werden, nicht nur mit der Ackerfläche einzelner europäischen Staaten. Die 32 Mio. ha machen lediglich 2 % der weltweiten Ackerfläche und unter 1 % der gesamten Agrarfläche inklusive Weideflächen aus.² Diese geringen Anteile relativieren die behaupteten Landnutzungseffekte der T&E-Studie sehr deutlich. Selbst der in der T&E-Studie berechnete Anstieg des Flächenbedarfs für Biokraftstoffe auf 52 Mio. ha bis 2030 würde den Biokraftstoffanteil auf nur weniger als 4 % der weltweiten Ackerfläche und weniger als 2 % der gesamten Agrarfläche inklusive Weideflächen anwachsen lassen.

Eine weitere deutliche Relativierung des Flächenbedarfs für Biokraftstoffe wird durch den Vergleich mit den tropischen Weideflächen deutlich. Die von T&E berechnete Ackerfläche, die aktuell für den Anbau von Biokraftstoffen beansprucht wird, entspricht nur 2 % der tropischen Weidefläche von 1,5 Mrd. ha. Selbst der bis 2030 von T&E prognostizierte Flächenbedarf macht lediglich 3,5 % dieser Fläche aus.

Der T&E-Vergleich der globalen Biokraftstofffläche mit Italien, einem im Weltmaßstab sehr kleinen Staat (Nr. 72 im globalen Flächenranking) ist dagegen irreführend. Bereits der Bundesstaat Mato Grosso in Brasilien ist dreimal so groß wie der heutige Flächenbedarf und zweimal so groß wie der von T&E prognostizierte Flächenbedarf bis 2030 für die globale Biokraftstofferzeugung.

Die heutige Weidelandnutzung in den Tropen ist sehr extensiv und führt aufgrund des geringen Weidemanagements zur starken Degradierung, die weitere Ertragseinbußen verursacht.³ Mit einer nur geringen Ertragssteigerung dieser Flächen könnte der benötigte Flächenbedarf für Biokraftstoffe komplett gedeckt werden. Studien zeigen, dass mit verbessertem Management die Weidelandproduktivität um das bis zu Zehnfache erhöht werden könnte.⁴

2. Kritik an der iLUC-These

T&E behauptet, Biokraftstoffe würden 16 % mehr CO₂-Emissionen verursachen als fossile Kraftstoffe. Diese Behauptung stützt sich auf das Konzept der indirekten Landnutzungsänderungen (iLUC), das wissenschaftlich stark umstritten ist. Das iLUC-Konzept postuliert, dass die Nachfrage nach Agrarprodukten der größte Treiber von Landnutzungsänderungen ist und somit indirekt Waldrodung verursacht. iLUC-Effekte sind in der Realität nicht direkt messbar, weil sie auf sogenannten Leakage-Effekten, d. h. auf Verlagerungen von Prozessen, basieren. Für deren Berechnung werden hochkomplexe, wissenschaftlich stark umstrittene ökonometrische Modelle eingesetzt. Abhängig von Modelltyp, Annahmen und Algorithmen gelangen Studien so zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen.⁵ T&E nutzte hierbei Ergebnisse der Studie von Valin et al. (2015)⁶, die sich am oberen Rand der Bandbreite der Modellierungsergebnisse für iLUC-Effekte befinden. Eine Meta-Studie von Woltjer et al. 2017 für die Europäische

2 www.fao.org/statistics/en

3 Feltran-Barbieri & Féres 2021; Bolfe et al. 2024<

4 Barnero et al. 2021; dos Reis et al. 2025.

5 Daioglou et al. 2020; Daioglou 2022; Taheripour 2024; Brown et al. 2021; Molina Bacca et al. 2025

6 Valin et al. 2025

Kommission weist eine sehr große Bandbreite von –94 bis +400 g CO₂eq/GJ Biokraftstoff auf (siehe Abbildung 1 im Anhang).⁷ Woltjer et al. 2017 haben dafür 31 Studien bis 2015 untersucht. iLUC-Werte, die in den letzten Jahren mit den Modellen GTAP und GLOBIOM berechnet worden sind, reichen dagegen von 7 bis 104 g CO₂eq/GJ Biokraftstoff.⁸ Sie fallen damit deutlich geringer als frühere Studien aus. Das betrifft insbesondere Biodiesel aus Rapsöl mit iLUC-Werten von 7 bis 24 CO₂eq/GJ Biokraftstoff und Bioethanol aus Getreide oder Mais mit Werten von 4 bis 15 CO₂eq/GJ Biokraftstoff.

Weder berücksichtigt T&E die zahlreichen gravierenden Schwächen des iLUC-Konzepts, noch verweist T&E auf die wissenschaftliche Diskussion und die Literatur dazu.⁹ Zu den Defiziten der Modelle zur Berechnung von Landnutzungsänderungen gehört beispielsweise die unzureichende Berücksichtigung von Ertragssteigerungen, die eine Ausweitung von Agrarflächen und damit Waldrodungen vermeiden können.¹⁰ Analysen zeigen zudem, dass iLUC-Effekte nicht statistisch nachgewiesen werden können.¹¹ Anstatt durch Nachfrageänderungen werden Landnutzungsänderungen und Waldrodungen in erster Linie durch gesetzliche Regelungen, Waldschutzprogramme und deren Umsetzung beeinflusst.¹² Es kann keine Korrelation zwischen der Waldrodungsrate und der landwirtschaftlichen Produktion in Brasilien festgestellt werden (siehe Abbildungen 2 und 3 im Anhang). Das wird auch in Case-Studies in Brasilien bestätigt.¹³ So konnte in der Gemeinde Paragominas (PGM)¹⁴ der Waldrückgang durch eine Kombination aus Kontroll- und Finanzinstrumenten sowie guter Regierungsführung erfolgreich begrenzt und die landwirtschaftliche Produktion durch Intensivierung gesteigert werden. In der Gemeinde São Félix do Xingu (SFX)¹⁵ waren die Waldschutzmaßnahmen jedoch unzureichend, wodurch die Erhöhung der Rindfleischproduktion weiterhin zur Rodung von Waldflächen führte.

Eine globale Untersuchung der Universität Manchester kommt daher zum Ergebnis, dass die Rodungsentwicklung nicht vereinfacht mit makroökonomischen Faktoren erklärt werden kann.¹⁶

Auch der Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) hat in seinem Sonderbericht „Climate Change and Land“ aus dem Jahr 2019 dargelegt, dass Schätzungen der iLUC-Emissionen von Natur aus unsicher, in wissenschaftlichen Kreisen stark umstritten und in hohem Maße abhängig von den Modellannahmen seien.¹⁷ Wegen dieser Unsicherheiten schlussfolgern mehrere Studien, dass iLUC-Faktoren nicht für politische Entscheidungen geeignet sind und daher auch nicht in verbindliche EU-Verordnungen aufgenommen werden sollten.¹⁸ Das betrifft auch die Einbeziehung von iLUC-Faktoren im Life Cycle Assessment (LCA) und Carbon Footprints (CF), die naturwissenschaftlich fundierte Methoden für die Bewertung von Umweltleistungen sind und durch internationale Normen wie die ISO 14040 und ISO 14044 geregelt werden. iLUC-Faktoren können die Anforderungen dieser Normen nicht erfüllen, weil ihre wissenschaftliche Belastbarkeit und Datenqualität zu gering ist.¹⁹ Die meisten LCA für Bioenergie und Biowerkstoffe berücksichtigen iLUC deswegen nicht.²⁰

7 Woltjer et al. 2017, Veröffentlicht als Peer-Review-Publikation: Daioglou et al. 2020

8 ICAO, 2019, CORSIA supporting document, CORSIA eligible fuels – Life cycle assessment methodology, Hamelinck und Knotter 2021.

9 Sun et al. 2025; Brown et al. 2021; Molina Bacca et al. 2025; Daioglou et al. 2020; Daioglou 2022; Taheripour 2024

10 Hertel 2018; <https://ourworldindata.org/grapher/cereal-land-spared>

11 IEA Bioenergy 2022

12 Ren et al. 2015; Busch et al. 2015; West & Fearnside 2021.

13 Brandão et al. 2018.

14 Die Gemeinde Paragominas (PGM) ist ca. 19.342 km² groß. Dies entspricht ungefähr der Fläche von Rheinland-Pfalz.

15 Die Gemeinde São Félix do Xingu (SFX) ist ca. 84.213 km² groß. Dies entspricht fast der doppelten Fläche von Niedersachsen.

16 Seigné-Itoiz 2006.

17 www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/08/Fullreport-1.pdf (S. 227)

18 Daioglou et al. 2020, Delzeit et al. 2017, Lange und Delzeit 2012

19 Finkbeiner 2014. www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953414000257

20 Seigné-Itoiz et al. 2021

3. CO₂-Opportunitätskosten von Biokraftstoffen

Die Studie berechnet auch die sogenannten CO₂-Opportunitätskosten von Biokraftstoffen. Damit sind Treibhausgaseinsparungen gemeint, die entstehen, wenn auf jener landwirtschaftlichen Fläche, die sonst für den Anbau von Rohstoffe für Biokraftstoffe genutzt worden wäre, natürliche Vegetation (v. a. Wald) nachwachsen könnte. T&E behauptet auf Basis einer Studie des ifeu²¹, dass die Renaturierung von Flächen in den meisten Fällen größere Vorteile für den Kohlenstoffhaushalt bietet als die Nutzung der Flächen für die Produktion von Biokraftstoffen. Die Renaturierung landwirtschaftlicher Fläche und die langfristige Kohlenstoffspeicherung sind aber sehr hypothetische Annahmen, die mit mehreren erheblichen Hürden und Unsicherheiten verbunden sind. Vor allem ist das wirtschaftliche Interesse eines Landwirts, seine Agrarflächen in Wald umzuwandeln, sehr gering: Es ist unwahrscheinlich, dass die Einnahmen pro Hektar der landwirtschaftlichen Produktion durch CO₂-Zertifikatspreise kompensiert werden können. Das zeigen bereits heutige Erfahrungen mit „Payments for Environmental Services (PES)“-Systemen. Forschungsergebnisse bestätigen die begrenzten Möglichkeiten von PES für Waldschutz, da PES-Systeme nur begrenzt dafür geeignet sind, Einnahmeausfälle durch Waldschutz zu kompensieren.²² Weil die landwirtschaftlichen Flächen endgültig in Wald umgewidmet werden, bräuchte der Flächeneigentümer zudem die Garantie, dass er auch in mehreren Jahrzehnten die jährliche Kompensation für die Stilllegung noch ausgezahlt bekommt.

Außerdem ist die Langfristigkeit der Kohlenstoffspeicherung gefährdet. Aktuelle Forschungsergebnisse zeigen, dass wiederaufgeforstete landwirtschaftliche Flächen in den Tropen keine langfristig sichere CO₂-Senke darstellen, weil es häufig zu erneuten Rodungen auf den Arealen kommt.²³ Diese Problematik betrifft beispielsweise Projekte für die CO₂-Kompensation von Flugreisen. Deswegen wird die langfristige Sicherung der CO₂-Speicherung auf Wiederaufforstungsflächen auch in der Bewertung des „The Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA)“ als Herausforderung gesehen.²⁴

Auch für die in Europa gespeicherten Kohlenstoffmengen ist die Unsicherheit hoch. Das betrifft sowohl Länder innerhalb als auch außerhalb der EU, wie eine Studie der UNECE und der FAO zu den Waldgebieten in Ost- und Südosteuropa zeigt.²⁵ Nach dieser Analyse sind in diesen Regionen die Wälder vor allem durch Feuer und Schädlingsplagen bedroht. Es wird erwartet, dass sich im Zuge des Klimawandel die Walddegradierung durch Hitze- und Dürreperioden weiter verschärft. Ein anderes Problem stellt nach den Ergebnissen der UNECE und der FAO der illegale Holzeinschlag dar. Das Öko-Institut sieht ebenfalls den Zustand und die Entwicklung natürlicher Senken wegen Waldbränden, Hitzeperioden und anderer Naturkatastrophen als sehr unsicher an.²⁶

Damit ist die Unsicherheit für die langfristige CO₂-Speicherung auf stillgelegten Biokraftstoffflächen außerordentlich hoch. Somit sind Ergebnisse der T&E-Studie für die CO₂-Opportunitätskosten von Biokraftstoffen nicht belastbar.

21 ifeu-study-COC-biofuels-EU_for-TE-2023-03-02_clean_2024-04-29-153304_livs.pdf

22 Schebek et al. 2016.

23 Schwartz et al. 2017, Schwartz et al. 2020, Piffer et al. 2021, Reid et al. 2019

24 Europäische Kommission 2021

25 United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) und Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) 2021

26 Matthes 2021. www.dnr.de/aktuelles-terme/aktuelles/waelder-und-moore-unsichere-co2-senken-unwaegbares-klimaziel-2030

4. Substitution der Biokraftstoffe mit Photovoltaik

Die T&E-Studie zieht einen unzulässigen Vergleich, indem sie behauptet, die gleiche Energiemenge der weltweiten Biokraftstoffproduktion könne mit PV auf nur 3 % der benötigten Fläche erzeugt werden. Dies ignoriert die fundamentale energetische und logistische Wertigkeitsdifferenz zwischen den Energieträgern:

- Biokraftstoffe sind gespeicherte, meist flüssige Energie, die ständig verfügbar ist. PV-Strom hingegen ist nur intermittierend im Netz verfügbar und besitzt daher ohne Speicherung eine deutlich geringere Wertigkeit und nur begrenzten Nutzen für den Transportsektor.
- Um Biokraftstoffe alleine durch PV-Strom zu ersetzen und eine ganzjährige Versorgung zu gewährleisten (z. B. für das Laden in der Nacht oder im Winter), ist ein hoher Ausbau von Kurz- und vor allem Langfristspeichern notwendig. Als großer Langfristspeicher kommt vor allem Wasserstoff infrage. Die Energieverluste in der gesamten PV-Wasserstoff-Stromkette von der PV-Erzeugung bis zur Rückverstromung sind aber sehr hoch und betragen zwischen 60 % bis über 80 % der ursprünglich PV-Strommenge. Die von T&E empfohlene einseitige Substitution der Biokraftstoffe mit PV ist damit kurz- und mittelfristig mit sehr hohen technologischen Hürden und Kosten verbunden:
 - Die aktuellen Preise für grünen Wasserstoff bei geplanten Projekte bis 2030 liegen zwischen 5 bis 13 €/kg und würden mindestens zu einem dreimal so hohen Preis wie der heutige Biodieselpreis führen, ohne die Kosten für die anschließende Rückverstromung zu berücksichtigen.²⁷
 - Rohstoffengpässe: Hinzu kommen Engpässe bei der Versorgung mit kritischen Rohstoffen und Seltenen Erden für die Herstellung von PV-Anlagen, Batterien und Elektromotoren.
- Energiesystemstudien wie z.B. die Strommarktdesignstudie des Fraunhofer IEE und des Fraunhofer ISE²⁸ greifen statt der einseitigen Fokussierung auf fluktuierende Erneuerbare Energien, wie von T&E empfohlen, auf vielseitige Maßnahmen zurück und zeigen, dass für die umfassende Elektrifizierung aller Energiesektoren verschiedenen Komponenten notwendig sind. Dazu gehört Bioenergie, Wasserkraft und die Geothermie für die Bereitstellung von Ausgleichsenergie, der Ausbau der Stromspeicher und verschiedene Flexibilisierungsoptionen. Selbst nach einer umfassenden Elektrifizierung bleibt der Biokraftstoffbedarf hoch, weil große Bereiche des Verkehrs nur schwer oder nicht elektrifizierbar sind (Luft- und Schiffsverkehr, Bau- und Sonderverkehr).²⁹
- Andere Energieszenarien, die ohne und nur mit geringen Bioenergiekraftwerken auskommen, nehmen sehr hohe installierte Leistungen für Erdgas- oder Wasserstoffkraftwerke an.³⁰ Da Wasserstoff noch nicht in nennenswerten Mengen verfügbar ist, wäre ein ausschließlich auf fluktuierenden Erneuerbaren Energien basierendes System – wie es in der T&E-Studie angenommen wird – ohne Bioenergie auf fossile Kraftwerke angewiesen.

27 www.southernlights.io/industry/key-takeaways-from-the-european-hydrogen-auction

28 BEE 2021

29 BEE 2024

30 BDI 2025, BMW 2025, Richstein et al. 2025

5. Wasserbedarf für die Biokraftstoffproduktion

Die T&E-Studie berechnet einen extrem hohen Wasserbedarf für Biokraftstoffe von bis zu 7.500 Liter pro 100 km. Sie stützt sich dabei auf eine Analyse von Gerbens-Leenes³¹, in der nach dem Konzept und den Werten von Mekonnen und Hoekstra³² der grüne, blaue und graue Wasserfußabdruck (WF) von Biokraftstoffen ermittelt wird. Mekonnen und Hoekstra entwickelten den WF wiederum auf Basis des Konzeptes des Virtuellen Wassers von John Anthony Allan³³, der als Geografieprofessor an der School of Oriental and African Studies (SOAS) und am King's College London forschte.

Nach Mekonnen und Hoekstra werden die drei Komponenten des WF wie folgt definiert:

- Grüner WF: Primär das Wasser, das durch die Evapotranspiration von Regen- und Oberflächenwasser von der Pflanze an die Atmosphäre abgegeben wird.
- Blauer WF: Hauptsächlich das Wasser, das der Pflanze durch künstliche Bewässerung zugeführt wird und anschließend verdunstet.
- Grauer WF: Die Wassermenge, die nötig ist, um die aus landwirtschaftlichen Flächen ausgewaschenen Nährstoffe auf ein umweltverträgliches Niveau zu verdünnen.

Mekonnen und Hoekstra berechneten den Wasserfußabdruck von Biokraftstoffen zunächst aus globalen Durchschnittswerten aller Agrarprodukte. Im zweiten Schritt wurden daraus die differenzierten WF-Werte für Biokraftstoffe abgeleitet. Diese spiegeln ebenfalls globale Durchschnittswerte wieder, ohne die spezifischen regionalen Anbaubedingungen für die Biokraftstoffrohstoffe ausreichend zu berücksichtigen. Regionen mit sehr hohen Bewässerungsanteilen, aber geringer Anbaubiomasse für Biokraftstoffe (wie Indien und China), verzerren und erhöhen dadurch die globalen WF-Werte für Biokraftstoffe. Obwohl der mengengewichtete blaue WF (Bewässerung) nur bei rund 10 % des gesamten Fußabdrucks liegt, wird dieser Anteil überbetont.

Nur Zuckerrohr und Weizen erreichen in den Originaldaten von Mekonnen und Hoekstra signifikante Bewässerungsanteile (27 % bzw. 19 % des gesamten Fußabdrucks), die jedoch deutlich über der Realität für Biokraftstoffe liegen. Zuckerrohr-Ethanol stammt fast ausschließlich aus Brasilien, wo der Bewässerungsanteil bei nur 1 % liegt oder nur kurzzeitig nach der Saat erfolgt.³⁴ Weizen für Biokraftstoffe wird in Europa überwiegend ohne Bewässerung angebaut.³⁵

Werden die tatsächlich relevanten Anbauggebiete für Biokraftstoffrohstoffe berücksichtigt, beträgt der Anteil der bewässerten Fläche nur 5 % der gesamten weltweit erzeugten Biokraftstoffrohstoffe.³⁶ Dies ist nur halb so hoch wie der unbereinigte Wert von Mekonnen und Hoekstra. Die verbleibenden 95 % kommen mit Regenwasser aus.

31 Gerbens-Leenes 2018

32 Mekonnen & Hoekstra 2010

33 Allan & Keatman, 2011

34 Brazilian National Water Agency (Agência Nacional de Águas – ANA 2017, 2019

35 https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Agri-environmental_indicator_-_irrigation

36 Berechnung auf Basis von Sandford et al. 2024; Mekonnen & Hoekstra 2010; <https://www.ers.usda.gov/topics/farm-practices-management/irrigation-water-use>; ANA 2017, 2019; Eurostat; Judijanto et al. 2024; <https://farmdocdaily.illinois.edu/2025/02/brazils-agricultural-expansion-where-are-soybean-yields-headed.html>; <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>

Die Verwendung der WF-Originaldaten ist in der T&E-Studie durch fehlende Transparenz und Irreführung geprägt. Die Langfassung der T&E-Studie (Cerulogy) stellt die differenzierten WF-Berechnungen von Gerbens-Leenes nur kumuliert dar, wodurch der tatsächlich geringe Bewässerungsanteil intransparent bleibt. Die Kurzfassung der T&E-Studie suggeriert durch die Überschrift „High irrigation needs translate into a large water footprint per kilometer driven on first-generation biofuels“ und die Darstellung des Wasserverbrauchs durch Bewässerung allein, dass der Bewässerungsbedarf extrem hoch sei, obwohl die zugrundeliegende Quelle das Gegenteil aussagt (siehe Abbildungen 4 im Anhang).

Das WF-Konzept ist in der Wissenschaft stark umstritten, da es die spezifischen lokalen Wirkungen der Verdunstung, Bewässerung und Nährstoffeinträge landwirtschaftlicher Flächen nicht berücksichtigt.³⁷ Aus Sicht des Life Cycle Assessment (LCA) fehlt die Wirkungsbilanz im WF-Konzept.³⁸ Es kann somit nicht bewertet werden, ob die ermittelten WF-Werte tatsächlich eine negative Umweltauswirkung haben. Professor Mark Mulligan (King's College London), Experte für Physische Geographie und Hydrologie, hält das WF-Konzept für ungeeignet außerhalb arider Gebiete, da es dort die Wasserbilanz falsch abbildet.³⁹ Seine Berechnungen zeigen, dass die Evapotranspiration auf nicht-trockenen Agrarflächen gegenüber der natürlichen Vegetation (v. a. Wald) in der Regel geringer ist. Dies führt dazu, dass in diesen nicht-ariden Gebieten der grüne WF und überwiegend auch der blaue WF negativ sind (siehe Abbildung 5 im Anhang für die Auswirkung der Bewässerung).

Die Agrarproduktion verursacht somit keinen Wasserverbrauch, sondern trägt zu einer höheren Grundwasserbildung bei als die natürliche Vegetation. Sogar in Trockengebieten kann die Agrarproduktion gegenüber der natürlichen Vegetation vorteilhaft für die Grundwasserneubildung sein. Mulligan, Perry und Ayres betonen, dass immer die lokalen Bedingungen für die Bewertung des Wasserverbrauchs berücksichtigt werden müssen.⁴⁰

Viele Studien belegen diese Ergebnisse, weil Ackerland in der Regel eine geringere Verdunstung als Wald aufweist und so mehr Grundwasser gebildet werden kann.⁴¹ Hydrologische Untersuchungen für Niedersachsen ergeben z. B. eine um rund 50 % höhere Versickerung auf Ackerflächen gegenüber Waldflächen.⁴²

Die Kritik wird von 27 Hydrologieexperten der Technical Advisory Group (TAG) der FAO LEAP Partnership (2016–2019) geteilt.⁴³ Die TAG erachtet globale Durchschnittswerte für die Bewertung des Wasserverbrauchs in der Landwirtschaft als ungeeignet für LCA-Anforderungen und betont, dass der grüne Wasserverbrauch als Teil des natürlichen Wasserzyklus nur im Vergleich zur lokalen Referenzvegetation bewertet werden kann.

Auch in den Tropen müssen die Auswirkungen der Landwirtschaft auf den Wasserhaushalt sehr differenziert betrachtet werden. Obwohl immer wieder die klimatische Veränderung durch die Rodung natürlicher Vegetation für die Schaffung von Agrarland behauptet wird, betonen Studien, dass das Klima und die Niederschläge in Südamerika vor allem durch mehrdekadische Zirkulationen beeinflusst werden.⁴⁴

37 Boulay et al. 2021, Mulligan 2022, Perry 2014, 2019, Ayres 2017

38 Boulay et al. 2021

39 Mulligan 2022

40 Mulligan 2022, Perry 2014, 2019, Ayres 2017

41 Verstraeten et al. 2005; Linke, 2010

42 Ahrends et al. 2018

43 Boulay et al. 2021

44 Hofmann et al. 2023; Maksic et al. 2022; Custódio da Costa et al. 2024, Goudard et al. 2024

Auch beim grauen Wasserabdruck wird die fehlende Wirkungsabschätzung und fehlende Berücksichtigung der lokalen Bedingungen kritisiert, so dass der graue Wasserabdruck keinen Nutzen für die Bewertung des Wasserverbrauchs hat.⁴⁵

Der in der T&E-Studie gezogene Vergleich mit anderen Technologien (v. a. Elektromobilität) ist stark eingeschränkt. Es wird nur die PV-Stromerzeugung betrachtet, während das gesamte System der Elektromobilität inklusive Batterieproduktion und ganzjähriger Stromversorgung ignoriert wird. Es schließt die sehr wasserintensive Lithiumproduktion in der extrem ariden Andenregion (Lithiumdreieck: Argentinien, Bolivien, Chile) aus.⁴⁶ Analysen belegen diese Umweltauswirkungen der Herstellung von Batterien und Elektromotoren, die durch mögliche Versorgungsprobleme mit seltenen Rohstoffen noch verschärft werden.⁴⁷

Die Wasseranalyse der T&E-Studie verdeutlicht ein fehlendes wissenschaftliches Vorgehen und große fachliche Mängel:

- Es wird der ungeeignete Wasserfußabdruck verwendet, der die lokale Wirkung des Wasserverbrauchs nicht bewertet.
- Differenzierte Ergebnisse werden kumuliert und intransparent dargestellt.
- Der tatsächlich geringe Bewässerungsanteil für Biokraftstoffe wird ignoriert und das Gegenteil suggeriert.
- Der Wasserverbrauch kann nur lokal und regional bewertet werden, nicht durch vereinfachte, globale Durchschnittswerte.

6. Wachstumsprognosen in der T&E-Studie

Die T&E-Studie geht von einem unrealistisch hohen Anstieg der Biokraftstoffproduktion von 40 % bis zum Jahr 2030 aus. Ein Wachstum in dieser Größenordnung ist unrealistisch, da andere anerkannte Prognosen, beispielsweise von der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) oder der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD), höchstens 20 % Wachstum bis 2030 annehmen.

Des Weiteren würde die in der T&E-Studie angenommene, sehr starke Zunahme der Biokraftstoff-erzeugung zur Entstehung sehr großer Mengen von Nebenprodukten führen. Für diese Nebenprodukte muss insbesondere die entsprechende Futtermittelnachfrage vorhanden sein, was in den Prognosen von T&E nicht ausreichend berücksichtigt wird.

⁴⁵ Ayres 2017, Boulay et al. 2018

⁴⁶ www.nature.com/articles/s43247-025-02130-6

⁴⁷ Pipitone et al. 2021. Unctad 2020. <https://unctad.org/news/developing-countries-pay-environmental-cost-electric-car-batteries>; Kiemel et al. 2021, Wellings et al. 2021

Quellenverzeichnis

- Agência Nacional de Águas (ANA). (2017). Levantamento da cana-de-açúcar irrigada na Região Centro-Sul do Brasil [Survey of irrigated sugarcane in the South-Central Region of Brazil]. ANA.
- Agência Nacional de Águas (ANA). (2019). Levantamento da cana-de-açúcar irrigada e fertirrigada no Brasil (2ª ed.) [Survey of irrigated and fertigated sugarcane in Brazil (2nd ed.)]. ANA.
- Ahrends, B., Suttmöller, J., Schmidt-Walter, P., & Meesenburg, H. (2018). Beitrag von Waldflächen zur Sickerwasserbildung in Niedersachsen. In N. Schütze, U. Müller, R. Schwarze, T. Wöhling, & J. Grundmann (Hrsg.), *M³ – Messen, Modellieren, Managen in Hydrologie und Wasserressourcenbewirtschaftung* (S. 169–180). Fachgemeinschaft Hydrologische Wissenschaften. <https://doi.org/10.14617/for.hydrol.wasbew.39.18>
- Allan, T., & Keatman, M. J. (2011). Virtual water: Tackling the threat to our planet's most precious resource. I.B. Tauris.
- Ayres, R. U. (2017). The shortcomings of water footprinting. Global Water Forum. <https://www.globalwaterforum.org/2017/03/13/the-shortcomings-of-water-footprinting/>
- Barbero, R. P., Ribeiro, A. C., Moura, A., Longhini, V., Mattos, T. F. de A., & Barbero, M. M. D. (2021). Potencial de produção de bovinos de corte em pastagens tropicais: revisão de literatura. *Ciência Animal Brasileira*, 22. <https://doi.org/10.1590/1809-6891v22e-69609>
- Barreto, P., & Silva da Silva, D. (2013). How can one develop the rural economy without deforesting the Amazon? Imazon.
- BEE – Bundesverband Erneuerbare Energie e.V. (2021). Strommarktdesignstudie: Mit einem optimierten Strommarktdesign zur Klimaneutralität. https://www.klimaneutrales-stromsystem.de/pdf/Strommarktdesignstudie_BEE_final_Stand_14.12.2021.pdf
- BEE – Bundesverband Erneuerbare Energie e.V. (2024). BEE-Mobilitätsszenarien 2045. <https://www.bee-ev.de/service/publikationen-medien/beitrag/bee-mobilitaetsszenarien-2045>
- BDI – Bundesverband der Deutschen Industrie e.V. (2025). Transformationspfade-Studie: Energiewende auf Kurs bringen. <https://bdi.eu/artikel/news/transformationpfade-studie-energiewende-auf-kurs-bringen>
- BMW. (2025). Langfristszenarien und Zielnetzstudien. <https://www.langfristszenarien.de/>
- Bolfe, É. L., Victoria, D. d. C., Sano, E. E., Bayma, G., Massruhá, S. M. F. S., & de Oliveira, A. F. (2024). Potential for agricultural expansion in degraded pasture lands in Brazil based on geospatial databases. *Land*, 13(2), 200. <https://doi.org/10.3390/land13020200>
- Boulay, A.-M., Parent, J., & Pennington, D. W. (2018). The water footprint family: Evolving toward a comprehensive assessment of water use and pollution impacts. *Science of the Total Environment*, 642, 1419–1431.
- Boulay, A.-M., Drastig, K., Amanullah, Chapagain, A., Charlon, V., Civit, B., ... Pfister, S. (2021). Building consensus on water use assessment of livestock production systems and supply chains: Outcome and recommendations from the FAO LEAP Partnership. *Ecological Indicators*, 124, Article 107391. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107391>
- Brandão, F., Piketty, M.-G., Pocard-Chapuis, R., Brito, B., Pacheco, P., Garcia, E., Duchelle, A. E., Drigo, I., & Peçanha, J. C. (2020). Lessons for jurisdictional approaches from municipal-level initiatives to halt deforestation in the Brazilian Amazon. *Frontiers in Forests and Global Change*, 3, Article 00096. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2020.00096>
- Brown, C., Holman, I., & Rounsevell, M. (2021). How modelling paradigms affect simulated future land use change. *Earth System Dynamics*, 12, 211–231. <https://doi.org/10.5194/esd-12-211-2021>
- Busch, J., Ferretti-Gallon, K., Engelmann, J., Wright, M., Austin, K. G., Stolle, F., ... Baccini, A. (2015). Reductions in emissions from deforestation from Indonesia's moratorium on new oil palm, timber, and logging concessions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(5), 1328–1333. <https://doi.org/10.1073/pnas.1412514112>

- Custódio da Costa, J. A., Andreoli, R. V., Kayano, M. T., de Souza, I. P., de Souza, R. A. F., & Cerón, W. L. (2024). The South American precipitation trends under (or not) El Niño–Southern Oscillation influences. *International Journal of Climatology*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1002/joc.8518>
- Daigloglou, V., Woltjer, G., Strengers, B., Elbersen, B., Barberena Ibañez, G., Sánchez Gonzalez, D., ... van Vuuren, D. P. (2020). Progress and barriers in understanding and preventing indirect land-use change. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*. <https://doi.org/10.1002/bbb.2124>
- Delzeit, R. et al. 2017: Indirect Land Use Change (iLUC) Revisited: An Evaluation of Current Policy, Proposals; IFW: Kiel, Germany, 2017.
- De Oliveira Silva, R. et al. 2015: Greenhouse gas mitigation through sustainable intensification of livestock production in the Brazilian Cerrado. *EuroChoices*, 14, 28–34. <https://doi.org/10.1111/1746-692X.12079>
- dos Reis, J. C., Kamoi, M. Y. T., Tanure, T. M. do P., Rodrigues, M. I., Etienne, J. J. D., Valentim, J. F., Pereira, M. A., & Wruck, F. de J. (2025). Integrated crop-livestock-forest systems: A path to improved agro-economic performance in the Brazilian Amazon and Cerrado. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 9, Article 1518747. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1518747>
- Eurostat. (n.d.). Agri-environmental indicator – irrigation. Statistics Explained. Retrieved from https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Agri-environmental_indicator_-_irrigation
- Feltran-Barbieri, R., & Féres, J. G. (2021). Degraded pastures in Brazil: Improving livestock production and forest restoration. *Royal Society Open Science*, 8(7), 201854. <https://doi.org/10.1098/rsos.201854>
- Finkbeiner, M. (2014). Indirect land use change – Help beyond the hype? *Biomass and Bioenergy*, 62. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2014.01.023>
- Gerbens-Leenes, P. W. (2018). Green, blue and grey bioenergy water footprints: A comparison of feedstocks for bioenergy supply in 2040. *Energy and Environmental Science*, 11(8), 2154–2163. <https://doi.org/10.1039/C8EE01053D>
- Goudard, G., Limberger, L., & Bertoletti Carpenedo, C. (2024). Influence of Eastern, Central and Mix El Niño on the variability of rainfall in southeastern South America. *Frontiers in Earth Science*, 12, Article 1134782. <https://doi.org/10.3389/feart.2024.1134778>
- Hertel, T. W. (2018). Economic perspectives on land use change and leakage. Global Trade Analysis Project (GTAP), Purdue University. https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/res_display.asp?RecordID=5619
- Hofmann, G. S., Silva, R. C., Weber, E. J., Barbosa, A. A., Oliveira, L. F. B., Alves, R. J. V., ... Cardoso, M. F. (2023). Changes in atmospheric circulation and evapotranspiration are reducing rainfall in the Brazilian Cerrado. *Scientific Reports*, 13(1), Article 11236. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-38174-x>
- IPCC. (2019). Climate Change and Land: Summary for Policymakers. IPCC. <https://www.ipcc.ch/srccl/>
- Judijanto, L., Yumhi, Y., & Lesmana, T. (2024). Effect of irrigation system, pesticide use, and human resource management on productivity growth of oil palm in Indonesia. *West Science Social and Humanities Studies*, 2(11), 1792–1801.
- Maksic, J., Shimizu, M. H., Kayano, M. T., Chiessi, C. M., Prange, M., & Sampaio, G. (2022). Influence of the Atlantic Multidecadal Oscillation on South American atmosphere dynamics and precipitation. *Atmosphere*, 13(11), Article 1778. <https://doi.org/10.3390/atmos13111778>
- Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2010). The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products (Value of Water Research Report No. 47). UNESCO-IHE.
- Molina Bacca, E. J., Stevanović, M., Bodirsky, B. L., Doelman, J. C. Popp, A. (2025). Future land-use pattern projections and their differences within the ISIMIP3b framework. *Earth System Dynamics*, 16, 753–801. <https://doi.org/10.5194/esd-16-753-2025>
- Mulligan, M. (2022). The problem with water footprints outside of irrigated drylands. *Water International*, 47(7), 1085–1107. <https://doi.org/10.1080/02508060.2022.2133815>
- Perry, C. (2014). Water footprints: Path to enlightenment, or false trail? *Agricultural Water Management*, 134, 119–125. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2013.12.004>

- Perry, C. (2019). Learning from water footprints: Who loses, who wins, and who cares? *Policy Quarterly*, 15(3), 72. <https://doi.org/10.26686/pq.v15i3.5690>
- Richstein, J., Strunz, S., & Bauknecht, H. (2025). Systemkostenstudie: Langfristige Kosten des deutschen Stromsystems im Spannungsfeld aus Klimaschutzziele und geopolitischen Krisen. Aurora Energy Research & EnBW. https://auroraer.com/wp-content/uploads/2025/04/Aurora_EnBW_Systemkostenstudie_Apr-25_public.pdf
- Sandford, C., Malins, C., & Phillips, J. (2024). Diverted harvest: Environmental risk from growth in international biofuel demand. *Transport & Environment*.
- Sun, Q., Huang, L., Meng, H., Chi, L., Wu, J., & Zhou, X. (2025). Review of simulations on land use change: A methodology based on bibliometric analysis. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 9, Article 1548565. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1548565>
- Taheripour, F., Mueller, S., Emery, I., Karami, O., Sajedinia, E., Zhuang, Q., & Wang, M. (2024). Biofuels induced land use change emissions: The role of implemented land use emission factors. *Sustainability*, 16, 2729. <https://doi.org/10.3390/su16072729>
- Valin, H., Peters, D., van den Berg, M., Frank, S., Havlik, P., Forsell, N., Hamelinck, C., Pirker, J., Mosnier, A., Balkovic, J., Schmid, E., Dürauer, M., & Di Fulvio, F. (2015). The land use change impact of biofuels consumed in the EU: Quantification of area and greenhouse gas impacts (Report No. BIENL13120). ECOFYS Netherlands B.V.
- Verstraeten, W. W., Muys, B., Feyen, J., Veroustraete, F., Minnaert, M., Meiresonne, L., & De Schrijver, A. (2005). Comparative analysis of the actual evapotranspiration of Flemish forest and cropland, using the soil water balance model WAVE. *Hydrology and Earth System Sciences*, 9(3), 225–241. <https://doi.org/10.5194/hess-9-225-2005>
- West, T. A. P., & Fearnside, P. M. (2021). Brazil's conservation reform and the reduction of deforestation in Amazonia. *Land Use Policy*, 100, 105072. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.105072>

Anhang: Abbildungen

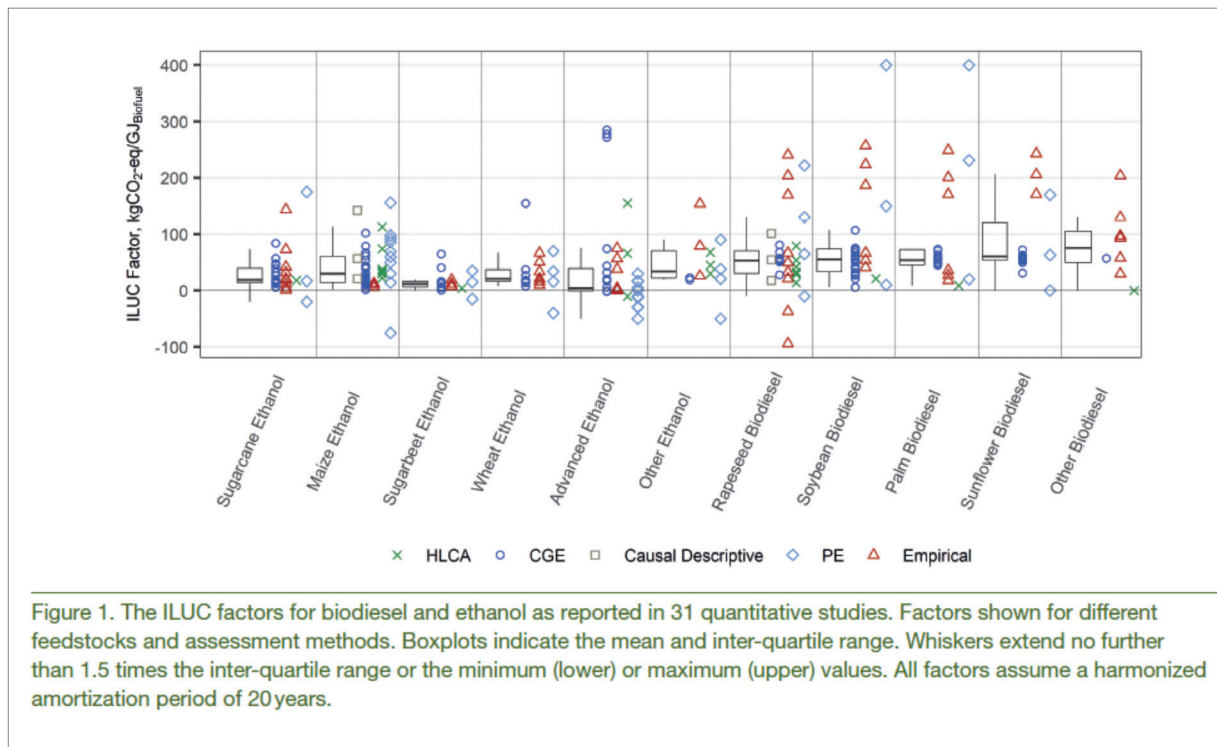


Abbildung 1: Meta-Analyse von iLUC-Studien. Daiglou et al. 2020

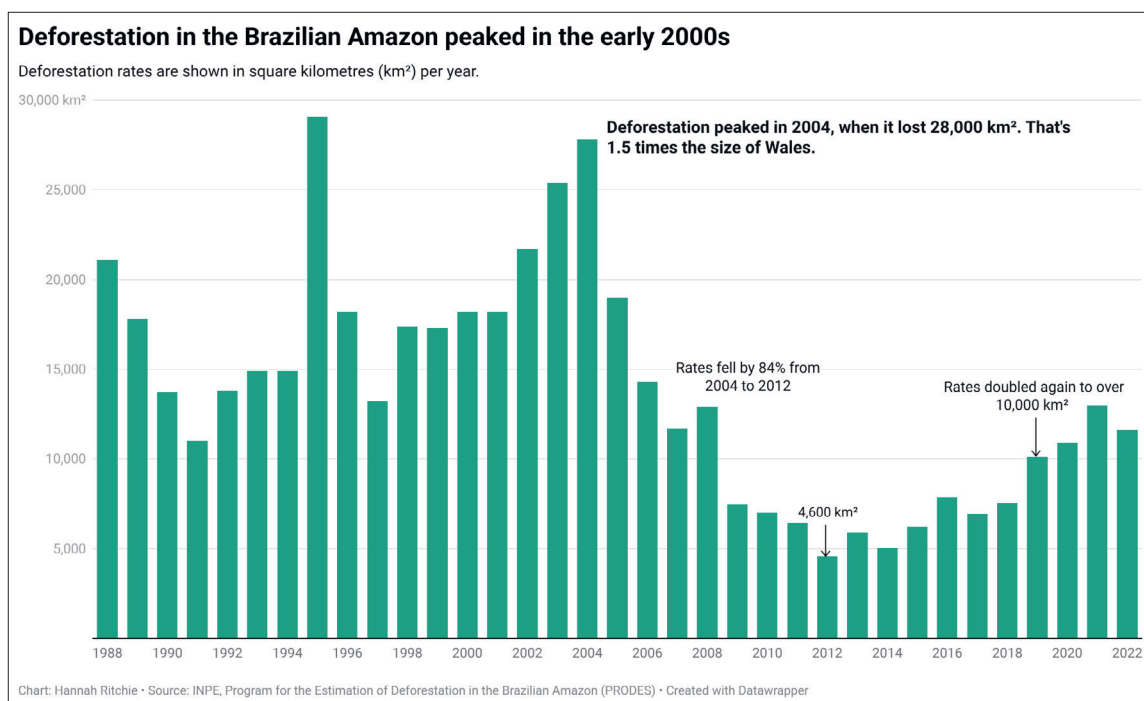
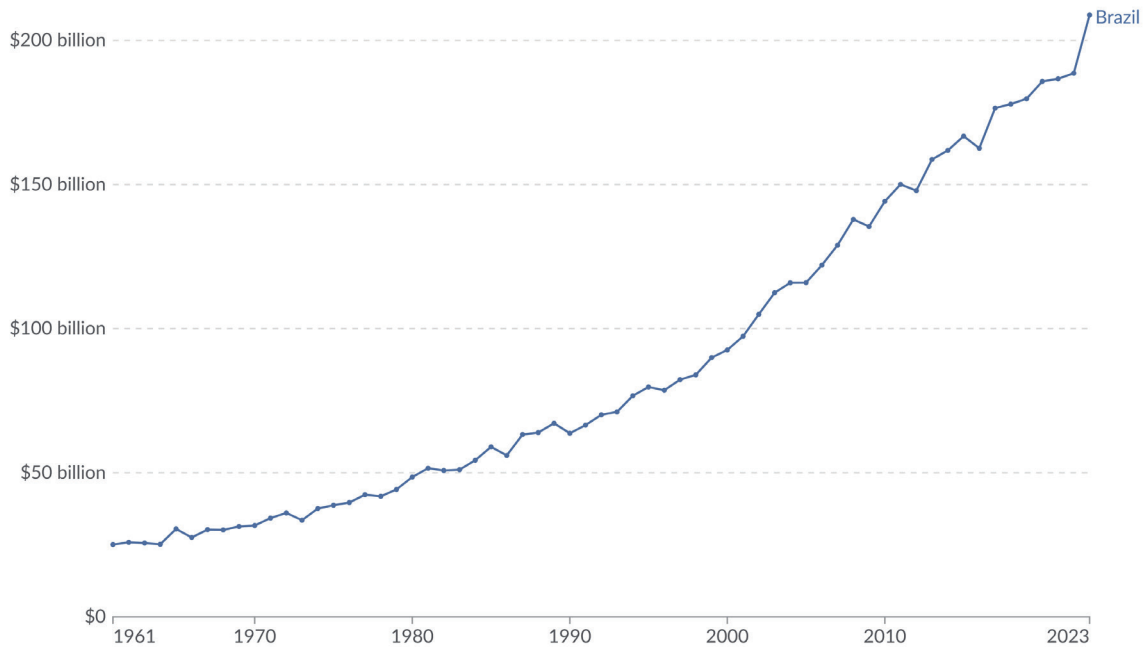


Abbildung 2: Waldrodung in Brasilien 1988-2022.
www.sustainabilitybynumbers.com/p/amazon-zero-deforestation

Agricultural output, 1961 to 2023

Our World
in Data

Total agricultural output is the sum of crop and livestock products. It is measured in constant 2015 US\$, which means it adjusts for inflation.



Data source: Food and Agriculture Organization of the United Nations (2025)

OurWorldinData.org/agricultural-production | CC BY

Abbildung 3: Landwirtschaftliche Produktion in Brasilien 1961-2023.

<https://ourworldindata.org/grapher/agricultural-output-dollars?country=~BRA>

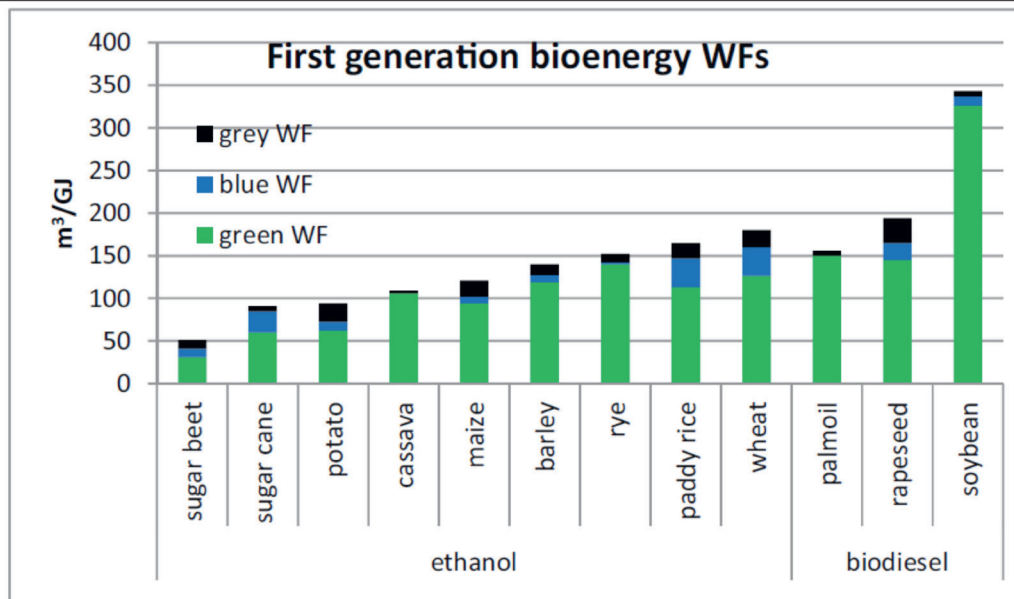


Fig. 3 Global average water footprint of first generation biofuel in m³ per GJ ethanol or per GJ biodiesel

Abbildung 4: Globaler durchschnittlicher Wasserfußabdrucks der Biokraftstoffe der ersten Generation (Gerbens-Leenes 2018).

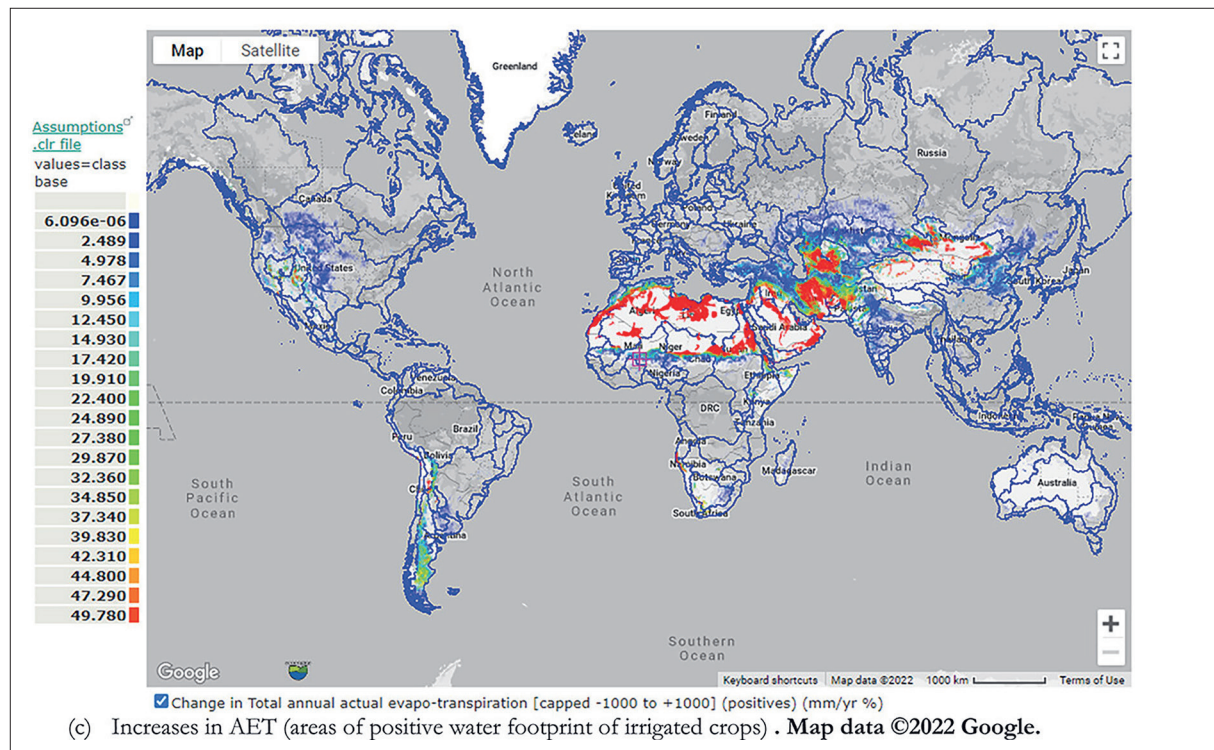


Abbildung 5: Anstieg der Evapotranspiration durch Bewässerung in der Landwirtschaft (Mulligan 2022)

Abkürzungsverzeichnis

CF	Carbon Footprint
CORSIA	Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation
EU	European Union
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FQD	Fuel Quality Directive
GLOBIUM	Global Biosphere Management Model
GTAP	Global Trade Analysis Project
iLUC	indirect Land-Use Change
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
LCA	Life Cycle Assessment
LEAP	Livestock Environmental Assessment and Performance
LUC	Land Use Change
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
PGM	Paragominas (Gemeinde in Brasilien)
PES	Payments for Environmental Services
PV	Photovoltaik
RED	Renewable Energy Directive
SFX	São Félix do Xingu (Gemeinde in Brasilien)
SOAS	School of Oriental and African Studies
TAG	Technical Advisory Group
T&E	Transport & Environment
THG	Treibhausgas
UNECE	United Nations Economic Commission for Europe
WF	Water Footprint

Über den Autor:

Dipl.-Ing. Björn Pieprzyk ist Senior Analyst und Eigentümer der Beratungsfirma ERA Energy Research Architecture. Seine Arbeit konzentriert sich auf die datengestützte Analyse von Energie- und Agrarmärkten sowie die Bilanzierung der mit den Sektoren verbundenen Treibhausgasemissionen. Aus seiner früheren wissenschaftlichen Arbeit an der TU Darmstadt ist er vertraut mit komplexen Energie- und Landnutzungsmodellierungen sowie der systemischen Verknüpfung der globalen Energie- und Landnutzung. Seine Expertise umfasst die Bewertung verschiedener Energieträger und (insbesondere erneuerbarer) Energietechnologien, die Ermittlung von Biomassepotenzialen sowie die Berechnung komplexer Energieszenarien. Pieprzyk hat in der Vergangenheit u. a. zu folgenden Themen gearbeitet: Klimawirkung und Substitution von Marginal Oil, Flaring & Venting von Begleitgas der Erdölförderung, Methoden der Modellierung indirekter Landnutzung, Konzepte der Biodiversität sowie Sektor-Szenarien zur Erreichung der Ziele des deutschen Klimaschutzgesetzes.

