

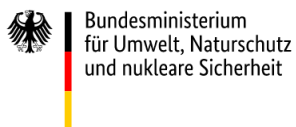


GO4Industry

Grundlagen – Bericht G4

**Sektorale, rechtliche und länderübergreifende
Schnittstellen in Erneuerbare-Energien-
Nachweissystemen**

Gefördert durch:



FKZ: UM20DC003

Autor:innen

Dr. Alice Sakhel
Beraterin, Hamburg Institut
sakhel@hamburg-institut.com
Tel.: +49 (40) 39106989-40

Dr. Alexandra Styles
Senior Researcherin, Hamburg Institut
styles@hamburg-institut.com
Tel.: +49 (40) 39106989-38

Hamburg, 16.11.2021

Zitiervorschlag:

Sakhel, A., Styles, A., 2021. Sektorale, rechtliche und länderübergreifende Schnittstellen in Erneuerbare-Energien-Nachweissystemen (Grundlagen, Teil 4), gefördert durch das BMU (FKZ: UM20DC003). Hamburg: Hamburg Institut.

Über das Projekt

GO4Industry

Industrieunternehmen müssen ihre Produktion zukünftig klimaneutral gestalten. Dies erfordert eine immense Steigerung des Einsatzes von erneuerbaren Energien auf allen Stufen des Produktionsprozesses. Diese Anstrengungen müssen entlang der Lieferkette sauber klimabilanziert werden. Dies wiederum erfordert ein verlässliches und grenzüberschreitend funktionierendes Nachweissystem für erneuerbare Energien in allen Sektoren: Strom, Gase, Wärme/Kälte. Die entsprechende Ausgestaltung hat die EU in der Erneuerbare-Energien-Richtlinie 2018/2001 den Mitgliedsstaaten zur nationalen Umsetzung aufgetragen. In dem vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit geförderten Projekt „GO4Industry“ erarbeiten das Hamburg Institut und die Green-GasAdvisors die Grundlagen für ein umfassendes nationales Nachweiskonzept für erneuerbare Energien. Dies schließt eine Analyse ein, wie Herkunftsnachweise und weitere Nachweiskonzepte für erneuerbare Energiequellen zwischen den jeweiligen Sektoren zukünftig zusammenspielen könnten. Die Projektergebnisse finden Sie auf der Projekt-Website: <https://go4industry.com/>.

Inhalt

Inhalt	1
Abkürzungsverzeichnis	2
1. Einleitung	4
2. Schnittstellen zwischen nationalen Erneuerbare-Energien-Nachweissystemen	6
2.1 Überblick über bestehende und zukünftige Nachweispfade für erneuerbare Energien	6
2.2 Schnittstellen zwischen Nachweissystemen eines Energieträgers	11
2.3 Schnittstellen zwischen Nachweissystemen verschiedener Energieträger	12
2.3.1 Für die Nachweisführung erneuerbarer Energien relevante Konversionen von transportierter Energie	13
2.3.2 Herausforderungen der Nachweisführung bei Konversionen von transportierter Energie	16
3. Nachweise der Erneuerbare-Energien-Eigenschaft als regulatorische Erfüllungsoption	22
3.1 Regulierungen auf EU-Ebene	23
3.2 Regulierungen auf nationaler Ebene	25
4. Schnittstellen zwischen Nachweissystemen verschiedener Länder	28
4.1 Status-quo: Bestehende Akteure und Infrastrukturen zur internationalen Verknüpfung von Erneuerbare-Energien-Nachweisen	28
4.2 (Perspektivische) Ausgestaltungsoptionen von Infrastrukturen zur internationalen Verknüpfung Erneuerbarer-Energien-Nachweise	30
5. Herausforderungen im Umgang mit Erneuerbare-Energien-Nachweissystemschnittstellen	33
6. Fazit	39
Abbildungsverzeichnis	40
Tabellenverzeichnis	41
Literatur	42

Abkürzungsverzeichnis

AIB	Association of Issuing Bodies
BEHG	Brennstoffemissionshandelsgesetz
BImSchG	Bundesimmissionsschutzgesetz
BM-RL	Binnenmarkttrichtlinie
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
EE	Erneuerbare Energien
EECS	European Energy Certificate System
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
EPBD	Energy Performance of Buildings Directive 2010/31/EU
EED	Energy Efficiency Directive 2012/27/EU
ESR	Effort Sharing Regulation
EU	European Union
EU ETS	EU Emissions Trading System
GEG	Gebäudeenergiegesetz
HKN	Herkunftsnachweis
kWh	Kilowattstunde
MW	Megawatt
PtC	Power-to-Cold
PtG	Power-to-Gas
PtH	Power-to-Heat

PtL	Power-to-Liquid
PtX	Power-to-X
RED I	Renewable Energy Directive I (Erneuerbare-Energien-Richtlinie 2009/28/EG)
RED II	Renewable Energy Directive II (Erneuerbare-Energien-Richtlinie (EU) 2018/2001)
REGATRACE	Renewable Gas Trade Centre in Europe
RFNBO	Renewable Fuels of Non-Biological Origin

1. Einleitung

Der zunehmende Einsatz erneuerbarer Energien stellt hohe Anforderungen an die Nachweisführung deren „erneuerbaren Eigenschaft“. Insbesondere im Fall der Umwandlung von Energien von einer Form in eine andere (z.B. zur Ermöglichung einer sektorübergreifenden Verwendung), ist die Erhaltung der unverfälschten Erneuerbare-Energien-Eigenschaft herausfordernd. Dementsprechend bedingt eine umfassende und transparente Nachweisführung mittels verschiedener Nachweissysteme für erneuerbare Energien (EE) den Umgang mit verschiedenen Arten von Schnittstellen. Diese Schnittstellen sind näher zu analysieren, um bei ihrer regulativen und technischen Ausgestaltung etwaige Inkompatibilitäten zu vermeiden, die Abwicklungseffizienz zu erhöhen und Reibungsverluste bzw. Transferkosten zu minimieren. Der Ausschluss der Doppelvermarktung der Erneuerbare-Energien-Eigenschaft sowie die Stärkung der Glaubwürdigkeit gegenüber Energieabnehmer:innen stellen, wie bei der Etablierung eines jeden Nachweissystems, die wichtigsten Leitkriterien des Schnittstellenmanagements dar.

In diesem Bericht umfassen Schnittstellen zum einen die **Verknüpfungspunkte zwischen nationalen Erneuerbare-Energien-Nachweissystemen eines Energieträgers und denen unterschiedlicher Energieträger**. Diese Verknüpfungspunkte gewinnen nicht nur durch die bisher weitgehend unabhängige Führung der verschiedenen Nachweisarten (z.B. Herkunftsnachweise und Massenbilanzierung), sondern auch durch Energiekonversionen (d.h. Umwandlungen von Energieträgern unter Einsatz von Input-Energie) an Bedeutung (siehe Abschnitte 2.2 und 2.3). Energiekonversionen werden insbesondere im Rahmen von Sektorkopplungsanwendungen (vor allem Power-to-X), die zur Flexibilisierung und Dekarbonisierung des Energiesystems beitragen sollen, immer relevanter. In beiden Fällen ist die zuverlässige und betrugssichere Nachverfolgbarkeit der Erneuerbare-Energien-Eigenschaft, ggfs. über mehrere (Sekundärenergie-)Konversionsstufen, unabdingbar, sowohl zur Erfüllung regulatorischer Anforderungen als auch im Sinne der Vertrauensbildung gegenüber Endverbraucher:innen.

Zudem bestehen **Schnittstellen zwischen Nachweisen und Regulierungen**, aufgrund von Anrechnungsmöglichkeiten zertifizierter, erneuerbarer Energien auf regulatorische Anforderungen, sowohl auf EU- als auch auf nationaler Ebene (siehe Abschnitt 3).

Schließlich sind **Schnittstellen zu den Nachweissystemen anderer europäischer Staaten** und perspektivisch auch außereuropäischer Länder zu beachten, da hierfür Standardisierungs- bzw. Harmonisierungsprozesse der Systeme mitgedacht werden müssen, um die breitflächige Anerkennung von Nachweisen zu ermöglichen (siehe Abschnitt 4).

Für **Industrieunternehmen** ist diese Thematik relevant, da auch diese mit den genannten Schnittstellen zwischen diversen nationalen und internationalen Nachweissystemen in Berührung kommen. Dies ergibt sich beispielsweise aus dem Umstand, dass die **Umwandlung**

von Energieträgern ein integraler Bestandteil zahlreicher industrieller Prozesse ist, wobei die Nachweisführung der Erneuerbare-Energien-Eigenschaft ggfs. über mehrere Nachweissysteme verschiedener Energieträger erbracht werden muss. Des Weiteren werden Industrieunternehmen im Rahmen der Nutzung von Wasserstoff in Industrieprozessen und den damit einhergehenden Wasserstoffimporten aus Nicht-EU-Ländern zunehmend mit einer **EU-grenzüberschreitenden Nachweisführung** konfrontiert. Schließlich ist es erforderlich, dass Industrieunternehmen, ob sie als Energieeinkaufende, -weiterverarbeitende oder -erzeugende agieren, den **Zweck, der mit der Nutzung von Nachweisen zum Beleg der Erneuerbare-Energien-Eigenschaft verfolgt werden soll**, klar definieren, um die Nachweisführung passend anzuwenden. Im Industriekontext können solche Nachweise in unterschiedlichen Bereichen erforderlich sein: bei der Offenlegung des Klimaschutzbeitrags von Produkten (z.B. gegenüber Endkund:innen), bei der Emissions- bzw. CO₂-Bilanzierung, bei der Inanspruchnahme gesetzlicher Förderungen oder der Erfüllung regulatorischer Verpflichtungen. Da je Zweck andere Anforderungen gelten können, müssen bei der Zweckdefinition die jeweiligen Nachweisschritte mitgedacht werden.

Im Folgenden werden sektorale, rechtliche und länderübergreifende Schnittstellen vertieft betrachtet und besondere Herausforderungen, die mit der Verknüpfung verschiedener Nachweissysteme innerhalb eines Landes und über Länder hinweg einhergehen, herausgestellt.

2. Schnittstellen zwischen nationalen Erneuerbare-Energien-Nachweissystemen

Mit steigender Anzahl an Nachweissystemen für erneuerbare Energien und Sektorenkoppelungsanwendungen, wie insbesondere der zunehmenden, „nichttraditionellen“ Nutzung von Strom in den Sektoren Wärme und Verkehr, steigt auch die Anzahl an Schnittstellen zwischen Nachweissystemen eines Energieträgers (z.B. zukünftig Gas-HKN und Gas-Massenbilanzierung) und zwischen den Nachweissystemen verschiedener Energieträger (z.B. Massenbilanzierung für Gase und HKN für Strom, Gase und Wärme/Kälte). Dieser Abschnitt liefert einen Überblick über bestehende und durch neue Regulierungen und Energieträgerkonversionen zukünftig mögliche Nachweispfade für erneuerbare Energien und stellt die Herausforderungen im Umgang mit den entstehenden Schnittstellen dar.

2.1 Überblick über bestehende und zukünftige Nachweispfade für erneuerbare Energien

Abbildung 1 liefert eine schematische Übersicht bereits bestehender und zukünftig möglicher Nachweispfade der Erneuerbare-Energien-Eigenschaft, die sich durch neue Regelungen (unter anderem in Artikel 19 der Erneuerbare-Energien-Richtlinie (RED) II der EU) ergeben können.¹ Neben bestehenden Massenbilanzierungssystemen für Biogas, Bioflüssigbrennstoffe und Biokraftstoffe sowie Herkunftsnachweisen (HKN) für erneuerbare Elektrizität, sollen zukünftig HKN gemäß Artikel 19 der RED II für erneuerbare Gase sowie Wärme und Kälte ausgestellt und gegebenenfalls auf nachgelagerte Akteure übertragen werden. Bereits im Strombereich geltende Grundsätze des HKN-Systems werden auch im Fall der neuen HKN-Anwendungsfälle Wärme/Kälte und Gase beibehalten (siehe dazu, GO4I-Grundlagenbericht 2, Styles et al. 2021). Grundsätzlich findet die „Nachweisausstellung“ spätestens² statt, wenn erneuerbare Energien in Verkehr gebracht werden. Letztes erfolgt beim Transport an Nachfragende, d.h. bei der Einspeisung in ein Versorgungsnetz oder bei anderweitigen Übergängen auf Dritte (z.B. durch eine netzunabhängige physische Lieferung in Form eines Tanklastert transports), bei welchen Energien fossiler und erneuerbarer Herkunft vermischt werden. Zudem sind weitere Anforderungen an die Nachweisführung für erneuerbaren Strom in der Vorbereitung (vgl. Artikel 27 Abs. 3 RED II).

¹ Die Abbildung stellt bereits bestehende und potenziell mögliche Nachweis- und Konversionspfade dar. Die genaue Umsetzung und Ausgestaltung dieser Pfade sind noch nicht abschließend festgelegt.

² Eine Massenbilanzierung im Rahmen der Nachhaltigkeitszertifizierung von Brennstoffen biogenen Ursprungs beginnt bereits mit der Herstellung der verwendeten Biomasse und wird über die gesamte Wertschöpfungskette geführt (siehe Abbildung 6 in Abschnitt 5).

Auch die Möglichkeit der Ausstellung von **Erneuerbare-Energien-Nachweisen für den Eigenverbrauch** wird in Fachkreisen diskutiert. Beispielsweise könnten HKN potenziell für die Eigenversorgung mit selbst erzeugten Energieträgern ausgestellt werden. Solche HKN ließen sich u.a. als Nachweis im Rahmen unternehmerischer Nachhaltigkeitsberichterstattungen nutzen. Allerdings wäre empfehlenswert festzulegen, dass Eigenversorgungs-HKN nicht übertragen bzw. nicht im Rahmen einer Energiekennzeichnung gegenüber Dritten genutzt werden können, da zugehörige Energiemengen nicht dem Markt zur Verfügung stehen (vgl. Verwimp et al. 2020: 58).

Bei **biogenen Gasen und Flüssigbrennstoffen** gelten Nachhaltigkeitskriterien, die durch „freiwillige Systeme“ wie REDcert oder International Sustainability and Carbon Certification „ISCC“ überwacht werden. Die Rückverfolgbarkeit und Durchsetzung dieser Kriterien sowie die Erneuerbare-Energien-Eigenschaft des jeweiligen Energieträgers wird mit Massenbilanzierungssystemen (z.B. nabisy, dena Biogasregister, European Renewable Gas Registry „ERGaR“) sichergestellt. Diese Systeme sind bei den genannten Energieträgern auch weiterhin anzuwenden und ermöglichen die Anrechnung der Stoffe auf Erneuerbare-Energien-Ziele der Europäischen Union (EU) (z.B. im Verkehrssektor gemäß den Artikeln 25 und 31 der RED II), im EU-Emissionshandel (EU ETS) sowie im Rahmen nationaler Regulierungen (z.B. Vergütung nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)). Im Bereich der **erneuerbaren Flüssigbrennstoffe** wäre es hypothetisch denkbar, HKN für PtL-Anlagen (im Fall von strombasierten Kraftstoffen) und auch für Raffinerien aller Art, welche flüssige Biobrennstoffe herstellen, auszustellen. Allerdings sind HKN für flüssige Brennstoffe derzeit weder in der RED II noch im Rahmen von Fachkreisdiskussionen vorgesehen. Dies liegt darin begründet, dass Flüssigbrennstoffe nur per Tank und nicht durch Netze transportiert werden, was eine aufwändigere Nachverfolgung (des Transports selbst und nicht nur der Erneuerbare-Energien-Eigenschaft) erfordert, welche über ein Book & Claim-System derzeit nicht abbildbar ist. Anders verhält es sich im Fall **erneuerbarer Gase**. Mit der Ausweitung des Anwendungsbereichs von HKN auf erneuerbare Gase, ermöglicht die RED II nun auch für diesen Energieträger, dass die Erneuerbare-Energien-Eigenschaft rechtssicher separat von der physischen Energie gehandelt werden kann. In diesem Zusammenhang gibt es bereits Bestrebungen, wie beispielsweise durch das EU-Projekt REGATRACE (Renewable Gas Trade Centre in Europe)³ und ERGaR⁴, ein System zu schaffen, das neben der Bereitstellung eines auf europäischer Ebene standardisierten Massenbilanzierungssystems, die ebenso standardisierte Ausstellung und den Handel von HKN für Biomethan/erneuerbare Gase ermöglicht.

HKN für erneuerbare Gase gemäß Artikel 19 der RED II inkludieren die Ausstellung von HKN für **erneuerbaren Wasserstoff**. Das Projekt CertifHy entwickelte bereits einen Vorschlag für

³ Siehe <https://www.regatrace.eu/>.

⁴ Siehe Pressemitteilung vom 15.07.2021 http://www.ergar.org/wp-content/uploads/2021/07/210715_press-release-on-ERGaR-CoO-scheme_final.pdf.

ein EU-weites Wasserstoff-HKN-System, einschließlich einer Definition für grünen und treibhausgasemissionsarmen Wasserstoff.⁵ Allerdings ist noch unklar, ob Mitgliedsstaaten die Vorgaben des Artikels 19 der RED II mit Hilfe von einheitlichen HKN für alle erneuerbaren Gase oder mit separaten HKN für Wasserstoff umsetzen. Zur Anerkennung von erneuerbarem Wasserstoff im Rahmen verschiedener Regularien auf EU- und auch auf nationaler Ebene ist allerdings ein regulierungskonformes Zertifizierungssystem erforderlich, welches über die Anforderungen an HKN gemäß Artikel 19 der RED II hinausgeht. Denn bereits in der RED II ist (ähnlich wie bei Bioflüssigbrennstoffen und -gasen) zur Anrechnung von Gasen und Flüssigbrennstoffen nichtbiogenen Ursprungs (auch Wasserstoff) auf Erneuerbare-Energien-Ziele die Anwendung einer Massenbilanzierung zur Dokumentation der Erfüllung der Treibhausgaseinsparungskriterien gefordert. Perspektivisch wäre es denkbar, dass auch Nachhaltigkeitskriterien für das bei der Elektrolyse verwendete Wasser (z.B. bezüglich möglicher Knappheiten/Nutzungskonkurrenzen im betroffenen Gebiet, etc.) überprüft werden.

Durch die Hochskalierung der Produktion von strombasierten Gasen und Flüssigbrennstoffen wird es zudem neue bzw. abgewandelte Verfahren zum Nachweis der **Erneuerbare-Energien-Eigenschaft von Strom**, zusätzlich zu den für diesen Energieträger bereits innerhalb von Europa gut etablierten HKN-Systemen (gemäß Artikel 19 der RED II), geben müssen. Letztere sind zumindest ohne ergänzende Informationen oder Nachweisarten nicht in der Lage neuen regulatorischen Anforderungen, insbesondere an einen Netzbezug von Strom, zu genügen (siehe dazu auch Abschnitt 5). Auf nationaler Ebene wird beispielsweise diskutiert, welche Anforderungen an die Herstellung von erneuerbarem Wasserstoff gestellt werden sollen, um nach § 69b EEG 2021 von der Zahlung der EEG-Umlage befreit zu werden. Die geänderte Erneuerbare-Energien-Verordnung (EEV) sieht bei einem Strombezug aus dem Netz u.a. vor, dass Elektrolyseure HKN entwerfen müssen, die bestimmten Kriterien entsprechen (z.B. bezüglich der Preiszone, in der Anlagen verortet sind, und der optionalen Kopplung, siehe Abschnitt 3b EEV).⁶ Auf EU-Ebene definieren Erwägungsgrund 90 und Artikel 27 Abs. 3 der RED II bestimmte Voraussetzungen für die Anrechnung von Wasserstoff als strombasiertem Kraftstoff⁷ zur Anwendung im Verkehrssektor (sogenannte Renewable Fuels of Non-Biological Origin „RFNBO“), unter denen die zur Kraftstoffproduktion eingesetzte Elektrizität aus dem Netz als erneuerbar angerechnet werden kann. Neben einem bilateralen Vertrag zwischen Strom- und RFNBO-Produzenten wird der Nachweis über die systemdienliche, räumliche und zeitliche Korrelation von Elektrizitäts- und Kraftstoffproduktion sowie die Sicherstellung der Schaffung zusätzlicher erneuerbarer Stromproduktionseinheiten gefordert. Eine Konkretisierung der Anforderungen erfolgt durch einen Delegierten Rechtsakt

⁵ Siehe <https://www.certifhy.eu/>.

⁶ Erneuerbare-Energien-Verordnung vom 17. Februar 2015 (BGBl. I S. 146), zuletzt geändert durch Artikel 87 des Gesetzes vom 10. August 2021 (BGBl. I S. 3436).

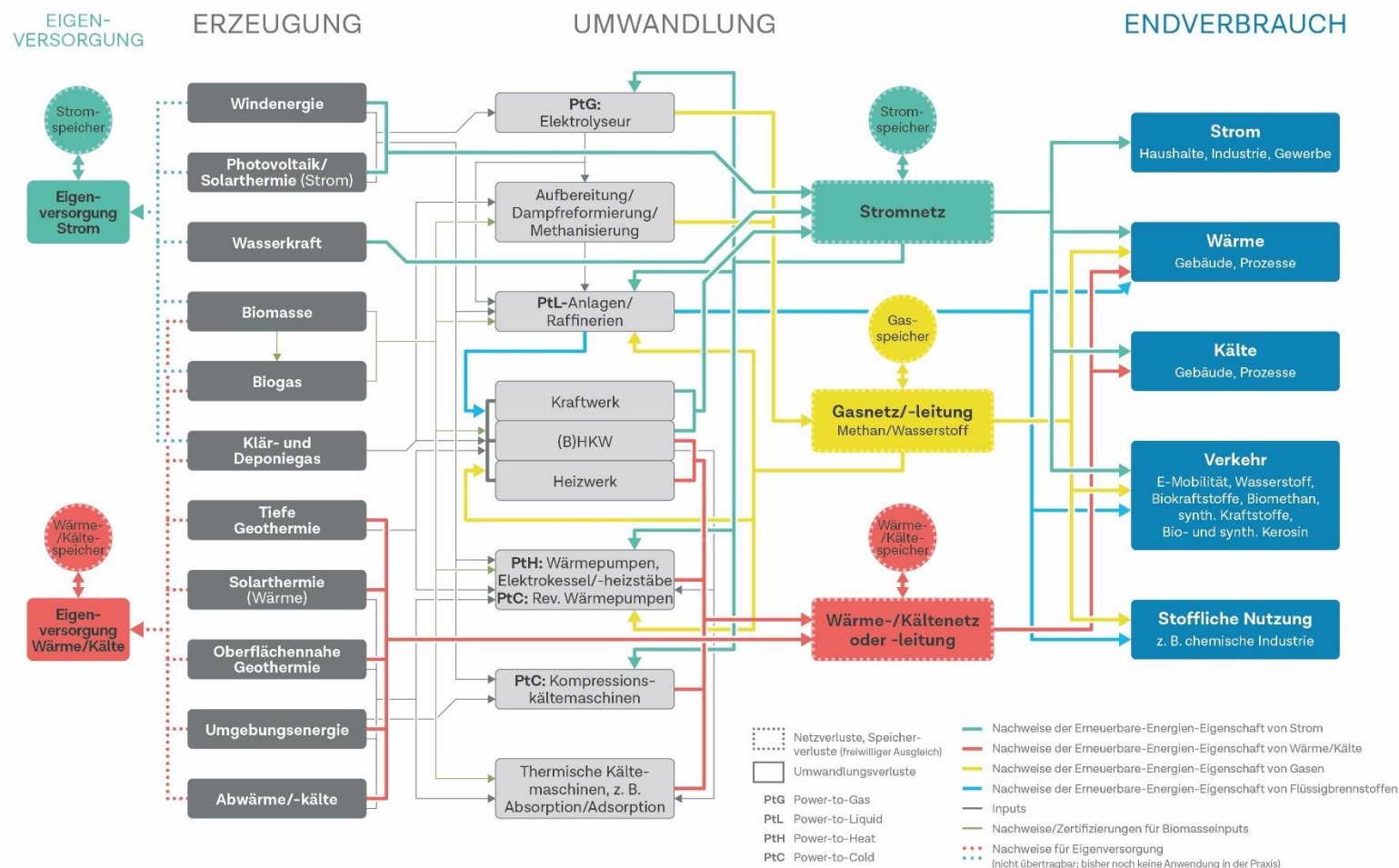
⁷ Dies gilt für Gase wie Wasserstoff und auch für flüssige synthetische Kraftstoffe und synthetisches Kerosin.

der EU-Kommission, der bis Ende 2021 veröffentlicht werden soll (siehe Hoffmann und Antoni 2021 zum aktuellen Diskussionsstand). Bereits absehbar ist, dass derartige Anforderungen über die Nachweisfunktion des derzeitigen HKN gemäß Artikel 19 der RED II hinausgehen. Ein neuer Nachweis oder eine Weiterentwicklung des bestehenden Strom HKN müsste demnach die Ausweisung zusätzlicher Kriterien ermöglichen.

Im **Wärme- und Kältebereich** bot auch die Vorgängerversion der RED II bereits die Möglichkeit der Herkunftsnachweisausstellung für Wärme und Kälte, was jedoch im deutschen Rechtsrahmen bisher nicht umgesetzt wurde. Auch im europäischen Kontext bestehen bislang nur vereinzelte Beispiele für Wärme- und Kälte-HKN-Systeme, insbesondere in den Niederlanden und Flandern (Verwimp et al. 2020, S. 15). In Deutschland wird bislang die Umwelteigenschaft der Wärme/Kälte innerhalb eines zusammenhängenden Netzes mittels der Berechnung und Veröffentlichung des Primärenergiefaktors dokumentiert. Die Einführung von HKN in diesem Sektor würde erstmals eine rechtssichere Nachverfolgung und Zuordnung der erneuerbaren Eigenschaft, der über Netze transportierten Wärme und Kälte zu einzelnen Verbrauchenden, ermöglichen. Dies könnte künftig die separate Vermarktung von grünen Fern-/Nahwärme- bzw. -kälteprodukten ermöglichen, mittels derer sich zusätzliche Refinanzierungsbeiträge für Investitionen in Erneuerbare-Energien-Anlagen generieren ließen. Diese Art Produkte sind nicht nur interessant für klimabewusste Privatkunden, sondern ebenso für Bauherren und Industriekunden. Ob es eine Möglichkeit geben wird, zu Kennzeichnungszwecken auch HKN zu verwenden, die nicht aus dem Wärme- oder Kältenetzverbund, in dem Verbrauchende verortet sind, stammen, ist noch nicht abschließend festgelegt.

Abbildung 1 verdeutlicht, dass durch die Vielzahl an Nachweispfaden ebenso eine Vielzahl an Nachweisschnittstellen entsteht. Diese befinden sich vornehmlich in zwei Bereichen: **zwischen den Nachweissystemen eines Energieträgers** und **zwischen den Nachweissystemen mehrerer Energieträger**. Diese Schnittstellenkategorien werden in den zwei folgenden Abschnitten näher betrachtet.

Abbildung 1: Bestehende und zukünftige Nachweispfade für erneuerbare Energien



Es werden nur wahrscheinliche Fälle dargestellt, nicht alle technisch denkbaren.

© HIC Hamburg Institut Consulting GmbH

Quelle: Eigene Darstellung Hamburg Institut.

Bemerkung: Die Massenbilanzierung von Brennstoffen biogenen Ursprungs findet bereits ab der Herstellung der verwendeten Biomasse statt und wird über die gesamte Wertschöpfungskette geführt. Die Graphik stellt nur diejenigen Nachweispfade der Erneuerbare-Energien-Eigenschaft ab der Umwandlung von Biomasse in eine verwertbare Energieform dar (nach der Aufbereitung in flüssige Kraftstoffe und Gase).

2.2 Schnittstellen zwischen Nachweissystemen eines Energieträgers

Die Regelung der RED II bezüglich der verpflichtenden Ausstellung von HKN für weitere Energieträger nebst Strom hat zur Folge, dass es nun mehrere Nachweistypen für den rechtssicheren Nachweis der Erneuerbare-Energien-Eigenschaft eines Energieträgers geben kann (siehe Abbildung 2).

So besteht zum einen die Möglichkeit, dass zukünftig im **Biogas- bzw. Biomethan-Bereich** bereits existierende **Schnittstellen zwischen den Massenbilanzierungs- und Nachhaltigkeitszertifizierungssystemen** (wie z.B. in der Web-Anwendung Nachhaltige-Biomasse-Systeme (Nabisy) der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung „BLE“) **um Schnittstellen zu den zu etablierenden HKN-Systemen für Gase ergänzt werden**. Entsprechende Schnittstellen könnten dazu beitragen, dass alle Vermarktungsarten/Anrechnungspotenziale mit überschaubarem Bürokratieaufwand umgesetzt/genutzt werden können und gleichzeitig eine Doppelvermarktung der Erneuerbare-Energien-Eigenschaft vermieden wird. Zudem ist es insbesondere im deutschen Kontext wünschenswert, Abgleiche zwischen den derzeit parallel existierenden Massenbilanzierungssystemen zu etablieren, damit die Doppelvermarktung von Biogasen künftig ausgeschlossen werden kann (siehe GO4I-Grundlagenbericht 1, Bowe und Girbig 2021).

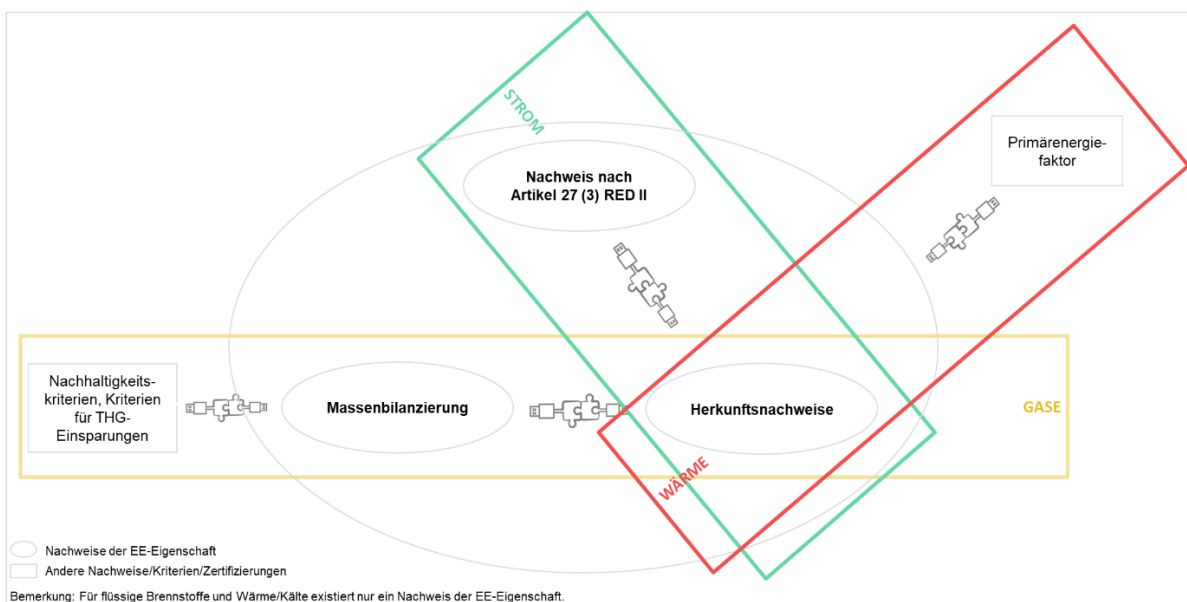
Wie im Abschnitt zuvor dargestellt ist **die Existenz mehrerer Nachweispfade auch im Fall von Wasserstoff perspektivisch wahrscheinlich**, da bereits sehr konkrete Diskussionen hierzu stattfinden. Wie bereits erwähnt, wird ähnlich dem Umgang mit biogenen Gasen bei der Nachweisführung von grünem Wasserstoff zur Erfüllung von regulatorischen Anforderungen/Erneuerbare-Energien-Zielen, insbesondere bei der Nutzung als RFNBO im Verkehrssektor, voraussichtlich die Anwendung der Massenbilanzierung gefordert. Schnittstellen zwischen HKN- und Massenbilanzierungssystemen würden somit auch bei grünem Wasserstoff eine Rolle spielen.

Inwieweit der existierende **Strom-HKN** gemäß Artikel 19 der RED II Teil der Nachweisführung wird, um die Anforderungen des Artikel 27 Abs. 3 der RED II an Strom zur Herstellung von grünem Wasserstoff zu belegen, oder ob hierfür ein separater, komplett neuer Nachweis geschaffen wird, ist aufgrund der noch nicht eindeutigen Rechtslage nicht abschließend zu klären. Allerdings ist ein gewisser Abgleich zwischen aus Gründen der Doppelvermarktungsvermeidung als sinnvoll anzusehen.

Im Fall von **Wärme/Kälte und flüssigen Brenn- bzw. Kraftstoffen ist die Einführung weiterer Nachweise**, außerhalb der derzeit rechtlich festgelegten, **zum jetzigen Zeitpunkt nicht absehbar**, wodurch auch keine Schnittstellen zu anderen Typen von Nachweisen der Erneuerbare-Energie-Eigenschaften des gleichen Energieträgers entstehen. Bei flüssigen Brenn- bzw. Kraftstoffen wird es mit der Massenbilanzierung zunächst weiterhin nur eine dominante Nachweisform geben. Hier sind vor allem die Schnittstellen zu den

(Massenbilanzierungs-) Systemen anderer Länder innerhalb und außerhalb der EU entscheidend. Die in den Mitgliedsstaaten zu etablierenden Wärme-/Kälte-HKN sind ebenso vorerst die einzigen Nachweise zur Belegung der Erneuerbare-Energien-Eigenschaft dieses Energieträgers. Regionen- bzw. länderübergreifende Schnittstellen werden nur dann relevant, falls die HKN auch außerhalb eines zusammenhängenden Wärme-/Kältenetzes hinweg zu Kennzeichnungszwecken entwertet werden dürften. Zudem ist perspektivisch denkbar Wärme-/Kälte-HKN zur Ermittlung von wärmeproduktspezifischen bzw. gebäudescharfen Primärenergiefaktoren (GEG) für Wärme-/Kältenetze heranzuziehen. Die Ausgestaltung dessen würde vom allgemeinen Umgang mit HKN (z.B. Entwertungs- und Kennzeichnungsregeln) und den Berechnungsregeln des Primärenergiefaktors (z.B. Beibehaltung oder Abweichung vom bisherigen Grundsatz „Ein Netz, ein Faktor“) abhängen.⁸

Abbildung 2: Potenzielle Schnittstellen zwischen nationalen Nachweissystemen eines Energieträgers



Quelle: Eigene Darstellung Hamburg Institut.

Bemerkung Strom: Ob Strom-HKN und der Nachweis nach Artikel 27(3) RED II zwei komplett unabhängige Systeme darstellen, ist aktuell noch nicht absehbar.

2.3 Schnittstellen zwischen Nachweissystemen verschiedener Energieträger

Zusätzlich zu den im vorherigen Abschnitt 2.2 genannten Schnittstellen, machen *Energieumwandlungen*, bei welchen die *Input-Energieträger* bereits durch ein Netz oder mittels einer anderen Infrastruktur (z.B. Tanker) transportiert wurden, bei der sich fossile und erneuerbare

⁸ Im energieträgerspezifischen Bericht „Wärme/Kälte“ wird diese Thematik genauer ausgearbeitet.

Energien vermischen (im Folgenden als „transportierte Energie“ bezeichnet), die Nachweisführung der Erneuerbare-Energien-Eigenschaft an Schnittstellen zwischen Nachweissystemen verschiedener Energieträger erforderlich.⁹ Dieser Abschnitt fokussiert sich auf derartige Energiekonversionen, welche in Tabelle 1 im Detail dargestellt werden.

2.3.1 Für die Nachweisführung erneuerbarer Energien relevante Konversionen von transportierter Energie

Energiekonversionen beschreiben in diesem Kontext den **Einsatz einer/s transportierten Energieträgers/-form (Input-Energie) zur Erzeugung einer/s anderen Energieträgers/-form (Output-Energie)**. Solche Konversionen und hiermit einhergehende Nachweisführungspfade finden insbesondere im Rahmen von Sektorenkopplungsanwendungen statt.

Weit gefasst definieren **Sektorenkopplungsanwendungen** die stetig voranschreitende Substitution fossiler Energieträger durch erneuerbaren Strom, weitere erneuerbare Energieträger (z.B. Biomasse) sowie nachhaltige Energienutzungsformen (z.B. Abwärme) in neuen und bestehenden sektorenübergreifenden Anwendungen mit dem primären Ziel der Dekarbonisierung (Wietschel et al. 2018). Auch innovative Kopplungen von klassischen Verbrauchssektoren (Haushalte, Industrie, Verkehr, etc.) mit Hilfe von Netzinfrastrukturen können als Teilmaßnahmen unter die Sektorenkopplung geordnet werden (Wietschel et al. 2018). Zusammenfassend wird Sektorenkopplung auch als die „energie technische und energiewirtschaftliche Verknüpfung von Strom, Wärme, Verkehr und industriellen Prozessen“ (BDEW 2017) bezeichnet.

Häufig werden unter dem Begriff „Sektorenkopplung“ Power-to-X (PtX)-Anwendungen verstanden. Diese beschreiben den Einsatz von Elektrizität in verschiedenen Sektoren mittels der Umwandlung von Strom in andere Energieformen. Unter den Begriff PtX wird neben der direkten Nutzung von Strom, im Rahmen der E-Mobilität und im Wärme- und Kältebereich (Power-to-Heat, PtH; Power-to-Cold, PtC), auch der Einsatz von Strom zur Erzeugung strombasierter Gase und Flüssigbrennstoffe (Power-to-Gas, PtG; Power-to-Liquid, PtL; hiernach zusammengefasst als PtX-Stoffe) sowie deren Rückverstromung gefasst.

Während der direkten Nutzung von Strom in Verkehr, Wärme und Industrie, ohne vorherige Umwandlungsschritte, ein recht hohes technisches und wirtschaftliches Potenzial zugeschrieben wird, fallen Einschätzungen bezüglich des Potenzials von **PtX-Stoffen** (strombasierte

⁹ Dies schließt z.B. die direkte Nutzung von Strom (ohne Umwege über die Rückverstromung eines strombasierten Gases) im Rahmen der Elektromobilität aus. Strom, der hierbei zur Erzeugung von kinetischer Energie (Autobewegung) genutzt wird, erfährt zwar ebenso eine Umwandlung und ist zudem nachweispflichtig, im Falle, dass dieser auf das Erneuerbare-Energien-Verkehrssektorziel der RED II angerechnet werden soll. Jedoch erfordert dieser Anwendungsfall keine Schnittstelle zwischen verschiedenen Nachweissystemen, da die Nachweisführung mit der Einspeisung des Stroms in die Autobatterie endet.

Gase und Flüssigbrennstoffe) sehr unterschiedlich aus (vgl. z.B. Pfluger et al. 2017, Henning und Palzer 2015, Hydrogen Council 2017, Acatech/Leopoldina/Akademienunion 2017). PtX-Stoffe stellen eine Option dar, nötige Langfrist-Speichermöglichkeiten und somit Flexibilität, die mit zunehmendem, fluktuierenden Erneuerbaren-Ausbau nötig werden, zu generieren. Zudem ermöglichen PtX-Stoffe die großflächige Nutzung von erneuerbaren Energien im Schwerlast-, Luft- und Schiffverkehr sowie in der Industrie. Gleichzeitig gehen solche Energiekonversionen aber mit potenziell hohen Umwandlungsverlusten einher, wodurch PtX-Stoffe deutlich ineffizienter sind als die Direktnutzung von Strom und somit den, durch die Elektrifizierung von Wärme und Verkehr ohnehin ansteigenden, Strombedarf zusätzlich stark erhöhen. Da bei der Produktion von PtX-Stoffen verschiedene Schritte durchlaufen und erheblich mehr Inputs benötigt werden als für die bloße Erzeugung von Strom, muss noch stärker auf die Einhaltung von klar definierten Nachhaltigkeits- und Klimaschutzkriterien geachtet werden (vgl. dena 2017, ESYS 2017, Gerhardt et al. 2015, Öko-Institut/Fraunhofer ISI 2015), zumindest, solange die Inputs knappe Ressourcen darstellen. Die mit den verschiedenen Umwandlungsschritten einhergehenden Verluste führen zudem zu größerem Aufwand bei der Nachweisführung der Erneuerbaren-Energien-Eigenschaft, was im Fall der Direktnutzung von transportierten Energieträgern weniger stark zum Tragen kommt.¹⁰

¹⁰ Wie in vorheriger Fußnote erwähnt, wird z.B. bei der Direktnutzung von Strom nur ein Stromnachweis benötigt, wodurch Zwischenschritte in der Nachweisführung entfallen und Verluste nicht durch mehrere Systeme dokumentiert, sondern ggfs. nur bei der Endnutzung berücksichtigt werden müssen.

Tabelle 1: Im Rahmen der Nachweisführung relevante Konversionen von erneuerbaren, transportierten Energieträgern

Erneuerbarer Energieträger		Output			
		Strom	Gase	Wärme/Kälte	Flüssige Brennstoffe
Input	Strom		Power-to-Gas Erzeugung von Wasserstoff (Methan) mittels Elektrolyse (+Methanisierung)	Power-to-Heat/-Cold Wärmegewinnung mittels Wärmepumpe, Elektrokessel oder Heizstab; Kältengewinnung mittels reversibler Wärmepumpe, Kompressionskältemaschine	Power-to-Liquid Erzeugung von synthetischen Flüssigbrennstoffen (z.B. Methanol) mittels Elektrolyse/Synthesegasherstellung und Verflüssigung (z.B. Fischer-Tropsch-/Alkohol-/Methanolsynthese)
	Gase	Gasverstromung z.B. in einem gasbetriebenen (Block-) (Heiz)Kraftwerk; ggfs. Rückverstromung strombasierter Gase	Gasaufbereitung bzw. -umwandlung Wasserstoff $\Leftrightarrow$ Methan mittels verschiedener Verfahren (z.B. Methanisierung, Dampfreformierung)	Wärme-/Kältengewinnung z.B. in einem gasbetriebenen (Block-) Heiz(kraft)werk, Wärmepumpen, thermische Kältemaschinen; ggfs. Einsatz von strombasierten Gasen	Gasverflüssigung von synthetischem oder Biogas mittels verschiedener Verfahren (z.B. Fischer-Tropsch-/Alkohol-/Methanolsynthese, etc.)
	Wärme/ Kälte	*		Temperaturerhöhung z.B. mittels Wärmepumpe, Solarthermie Temperaturabsenkung z.B. mittels reversibler Wärmepumpe	
	Flüssige Brennstoffe	Verstromung flüssiger Brennstoffe z.B. in einem ölbetriebenen (Block-) (Heiz)Kraftwerk; ggfs. Rückverstromung strombasierter Flüssigbrennstoffe		Wärme-/Kältengewinnung z.B. in einem ölbetriebenen (Block-) Heiz(kraft)werk, Heizkessel; ggfs. Einsatz von strombasierten Flüssigbrennstoffen	

Quelle: Eigene Darstellung Hamburg Institut und GreenGasAdvisors.

Bemerkung: Darstellung inkludiert nur vollständig erneuerbare Energieträger und gängige Verfahren (nicht alle möglichen Verfahren, kein Anspruch auf Vollständigkeit).

*Stromerzeugung aus Wärme vernachlässigt, da hierbei i.d.R. kein Transport von thermischer Energie durch Netze, d.h. keine Vermischung von Eigenschaften stattfinden und die Nachweisausstellung nur für den Output Strom notwendig würde. Mögliche, aber nicht breit angewendete Verfahren (Hoffmann et al. 2017): Geothermie/Solarthermie mit Wärmeverwertung (z.B. mit Turbine/Generator), Abwärme mit ORC-Anlagen/thermoelektrischen Generatoren.

2.3.2 Herausforderungen der Nachweisführung bei Konversionen von transportierter Energie

Die zuvor beschriebenen Umwandlungsprozesse von Energiekonversionen stellen unter Umständen besondere Herausforderungen für die Nachweisführung der Erneuerbare-Energien-Eigenschaft dar. Diese Herausforderungen entstehen beim Bezug transportierter erneuerbarer Energieinputs (z.B. Netzbezug, Transport in einem Tank, etc.) zur Erzeugung entsprechender, grüner Outputs. Transportierte Inputs sind aufgrund der transportbedingten Vermischung von Energien unterschiedlicher Eigenschaften (u.a. fossil und erneuerbar) nicht mehr einer Energiequelle zuordenbar und können so nur noch bilanziell und mit Hilfe von Nachweisen als erneuerbar deklariert werden. Dies gilt entsprechend auch für potenzielle Folgeprodukte, die Outputs, was im Speziellen die regulatorische Anrechenbarkeit dieser Outputs verkompliziert.

Tabelle 2: On-site- vs. Off-site-Produktion grüner Energieoutputs und entsprechende Nachweisführung der Erneuerbare-Energien-Eigenschaft

	<i>On-site</i>	<i>Off-site</i>
PRODUKTIONSVERFAHREN	Bei der Produktion eines grünen Energieoutputs sind alle Produktionseinheiten über eine Direktleitung miteinander verbunden (z.B. Elektrolyseur ist direkt mit Stromerzeugungsanlage verbunden).	Zur Produktion eines grünen Energieoutputs wird „bilanziell grüne“ Inputenergie aus einer Transportinfrastruktur bezogen, in die mehrere Energieerzeugungseinheiten (auch fossile) einspeisen (z.B. Elektrolyseur bezieht Strom aus dem Netz).
NACHWEISFÜHRUNG	Vereinfacht: - Erstausstellung von Nachweisen erfolgt unmittelbar vor der Bereitstellung zur „Endnutzung“. - Kaskadenartige Wälzung der Erneuerbare-Energien-Eigenschaft über mehrere Nachweissysteme entfällt.	Erschwert: - Es entsteht (entstehen) eine (mehrere) Schnittstelle(n) zwischen Nachweissystemen verschiedener Energieträger. - Kaskadenartige Wälzung der Erneuerbare-Energien-Eigenschaft über mehrere Nachweissysteme notwendig.

Quelle: Eigene Darstellung Hamburg Institut.

Schwierigkeiten bezüglich der Nachweisführung und damit auch der regulatorischen Anrechenbarkeit werden reduziert, wenn der Bezug von erneuerbarer Input-Energie zur Erzeugung von „zu zertifizierender“, erneuerbarer Output-Energie über eine Direktleitung („on-site“) zu einer sortenreinen Energieerzeugungseinheit am gleichen Ort oder in der Nähe und nicht über ein sortenunreines Transportsystem erfolgt. Findet die

Erstausstellung von Nachweisen der Erneuerbare-Energien-Eigenschaft dann unmittelbar vor der „Endnutzung“¹¹ statt, entfällt eine kaskadenartige Wälzung der Erneuerbare-Energien-Eigenschaft über mehrere Nachweissysteme, was die Nachweisführung stark vereinfacht.¹² Dies gilt z.B. für den Fall von Solarstrom, der über eine Direktleitung zu einem Elektrolyseur transportiert und dort zur Herstellung von Wasserstoff genutzt wird. In diesem Fall wird nur eine Nachweisform für erneuerbaren Wasserstoff (je nach Zweck HKN oder Massenbilanzierung) benötigt – für den Nachweis der Erneuerbare-Energien-Eigenschaft des per Direktleitung bezogenen Stroms würde z.B. ein Anlagen-Audit ausreichen.¹³

Dahingegen sollen, z.B. bei der Herstellung von Wasserstoff und anderen strombasierten Kraftstoffen, die regulatorischen Bestrebungen auf EU-Ebene (z.B. Artikel 27 Abs. 3 der RED II) zusätzlich zur on-site Produktion die Anrechenbarkeit einer off-site Produktion auf Erneuerbare-Energien-Ziele ermöglichen (d.h. die Nutzung transportierter (sortenunreiner), erneuerbarer Input-Energie (in diesem Fall Elektrizität aus dem öffentlichen Netz) zur Herstellung von regulatorisch anrechenbaren, „grünen“ Energieoutputs wie Wasserstoff soll ermöglicht werden, siehe Tabelle 2). Analog formuliert Abschnitt 3b EEV auf Bundesebene Anforderungen, die bei einer Wasserstoffproduktion mit Strombezug über das Netz erfüllt werden müssen, damit erzeugter Wasserstoff als „grün“ gelten kann und eine EEG-Umlagebefreiung beanspruchen kann. Diese Bestrebungen haben zum Hintergrund, dass die Stromerzeugungseinheit und die weiterverarbeitende Einheit in der Praxis oft nicht über eine Direktleitung verbunden sind oder sein können, der Markthochlauf von noch wenig verbreiteten Technologien, wie der Wasserstoffelektrolyse, aber dennoch realisiert werden soll. Zudem soll die Flexibilität des Energiesystems zum effizienteren Umgang mit fluktuierenden erneuerbaren Energien erhöht werden. So ermöglicht beispielsweise der Netzbezug von Strom, Standortentscheidungen von erneuerbaren Stromerzeugungsanlagen und Elektrolyseuren unabhängig voneinander zu optimieren – für die Systemintegration fluktuierender Erneuerbarer-Energien-Einspeisung ist aber die Berücksichtigung der Netzkapazität sicherzustellen (d.h. Abwesenheit von Netzengpässen) sowie der systemdienliche Betrieb von Elektrolyseuren.

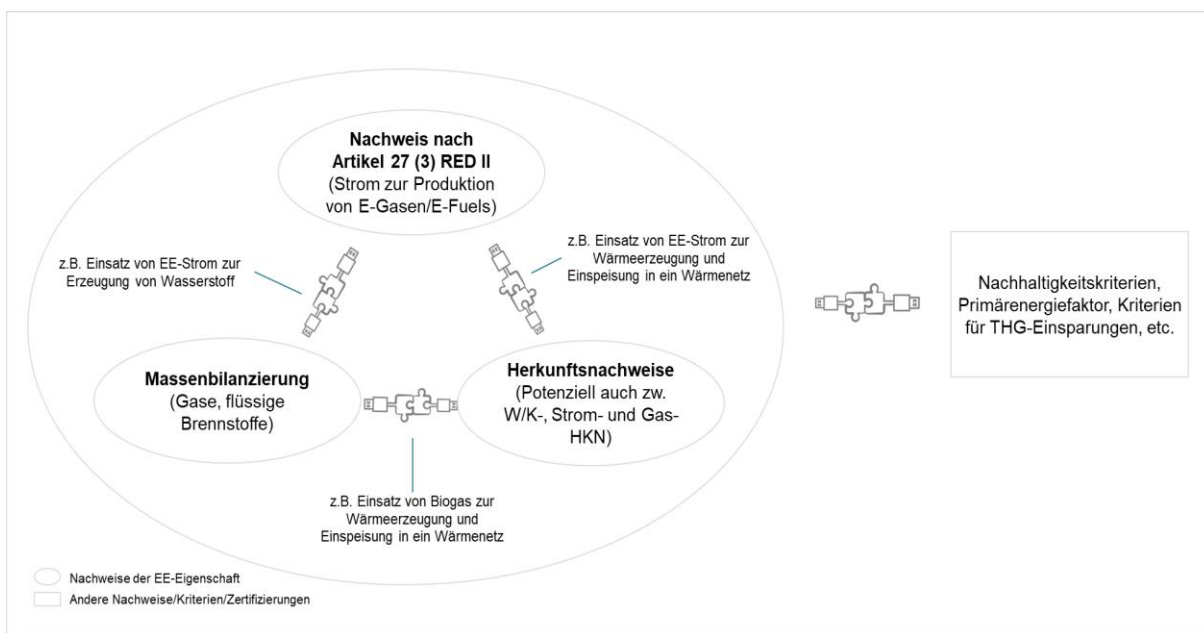
¹¹ „Endnutzung“ (d.h. die Erzeugung von Nutzenergie, z.B. Verbrauch von Strom oder Kraftstoff zur Erzeugung von kinetischer Energie) umfasst hier sowohl die Endnutzung vor Ort (Eigenverbrauch), als auch die Endnutzung, die, ohne weitere Energieumwandlungen vorzunehmen, direkt nach dem Transport an einem anderen Ort stattfindet.

¹² Einen Sonderfall stellt beispielsweise die on-site Biogasverstromung dar: Hier muss ab Einsatz der Biomasse bis hin zur Stromerzeugung eine Massenbilanz zur Belegung der Nachhaltigkeits- und Treibhausgasminderungskriterien geführt werden; die Erneuerbare-Energien-Eigenschaft des Endprodukts (hier Strom) muss, wenn es ohne weitere Umwandlungen endverbraucht wird, hingegen nur mit einem Nachweis (z.B. HKN) belegt werden.

¹³ Falls für die entsprechende Stromproduktion Strom-HKN ausgestellt wurden, wären diese allerdings zu entwerfen, um eine Doppelvermarktung der erneuerbaren Eigenschaft auszuschließen.

Energiekonversionen auf Basis transportierter Input-Energie finden insbesondere bei PtX-Anwendungen, wie der Umwandlung von netzbezogenem Strom in Wasserstoff, flüssige Brennstoffe und Wärme oder Kälte statt. Weitere mögliche Umwandlungspunkte bestehen bei der Verbrennung von Gasen zur Wärme- und Kältegewinnung sowie bei der (Rück-) Verstromung von Gasen (siehe Abbildung 1 und Tabelle 1).¹⁴

Abbildung 3: Potenzielle Schnittstellen zwischen nationalen Nachweissystemen verschiedener Energieträger



Quelle: Eigene Darstellung Hamburg Institut.

Bemerkung Strom: Ob Strom-HKN und der Nachweis nach Artikel 27(3) RED II zwei komplett unabhängige Systeme darstellen, ist aktuell noch nicht absehbar.

Beim Bezug von transportierter Input-Energie zur Erzeugung erneuerbarer Outputs stellt sich insbesondere die **Frage, inwiefern verschiedene Typen von Nachweisen** für erneuerbare Energien, d.h. Massenbilanzierungs-, HKN- und ggfs. weitere zukünftig zu etablierende Systeme, **sinnvoll miteinander verknüpft werden können, um die Erneuerbare-Energien-Eigenschaft rechtssicher vererben zu können** (siehe Abbildung 3). Dies bedingt ein gut funktionierendes Schnittstellenmanagement, sowohl zwischen den verschiedenen Nachweissystemtypen (z.B. zwischen HKN-Systemen und Massenbilanzierungssystemen inklusive

¹⁴ Eine detaillierte Betrachtung der einzelnen Energieträger erfolgt in weiteren Projektberichten.

Nachhaltigkeitszertifizierungen)¹⁵ als auch zwischen den HKN-Systemen verschiedener Energieträger (HKN-Systeme für Strom, Gase und Wärme/Kälte) (siehe Tabelle 3).

In der RED II werden solche Schnittstellen bzw. die Verknüpfung verschiedener Nachweissysteme bei Umwandlungsprozessen weder explizit festgelegt noch untersagt. Aufgrund dessen wird derzeit in Fachkreisen diskutiert, **ob und unter welchen Voraussetzungen ein Transfer der grünen Eigenschaft bei der Konversion von transportierten Energie-Inputs in entsprechende Outputs stattfinden kann und wie solche Übergänge ausgestaltet sein müssten** (z.B. Verwimp et al. 2020: 35 ff.).

Gegenstand dieser Diskussionen sind neben den generellen Verknüpfungsmöglichkeiten von verschiedenen Nachweissystemen (z.B. Massenbilanz und HKN) auch die **Vererbung von Eigenschaften zwischen HKN für Input- und Output-Energieträger**. Verwimp et al. 2020 regen im Rahmen des FASTGO-Projekts mit der „Conversion Issuance“ die Entwicklung einer „**HKN-Entwertungs-Methodik**“ an. Hierbei wird beispielsweise vorgeschlagen, bei Konversionsprozessen HKN für eingesetzte Energie-Inputs zu entwerten (z.B. Strom-HKN für Strom-Inputs) und HKN für Outputs auszustellen (z.B. Wärme-HKN für Wärme aus Power-to-Heat-Anlagen), welche in diesem Fall die Energiequellen-Eigenschaft des entwerteten HKN „erben“ (z.B. Wind). Klarzustellen ist, dass dabei keine direkte Konversion von HKN stattfindet. Mit dieser „Entwertungs-Methodik“ werden Umwandlungsverluste berücksichtigt, da HKN nicht eins zu eins, sondern nur für die gemessene Menge Output-Energie ausgestellt werden.

Für die **Vererbung von Eigenschaften bei der HKN-Ausstellung für Konversionsanlagen**, die ihren Input über ein nicht sortenreines Transportsystem beziehen, gäbe es verschiedene Optionen. Zum einen wäre die Übertragung der Eigenschaft auf die Output-Energie ohne weitere Anforderungen an entwertete HKN für Energieinputs denkbar. Alternativ bestünde die Möglichkeit (je nach Zweck, den der neue Nachweis erfüllen soll), die Vererbung von Eigenschaften beim nicht sortenreinen Transport von Input-Energie an zusätzliche Anforderungen zu binden. Im Falle eines Strombezugs aus dem Netz könnten z.B. Anforderungen an den Standort oder Förderstatus von Stromerzeugungsanlagen gestellt werden, oder eine Kopplung von Strom- und HKN-Lieferverträgen gefordert werden (siehe dazu GO4I-Grundlagenbericht 3, Werner 2021).

¹⁵ Ein/e derartige/r Schnittstelle bzw. Abgleich existiert bereits in gewissem Umfang zwischen dem Biomethan-Massenbilanzierungs- und dem Strom-HKN-System, wenn Biomethan zur Erzeugung von erneuerbarem Strom, für welchen HKN ausgestellt werden sollen, genutzt wird (Prüfung der Einsatzstofftagebücher durch Umweltgutachter, etc., vgl. § 42 HkRNDV zu Begutachtungspflichten bei im Herkunftsnachweisregister registrierten Biomasseanlagen bzw. § 44b Abs. 5 EEG 2021 zu Voraussetzungen, unter denen aus dem Erdgasnetz entnommenes Gas als Biomethan angesehen werden kann).

Tabelle 3: Mögliche Schnittstellen zwischen Erneuerbare-Energien-Nachweissystemen bei der Nutzung transportierter Input-Energie zur Erzeugung von Output-Energie

Erneuerbarer Energieträger		Output			
		Strom	Gase	Wärme/Kälte	Flüssige Brennstoffe
Input	Strom		HKN für Strom und/oder Nachweis nach Artikel 27(3) der RED II → HKN für Gase/Wasserstoff und/oder Massenbilanzierung	HKN für Strom und/oder Nachweis nach Artikel 27(3) der RED II → HKN für Wärme/Kälte	HKN für Strom und/oder Nachweis nach Artikel 27(3) der RED II → Massenbilanzierung
	Gase	HKN für Gas- bzw. Wasserstoff und/oder Massenbilanzierung → HKN für Strom	Ggfs. Wasserstoff- HKN und/oder Massenbilanzierung → HKN für Gase und/oder Massenbilanzierung*	Gas- bzw. Wasserstoff- HKN und/oder Massenbilanzierung → HKN für Wärme/Kälte	Gas-HKN und/oder Massenbilanzierung → Massenbilanzierung
	Wärme/Kälte			HKN für Wärme → HKN für Kälte* HKN für Kälte → HKN für Wärme*	
	Flüssige Brennstoffe	Massenbilanzierung → HKN für Strom		Massenbilanzierung → HKN für Wärme/Kälte	

Quelle: Eigene Darstellung Hamburg Institut.

Bemerkungen: Nachweise vor den Pfeilen stellen zuerst ausgestellte Nachweise dar; Nachweise hinter den Pfeilen stellen mögliche ausgestellte Nachweise nach der Umwandlung dar.

Darstellung inkludiert nur vollständig erneuerbare Energieträger und gängige Verfahren (nicht alle möglichen Verfahren, kein Anspruch auf Vollständigkeit).

Im Fall fester Biomasse-Brennstoffe ab einer Gesamtfeuerungswärmeleistung von 20 MW und im Fall gasförmiger Biomasse-Brennstoffe ab einer Gesamtfeuerungswärmeleistung von 2 MW ist eine Nachhaltigkeitszertifizierung erforderlich (Art. 29 Abs. 1 RED II).

Artikel 27 (3) RED II formuliert zunächst nur Anforderungen an einen Netzbezug von Strom, der für die Herstellung strombasierter Kraftstoffe eingesetzt wird. Eine Ausdehnung der angekündigten Methodik auf weitere PtX-Anwendungen wäre aber prinzipiell denkbar.

*Sofern Kennzeichnungsregeln zwischen Wärme- und Kälte/Wasserstoff und anderen Gasen unterscheiden.

In diesem Fall würde die HKN-Ausstellung für Konversionsanlagen, die extern bezogene Input-Energie nutzen, nur dann erfolgen, wenn für die Input-Energie HKN mit entsprechenden Eigenschaften entwertet werden. Zudem bestünde die Möglichkeit, dass HKN für zur Konversion genutzte Energie weitere Informationen enthalten müssen, die bestimmte Eigenschaften der Energie nachvollziehbar machen. Beispielsweise könnten stunden- oder viertelstunden-genaue Zeitstempel auf HKN eingesetzt werden, um eine zeitliche Korrelation der Erzeugung von Input- und Output-Energie (z.B. im Fall von Strom, der zur Wasserstoffherstellung genutzt wird) nachzuweisen (EnergyTag 2021).¹⁶ Alternativ bestünde die Möglichkeit, HKN auf Basis weiterer Nachweissysteme (sofern diese existieren) auszustellen. HKN würden dann für Konversionsanlagen ausgestellt, wenn der externe Bezug erneuerbarer Energie mittels anderer Nachweissysteme verifiziert worden ist (z. B. mit Hilfe der Massenbilanzierung bei Gasinputs).

Letztlich müssten der **EU-Gesetzgeber oder, bei gegebener Flexibilität der Mitgliedsstaaten, nationale (bzw. in Einzelfällen regionale) Nachweissystembetreiber festlegen, welche Anforderungen bei einer Nachweis-Ausstellung für Konversionsanlagen genau einzuhalten wären.** Darüber hinaus könnten prinzipiell abweichende Anforderungen gestellt werden, damit Energieoutputs aus Konversionsanlagen im Rahmen von Förderprogrammen oder ordnungsrechtlichen Instrumenten als vollständig unter Einsatz von erneuerbaren Energien hergestellt gelten können. Wie bereits dargestellt gilt dies beispielsweise für den Verkehrssektor, wo für eine Anrechenbarkeit erneuerbarer Energien auf RED II-Zielvorgaben zusätzliche Bedingungen festgelegt sind, die aus dem Netz bezogener Strom und strombasierte Kraftstoffe erfüllen müssen. Dies macht die Anwendung neuer Nachweise im Strombereich bzw. Strom-HKN-Weiterentwicklungen (siehe GO4I-Grundlagenberichte 1 (Bowe und Girbig) und 2 (Styles et al. 2021), unter anderem in Richtung einer stärkeren mengenmäßigen und zeitlichen Granularität, mit z.B. stundenscharfer HKN-Ausstellung für kWh, erforderlich. Eine weitere Herausforderung besteht darin, Anforderungen und Nachweise zu definieren, um bei Anlagen zur Herstellung strombasierter Kraftstoffe die Systemdienlichkeit von Standort- und Betriebsentscheidungen zu belegen (BT-Drucksache 19/29793, S. 19).

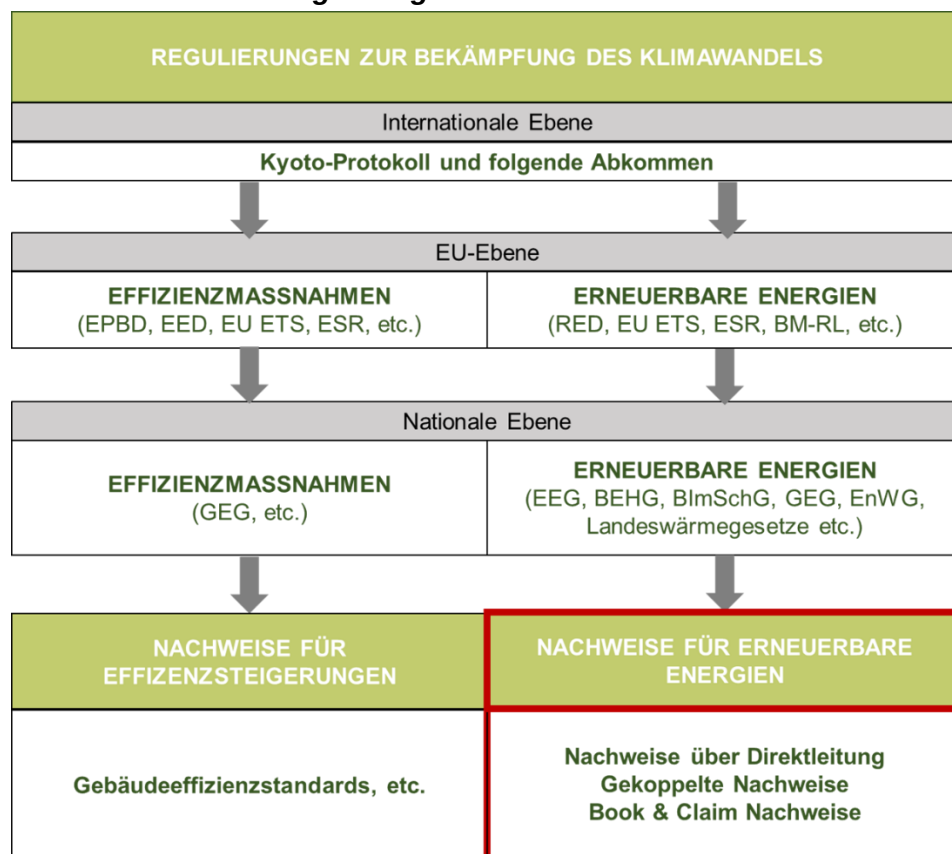
Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass der Bezug von transportierter Input-Energie zur Umwandlung in erneuerbare Output-Energie mit zahlreicheren Nachweisschnittstellen und damit mit mehr Komplexität einhergeht als die Nutzung von Input-Energie über eine Direktleitung. Diese Gegebenheit erfordert die **Ausgestaltung sinnvoller Verknüpfungsoptionen der verschiedenen Nachweissysteme**, mit denen sich alle möglichen Anwendungen (für regulatorische Zwecke und Verbraucherinformations-Zwecke) umsetzen lassen.

¹⁶ Die Initiative EnergyTag (www.energytag.org) entwickelt ein Regelsystem für Stromnachweise auf stündlicher Basis.

3. Nachweise der Erneuerbare-Energien-Eigenschaft als regulatorische Erfüllungsoption

Neben den Schnittstellen zwischen verschiedenen Nachweissystemen innerhalb eines Energieträgers und über Energieträger hinweg, sind Schnittstellen zwischen den im vorherigen Abschnitt behandelten Nachweisen für erneuerbare Energien und verschiedenen politischen und rechtlichen Rahmenbedingungen zu beachten. Abbildung 4 liefert einen Überblick über zentrale Regulierungen im Klimaschutzbereich auf EU- und Bundesebene, wobei Nachweissysteme nur im Rahmen von Regulierungen bezüglich der Nutzung erneuerbarer Energien zum Einsatz kommen. Im Folgenden steht die Frage, welche Nachweise als Beleg für die Erfüllung welcher regulatorischen Anforderungen (EE-Anteile, etc.) genutzt werden können, im Fokus.

Abbildung 4: Überblick über europäische und nationale Regulierungen und Nachweise der Erneuerbare-Energien-Eigenschaft



Quelle: Eigene Darstellung Hamburg Institut auf Basis von Gesetzestexten.

Bemerkung: Abbildung zeigt die wichtigsten, bestehenden Regelungen stellt aber keinen Anspruch an Vollständigkeit;
Abkürzungen: BImSchG = Bundesimmissionsschutzgesetz, BEHG = Brennstoffemissionshandelsgesetz, BM-RL = Binnenmarktrichtlinie, EED = Energy Efficiency Directive, EEG = Erneuerbare-Energien-Gesetz, EnWG = Energiewirtschaftsgesetz, EPBD = Energy Performance of Buildings Directive, ESR = Effort Sharing Regulation, EU ETS = Europäischer Emissionshandel, GEG = Gebäudeenergiegesetz, RED = Erneuerbare-Energien-Richtlinie.

3.1 Regulierungen auf EU-Ebene

Auf EU-Ebene sind für den Einsatz erneuerbarer Energien insbesondere die durch die **RED II vorgegebenen Ziele (Gesamt-EE-Ziel und Verkehrssektorziel), sowie der Emissionshandel (EU ETS) und die Effort Sharing Regulation (ESR) relevant, welche wiederum durch entsprechende nationale Regulierungen auf Ebene der Mitgliedsstaaten umgesetzt werden.** Artikel 3 der RED II legt fest, dass der **Anteil von Energie aus erneuerbaren Quellen am Bruttoendenergieverbrauch der Union** im Jahr 2030 mindestens 32 % betragen soll.¹⁷ Diese Zielanforderung wird anhand der nationalen Statistiken zu EE-Anteilen nachgewiesen, wofür keine der beschriebenen Erneuerbare-Energien-Nachweise eingesetzt werden.

Das **Verkehrssektorziel** beinhaltet gemäß Artikel 25 der RED II die Verpflichtung der Mitgliedstaaten, dafür zu sorgen, dass der Anteil erneuerbarer Energie am Endenergieverbrauch des Verkehrssektors bis 2030 mindestens 14 % beträgt. Das Verkehrssektor-Ziel ist dabei unabhängig von der Zielvorgabe für den EE-Anteil nach Artikel 3 und folgt einer anderen Berechnungsmethodik (Hoffmann 2020). Für die Berechnung von Beiträgen zum Artikel 3-Ziel wird jegliche EE-Stromproduktion dem Elektrizitätssektor zugeordnet. Auf das Artikel 25-Ziel können hingegen EE-Strom, der für den Verkehr bereitgestellt wurde, sowie unter Einsatz von EE-Strom produzierte Kraftstoffe, Biokraftstoffe und Upstream-Emissionsminderungen angerechnet werden. Das Verkehrssektorziel wird im deutschen Recht über das Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) umgesetzt, welches Kraftstoffanbietern seit 2015 eine Treibhausgasminderungs-Quote vorschreibt. Ab 2020 müssen die bei der Nutzung entstehenden Treibhausgas-Emissionen demnach um 6 Prozent reduziert werden (Artikel 37a Abs. 4 BImSchG).¹⁸ Während für im Verkehr eingesetzten Strom derzeit Statistiken zu E-Fahrzeug-Zulassungsdaten und zum nationalen Strommix gefordert sind, muss zur Anrechnung von flüssigen und gasförmigen Biokraftstoffen (mit dem Emissionsfaktor null) der Nachweis der Erneuerbare-Energien-Eigenschaft durch Massenbilanzierung erfolgen. Zudem ist es vorgeschrieben, dass die meisten zur Kraftstoffproduktion genutzten Biomasseinputs gewisse Nachhaltigkeitskriterien und Kriterien für Treibhausgaseinsparungen erfüllen (Artikel 29 RED II). Bei strombasierten Kraftstoffen ist darüber hinaus ein Nachweis erforderlich, dass zur Herstellung ausschließlich Strom aus erneuerbaren Energien nicht-biogenen Ursprungs eingesetzt wurde. Dieser Nachweis kann insbesondere erbracht werden, wenn Strom aus einer nicht an das öffentliche Stromnetz angeschlossenen Anlage bezogen wird, oder eine

¹⁷ Änderungen ergeben sich durch den Vorschlag der EU-Kommission zur Anpassung der RED II an das verschärfte Treibhausgasminderungsziel 2030 (European Commission 2021). Unter anderem soll hierzu auch die EE-Nutzung in der Industrie gestärkt werden. Entsprechende Vorschläge werden in Folgeberichten näher betrachtet; in diesem Abschnitt liegt der Fokus zunächst auf dem Status quo.

¹⁸ Mit dem im Mai 2021 verabschiedeten Gesetz zur Weiterentwicklung der Treibhausgasminderungs-Quote wurden weitere Schritte festgelegt: von 7 % ab 2022 stufenweise bis auf 25 % im Jahr 2030.

Anlage mit Netzstrombezug auf Basis eines Vertrags zu ab- oder zuschaltbaren Lasten betrieben wird (§ 3 Abs. 2 37. BImSchV). Darüberhinausgehend soll bei einem Strombezug aus dem Netz eine Verordnung genauer definieren, wie der Nachweis der Erneuerbare-Energien-Eigenschaft zu erfolgen hat, sobald der entsprechende delegierte Rechtsakt der EU-Kommission auf Basis von Art. 27 Abs. 3 RED II veröffentlicht wurde (BT-Drucksache 19/27435; siehe Tabelle 5 in Abschnitt 5).

Der **EU ETS**, welcher die Emissionen von Kohlendioxid und anderen Treibhausgasen reguliert, betrifft hingegen die Energiewirtschaft und andere emissionsintensive Industrien (Chemie, Stahl, etc.). In diesem Fall werden Erneuerbare-Energien-Nachweise nur benötigt, um die erneuerbare Eigenschaft von Biobrennstoffen zu bestätigen. Hierbei kann für den hiermit erzeugten Strom ein Emissionsfaktor von null angesetzt werden, sodass keine Emissionszertifikate gekauft werden müssen. In der Regel sind nach Art. 39 der Durchführungsverordnung (EU) 2018/2066 über die Überwachung von und die Berichterstattung über Treibhausgasemissionen (kurz: Monitoring-Verordnung) hierfür Analyse- bzw. Schätzverfahren (z.B. auf Basis von Massenbilanzierung) zu verwenden. Eine Ausnahme stellt Biogas, das aus dem Erdgasnetz entnommen wird, dar. Gemäß der Ende 2020 veröffentlichten Änderung der Monitoring-Verordnung (Durchführungsverordnung (EU) 2020/2085) kann der Biomasseanteil in diesem Fall anhand von Rechnungsunterlagen über den Erwerb von Biogas mit gleichem Energiegehalt bestimmt werden, sofern glaubhaft nachgewiesen werden kann, dass Biogasmengen nicht doppelt gezählt werden – der Ausschluss der Doppelvermarktung kann durch die Vorlage eines HKN erbracht werden. Zudem muss ein Netzzusammenhang von Einspeisenden und Entnehmenden nachgewiesen werden, z.B. durch Massenbilanzierung. Auch hier müssen die meisten Biomasseinputs gewisse Nachhaltigkeitskriterien und Kriterien für Treibhausgaseinsparungen erfüllen. In der Vorgängerfassung der Monitoring-Verordnung (Art. 39 Abs. 3 Durchführungsverordnung (EU) 2018/2066) wurden für den bilanziellen Bezug von Biogas aus dem Erdgasnetz lediglich die Vorlage von Herkunftsnachweisen gefordert. In der deutschen Umsetzung bestanden jedoch bereits weitere Anforderungen, wie der Nachweis eines Liefervertrags zwischen dem Betreibenden der emissionshandelspflichtigen Anlage und dem Biogaseinspeisenden bzw. Zwischenhändler:innen sowie die Verwendung eines Massenbilanzsystems (DEHSt 2018: 37 f.).

Das Pendant zum EU ETS (in den nicht durch diesen regulierten Bereichen) ist die **Effort Sharing Regulation (ESR)** von 2018 (ehemalig Effort Sharing Decision von 2009). Diese deckt die Emissionen aus den Sektoren Verkehr, Gebäude, Landwirtschaft, Abfall sowie aus manchen Energie- und Industrieanlagen ab. Die Emissionen aus den genannten Bereichen machen in Deutschland ungefähr die Hälfte der Gesamtemissionen aus. Das gemeinsame Ziel der Mitgliedsstaaten ist es, bis 2020 den Treibhausgasausstoß in diesen Sektoren gegenüber 2005 um zehn Prozent zu reduzieren. Die Umsetzung in Deutschland erfolgt (neben Gebäudeeffizienzstandards, Sanierungsraten, etc.) teilweise anhand des **Bundesemissions-handelsgesetzes (BEHG)**, welches am 20.12.2019 in Kraft getreten ist und dessen erste Handelsperiode vom 01.01.2021 bis zum 31.12.2030 läuft. Das BEHG führt zu einer

Bepreisung von Kohlendioxid, welche von Lieferanten, Großhändlern und Raffinerien (sofern diese die Kraftstoffe in Verkehr bringen) von/für Erdgas, Heizöle und Kraftstoffe gezahlt und an deren Kunden weitergegeben wird. Auch hier können Biokraftstoffe, flüssige Brennstoffe und Biomasse-Brennstoffe (Biogase), aber perspektivisch auch synthetische Stoffe (PtX-Stoffe) mit einem Emissionsfaktor von null angerechnet und somit nicht bepreist werden. Die Voraussetzungen hierfür sind allerdings noch nicht abschließend geklärt, da auch hier zum Zeitpunkt der Berichtserstellung eine Rechtsverordnung aussteht, aber es ist davon auszugehen, dass sich diese an denen der EU orientieren werden, d.h. z.B. Forderung der Massenbilanzierung und Erfüllung von Nachhaltigkeits- und Treibhausgasminderungskriterien bei den Biomasseinputs. Eine zusätzliche Entwertung von HKN zum Ausschluss der Doppelvermarktung wäre perspektivisch im Gasbereich (nicht jedoch für Kraftstoffe, wie Biodiesel und Alkohole, wo keine Einführung von Book & Claim-HKN vorgesehen ist) denkbar.

Schließlich erfordert die **Elektrizitätsbinnenmarktlinie (EU) 2019/944** (anknüpfend an die Vorgängerrichtlinie 2009/72/EG) die nationale Umsetzung einer **Stromkennzeichnungspflicht**. Demnach müssen Verbraucher:innen Informationen zur Verfügung gestellt werden, denen zu entnehmen ist, wie sich der Strommix eines Energieversorgungsunternehmens und etwaige Produktmixe zusammensetzen. Die Ausweisung von EE-Anteilen oder -Mengen muss hierbei mit der Entwertung von HKN belegt werden.¹⁹ Ausnahmen gelten nach Art. 19 Abs. 8 RED II, wenn Mitgliedsstaaten keine HKN an finanziell geförderte EE-Produzenten ausstellen, und im Fall von nicht rückverfolgten Handelsangeboten, für die der Restenergiemix genutzt werden kann. Auf nationaler Ebene wird die Stromkennzeichnungspflicht durch § 42 des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG) umgesetzt (siehe GO4I-Grundlagenbericht 2, Styles et al. 2021).

3.2 Regulierungen auf nationaler Ebene

Abgesehen von den Regulierungen auf EU-Ebene und der regulatorischen Umsetzung auf nationaler Ebene, bestehen weitere nationale Gesetze, die eine Nachweisführung zu erneuerbaren Eigenschaften erforderlich machen. So müssen durch das **Erneuerbare-Energien-Gesetz** (EEG) geförderte Anlagen, die Biomasse zur Stromerzeugung einsetzen, in Einsatzstoff-Tagebüchern Art, Menge, Einheit und Herkunft der eingesetzten Stoffe belegen. Wenn verstromtes Biomethan, Deponie-, Klär- und Grubengas oder Speichergas aus dem Erdgasnetz entnommen wird, muss der Transport und Vertrieb des Gases von der Herstellung bis zur Entnahme mittels Massenbilanzierung nachvollzogen werden (§ 44b Abs. 4 EEG 2021). Zudem sind Anforderungen der Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung an die Herstellung von flüssiger Biomasse mittels Massenbilanzierung nachzuweisen (§§ 15-17 BioSt-

¹⁹ Für eine ausführlichere Betrachtung der aktuellen und geplanten Stromkennzeichnungsregeln siehe Maaß 2021.

NachV). Eine Neufassung der Nachhaltigkeitsverordnung zur Umsetzung der RED II befindet sich zurzeit in Vorbereitung (BMU 2021).

Auch im Rahmen des **Gebäude-Energie-Gesetzes** ist eine Nachweisführung mittels Massenbilanzierung notwendig, wenn ein bilanzieller Bezug von Biomethan aus dem Erdgasnetz auf Nutzungsanforderungen für erneuerbare Energien angerechnet werden soll (§ 40 Abs. 3 GEG). Eine entsprechende Nachweisführung vorausgesetzt, ist auch die Verwendung eines gegenüber Erdgas reduzierten Primärenergiefaktors möglich (§ 22 Abs. 1 Nr. 2 GEG). Analoge Regelungen gelten für den Einsatz von biogenem Flüssiggas (§ 22 Abs. 1 Nr. 3 sowie § 40 Abs. 4 GEG). Ein bilanzieller Bezug von grünem Strom aus dem Netz ist hingegen nicht als Erfüllungsoption vorgesehen. Bei der Ermittlung des Jahres-Primärenergiebedarfs²⁰ und der Anrechnung auf EE-Nutzungsanforderungen kann Strom aus erneuerbaren Energien nur in Abzug gebracht werden, wenn er im unmittelbaren räumlichen Zusammenhang zum Gebäude erzeugt und vorrangig in dem Gebäude selbst genutzt wird (§ 23 Abs. 1 GEG; § 36 GEG). Für zur Wärmeerzeugung eingesetzte, flüssige Biomasse verweist auch das GEG auf die Anforderungen der Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung (§ 39 GEG).²¹

Auch in EE-Wärme-Gesetzen der Länder, die teils einen bestimmten EE-Anteil auch in Bestandsgebäuden fordern, wenn Heizanlagen ausgetauscht oder nachträglich eingebaut werden, können sich Anforderungen zu einem bilanziellen Energiebezug finden. Beispielsweise fordern das Erneuerbare-Wärme-Gesetz (EWärmeG) Baden-Württembergs oder die Hamburgische Klimaschutz-Umsetzungspflichtverordnung (HmbKliSchUmsVO) bei einem bilanziellen Bezug von Biomethan über das Erdgasnetz Massenbilanzierung als Nachweis, bzw. es wird auf entsprechende Bestimmungen des GEG verwiesen (§ 5 Abs. 3 EWärmeG; § 6 Abs. 6 HmbKliSchUmsVO).

Für die grüne Wasserstoffherstellung schließlich definiert die geänderte **Erneuerbare-Energien-Verordnung (EEV)**, unter welchen Bedingungen Strom-Inputs als vollständig aus erneuerbaren Quellen stammend angesehen werden können – zunächst allerdings nur für den vergleichsweise eng gefassten Anwendungsfall der EEG-Umlagebefreiung nach § 69b EEG 2021. Einen Überblick über entsprechende Anforderungen an die Herstellung grünen Wasserstoffs bietet Tabelle 5 (siehe Abschnitt 5).

²⁰ Entscheidend für diesen sind neben den zur Beheizung/Kühlung verwendeten Energieträgern auch die Gebäudeeffizienz.

²¹ Zudem besteht laut GEG die Möglichkeit des Bezugs von Fernwärme oder Fernkälte als Ersatzmaßnahme für die anteilige Deckung des Wärme- und Kälteenergiebedarfs in Gebäuden. Die Bedingungen, welche die im Wärme- oder Kältenetz insgesamt verteilte Wärme oder Kälte erfüllen muss, sind in § 44 GEG geregelt.

Tabelle 4: Regulatorische Anrechenbarkeit erneuerbarer Energien und benötigte Nachweise

Erneuerbarer Energieträger	Regulierung (Nachweis)	
	EU-Ebene	National – Bund
Strom	EU ETS, Durchführungsverordnung (EU) 2020/2085 (Nachweise über Anlagen-Audits; für Biogasinputs: HKN + Nachweis über Netzzusammenhang zwischen Einspeisenden und Verbrauchenden, z.B. über Massenbilanzierung)* ** RED II, Ziel Verkehrssektor, Artikel 25-31 (EE-Anteil Verkehr, Nachweis über Zulassungsdaten von Batterieelektrofahrzeugen und nationalen Strommix) RED II, EE-Gesamtziel, Artikel 3 (nationale EE-Anteile Strom, Statistik) Elektrizitätsbinnenmarkttrichtlinie (EU) 2019/944, Stromkennzeichnung (Nachweis i. d. R. über HKN)	EEG-Förderung (Nachweise über Anlagen-Audits; für Biogasinputs aus dem Erdgasnetz: Massenbilanzierung) BImSchG, Artikel 37a Abs. 4, Umsetzung des Verkehrssektorziels gemäß RED II im dt. Recht (siehe EU-rechtliche Anforderungen für Ziel Verkehrssektor, Artikel 25-31 RED II) Sektorziel Energiewirtschaft, Teil der Umsetzung des EE-Gesamtziels nach Artikel 3 RED II § 42 EnWG, nationale Umsetzung der Stromkennzeichnungspflicht (Nachweis i. d. R. über HKN)
Gase (Biogase/Wasserstoff)	RED II, Ziel Verkehrssektor, Artikel 25-31 (Nachweis über Massenbilanzierung; Nachweis gemäß Artikel 27(3) der RED II für (netzgebundenen) Strom zur Produktion von Wasserstoff)* ** RED II, EE-Gesamtziel, Artikel 3 (nationale EE-Anteile EE-Gase, Statistik) EU ETS, Durchführungsverordnung (EU) 2020/2085 (Nachweis über HKN + Nachweis über Netzzusammenhang zwischen Biogaseinspeisenden und Verbrauchenden bei aus Biogas erzeugtem Strom, z.B. über Massenbilanzierung)* ** ESR (siehe national BEHG)	EEG-Förderung (Nachweise über Anlagen-Audits bzw. Massenbilanzierung bei aus Biogas erzeugtem Strom) BEHG, Teil der Umsetzung der Effort Sharing Regulation im dt. Recht (Nachweis über Massenbilanzierung)* ** BImSchG, Artikel 37a Abs. 4, Umsetzung des Verkehrssektorziels gemäß RED II im dt. Recht (siehe EU-rechtliche Anforderungen für Ziel Verkehrssektor, Artikel 25-31 RED II) Sektorziel Gebäude/Industrie/Verkehr, Teil der Umsetzung des EE-Gesamtziels nach Artikel 3 RED II Abschnitt 3b EEV, Anforderungen an grünen Wasserstoff zum Zweck der EEG-Umlagebefreiung
Wärme/Kälte	ESR (siehe national BEHG) RED II, EE-Gesamtziel, Artikel 3 (nationale EE-Anteile Wärme/Kälte, Statistik)	GEG, Förderung und Nachweise über eingesetzte erneuerbare Energie (Nachweis über Massenbilanzierung bei erneuerbaren Gasen) Sektorziel Gebäude, Teil der Umsetzung des EE-Gesamtziels nach Artikel 3 RED II
Flüssige Brennstoffe	ESR (siehe national BEHG) RED II, Ziel Verkehrssektor, Artikel 25-31 (Nachweis über Massenbilanzierung)** RED II, EE-Gesamtziel, Artikel 3 (nationale EE-Anteile flüssige Brennstoffe, Statistik) EU ETS, Durchführungsverordnung (EU) 2020/2085 (Nachweis über HKN + Nachweis über Netzzusammenhang zwischen Einspeisenden und Verbrauchenden bei aus Biomasse erzeugtem Strom)* **	BEHG, Teil der Umsetzung der Effort Sharing Regulation im dt. Recht (Nachweis über Massenbilanzierung)* ** BImSchG, Umsetzung des Verkehrssektorziels gemäß RED II im dt. Recht (siehe EU-rechtliche Anforderungen für Ziel Verkehrssektor, Artikel 25-31 RED II) Sektorziel Verkehr/Industrie, Teil der Umsetzung des EE-Gesamtziels nach Artikel 3 RED II

Quelle: Eigene Darstellung Hamburg Institut und GreenGasAdvisors auf Basis von Gesetzestexten.

Bemerkung: Tabelle zeigt die wichtigsten, bestehenden Regelungen stellt aber keinen Anspruch an Vollständigkeit; Abkürzungen: BImSchG = Bundesimmissionsschutzgesetz, BEHG = Brennstoffemissionshandelsgesetz, EEG = Erneuerbare-Energien-Gesetz, EEV = Erneuerbare-Energien-Verordnung, EnWG = Energiewirtschaftsgesetz, ESR = Effort Sharing Regulation, EU ETS = Europäischer Emissionshandel, GEG = Gebäudeenergiegesetz, RED II = Aktuelle Fassung der Europäischen Erneuerbare-Energien-Richtlinie

*genaue Ausgestaltung noch nicht abgeschlossen/rechtliche Verordnung bzw. Rechtsakt ausstehend

** inkl. Nachhaltigkeitskriterien für Biomasse, potenziell auch für eingesetztes Wasser in Elektrolyse

4. Schnittstellen zwischen Nachweissystemen verschiedener Länder

Sowohl Book-and-Claim (wie HKN gemäß Artikel 19 der RED II) als auch gekoppelte Nachweise (wie Massenbilanzierung) für erneuerbare Energien funktionieren derzeit über Landesgrenzen hinweg. Aus diesem Grund sind nicht nur nationale Nachweisschnittstellen, sondern auch Schnittstellen zu Nachweissystemen anderer europäischer Staaten und, mit Hinblick auf eine stärkere Nachfrage nach strombasierten Brennstoffen wie Wasserstoff und Ammoniak, auch Schnittstellen zu Systemen von Drittstaaten bzw., wenn noch nicht geschehen, deren Einbindung in bestehende internationale Systeme mitzudenken.

Grundsätzlich sind für grenzüberschreitende Transfers von Nachweisen insbesondere zwei Gegebenheiten zu beachten. Zum einen ist die Sicherstellung einer einheitlichen Qualität von Nachweisen bzw. der Energie, für die sie ausgestellt werden, sicherzustellen, sodass die günstigere Beschaffung von Nachweisen aus Ländern, in denen niedrigere (oder keine) Qualitätsstandards gelten, vermieden wird. Im Rahmen der CEN-Normierung existiert bereits ein umfassender Ansatz, um innerhalb der EU gewisse Mindeststandards für Nachweise zu definieren und somit den grenzüberschreitenden Handel (bzw. den Weitertransfer bei massenbilanzierten Gasen) zu erleichtern. So wird etwa die europäische Herkunftsnachweis-Norm EN 16325 derzeit überarbeitet, um neben dem Strombereich zukünftig auch standardisierte Anforderungen für Gas- und Wärme-/Kälte-HKN-Systeme abzubilden. In Deutschland prüft das Umweltbundesamt die Anerkennungsfähigkeit von HKN aus anderen Staaten aktuell und einzelfallbezogen (siehe hierzu Fouquet et al. 2014). Perspektivisch steigt auch die Relevanz internationaler Standards für den Nachweis erneuerbarer Eigenschaften, um den grenzüberschreitenden Handel mit Energieträgern wie Wasserstoff zu unterstützen. Zum anderen ist für den grenzüberschreitenden Transfer, ähnlich wie im Falle der Energiekonversionen (Abschnitt 2.3), die Schaffung von geeigneten IT-Schnittstellen bzw. Infrastrukturen notwendig, um sowohl die Doppelvermarktung also auch die Doppelausweisung der Erneuerbare-Energien-Eigenschaft zu vermeiden und um dementsprechend das Vertrauen der Nutzer:innen zu stärken.

Bestehende Institutionen/Akteure und Infrastrukturen, die bereits in die länderübergreifende Verknüpfung von Erneuerbare-Energien-Nachweissystemen involviert sind, sowie verschiedene weitere Verknüpfungsoptionen werden in den folgenden Abschnitten genauer dargestellt.

4.1 Status-quo: Bestehende Akteure und Infrastrukturen zur internationalen Verknüpfung von Erneuerbare-Energien-Nachweisen

Innerhalb der EU bestehen bereits verschiedene Akteure und Infrastrukturen, die den länderübergreifenden Transfer von Nachweisen schon ermöglichen und/oder sich mit der Ausgestaltung länderübergreifender Systeme beschäftigen.

Im Bereich der Strom-HKN (gemäß Artikel 19 der RED II) ist die Association of Issuing Bodies (AIB) die führende Institution für die Kommunikation und HKN-Transfers zwischen den nationalen Akteuren/Registern. Dabei werden Transfers von HKN im Rahmen des AIB-geführten European Energy Certificate System (EECS) abgewickelt. EECS-Regeln bieten einen gemeinsamen, standardisierten Rahmen für die HKN-Systeme der AIB-Mitgliedsländer bzw. -regionen – Erfahrungen fließen dabei auch in die Weiterentwicklung der CEN-Norm EN 16325 ein. Die AIB betreibt für Ihre Mitglieder einen zentralen One-to-many-IT-Hub, der mit jedem der nationalen elektronischen Register verbunden ist, in denen die HKN auf den Konten ihrer Besitzer gehalten werden. Dies ermöglicht die automatisierte Abwicklung von grenzüberschreitenden Übertragungen zwischen den beteiligten Ländern bzw. Registern.²² Der Handel (Kauf und Verkauf von HKN) findet unabhängig von der technischen Übertragung statt und wird auf verschiedenen digitalen Marktplätzen (durch Börsen- und Over-the-Counter-Handel) durchgeführt. Allerdings sind diese Transaktionen sowie die (daraus resultierende) HKN-Preisbildung für die Öffentlichkeit recht intransparent.

Massenbilanzsysteme ermöglichen bereits Transfers innerhalb der EU sowie weltweite Importe in die EU hinein (siehe GO4I-Grundlagenbericht 1, Bowe und Girbig 2021), was im Hinblick auf perspektivische Importe von strombasierten Brennstoffen von Bedeutung sein kann, insofern, dass hier schon Schnittstellen zu Nicht-EU-Ländern vorhanden sind. **Im Bereich der erneuerbaren Gase etablierte ERGaR**, ein Verband aus nationalen EE-Gas-Registern, **ein Dokumentationssystem für den grenzüberschreitenden Transfer von Zertifikaten** für erneuerbare Gase, um bisherige bilaterale Vereinbarungen abzulösen. Der ERGaR-Hub verbindet die Biomethanregister in Europa und ermöglicht dadurch die Übertragung von Nachweisen für Biomethan und andere erneuerbare Gase, die über das europäische Gasnetz verteilt werden, mit dem Ziel Doppelverkäufe und -zahlungen zu vermeiden. Zur vereinfachten Übertragung von Nachweisen entwickelt und betreibt ERGaR einen zentralen Hub für die Übertragung von Nachweisen, an den sich die nationalen Register anschließen können. Der Hub soll perspektivisch sowohl eine Massenbilanzierung ermöglichen als auch Book-and-Claim-Zertifikate wie Gas-HKN übertragen können.²³

Wie zuvor dargestellt, existieren zudem zwei EU-Projekte, REGATRACE²⁴ und CertifHy, welche sich damit befassen auf europäischer Ebene standardisierte Massenbilanzierungs- und HKN-Systeme für Biomethan/erneuerbare Gase bzw. Wasserstoff zu schaffen und so die standardisierte Ausstellung und den einfachen und sicheren Transfer zu ermöglichen.

²² Siehe <https://www.aib-net.org/aib>.

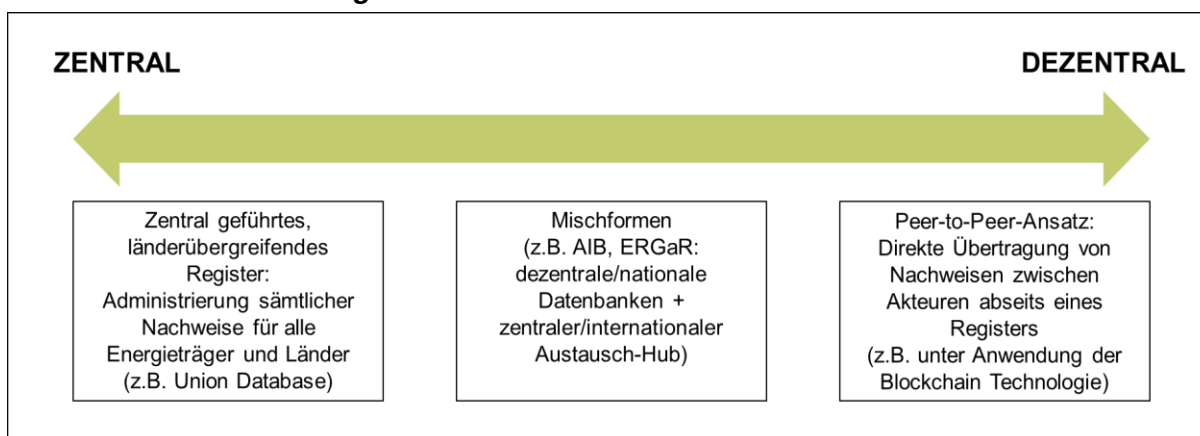
²³ Siehe <http://www.ergar.org/>.

²⁴ Neben AIB und ERGaR beteiligen sich hier ebenso nationale Register für erneuerbare Gase.

4.2 (Perspektivische) Ausgestaltungsoptionen von Infrastrukturen zur internationalen Verknüpfung Erneuerbarer-Energien-Nachweise

Neben den bestehenden Infrastrukturen für grenzüberschreitende Transfers von Erneuerbare-Energien-Nachweisen, existieren bereits ausführlich ausgearbeitete Ansätze zu weiteren Ausgestaltungsoptionen (Moody et al. 2020), die anhand eines Kontinuums (siehe Abbildung 5) dargestellt werden können.

Abbildung 5: Kontinuum der Ausgestaltungsoptionen grenzüberschreitender²⁵ Transfers von Erneuerbare-Energien-Nachweisen



Quelle: Eigene Darstellung Hamburg Institut in Anlehnung an Moody et al. 2020.

Die zentralisierteste Option, die die wenigsten externen Schnittstellen erfordert, ist die der Etablierung eines **Zentralregisters bzw. einer Zentraldatenbank**, das/die sämtliche Nachweistypen für jeden Energieträger aller EU- (und ggfs. Nicht-EU-) Länder verwaltet. Ein derartig allumfassendes Register existiert derzeit nicht und ist auf absehbare Zeit auch nicht vorgesehen. Allerdings bestehen auf EU-Ebene bereits Pläne zur Einrichtung **eines EU-weiten Systems bzw. Registers, die „Union Database“, zur zentralen Ausstellung und Entwertung von Nachweisen für Gase und flüssige Energieträger, zunächst zum Einsatz im Verkehr** und später mit erweitertem Anwendungsbereich (European Commission 2021, RE-DIII Entwurf 15.Juli; Alberici et al. 2020). Die Union Database soll in erster Linie bestehenden Anforderungen an die Rückverfolgbarkeit für nachhaltige Biokraftstoffe (flüssig und gasförmig) ergänzen und zudem den grenzüberschreitenden Handel mit diesen Kraftstoffen und Biomethan, aber perspektivisch auch mit anderen erneuerbaren Gasen, RFNBO und

²⁵ Ein derartiges Kontinuum kann auch im Kontext der Ausgestaltung nationaler Transfers betrachtet werden.

aufbereiteten Kohlenstoff-Brennstoffen (Recycled Carbon Fuels) zum Einsatz in den Bereichen Verkehr, Wärme/Kälte und Strom erleichtern. Die Datenbank wird aller Voraussicht nach als EU-weite Massenbilanzierungsdatenbank fungieren, welche die Dokumentation verschiedener Informationen, wie Treibhausgasemissionen und Nachhaltigkeitskriterien, vorsieht, um eine Anrechnung der Kraftstoffe auf Artikel 25 der RED II (Sektorziel im Verkehr) zu ermöglichen. Ziel der Einführung eines solchen Zentralregisters ist das konsistente Reporting über Mitgliedsstaaten hinweg sowie der zukünftige Ausschluss der Doppelvermarktung von erneuerbaren Gasen und Flüssigbrennstoffen. Die Union Database bietet auch die Chance, die bisher mögliche Mehrfachregistrierung derselben Kraftstoffmenge in mehreren Massenbilanzsystemen effizienter zu verhindern (siehe GO4I-Grundlagenbericht 2, Bowe und Girbig 2021), trotz einer möglichen parallelen Führung nationaler Datenbanken, die mit der Union Database kommunizieren. Sollte die Eintragung in die Union Database und somit die Massenbilanzierung als Voraussetzung für die Anrechnung auf regulatorische Ziele und für die Nutzung von Fördermechanismen sein, so würde sich die Massenbilanzierung als dominante Nachweisform für erneuerbare/n Gase, Wasserstoff und flüssige Kraft- und Brennstoffe noch stärker etablieren. HKN für erneuerbare Gase würden dementsprechend eine ergänzende Rolle erfüllen. Da die gleichzeitige Führung von HKN innerhalb der Union Database zu diesem Zeitpunkt nicht vorgesehen ist, wäre zumindest die Verknüpfung bzw. der Abgleich der Union Database mit HKN-Systemen erforderlich. Darauf weist ein Entwurf zur Revision der RED II hin, der die Entwertung von etwaig ausgestellten Gas-HKN bei der Registrierung von Gaslieferungen in der Datenbank verlangt, um die Doppelausweisung der jeweiligen Gas-mengen zu verhindern (European Commission 2021).

Weitere Verknüpfungsoptionen stellen eine **Mischung aus zentralen, internationalen und dezentralen, nationalen Registern** dar, wie sie bereits heute existieren. Hierunter fällt zum einen die Etablierung einer zentralen, länderübergreifenden Koordinationsstelle, über welche Nachweise für alle Energieträger zwischen den nationalen Registern transferiert werden können. Die Führung der nationalen Register obläge den Mitgliedsstaaten und somit auch die Entscheidung, ob ein nationales Register mehrere Nachweistypen (z.B. Massenbilanzierung und HKN) bzw. Nachweise für verschiedene Energieträger (z.B. Gase und flüssige Brennstoffe) führt oder ob verschiedene Register je einen Nachweistyp/Energieträger verwalten. Eine ähnliche, aber weniger zentral gestaltete Administrierung von Nachweisen würde über die Einrichtung länderübergreifender Verwaltungsstellen pro Nachweistyp/Energieträger in Kombination mit den zuvor beschriebenen nationalen Registern erreicht werden. Zudem ist auch eine Variante denkbar, die für jeden Mitgliedsstaat die Möglichkeit offenlässt, sich an einer zentralen Einrichtung zu beteiligen, die bestimmte Funktionen übernimmt, während andere Funktionen auf nationaler Ebene verbleiben. Historisch gewachsene Mischformen sind die derzeit vorherrschende Struktur in der Praxis.

Die **dezentralste Form der Koordination von grenzüberschreitenden Nachweistransfers würde über Peer-to-Peer Ansätze** erreicht. Hierbei könnte beispielsweise eine eigene Verbindung von einem Register zu jedem anderen Register bestehen. Noch granularer wäre die

direkte Übertragung von Nachweisen zwischen Akteuren ohne jegliche Einbindung von Registern.

Grundsätzlich festzuhalten ist, dass eine stärkere Dezentralisierung in manchen Fällen Effizienzvorteile bieten kann, aber auch die Komplexität eines Systems erhöhen kann. Entscheidungen über Ausgestaltungsoptionen und zum Einsatz kommende IT-Lösungen (z.B. Blockchain) erfordern vorab eine ausgewogene Kosten-Nutzen-Analyse. Die jüngsten Bestrebungen im Rahmen der Planung einer Union Database für erneuerbare Gase und Flüssigbrennstoffe auf EU-Ebene deuten darauf hin, dass zentralisiertere Ansätze aus Harmonisierungs-, Betrugssicherheits- und Abwicklungsgründen seitens der EU favorisiert werden. Operative Ausgestaltungsoptionen für Register werden im Rahmen weiterer, energieträgerspezifischer Projektberichte betrachtet.

5. Herausforderungen im Umgang mit Erneuerbare-Energien-Nachweissystemschnittstellen

Die Nachweisführung der Erneuerbare-Energien-Eigenschaft an den Nachweissystemschnittstellen birgt grundsätzlich einige **technische und administrative Herausforderungen**.

Wichtige Kriterien, die hierbei einzuhalten bzw. zu beachten sind, umfassen unter anderem (vgl. Verwimp et al. 2020; Van Stein Callenfels et al. 2020)

- die Vermeidung der Doppelvermarktung der Erneuerbare-Energien-Eigenschaft (d.h. die doppelte oder mehrfache Ausstellung und Vermarktung der Erneuerbare-Energien-Eigenschaft einer bestimmten Energiemenge),
- die Vermeidung von Dopplungen oder Mehrungen bei der Nachweisregistrierung, -übertragung und -entwertung aufgrund von technischen Fehlern oder Missbrauch,
- die Vermeidung der Doppel- oder Mehrfachnutzung eines entwerteten Nachweises (gilt insbesondere für HKN),
- die Vermeidung der Doppel- oder Mehrfachausweisung von Erneuerbare-Energien-Attributen (z.B. die Nutzung der Erneuerbare-Energien-Eigenschaft einer Energiemenge für mehrere Zwecke),
- die Nutzer-Vertrauensbildung
- sowie die Klimaschutzwirkung des Systems.

Zur Erfüllung dieser Kriterien ist die **verlässliche, korrekte und transparente Erfassung aller Transaktionen** sowohl auf nationaler Ebene, aber auch für die grenzüberschreitende Verknüpfung von Systemen innerhalb der EU und zwischen EU- und Nicht-EU-Ländern unabdingbar (z.B. beim Import von Wasserstoff).

Insbesondere in Abwesenheit eines Zentralregisters, welches die Administration verschiedener Nachweistypen zentral über Ländergrenzen hinweg durchführt, ist zur Gewährleistung der korrekten Buchhaltung ein **gut funktionierendes Management der Schnittstellen** zwischen Nachweissystemen verschiedener Energieträger und der Schnittstellen zwischen Nachweissystemen eines Energieträgers durch die Register innerhalb eines Landes sowie über Landesgrenzen hinweg erforderlich. Die Aufgabe, ein solches Schnittstellenmanagement zu etablieren, kann sich äußerst **komplex** gestalten. Beispielsweise ist bei der Verknüpfung von Systemen verschiedener Energieträger, d.h. im Falle der Konversion eines transportierten Energieträgers (z.B. zwischen Strom-HKN und Gas-HKN/Massenbilanzierung, etc.), die Definition von Regeln zur Übertragung grüner Eigenschaften eine zentrale

Herausforderung.²⁶ Auch die Schnittstellen zwischen verschiedenen Nachweissystemen eines Energieträgers (z.B. zukünftig Gas-HKN und Gas-Massenbilanzierung; mehrere unabhängig voneinander betriebene Massenbilanzierungssysteme; etc.²⁷) sind in diesem Zusammenhang relevant. So ist beispielsweise bei der Ausstellung eines Nachweises für erneuerbares Gas zukünftig sicherzustellen, dass Massenbilanzierungssysteme und HKN-Systeme (und speziell in Deutschland auch verschiedene unabhängig voneinander betriebene Massenbilanzierungssysteme) miteinander abgeglichen werden, um genau nachverfolgen zu können, welcher Nachweis ausgestellt bzw. entwertet wurde, um wiederum die zweifache Vermarktung der Erneuerbare-Energien-Eigenschaft (über das HKN-System und zusätzlich über das Massenbilanzierungssystem) zu vermeiden. Im Zuge dessen ist die Einrichtung **passender technischer Schnittstellen, insbesondere IT-Lösungen**, notwendig, die für eine sichere und zuverlässige Kommunikation zwischen den verschiedenen Nachweissystemen bzw. den dazugehörigen Registern innerhalb eines Landes und über Grenzen hinweg sorgen. Des Weiteren ist die Etablierung **einheitlicher Prüfmechanismen** (z.B. durch unabhängige Gutachter) weiterhin notwendig, um unter anderem sicherzustellen, dass In- und Output-Energie korrekt bemessen werden.²⁸

Bei Transaktionen zwischen Staaten, die keinen identischen Regelungen unterliegen, ist die Festlegung von Standards, welche auf einheitlichen Vorstellungen und Definitionen beruhen²⁹, besonders wichtig, um das Qualitätsniveau von Nachweisen bzw. der dahinterstehenden erneuerbaren Energien anzugleichen und langfristig sicherzustellen. Auf diese Weise wird eine günstigere Beschaffung von Nachweisen aus solchen Ländern vermieden, in denen niedrigere (oder keine) Qualitätsstandards gelten. Die RED II regelt Mindeststandards für das HKN-System in Europa und schafft damit die Basis für den EU-weiten Markt dieser Zertifikate. Ergänzend erleichtert der Standard DIN EN 16325 der CEN-Normierung durch einheitliche Datensätze die technische Übertragbarkeit von HKN. Allerdings erfordert die Festlegung dieser Standards entsprechende Abstimmungsprozesse und Prüfmechanismen.

²⁶ Z.B. ist in diesem Fall festzulegen, in welcher Form Informationen zur Entwertung eines Nachweises für Energieinput (z.B. Strom) an das Register, das Nachweise für Energie-Output ausstellt, (z.B. Gas) übermittelt werden.

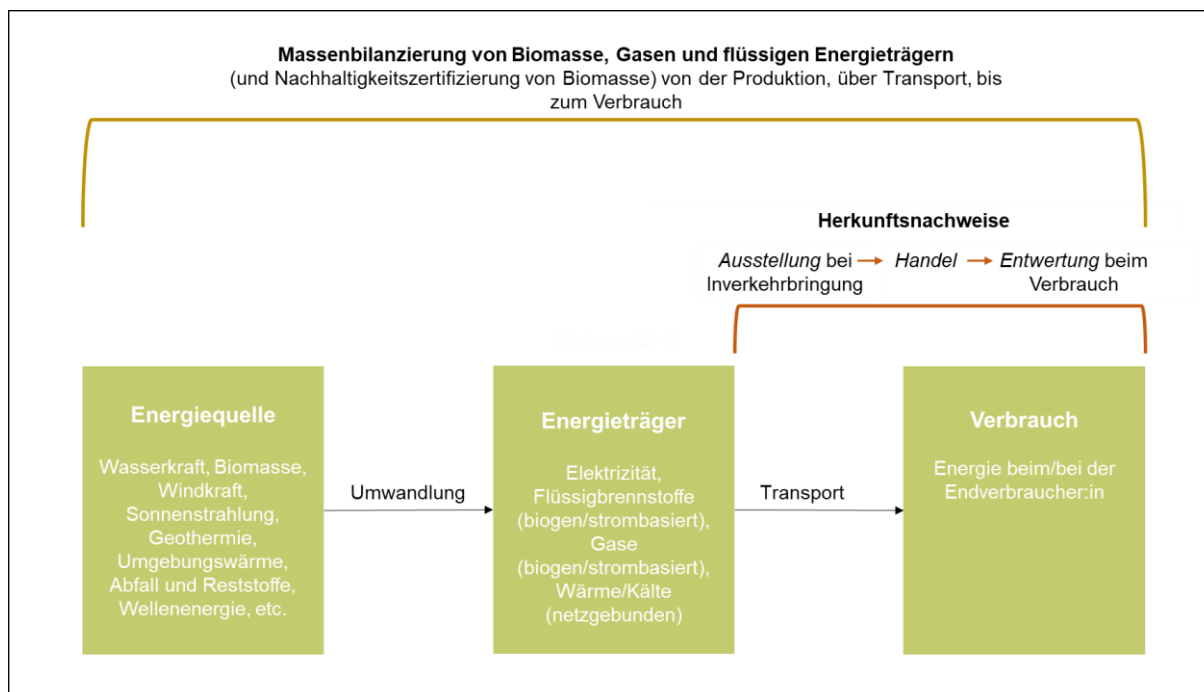
²⁷ In Deutschland bestehen mehrere, durch unterschiedliche Stellen betriebene Massenbilanzierungssysteme; eine Doppelvermarktung der erneuerbaren Eigenschaften von Energie lässt sich ohne einen Abgleich zwischen verschiedenen Registern demnach derzeit nicht effektiv ausschließen (siehe GO4I-Grundlagenbericht 1, Bowe und Girbig 2021).

²⁸ Die hier vorgestellten Herausforderungen werden z.B. in Verwimp et al. 2020 und in den REGATRACE Arbeitspaketen 4.3 und 4.4 (<https://www.regatrace.eu/work-packages/wp4-integration-of-goo-from-different-renewable-gas-technologies-with-electric-and-hydrogen-goo-systems/>) tiefer analysiert (hier insbesondere mit Fokus auf die Schnittstelle von Strom- und Gas-Nachweisen).

²⁹ Ein Beispiel hierfür stellt bereits die Definition von erneuerbarer Energie dar.

Eine weitere Herausforderung stellt die **Auswahl des jeweiligen Nachweises** dar. Wie in Abschnitt 3 beschrieben, dienen verschiedene Nachweisformen der Erfüllung unterschiedlicher (regulatorischer) Anforderungen. Im Zuge dessen sind die **Bilanzgrenzen der verschiedenen Nachweisformen zu beachten** (Abbildung 6).

Abbildung 6: Bilanzgrenzen von Nachweissystemen der Erneuerbare-Energien-Eigenschaft



Quelle: Eigene Darstellung Hamburg Institut.

Je nach Zweck, der mit dem Nachweis der Erneuerbare-Energien-Eigenschaft verfolgt wird, muss die Nachweisführung bereits bei der Extraktion der Energiequelle beginnen (z.B. Massenbilanzierung zur Erfüllung von RED II-Anforderungen) oder kann erst nach Inverkehrbringung des Energieträgers erfolgen (z.B. HKN zur Kennzeichnung). Dementsprechend entsteht bei der Festlegung auf einen bestimmten Nachweisführungsbeginn (durch die Energieerzeuger:innen) eine gewisse Inflexibilität bezüglich des Zwecks, der mit diesem Nachweis erfüllt werden kann. Die (regulatorischen) Erfüllungsoptionen müssen demnach bei der Auswahl eines jeweiligen Nachweises mitgedacht werden.

Schließlich liegt eine weitere Schwierigkeit in der **Sicherstellung einer nichtnegativen bzw. bestenfalls positiven Klimawirkung bei der Nachweisnutzung** (GO4I-Grundlagenbericht 3, Werner 2021). Dies gilt insbesondere im Fall von Energiekonversionen bei denen transportierte Input-Energie bezogen wird. Gegebenenfalls ist hier nicht nur die Erneuerbare-Energien-Eigenschaft des Energieinputs sicherzustellen, sondern es sind auch weiterführende qualitative Anforderungen an diesen entscheidend, um zu vermeiden, dass durch

fossile Energieträger betriebene, am Transportnetz angeschlossene Anlagen „künstlich“ länger profitabel betrieben werden können.

Exkurs Zusätzlichkeit: Beispiel Elektrolyse mittels netzbezogenen Stroms

Ohne qualitative Anforderungen an die eingesetzten Nachweise wäre der folgende, beispielhafte Fall denkbar: Ein Wasserstoff-Elektrolyseur könnte in Stunden mit geringer Stromproduktion aus fluktuierenden erneuerbaren Energien Strom aus dem Netz beziehen, der hinsichtlich des zeitlich aufgelösten Erzeugungsmixes einen hohen Anteil fossiler Energieträger aufweist. Auf die Erlössituation fossiler Kraftwerke würde sich dies auswirken, wenn die zusätzliche Nachfrage am Strommarkt hoch genug ausfällt, um den für Erzeuger erzielbaren Strompreis zu erhöhen. Ein Glaubwürdigkeitsproblem würde dann entstehen, wenn in diesem Fall die grüne Eigenschaft des Stroms und des erzeugten Wasserstoffs durch Vorlage eines Nachweises belegt würde, dessen zugrunde liegende Strommenge räumlich und zeitlich in keinem Zusammenhang zum Stromverbrauch stand. Um eine reine Umverteilung von grünen Eigenschaften zwischen Sektoren (d.h. z.B. vom Strom- zum Verkehrssektor) zu vermeiden, sollte zudem sichergestellt sein, dass der zusätzliche Bedarf an erneuerbarer Energie für sektorenübergreifende Anwendungen den Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung anreizt.

Entsprechende **Anforderungen an den zeitlichen und räumlichen Zusammenhang von Stromerzeugung und Stromverbrauch** für die Produktion strombasierter Kraftstoffe sowie die **Zusätzlichkeit der eingesetzten erneuerbaren Energien** formuliert **Artikel 27 Absatz 3 sowie Erwägungsgrund 90 der RED II**. Eine entsprechende Nachweismethodik soll bis Ende 2021 per delegiertem Rechtsakt näher spezifiziert werden. Einen Überblick über diskutierte, mögliche Kriterien gibt Tabelle 5 (siehe dazu auch Hoffmann und Antoni 2021). Im Fokus stehen dabei flüssige und gasförmige strombasierte Kraftstoffe, welche auf das RED II-Verkehrssektorziel für erneuerbare Energien angerechnet werden können. Der Nachweis des zeitlichen und räumlichen Zusammenhangs zielt dabei drauf ab, dass eine entsprechende Nachfrage bilanziell aus erneuerbaren Energien hätte gedeckt werden können – tatsächliche physikalische Stromflüsse im Netz werden nicht nachverfolgt (und wären auch nicht steuerbar). Beispielsweise ist hinsichtlich von Anlagenstandorten im Gespräch, dass Strom- und Wasserstoffproduktionsanlagen in derselben Preiszone verortet sein sollen oder in benachbarten Preiszonen ohne systemischen Netzengpass. Da in Deutschland eine einheitliche Strompreiszone gilt, wäre der räumliche Zusammenhang hier vergleichsweise weit zu verstehen. Als Nachweis des zeitlichen Zusammenhangs wird ein viertelstundenscharfer bilanzieller Ausgleich der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien und des Verbrauchs diskutiert, während zur Sicherung der Zusätzlichkeit im Gespräch ist, das Strom aus ungefördernden EE-Anlagen stammen soll und die Inbetriebnahme der Stromerzeugungsanlage in denselben zwölf Monaten wie die Inbetriebnahme des Elektrolyseurs oder später erfolgt. Zudem wird die Anforderung erwogen, dass zwischen Erneuerbare-Energien-Anlage und Elektrolyseur Power Purchase Agreements bestehen sollen (wobei Power Purchase Agreements prinzipiell

verschiedenartige Vertragsformen über bilanzielle Stromlieferungen oder die finanzielle Absicherung von Strompreisisiken umfassen können, vgl. Hilpert 2018, so dass hier eine genauere Spezifizierung der Anforderungen abzuwarten ist).

Auf nationaler Ebene formuliert die geänderte **Erneuerbare-Energien-Verordnung (EEV)** für den Zweck einer EEG-Umlagebefreiung Anforderungen an die Herstellung grünen Wasserstoffs (siehe Kapitel 3; Abschnitt 3b EEV). An aus dem Strom bezogenen Netz werden Anforderungen bezüglich des Anlagenstandorts gestellt (er muss nachweislich zu mindestens 80 % aus EE-Anlagen stammen, die ihren Standort in der Preiszone für Deutschland haben, und maximal zu 20 % aus EE-Anlagen in einer mit Deutschland elektrisch verbundenen Preiszone), sowie an die Zusätzlichkeit. Demnach dürfen für den eingesetzten Strom keine Förderzahlungen in Anspruch genommen werden; dies schließt anders als die auf EU-Ebene diskutierten Kriterien den Einsatz ausgeförderter Anlagen nicht aus, z.B. von Post-EEG-Anlagen, die für einen wirtschaftlichen Weiterbetrieb auf entsprechende Erlösperspektiven angewiesen sein können. Anforderungen der EEV sollen weiterentwickelt werden, wenn der delegierte Rechtsakt der EU-Kommission vorliegt.

Neben der finalen Ausgestaltung der Anforderungen ist auf europäischer Ebene noch die **Form von Nachweisen, die zur Belegung der Kriterienerfüllung vorgelegt werden müssen**, zu klären. In der EEV ist festgelegt, dass für den gelieferten Strom aus erneuerbaren Energien Herkunftsnachweise entwertet werden müssen, welche zudem die Angabe zur optionalen Kopplung zwischen Strom- und HKN-Lieferung nach § 16 Abs. 3 HkRNDV enthalten müssen. Hierbei handelt es sich um eine bilanzielle Kopplung, bei der ein bilanzieller Energiefluss vom Bilanzkreis der EE-Anlage (für die HKN ausgestellt werden) zum Bilanzkreis des Energieversorgungsunternehmens (an das HKN übertragen werden) nachgewiesen werden muss (siehe dazu Abschnitt 2.1.2 im GO4I-Grundlagenbericht 2, Styles et al. 2021). Weitere EEV-Kriterien könnten dazu führen, dass zukünftig verstärkt eine Nachfrage nach HKN am Markt wirksam wird, die bestimmten Qualitätskriterien entsprechen (z.B. ungeförderter Stromerzeugung aus Anlagen in der Preiszone für Deutschland). Die Rolle von HKN bei der Nachweisführung zu den in Art. 27 Abs. 3 RED II angelegten Kriterien ist noch ungeklärt. Insbesondere für den Nachweis eines zeitlichen (bzw. viertelstundenscharfen) Zusammenhangs zwischen Erzeugung und Verbrauch wären weitergehende Nachweise bzw. eine Weiterentwicklung von Herkunftsnachweissystemen (z.B. mit Integration von Zeitstempeln, siehe dazu EnergyTag 2021) notwendig.

Tabelle 5: Anforderungen an die Herstellung grünen Wasserstoffs

Mögliche Anforderungen des delegierten Rechtsakts auf Basis von Art. 27 Abs. 3 RED II (Diskussionsstand Juli 2021)	Anforderungen zum Zweck der EEG-Umlagebefreiung (Abschnitt 3b EEG)
• Energiequellen: Strombezug ausschließlich aus erneuerbaren Energiequellen; kein Strombezug aus Biomasse-Anlagen und Speichern • Anlagenstandorte: Strom- und Wasserstoffproduktionsanlagen müssen in derselben Preiszone verortet sein oder in benachbarten Preiszonen ohne systemischen Netzengpass • Zusätzlichkeit I: Strombezug aus ungeforderten Anlagen (kein Erhalt von Investitions- oder Betriebskostenzuschüssen in Gegenwart und Vergangenheit) • Zusätzlichkeit II: Inbetriebnahme der Stromerzeugungsanlage in denselben zwölf Monaten wie der Elektrolyseur oder später • Dokumentationspflichten zum Stromeinsatz und zur Wasserstoffherstellung Nachweisführung bei netzgebundener Stromlieferung: • Power Purchase Agreement zwischen Erneuerbare-Energien-Anlage und Elektrolyseur • Viertelstundenscharfer bilanzieller Ausgleich von Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien und Verbrauch (es sei denn, der EE-Anteil in der Preiszone des Elektrolyseurs ist während der Viertelstunde des Stromverbrauchs höher als im gesamten Land) Nachweisführung bei Strom, der nicht durch ein Netz durchgeleitet wird: • Keine Vorgaben zur Zeitgleichheit zwischen Erzeugung und Verbrauch	• Energiequellen: Strom muss aus Anlagen zur Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien stammen (i. S. v. § 3 Nr. 21 EEG 2021) • Anlagenstandorte: Strom muss nachweislich zu mind. 80 % aus EE-Anlagen stammen, die ihren Standort in der Preiszone für Deutschland haben, und max. zu 20 % aus EE-Anlagen in einer mit Deutschland elektrisch verbundenen Preiszone • Systemdienliche Betriebsweise: Befreiung kann nur für die ersten 5.000 Vollbenutzungsstunden innerhalb eines Kalenderjahrs in Anspruch genommen werden • Zusätzlichkeit I: Für den Strom dürfen keine Förderzahlungen nach dem EEG, der EEG, dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz oder andere Zahlungen zur Förderung der EE-Nutzung in Anspruch genommen werden • Mitteilungspflichten zum Stromverbrauch und zur Einhaltung der Voraussetzungen Nachweisführung bei netzgebundener Stromlieferung durch Elektrizitätsversorgungsunternehmen: • Entwertung von Herkunftsnachweisen nach § 30 HkRNDV • Für EE-Anlagen in Deutschland müssen HKN die optionale Kopplung zwischen Strom- und HKN-Lieferung nach § 16 Abs. 3 HkRNDV enthalten Nachweisführung bei Strom, der nicht durch ein Netz durchgeleitet wird: • Stromerzeugung in der EE-Anlage und Stromverbrauch in der Wasserstoffproduktionsanlage müssen auf 15-Minuten-Intervalle bezogen zeitgleich erfolgen

Quelle: Eigene Darstellung Hamburg Institut auf Basis von Abschnitt 3b der Erneuerbare-Energien-Verordnung (EEV); Hoffmann und Antoni 2021.

6. Fazit

Im Rahmen der Nachweisführung erneuerbarer Energien existieren Schnittstellen auf verschiedenen Ebenen, welche durch die künftig mögliche Ausstellung von HKN (gemäß Artikel 19 der RED II) für erneuerbare Gase, Wärme und Kälte innerhalb der EU und durch den zunehmenden, grenzüberschreitenden Handel erneuerbarer Energien potenziell zahlreicher werden. So bestehen einerseits Schnittstellen auf nationaler Ebene zwischen den unterschiedlichen **Nachweissystemen für einen Energieträger** (z.B. zwischen HKN und Massenbilanzierungssystemen für Gas) und zwischen den **Nachweissystemen verschiedener Energieträger** (z.B. zwischen HKN für Gas und HKN für Strom und Wärme/Kälte). Andererseits sind auf internationaler Ebene Schnittstellen zwischen **Erneuerbare-Energien-Nachweissystemen verschiedener EU- und ggfs. Nicht-EU-Staaten** zu beachten. Schließlich existieren sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene Schnittstellen von **Erneuerbare-Energien-Nachweissystemen (eines und/oder mehrerer Energieträger) zu regulatorischen Instrumenten bzw. Erfüllungsoptionen** (z.B. EEG auf nationaler Ebene, RED II und EU ETS auf EU-Ebene, etc.).

Es bestehen verschiedene Optionen zur **inhaltlichen sowie zur administrativen Ausgestaltung dieser Schnittstellen**. Inhaltlich ergeben sich bestimmte Standards und Kriterien gemäß derer Nachweissystemschnittstellen gestaltet werden (sollen). Die Vermeidung der Doppelvermarktung und Doppelausweisung der Erneuerbare-Energien-Eigenschaft, die Nutzer-Vertrauensbildung und die Klimaschutzwirkung des Systems (vgl. Verwimp et al. 2020; Van Stein Callenfels et al. 2020) gelten hierbei als wichtige, allgemeine Kriterien, die nicht nur bei der Nutzung der einzelnen Systeme selbst, sondern auch beim Umgang mit den Schnittstellen zwischen diesen Systemen zu beachten sind. Zusätzlich wurden bereits und werden immer noch spezifischere Kriterien entwickelt, die im Speziellen die Nachweisschnittstellen betreffen (z.B. Kriterien für Input-Energie im Falle von Strom für strombasierte Kraftstoffe zur Anwendung im Verkehr, etc.). Administrativ stellt sich dahingegen die Frage, wie verschiedene Nachweissysteme auf nationaler und internationaler Ebene technisch und organisatorisch miteinander verknüpft werden können. Hierbei reicht das Spektrum von vollständig zentral (ein einziges länderübergreifendem Register für alle Nachweistypen) bis hin zu komplett dezentral organisierten Lösungen (Peer-to-Peer Ansätze in Abwesenheit von Registern). Zumindest im Bereich der auf erneuerbare-Energien-Ziele anzurechnenden Gase und flüssigen Kraftstoffe zeichnet sich angesichts der derzeitigen regulatorischen Bestrebungen zur Schaffung einer EU-weiten Union Data Base eine Bewegung hin zu einer zentraleren Organisation ab. Strom-HKN-Register sind vorwiegend national (in wenigen Fällen regional) organisiert.

Abschließend ist festzuhalten, dass sich bei der Nachweisführung der Erneuerbare-Energien-Eigenschaft je Energieträger sehr unterschiedliche Herausforderungen ergeben. Die detaillierte Ausarbeitung dieser energieträgerspezifischen Herausforderungen und Lösungsoptionen ist Gegenstand weiterer Projektberichte.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Bestehende und zukünftige Nachweispfade für erneuerbare Energien	
10	
Abbildung 2: Potenzielle Schnittstellen zwischen nationalen Nachweissystemen eines Energieträgers.....	12
Abbildung 3: Potenzielle Schnittstellen zwischen nationalen Nachweissystemen verschiedener Energieträger	18
Abbildung 4: Überblick über europäische und nationale Regulierungen und Nachweise der Erneuerbare-Energien-Eigenschaft.....	22
Abbildung 5: Kontinuum der Ausgestaltungsoptionen grenzüberschreitender Transfers von Erneuerbare-Energien-Nachweisen.....	30
Abbildung 6: Bilanzgrenzen von Nachweissystemen der Erneuerbare-Energien- Eigenschaft.....	35

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Im Rahmen der Nachweisführung relevante Konversionen von erneuerbaren, transportierten Energieträgern	15
Tabelle 2: On-site- vs. Off-site-Produktion grüner Energieoutputs und entsprechende Nachweisführung der Erneuerbare-Energien-Eigenschaft.....	16
Tabelle 3: Mögliche Schnittstellen zwischen Erneuerbare-Energien- Nachweissystemen bei der Nutzung transportierter Input-Energie zur Erzeugung von Output-Energie.....	20
Tabelle 4: Regulatorische Anrechenbarkeit erneuerbarer Energien und benötigte Nachweise	27
Tabelle 5: Anforderungen an die Herstellung grünen Wasserstoffs	38

Literatur

- Acatech, Leopoldina, Akademienunion, 2017: Sektorkopplung – Optionen für die nächste Phase der Energiewende. Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina, Acatech– Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, Union der deutschen Akademien der Wissenschaften, Berlin. URL: <https://www.acatech.de/publikation/sektorkopplung-optionen-fuer-die-naechste-phase-der-energiewende/download-pdf?lang=de>.
- Alberici, S., Toop, G., Martinez-Blat, J., 2020: Scoping study setting technical requirements and options for a Union Database for tracing liquid and gaseous transport fuels. Navigant: Utrecht. URL: <https://op.europa.eu/de/publication-detail/-/publication/f9325197-f991-11ea-b44f-01aa75ed71a1/language-de>.
- BDEW, 2017. Positionspapier: 10 Thesen zur Sektorkopplung. Berlin. URL: https://www.bdew.de/media/documents/Stn_20170427_Thesen-Sektorkopplung.pdf.
- BMU, 2021. Referentenentwurf der Bundesregierung. Verordnung zur Neufassung der Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung und der Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung. Bearbeitungsstand: 30.03.2021. URL: https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Glaeserne_Gesetze/19_Lp/biomasse_biokraft_vo/Entwurf/biomasse_biokraft_vo_refe_bf.pdf.
- Bowe, S., Girbig, P., 2021. Nachweissysteme für erneuerbare Energien – Bericht im Rahmen des Projekts GO4Industry (Grundlagen, Teil 1), gefördert durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (FKZ: UM20DC003). GreenGasAdvisors, Berlin.
- BT-Drucksache 19/27435 vom 09.03.2021. Gesetzentwurf der Bundesregierung. Entwurf eines Gesetzes zur Weiterentwicklung der Treibhausgasminderungs-Quote. URL: <https://dserver.bundestag.de/btd/19/274/1927435.pdf>.
- BT-Drucksache 19/29793 vom 19.05.2021. Verordnung der Bundesregierung. Verordnung zur Umsetzung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes 2021 und zur Änderung weiterer energierechtlicher Vorschriften. URL: <https://dserver.bundestag.de/btd/19/297/1929793.pdf>.
- Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt), 2018. Leitfaden zur Erstellung von Überwachungsplänen und Emissionsberichten für stationäre Anlagen in der 3. Handelsperiode (2013-2020), Berlin. URL: https://www.dehst.de/SharedDocs/downloads/DE/stationaere_anlagen/2013-2020/Emissionsbericht_Leitfaden.pdf?blob=publication-File&v=12.

- Deutsche Energieagentur (dena), 2017. Dena-Leitstudie Integrierte Energiewende: Impulse und Erkenntnisse aus dem Studienprozess – Zwischenfazit, Berlin. URL: https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/9214_dena-Leitstudie-Integrierte-Energiewende_Zwischenfazit.pdf.
- EnergyTag, 2021. EnergyTag and granular energy certificates: Accelerating the transition to 24/7 clean power. The EnergyTag Initiative, London. URL: <https://www.energytag.org/wp-content/uploads/2021/05/EnergyTag-and-granular-energy-certificates.pdf>.
- ESYS, 2017. Sektorkopplung – Untersuchungen und Überlegungen zur Entwicklung eines integrierten Energiesystems, Schriftenreihe Energiesysteme der Zukunft, München. URL: https://energiesysteme-zukunft.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/PDFs/ESYS_Analyse_Sektorkopplung.pdf.
- European Commission, 2021. Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council amending Directive (EU) 2018/2001, Regulation (EU) 2018/1999 and Directive 98/70/EC as regards the promotion of energy from renewable sources, and repealing Council Directive (EU) 2015/652. COM (2021) 557 final. Brussels. URL: https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/amendment-renewable-energy-directive-2030-climate-target-with-annexes_en.pdf.
- Fouquet, D., Lehnert, W., Nysten, J., Rühr, C., Seebach, D., Timpe, C., 2014. Kurzfassung des Abschlussberichts zum Projekt „Unterstützungsleistungen für den effektiven und effizienten Betrieb des Herkunftsnachweisregisters“ (Kennzeichen: 03MAP290). Becker Büttner Held/Öko-Institut: Berlin/Freiburg. URL: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/dokumente/kurzfassung_unterstuetzungsleistungen_fuer_den_effektiven_und_effizienten_betrieb_des_herkunftsnachweisregisters.pdf.
- Gerhardt, N., Sandau, F. Scholz, A. Hahn, H., Schumacher, P., Sager, C., Bergk, F., Kämper, C., Knörr, W., Kräck, J., Lambrecht, U., Antoni, O., Hilpert, J., Merkel, K., Müller, T., 2015. Interaktion EE-Strom, Wärme und Verkehr. Fraunhofer IWES/Fraunhofer IBP/IFEU/Stiftung Umweltenergierecht: München, Kassel, Heidelberg, Würzburg. URL: https://stiftung-umweltenergierecht.de/wp-content/uploads/2016/02/stiftungumweltenergierecht_Endbericht_EE-Strom_W%C3%A4rme-Verkehr_2015.pdf.
- Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG), 21.12.2020, URL: https://www.gesetze-im-internet.de/eeg_2014/BJNR106610014.html.
- Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung (Energiewirtschaftsgesetz – EnWG), 10.08.2021, URL: <https://www.gesetze-im-internet.de/enwg/>.

Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz - GEG), 01.11.2020, URL: <https://www.gesetze-im-internet.de/geg/>.

Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundesimmissionsschutzgesetz - BImSchG), 18.08.2021, URL: <https://www.gesetze-im-internet.de/bimschg/>.

Henning, H.-M., Palzer, A., 2015. What will the energy transformation cost? Pathways for transforming the German energy system by 2050. Fraunhofer ISE: Freiburg. URL: <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/en/documents/publications/studies/What-will-the-energy-transformation-cost.pdf>.

Hilpert, J., 2018. Rechtliche Bewertung von Power Purchase Agreements (PPAs) mit erneuerbaren Energien. Würzburger Studien zum Umweltenergierecht Nr. 12. Stiftung Umweltenergierecht, Würzburg. URL: https://stiftung-umweltenergierecht.de/wp-content/uploads/2019/02/Stiftung_Umweltenergierecht_WueStudien_12_PPA.pdf.

Hoffmann, B., 2020. Grüner Strom im Kraftstoffmarkt – Was bringt die RED II? Zeitschrift für Neues Energierecht (ZNER), 24 (4), S. 300–306.

Hoffmann, B., Antoni, O., 2021. Anforderung an die Produktion von grünem Wasserstoff. Ein Vergleich des Delegierten Rechtsakts und der Erneuerbare-Energien-Verordnung (EEV). Stand: 9. Juli 2021. Stiftung Umweltenergierecht, Würzburg. URL: https://stiftung-umweltenergierecht.de/wp-content/uploads/2021/07/Stiftung_Umweltenergierecht_Vergleich-del.-RA-und-EEV_Stand_2021-07-09.pdf.

Hoffmann, P., Groß, B., Heib, S., 2017. Industrielle Abwärme zur Stromerzeugung: Potenziale und Forschungsbedarf. In FVEE, Hrsg. FVEE-Themen 2017: Innovationen für die Energiewende. Beiträge zur FVEE-Jahrestagung 2017. Berlin. S. 34-37. URL: https://www.fvee.de/fileadmin/publikationen/Themenhefte/th2017/th2017_04_02.pdf.

Hydrogen Council, 2017. Hydrogen scaling up – A sustainable pathway for the global energy transition. Hydrogen Council. URL: <https://hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2017/11/Hydrogen-scaling-up-Hydrogen-Council.pdf>.

Maaß, C., 2021. Die Neuregelung der Stromkennzeichnung – Hintergründe und Auswirkungen. Stellungnahme für LichtBlick SE. URL: https://www.hamburg-institut.com/wp-content/uploads/2021/06/Hamburg_Institut_Gutachten_Stromkennzeichnung_April_2021.pdf.

Moody, P., Lehtovaara, M., Verwimp, K., Desaulniers, A., Matosic, M., 2020. Developing IT Systems Specification - Develop a Vision for the Future IT Infrastructure (Task 3.1).

- Technical support for RES policy development and implementation for the European Commission. FaStGO – Facilitating Standards for Guarantees of Origin. URL: <https://www.aib-net.org/news-events/aib-projects-and-consultations/fastgo/project-deliverables>.
- Öko-Institut, Fraunhofer ISI, 2015. Klimaschutzszenario 2050, 2. Endbericht, Berlin/Karlsruhe. URL: <https://www.oeko.de/oekodoc/2451/2015-608-de.pdf>.
- Pfluger, B. et al., 2017. Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland. Modul 0: Zentrale Ergebnisse und Schlussfolgerungen. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung. Consentec GmbH, IFEU, Technische Universität Wien, M-Five, TEP Energy GmbH. Fraunhofer ISI: Karlsruhe.
- Richtlinie (EU) 2018/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001&from=EN>.
- Styles, A., Werner, R., Maaß, C., 2021. Zweck und instrumentelle Leistungsfähigkeit von Herkunftsnachweisen - Status quo und Weiterentwicklungsperspektiven (Grundlagen, Teil 2), gefördert durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (FKZ: UM20DC003). Hamburg Institut, Hamburg.
- Van Stein Callenfels, R., Verwimp, K., Moody, P., White, A., Klimscheffskij, M., Matosic, M., 2020. Takeaways from a consultation on text proposals for a revised CEN – EN 16325 standard on guarantees of origin (Task 2.3). Technical support for RES policy development and implementation for the European Commission. FaStGO – Facilitating Standards for Guarantees of Origin. URL: <https://www.aib-net.org/news-events/aib-projects-and-consultations/fastgo/project-deliverables>.
- Verwimp, K., Moody, P., Van Stein Callenfels, R., Kovacs, A., Vanhoudt, W., Barth, F., Pedraza, S., Lehtovaara, M., Klimscheffskij, M., White, A., 2020. Identification of the main challenges which currently exist in the management of guarantee of origin system (Task 1.3). Technical support for RES policy development and implementation for the European Commission. FaStGO – Facilitating Standards for Guarantees of Origin. URL: <https://www.aib-net.org/news-events/aib-projects-and-consultations/fastgo/project-deliverables>.
- Werner, R., 2021. Wie Herkunftsnachweise die Energiewende beschleunigen können (Grundlagen, Teil 3), gefördert durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (FKZ: UM20DC003). Hamburg Institut, Hamburg.

Wietschel, M., Plötz, P., Pfluger, B., Klobasa, M., Eßer, A., Haendel, M., Müller-Kirchenbauer, J., Kochems, J., Hermann, L., Grosse, B., Nacken, L., Küster, M., Pacem, J., Naumann, D., Kost, C., Kohrs, R., Fahl, U., Schäfer-Stradowsky, S., Timmermann, D., Albert, D., 2018. Sektorkopplung – Definition, Chancen und Herausforderungen (Discussion Paper). Fraunhofer ISI, Karlsruhe. URL: https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/sustainability-innovation/2018/WP01-2018_Sektorkopplung_Wietschel.pdf.