InDEED

Zukunftsfähige Herkunftsnachweise

Kurzfassung · 2023

Gefördert durch:

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Stiftung Umweltenergierecht

UNIVERSITÄT BAYREUTH

Herausgeber:

Am Blütenanger 71
80995 München
+49 89 158121-0
Mail: info@ffe.de
Web: www.ffe.de

Bericht aus dem Projekt InDEED

Zukunftsfähige Herkunftsnachweise

Kurzfassung

Veröffentlicht am:
09.05.2023

Autor:innen:
Alexander Bogensperger
Louisa Wasmeier
Severin Sylla
Amanda Pleier
Simon Koderer
Robin Spindler
Michael Hinterstocker

Projektpartner:
Universität Bayreuth
Stiftung Umweltenergierecht

Förderkennzeichen:
03EI6026A und
03EI6026B

Gefördert durch:

Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Das Wissen über die Stromherkunft ist ein wichtiger Pfeiler der Energiewende.

Die im Sinne des Klimaschutzes notwendige Reduktion von Treibhausgasemissionen stellt einen der größten Transformationsprozesse von Wirtschaft und Gesellschaft der nächsten Jahrzehnte dar. Ein zentraler Baustein für diesen Transformationsprozess ist das Wissen über die Stromherkunft und die damit einhergehenden Treibhausgasemissionen. Die Stromkennzeichnung nimmt daher sowohl für Privathaushalte als auch für Unternehmen an Bedeutung zu.

Heute werden zur Stromkennzeichnung Herkunftsnachweise (HKN) verwendet. Wurde in einer Erzeugungsanlage eine Megawattstunde Strom aus erneuerbaren Energien produziert, so kann durch das Herkunftsnachweisregister (HKNR), welches vom Umweltbundesamt (UBA) geführt wird, ein HKN ausgestellt werden. Ein Anlagenbetreiber kann sich nur dann HKN ausstellen lassen, wenn er Strom aus erneuerbaren Energien per sonstiger Direktvermarktung nach § 21a des Erneuerbare-Energien-Gesetzes 2023 (EEG) vermarktet.

Stromlieferanten und Anlagenbetreiber haben Benutzerkonten beim HKNR, die den Handel mit HKN ermöglichen. Dieser länderübergreifende europäische Handel ist unabhängig vom physikalischen Stromfluss. HKN werden durch die Stromlieferanten eingekauft und auf ihren Antrag hin vom UBA entwertet. Mit der Entwertung wird der Herkunftsnachweis für gelieferten Strom über einen Bilanzzeitraum von einem Kalenderjahr erbracht. Dieser Prozess der Stromkennzeichnung ermöglicht es Stromlieferanten, ihren Kunden durch den Kauf von HKN „Ökostromtarife“ anzubieten.

Das HKN-System in Deutschland basiert einerseits auf den Anforderungen der deutschen und europäischen Regulierung, andererseits auf der konkreten Umsetzung in Form des Herkunftsnachweisregisters.

HKN stellen die Grundlage für zahlreiche Anwendungsgebiete dar. Dazu gehören Ökostromtarife, die Klassifizierung grünen Wasserstoffs sowie die Bestimmung der Treibhausgasemissionen von Unternehmen. Damit die Anforderungen dieser verschiedenen Anwendungsgebiete erfüllt werden können, ist eine Überarbeitung des aktuellen Systems erforderlich. Die Studie „Zukunftsfähige Herkunftsnachweise – Roadmap zur Weiterentwicklung“ [5] stellt dabei den aktuellen Status Quo sowie die wachsenden Anforderungen an das HKN-System dar. Diese Anforderungen werden durch Stakeholder-Interviews gestützt. Zudem werden unterschiedliche, aktuell bestehende Projekte und Lösungsoptionen zur Kennzeichnung der Stromherkunft beschrieben, darunter auch das Projekt InDEED. Darauf aufbauend wird eine Roadmap vorgestellt, nach welcher das aktuelle System so umgestellt werden kann, dass es den Anforderungen der Energiewirtschaft gerecht werden und einen entscheidenden Beitrag zur Energiewende leisten kann. Die nachfolgende Zusammenfassung gibt dabei einen Überblick über die zentralen Aussagen in [5], sowie in der Studie „Zukunftsfähige Herkunftsnachweise – Konzept für die Ende-zu-Ende-Digitalisierung“ [3]. Diese Inhalte wurden im Rahmen des Projektes InDEED (FKZ: 03EI6026A und 03EI6026B) erarbeitet.

Zahlreiche aktuelle und zukünftige energiewirtschaftliche Anwendungsfelder benötigen eine klare Kennzeichnung der Stromherkunft.

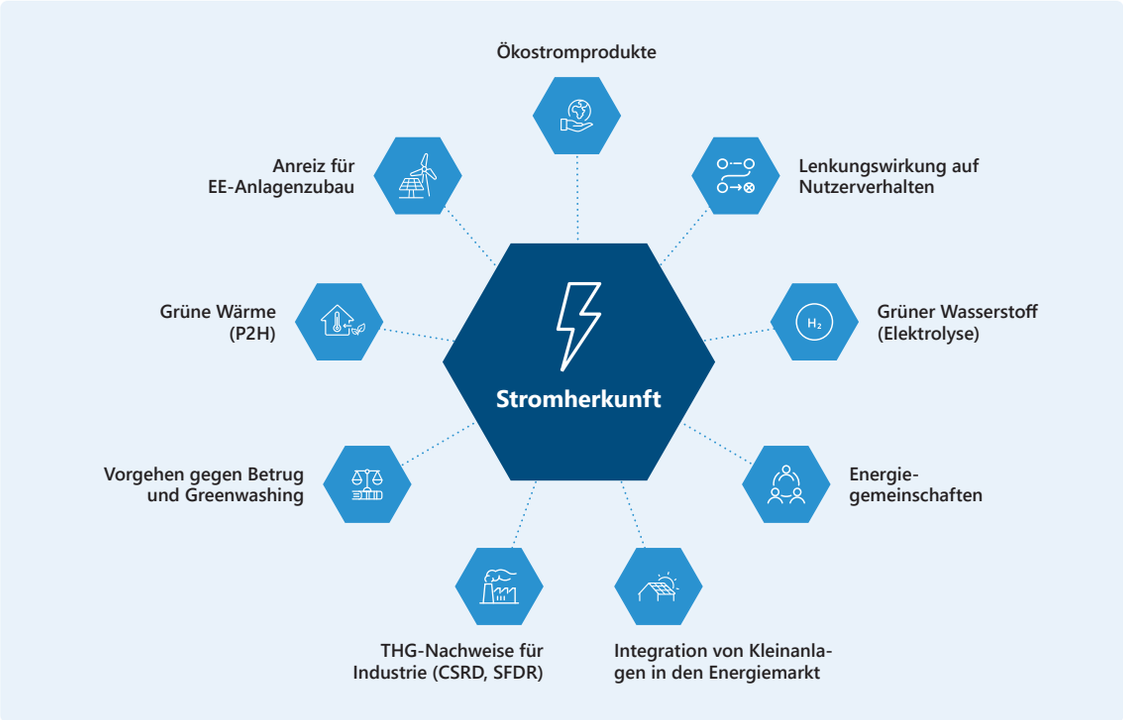

Abbildung 1: Anwendungsfelder für die Stromkennzeichnung

Eine klare Kennzeichnung der Stromherkunft ist für verschiedene energiewirtschaftliche Anwendungsfelder von großer Bedeutung, wie in Abbildung 1 dargestellt. Sie soll nicht nur die Vermarktung bestimmter Stromprodukte als „Ökostrom" (auch „Grünstrom" genannt) ermöglichen, sondern beispielsweise auch das Vorgehen gegen Betrug und Greenwashing erleichtern, einen Anreiz für den Zubau von Stromerzeugungsanlagen aus erneuerbaren Energien (EE-Anlagen) geben und eine Lenkungswirkung auf das Nutzerverhalten haben.

Bei der fortlaufenden Dekarbonisierung des Energiesystems nimmt unter anderem die Sektorkopplung eine bedeutende Rolle ein. Vor allem die strombasierte Erzeugung von grünem Wasserstoff und von Wärme sollen dabei einen erheblichen Beitrag leisten. Der von der EU-Kommission im Februar 2023 veröffentlichte und (Stand: März 2023) noch nicht in Kraft getretene "Delegated Act" [1] enthält in seiner derzeitigen Formulierung unter anderem Kriterien, die erfüllt sein müssen, damit Wasserstoff, der mittels Elektrolyse hergestellt wird, als "grün" bezeichnet werden darf. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn (neben weiteren Kriterien) der Strom über ein Power Purchase Agreement (PPA) von ungeförderten EE-Anlagen stammt. Hierbei wird auch eine zeitliche Korrelation von Erzeugung und Verbrauch gefordert, die aufgrund des Bilanzierungszeitraums von einem Jahr im HKN-System aktuell ohne Umweltgutachten nicht mit der geforderten zeitlichen Auflösung nachgewiesen werden kann.

Der Delegated Act bezieht sich auf die Anrechenbarkeit von Wasserstoff für Ziele für den Verkehrssektor, die in der „Renewable Energy Directive" (RED II) enthalten sind. Er könnte aber künftig auch beispielhaft als Grundlage für Regelungen zu grünem Wasserstoff in anderen Sektoren dienen.

Der Nachweis der grünen Eigenschaft von strombasierter Wärme soll in Deutschland künftig auf Grundlage der Stromkennzeichnung ermöglicht werden (vgl. Gesetz zu Herkunftsnachweisen für Gas, Was-

serstoff, Wärme oder Kälte aus erneuerbaren Energien und zur Änderung anderer energierechtlicher Vorschriften – HkNRG). Bei steigender Nachfrage nach Wärmepumpen würde dies voraussichtlich eine deutlich höhere Nachfrage nach HKN bedeuten. Die zeitliche und räumliche Entkopplung von Erzeugung und Entwertung von HKN verhindert allerdings bislang, dass Anreize für Lastverschiebungen und die Verringerung von Emissionen bei der strombasierten Wärmeerzeugung bestehen.

In den nächsten Jahren werden die Anforderungen an Unternehmen im Hinblick auf Nachhaltigkeitsberichterstattung sukzessive ansteigen. So kommen beispielsweise mit der „Corporate Sustainability Reporting Directive" (CSRD) und der „Sustainable Finance Disclosure Regulation" (SFDR) neue Regularien, welche die Unternehmen verpflichten, neben finanziellen Aspekten auch die Nachhaltigkeit ihres wirtschaftlichen Handelns offen zu legen. Unter anderem müssen indirekte Emissionen aus eingekaufter Energie (Scope 2 Emissionen) ausgewiesen werden. Dazu werden beispielsweise Daten zum Strommix oder das Wissen um die Herkunft der genutzten Energie benötigt. Eine hinreichende Nachhaltigkeitsberichterstattung setzt also eine fundierte Datengrundlage voraus, die unter anderem die Nachvollziehbarkeit der korrekten Beschaffung und Entwertung von HKN einschließt.

Eine zu erwartende Folge der neuen Berichtspflichten sowie der rechtlichen Ausgestaltung der Kennzeichnung von grüner Wärme und grünem Wasserstoff ist ein Anstieg der Preise für HKN, welcher als Anreiz für den Zubau neuer EE-Anlagen einen positiven Einfluss auf die Energiewende haben soll. Da bis 2026 allein in Deutschland ca. 15.000 Unternehmen berichtspflichtig sein werden, ist von einer steigenden Nachfrage nach HKN und somit von höheren Preisen auszugehen. Bisher wurde durch das HKN-System aufgrund des hohen Importvolumens günstiger, skandinavischer HKN keine entscheidende Anreizwirkung für den Zubau neuer EE-Anlagen erreicht. Daher ist es erforderlich, einen funktionierenden Wirkmechanismus zwischen HKN und der Energiewende zu etablieren. Dies könnte sowohl durch eine Anpassung des HKN-Systems als auch durch die Umsetzung von CSRD in Deutschland geschehen.

Zudem haben sich in den letzten Jahren auf Basis der fortschreitenden Digitalisierung Energiegemeinschaften als neue Konzepte des Stromhandels entwickelt. Die EU hat die Weichen dafür gestellt, dass Privatpersonen, kleine und mittlere Unternehmen sowie lokale Behörden lokal aus EE-Anlagen produzierten Strom ohne unverhältnismäßige Kosten oder bürokratische Hürden tauschen oder handeln können. Für die Beteiligten ist es entsprechend relevant, die Stromherkunft zu kennen und ihr Handeln danach auszurichten. Die Zielgruppe von Energiegemeinschaften umfasst dabei vor allem Prosumer und Klein(st)anlagen im Bereich von < 30 kWp. Deren Teilnahme am HKN-System ist heute aufgrund administrativer Hürden, Gebühren und der Mindestgröße von HKN von 1 MWh jedoch mit großem Aufwand und hohen Kosten verbunden. Für die formell korrekte Stromkennzeichnung in lokalen Märkten oder Energiegemeinschaften müssen jedoch neben der (optional) hochaufgelösten Information auch die HKN beantragt, übertragen, entwertet und verwendet werden. Es werden Mechanismen benötigt, die Stromherkunft innerhalb der Gemeinschaft nachzuweisen. Ansonsten besteht hier das Risiko, dass durch den Betreiber einer solchen Gemeinschaft gewisse Aussagen über die Stromherkunft und lokale Grünstromanteile nur schwer bzw. nur mit großem Aufwand rechtssicher darstellbar sind.

Das aktuelle Herkunftsnachweissystem in seiner derzeitigen Ausgestaltung hat einen sehr geringen Einfluss auf die Energiewende.

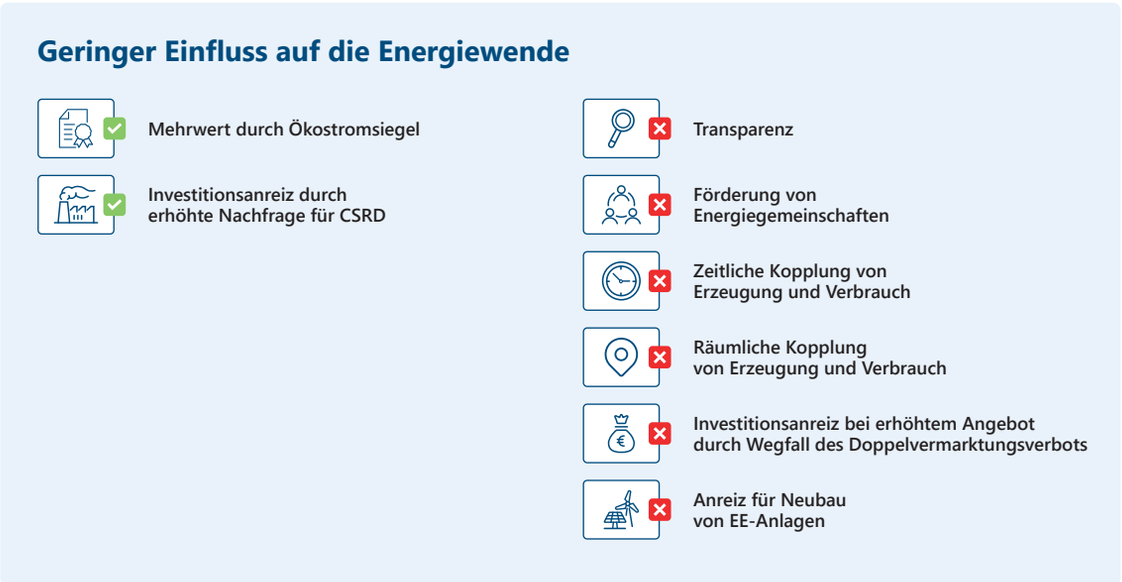

Abbildung 2: Einfluss der Stromkennzeichnung im Status Quo auf die Energiewende

Die Motivation für den Abschluss eines Ökostromvertrags ist häufig, die Energiewende aktiv zu unterstützen und den eigenen ökologischen Fußabdruck zu reduzieren. In einigen Aspekten des heutigen HKN-Systems wird der tatsächliche Einfluss eines Ökostromproduktes auf die Energiewende allerdings nicht abgebildet, wie in Abbildung 2 dargestellt ist.

Um die Verbindung zwischen der Kaufentscheidung eines Ökostromtarifs und dessen Umweltwirkung zu zeigen, müssen nach § 42 des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG) in allen Stromlieferverträgen der Strommix und die damit einhergehenden Treibhausgasemissionen offengelegt werden. Die aktuellen gesetzlichen Mindestanforderungen an derartige Tarife ermöglichen es Anbietern, den gelieferten Strom – unabhängig von dessen tatsächlichem Ursprung – durch den Zukauf von HKN "grün" zu färben. Dabei sind die HKN durch den Bilanzierungszeitraum von einem Jahr sowie den europäisch integrierten Handel sowohl zeitlich als auch räumlich von tatsächlich erfolgten Lieferungen entkoppelt. Daher besteht derzeit kein echter Anreiz für Energieversorgungsunternehmen, durch anspruchsvolle Ökostromprodukte die Energiewende in Deutschland voranzutreiben. Solche Produkte können zum Beispiel den Kauf von HKN von Neubauanlagen beinhalten oder die „optionale Kopplung“ von HKN, welche nach einer umweltgutachterlichen Bestätigung Stromlieferungen mit der tatsächlichen Erzeugung bestimmter EE-Anlagen in Verbindung bringt.

Um Verbrauchern zu vermitteln, dass Ökostromprodukte einen solchen Mehrwert besitzen, spielen heute verschiedene Ökostromsiegel (z. B. „Grüner Strom“, „OK Power“, TÜV Süd „EE01“ und „EE02“, TÜV Nord „Geprüfter Ökostrom“, „EKOEnergie“, „RenewablePLUS“) eine wichtige Rolle. Sie sollen vermitteln, dass die durch ein Siegel zertifizierten Ökostromprodukte die Energiewende besonders stark vorantreiben. Die Kriterien, nach denen Ökostromprodukte zertifiziert werden, sind nicht gesetzlich vorgegeben, sondern werden von den Anbietern der Siegel individuell festgelegt. Es ist für Kunden so zwar grundsätzlich nachvollziehbar, inwiefern verschiedene Grünstromprodukte beispielsweise über Investitionen in neue EE-Anlagen einen Mehrwert für die Energiewende schaffen, die große Anzahl an Siegeln und Kriterien erfordert allerdings erheblichen Rechercheaufwand und energiewirtschaftliche Vorkenntnisse.

Ein weiterentwickeltes HKN-System, das eine transparente sowie regional und zeitlich hoch aufgelöste Stromkennzeichnung gegenüber Letztverbrauchern ermöglicht, würde mehr Klarheit bei der Zertifizierung von Ökostromprodukten schaffen und sicherstellen, dass jedes Ökostromprodukt ein gewisses Mindestmaß an Beitrag für die Energiewende leistet. Ökostromanbieter hätten dann die Möglichkeit, transparentere Produkte zu verkaufen, deren Nutzen für die Energiewende den Kunden klar vermittelt werden könnte und der über das gesetzliche Mindestmaß hinaus geht.

Die Erzeugung von HKN ist aktuell in Deutschland auf EE-Anlagen beschränkt, die keine Förderung durch das EEG erhalten (Doppelvermarkungsverbot nach § 80 EEG 2023). Das heutige System bietet Energieversorgern und der Industrie die einfache Möglichkeit, über günstige HKN ihren Stromverbrauch, bzw. den ihrer Kunden, als grün auszuweisen. Da EEG-geförderte Neuanlagen vom Doppelvermarktungsverbot betroffen sind, handelt es sich bei den Anlagen hinter den HKN oft um bereits gebaute Bestandsanlagen. Dadurch entsteht durch als „grün" ausgewiesenen Strom oftmals kein echter Mehrwert für die Energiewende. Derzeit laufen im Zuge des Entwurfs der RED III Planungen der EU, die Vorgaben zur Ausstellung von Herkunftsnachweisen neu zu gestalten. Diese Änderungen könnten unter Umständen dazu führen, dass das deutsche Doppelvermarktungsverbot in seiner derzeitigen Form nicht bestehen bleibt. Dies könnte zu einem Anstieg der Anzahl von EE-Anlagen führen, die am HKN-System teilnehmen können. Dies würde zu einem Anstieg der Anzahl von EE-Anlagen führen, die am HKN-System teilnehmen können. Auch wenn das Doppelvermarktungsverbot bestehen bleibt, wird die Anzahl der Anlagen, die aus der EEG-Förderung fallen (post-EEG Anlagen) und somit berechtigt sind, HKN für erzeugte Strommengen zu erhalten, in Zukunft steigen.

Von einem Wegfall des Doppelvermarktungsverbotes wären (je nach Ausgestaltungsart) viele EEG-geförderte Kleinanlagen von Privatpersonen betroffen. Eine Teilnahme am HKN-Handel ist für die betroffenen Anlagen jedoch aufgrund der komplexen Prozesse, der Kosten und der Dimensionierung auf eine MWh pro HKN nur mit hohem Aufwand realisierbar. Im Zusammenspiel mit fehlender Regulierung könnte dieser Umstand ein Hindernis für das Entstehen von Energiegemeinschaften und lokalen Märkten darstellen. Energiegemeinschaften sollen jedoch die Akzeptanz für erneuerbare Energien bei den Teilnehmenden erhöhen, die Partizipation vereinfachen und die lokale Wertschöpfung verbessern. Sie bieten damit wichtige Potenziale zu mehr privaten Investitionen in erneuerbare Energien oder Flexibilitäten und damit zur Beschleunigung der Energiewende.

Digitalisierung und verbesserte Datenverfügbarkeiten durch Smart Meter eröffnen neue Möglichkeiten zur Kennzeichnung der Stromherkunft.

Intelligentes Messsystem

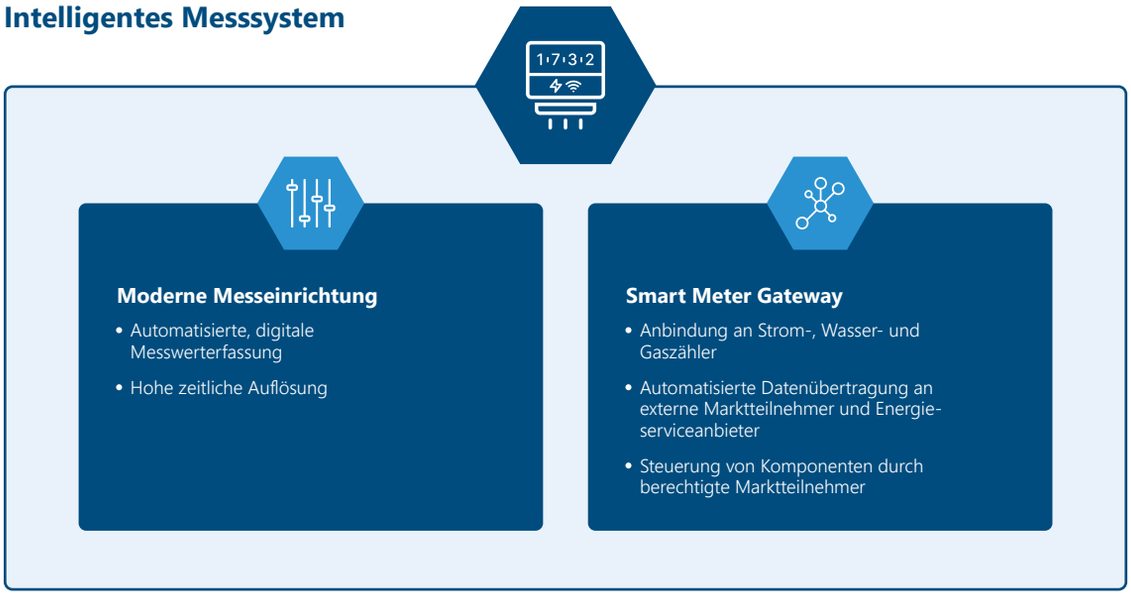

Abbildung 3: Das intelligente Messsystem (auch „Smart Meter" genannt)

Intelligente Messsysteme (iMSys), auch „Smart Meter" genannt, ermöglichen digitalisierte, zeitlich hoch aufgelöste Messungen mittels einer modernen Messeinrichtung (mME) sowie die Kommunikation zwischen Messeinrichtungen und externen Marktteilnehmern oder Energieserviceanbietern über das Smart Meter Gateway (SMGW). Bis zum Jahr 2032 soll ein verpflichtender Rollout der Smart Meter für alle Letztverbraucher mit einem Jahresstromverbrauch über 6.000 kWh abgeschlossen sein. Betreiber von Stromerzeugungsanlagen ab 7 kW erhalten ebenfalls verpflichtend ein Smart Meter. Im Januar 2023 beschloss das Bundeskabinett den „Entwurf eines Gesetzes zum Neustart der Digitalisierung der Energiewende", das den Rollout beschleunigen, entbürokratisieren, die Rechtssicherheit des Rollouts stärken, sowie die Verteilung der Kosten des Messstellenbetriebs ändern soll [2].

Smart Meter sind Teil der grundlegenden Infrastruktur für die Digitalisierung des Energiesystems und damit auch des HKN-Systems. Einige ihrer Anwendungsfelder sind in Abbildung 3 dargestellt. Smart Meter ermöglichen die automatisierte Erfassung und Übertragung hochaufgelöster Messwerte, die bereits heute zu einer echtzeitnahen Abrechnung und Bilanzierung verwendet werden. Künftig könnten diese Daten auch zu einer echtzeitnahen Stromkennzeichnung verwendet werden. Damit sind Smart Meter die Grundlage für ein HKN-System, in dem HKN automatisiert und hoch aufgelöst ausgestellt, übertragen, entwertet und verwendet werden können.

Auf Basis von Smart Metern kann das HKN-System den Anforderungen eines zunehmend klimaneutralen Energiesystems gerecht werden, das die zeitlich schwankende Bereitstellung erneuerbarer Energien in der Stromkennzeichnung abbildet, ohne dass für die beteiligten Akteure dauerhaft ein unverhältnismäßig großer Aufwand entsteht.

Durch verschiedene Handlungsoptionen kann eine schrittweise Umstellung hin zu einem Herkunftsnachweissystem erfolgen, welches die Anforderungen aktueller und zukünftiger energiewirtschaftlicher Anwendungsfelder erfüllt.

1. Schaffung einer digitalen Schnittstelle zur automatisierten Prozessabwicklung

Bisher bietet das deutsche HKN-System ausschließlich eine Weboberfläche zur Registrierung, Beantragung, Entwertung etc. von HKN. Die händische Abwicklung von Prozessen im HKN-System ist für Unternehmen heute sehr zeitaufwendig. Insbesondere Unternehmen, die viele Anlagen besitzen oder als Dienstleister betreiben und verwalten, brauchen die Möglichkeit, HKN-Prozesse automatisiert abzuwickeln. Eine digitale Schnittstelle ist dazu erforderlich. Die Schaffung einer Programmierschnittstelle (API) ermöglicht einen automatisierten Datenaustausch. Durch eine Kopplung eines solchen Systems mit z. B. unternehmensinternen Systemen oder Handelsplätzen wird perspektivisch ein automatisierter Handel mit HKN und damit die Erhöhung der zeitlichen Auflösung oder die Verkleinerung der Zertifikatsgröße möglich.

2. Umstellung auf Smart-Meter-Daten zur Datenerfassung

Die Smart Meter-Infrastruktur ist eine Grundlage für eine Weiterentwicklung des HKN-Systems. Über das Smart Meter Gateway (SMGW) könnten Erzeugungs- und Verbrauchsdaten direkt und zeitlich hoch aufgelöst von einer Anlage an das HKNR übermittelt werden. Statt, wie bisher üblich, die nötigen Erzeugungsdaten zur Ausstellung von HKN über den EDIFACT-Standard, den Messstellenbetreiber und verschlüsselte E-Mails abzufragen, könnte das UBA zukünftig, z. B. in der Rolle eines externen Marktteilnehmers oder Energieserviceanbieters, über das SMGW direkt auf die Daten zugreifen. Mithilfe dieses Schritts von der aktiven Anfrage hin zu einem automatisierten Prozess kann die bisherige Bilanzierungsdauer von HKN reduziert und damit die zeitliche Auflösung erhöht sowie die Prozesse des HKNR automatisiert werden.

3. Erhöhung der zeitlichen Auflösung von Zertifikaten

Im derzeitigen System ist es für die Zertifizierung von Grünstrom ausreichend, wenn die für ein Ökostromprodukt beschaffte Gesamtstrommenge in der Jahresbilanz mit Herkunftsnachweisen gedeckt ist. So ist es beispielsweise möglich, dass der konstante Verbrauch eines Unternehmens in Deutschland mit HKN einer größeren PV-Freiflächenanlage in Südeuropa über ein Jahr gedeckt werden kann, obwohl die PV-Anlage nachts keinerlei Strom erzeugt. Durch eine Erhöhung der zeitlichen Auflösung von HKN kann diese Volatilität abgebildet werden. Dabei kann bereits eine Erhöhung der Auflösung auf Quartale oder Monate die Saisonalität in der Zertifikatsverfügbarkeit abbilden. Dies wird sich auch in den Preisen widerspiegeln, da beispielsweise das Angebot von solarer Einspeisung in Wintermonaten deutlich geringer ist als im Sommer. Somit wird ein Anreiz für Erzeugungsanlagen geschaffen, welche durch ihre Erzeugungscharakteristik saisonale Schwankungen ausgleichen oder Strom langfristig speichern können, was sich insgesamt positiv auf das Energiesystem auswirkt. Tagesinterne Volatilitäten in der Erzeugung werden jedoch erst in einer feineren zeitlichen Auflösung von Stunden oder Viertelstunden abgebildet.

4. Kopplung von Erzeugung und Verbrauch

Bereits heute gibt es im deutschen HKN-System die „optionale Kopplung", mit der ein HKN mit einer tatsächlichen Stromlieferung verbunden ist. Eine Kernherausforderung ist hierbei die grundsätzliche Möglichkeit gegenläufiger Buchungen, bei welcher zunächst Grünstrom inklusive HKN gekauft wird, der Strom an einen Dritten weiterverkauft und für Letztverbraucher durch ggf. günstigeren Graustrom ersetzt wird. Dieses Problem entsteht unter anderem durch die geringe zeitliche Auflösung von HKN. Der finanzielle Anreiz für solch eine gegenläufige Buchung besteht hierbei primär für Verbrauchszeiten mit niedrigen Strompreisen.

In Abbildung 4 ist dargestellt, wie in Zeiten mit hoher Erzeugung einer z. B. per PPA kontrahierten EE-Anlage Strom als Graustrom verkauft wird. In Zeiten niedriger Erzeugung wird Graustrom eingekauft und mit den einbehaltenen Herkunftsnachweisen als Grünstrom ausgewiesen. Ist der eingekaufte Strom zu diesem Zeitpunkt günstig, kann sich ein solches Geschäft lohnen. Im heutigen HKN-System muss darum bei der optionalen Kopplung durch einen Umweltgutachter geprüft werden, dass die angekündigte erneuerbar erzeugte Strommenge mit der gekoppelten Liefermenge übereinstimmt. Die Prüfung erfolgt aktuell für ausgewählte Tage im betrachteten Liefermonat. Eine höhere zeitliche Auflösung von Herkunftsnachweisen (z. B. auf 15 Minuten) verhindert zwar gegenläufige Buchungen nicht, schwächt diese Anreize jedoch deutlich ab, da Handelszeiträume und damit die Verfügbarkeit von Strom und HKN angeglichen werden. Außerdem wird durch entsprechende Datengrundlage (via Smart Meter) der Prüfprozess der Gleichzeitigkeit von Erzeugung und Verbrauch lückenlos und automatisiert möglich.

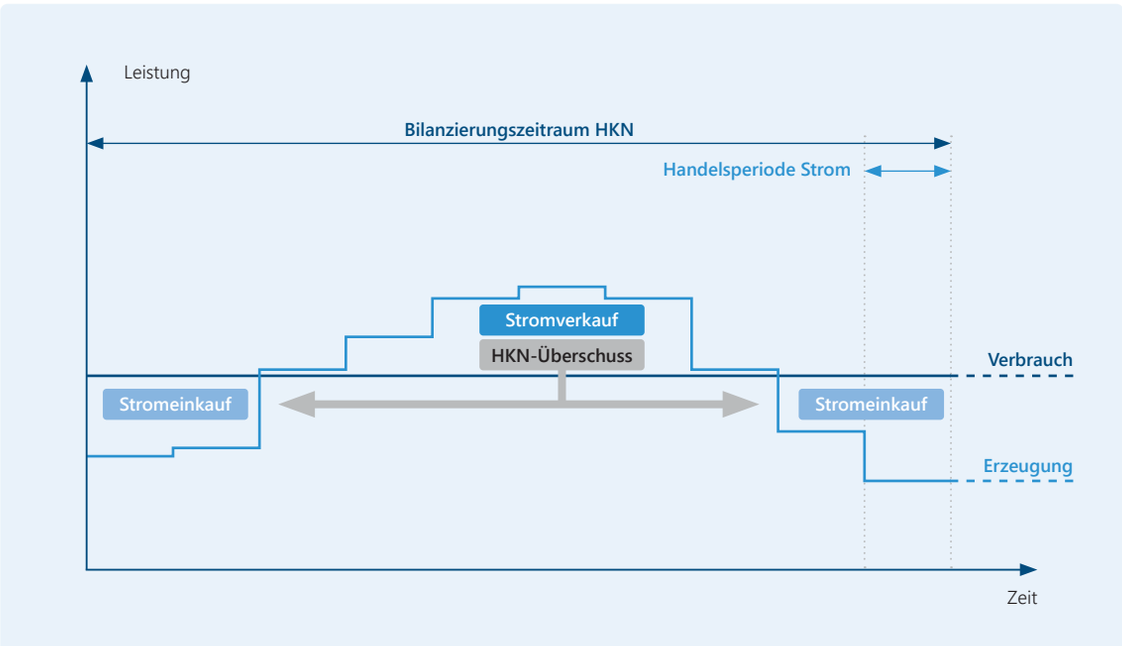

Abbildung 4: Verschiebung von Herkunftsnachweisen in Zeiten mit geringem PPA-Strombezug mittels gegenläufiger Buchung

5. Anpassung der Zertifikatsgröße und Umgang mit Kleinanlagen

Die Abbildung von Kleinanlagen im derzeitigen HKN-System ist aufgrund des Aufwands und der damit einhergehenden Kosten sowie der Limitierung von HKN auf 1 MWh kaum realisierbar. Insbesondere für Energiegemeinschaften stellt sich daher die Frage, wie lokal vermarkteter Strom aus Kleinanlagen rechtssicher als Grünstrom gekennzeichnet werden kann.

Hierfür sind zwei Lösungsvorschläge denkbar: Entweder wird die Größe eines HKN auf z. B. 1 Wh reduziert und die Teilnahme am HKN-System mittels entsprechender digitaler Schnittstellen und Prozesse so stark vereinfacht und vergünstigt, dass eine Teilnahme für jegliche Anlagen mit minimalem Aufwand ermöglicht wird. Oder es wird eine Möglichkeit zum Opt-Out für Anlagen unterhalb einer definierten Leistungsgrenze geschaffen, welche zum Nachweis von Grünstrom nicht am HKN-System teilnehmen müssen, sondern auf anderem Wege nachgewiesen werden. Letzterer Ansatz wurde im Forschungsprojekt InDEED implementiert und praktisch erprobt.

Beide Ansätze erfordern sowohl eine Weiterentwicklung der digitalen Infrastruktur als auch eine Anpassung des Rechtsrahmens, führen aber zu einer deutlichen Ausweitung der Nachweismöglichkeiten bei gleichzeitig handhabbarem Betriebsaufwand für alle Stakeholder.

6. Aggregation von Kleinanlagen

Für Kleinanlagen ist die Teilnahme am HKN-System aktuell mit hohen zeitlichen und finanziellen Aufwänden verbunden, so dass der Handel mit HKN für sie nicht rentabel ist. Weitere Herausforderungen sind die oben bereits beschriebenen Zertifikatsgrößen und mögliche Herausforderungen durch den Datenschutz, da Prosumer-Daten im Gegensatz zu den Daten aus kommerziellen EE-Anlagen personenbezogen sind.

Eine mögliche Lösung für diese Herausforderungen stellt die Aggregation von Kleinanlagen durch Dienstleister dar. Dabei übermitteln Prosumer und Kleinanlagen Informationen über ihre überschüssige Stromerzeugung an den von ihnen gewählten Dienstleister. Dazu kann die Smart-Meter-Infrastruktur, welche eine Grundvoraussetzung für diesen Lösungsvorschlag ist, verwendet werden. Der Dienstleister aggregiert die ihm zugewiesenen Strommengen nach zuvor festgelegten Regeln (z. B. Trennung nach Anlagentyp) und weist die Richtigkeit der Aggregation mittels kryptographischer Verfahren (Zero-Knowledge Proofs) nach. Für die aggregierten Strommengen kann der Dienstleister HKN beantragen und diese anschließend vermarkten.

Dadurch wird Kleinanlagen die Teilnahme am HKN-System ermöglicht. Dies schafft nicht nur weitere Anreize zum Ausbau der erneuerbaren Energien, sondern setzt auch den Grundstein für lokale Strommärkte und Energiegemeinschaften.

7. Bilanzierung von Speichern

Aufgrund der geringen zeitlichen Auflösung des aktuellen HKN-Systems ist derzeit eine Einbindung von Speichern nicht sinnvoll. Eine Erhöhung der zeitlichen Auflösung, wie sie in Handlungsoption 3 beschrieben wurde, kann eine gesonderte Behandlung von Speichern jedoch notwendig machen.

Um die Teilnahme von Speichern am HKN-System zu ermöglichen, kann eine neue Anlagenklasse im HKN-System definiert werden, so dass der Speicherbetreiber diese eigenständig beim HKN-System registrieren kann. Beim Laden des Speichers deckt der Betreiber die bezogenen Energiemengen durch Entwertung von HKN ab. Dabei informiert er das HKN-System über die eingespeicherten Energiemengen (über Messwerte aus dem SMGW und digitale Schnittstellen des HKN-System). Beim Entladen des Speichers werden dem Betreiber HKN durch das HKN-System ausgestellt, wenn er zuvor eine ausreichende Beladung des Speichers gemeldet hat. Zu klärende Herausforderungen sind hier vor allem die Bilanzierung von Speicherverlusten, wie Wirkungsgradverluste und Selbstentladung.

Die Einbindung von Speichern in das HKN-System ermöglicht eine differenzierte Bepreisung von Grünstrom und schafft zusätzliche Anreize für den Ausbau von Speicherkapazitäten.

8. Herkunftsnachweissystem für Wärme & Wasserstoff

Derzeit sind in Deutschland noch keine HKN-Systeme für die Bereiche Wärme/Kälte, Wasserstoff oder Gas im Einsatz, die gesetzliche Grundlage wurde aber bereits mit dem HkNRG im Januar 2023 geschaffen. Die genaue Ausgestaltung der jeweiligen Systeme ist noch Gegenstand entsprechend zu erlassender Verordnungen.

Grundlegend bestehen für HKN-Systeme in diesen Bereichen ähnliche Herausforderungen wie sie für den Bereich Strom in den vorangehenden Abschnitten dargestellt wurden. Deshalb wird empfohlen, die ausgeführten Herausforderungen und Lösungsvorschläge bei der Konzeption dieser neuen Systeme von Anfang an zu berücksichtigen, um eine spätere Umstellung im operativen Betrieb zu vermeiden. Insbesondere die notwendigen Maßnahmen zur Integration von Kleinanlagen sind hier besonders zu beachten, wie die Reduktion der Größe eines HKN von 1 MWh nach aktueller Fassung des HkNRG auf deutlich niedrigere Werte. Auch die zeitliche Zuordnung von Erzeugung und Verbrauch erfordert eine Anpassung der HKN-Größe, auch wenn aufgrund der Trägheit im Transport hier eine niedrigere zeitliche Auflösung als für Strom benötigt wird. Eine automatisierte und digitale Umsetzung der Mess- und Datenverarbeitungsprozesse ist hier ebenso notwendig, um den Aufwand für Anlagenbetreiber, Verbraucher sowie die Betreiber des HKN-Systems handhabbar zu halten.

Neben den bereits genannten Punkten entstehen zusätzliche Herausforderungen durch die notwendige Kopplung der Systeme, welche durch die Kopplung der betroffenen Sektoren im zukünftigen Energiesystem notwendig wird. Diese Kopplung entsteht beispielsweise durch die strombasierte Erzeugung von Wasserstoff oder Wärme, durch die Rückverstromung von Wasserstoff oder durch die Erzeugung von Wärme aus grünem Wasserstoff. Bei Anpassungen zur Verbesserung der Systeme sind also immer die Implikationen auf alle weiteren, potenziell gekoppelten HKN-Systeme zu berücksichtigen, um eine sektorenübergreifende, verlässliche Nachweiskette sicherzustellen.

Technische Innovationen ermöglichen auch die Einbindung dezentraler Kleinanlagen.

InDEED Labeling-Lösung

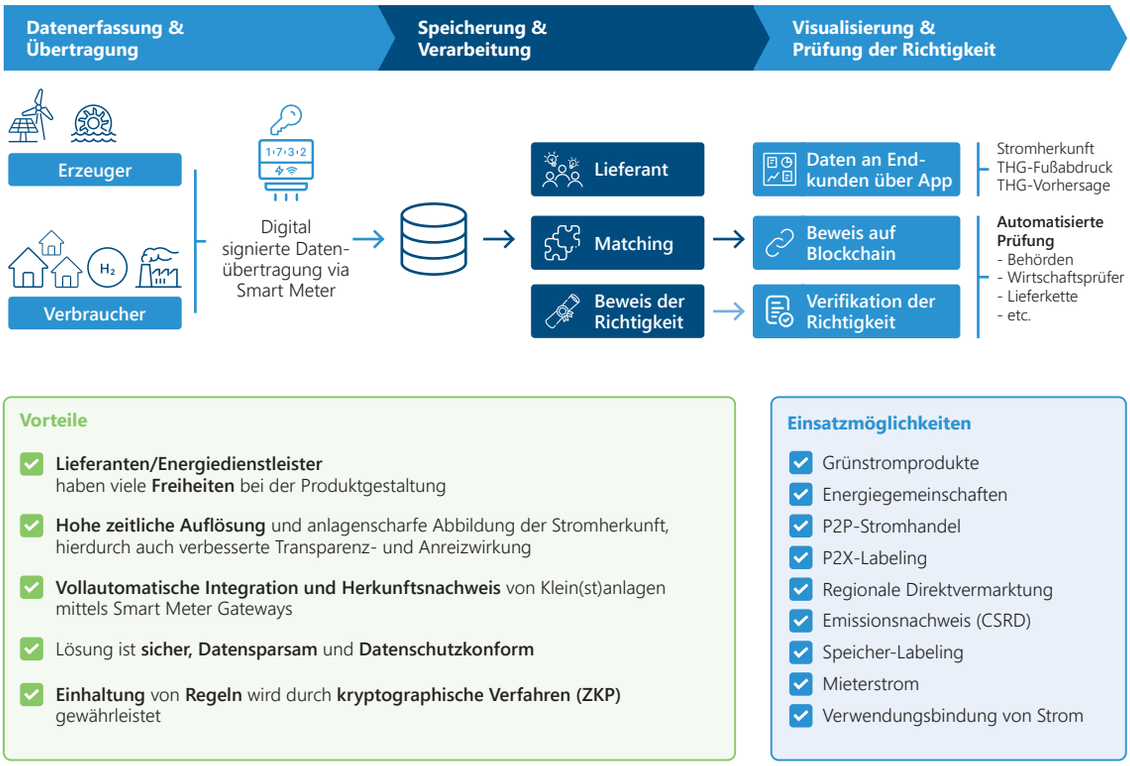

Abbildung 5: Ausgestaltung, Vorteile und Einsatzmöglichkeiten der InDEED Labeling-Lösung

Eine Kernherausforderung des heutigen HKN-Systems ist, dass HKN auf eine Megawattstunde begrenzt sind. In Verbindung mit den (größtenteils manuellen) Prozessen und Gebühren des Herkunftsnachweisregisters ist die Teilnahme von kleinen EE-Anlagen dadurch heute nur schwer zu realisieren. In [3] entwickelte die FfE gemeinsam mit der Universität Bayreuth eine Lösung („InDEED Labeling-Lösung"), wie in einem Ende-zu-Ende-digitalisierten Energiesystem auch Kleinstanlagen am HKN-System teilnehmen können. Abbildung 5 bietet eine Übersicht über Ausgestaltung, Vorteile und Einsatzmöglichkeiten der InDEED Labeling-Lösung.

Die Lösung sieht vor, dass Lieferanten (wie heute) für den Nachweis der Stromherkunft gegenüber ihren Verbrauchern verantwortlich sind. Statt indirekt über das HKNR beziehen sie die Erzeugungsmengen jedoch direkt von kleinen EE-Anlagen (und digital signiert) über Smart Meter. Gleichzeitig nutzen sie die Smart Meter Infrastruktur auch dafür, Verbrauchsmengen zu erhalten. So können Sie in hoher zeitlicher Auflösung (z. B. 15 Minuten) Erzeugung und Verbrauch einander zuordnen und das Ergebnis in einer App gegenüber Letztverbrauchern darstellen. Wenn die Energiemengen aus Klein(st)anlagen nicht ausreichen, können Herkunftsnachweise aus größeren Anlagen über ein modernisiertes HKN mit entsprechender zeitlicher Auflösung und Schnittstellen zugekauft werden.

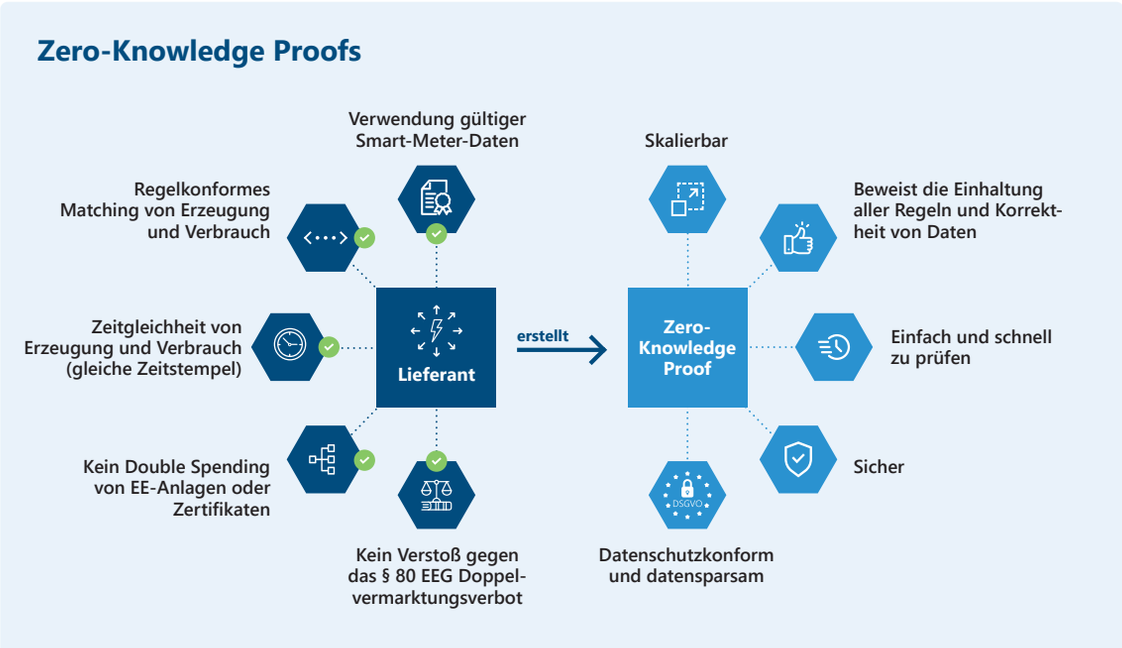

Abbildung 6: Anwendung von Zero-Knowledge Proofs

Während dies technisch relativ einfach umsetzbar ist, stellt sich aus systemischer Sicht die Frage, ob dabei alle erforderlichen Regeln eingehalten (z. B. keine Doppelvermarktung von Grünstrommengen) und alle Prozesse korrekt und mit validen Daten durchgeführt werden können. Da es sich bei Verbrauchs- und Erzeugungsdaten aus Prosumer-Anlagen um personenbezogene Daten handelt und die Datenmenge bei vielen Teilnehmern und gleichzeitig großer zeitlicher Auflösung schnell groß wird, scheidet die Prüfung der Smart Meter Daten durch eine dritte Partei aus praktischen Gründen jedoch aus.

Im Projekt InDEED wurde ein neuer technischer Ansatz entwickelt und praktisch erprobt, in dem mittels Kryptographie zweifelsfrei nachgewiesen werden kann, dass nur valide und digital signierte Smart-Meter-Daten verwendet wurden und dass alle geltenden Regeln eingehalten wurden. Die dafür genutzten Zero-Knowledge Proofs erlauben es den Lieferanten, die Korrektheit des Prozesses und der Daten datenschutzkonform gegenüber Behörden (z. B. dem UBA) oder den Kunden (Verbraucher/Erzeuger) direkt nachzuweisen, ohne die Daten oder Prozesse selbst offen zu legen (vgl. Abbildung 6). Wurden Regeln nicht eingehalten oder Daten manipuliert, ist der Nachweis ungültig und dies für alle involvierten Parteien sofort erkennbar („manipulationsevident").

Die Vorteile dieser Lösung sind, dass Klein(st)anlagen sicher, datenschutz- und regelkonform sowie manipulationsevident für HKN genutzt werden können, ohne diese über das HKNR abbilden zu müssen. Zudem ist es nicht nötig, die zugrunde liegenden Daten offenzulegen.

Die Voraussetzungen für diese Lösung umfassen eine vollständig Ende-zu-Ende-digitalisierte und sichere Datenübertragung. Überdies sind entsprechende Systeme (z. B. digitale Identitäten, „verifiable credentials" oder Register) erforderlich, in denen nachprüfbar ist, ob die Stammdaten der Beteiligten korrekt sind (vgl. [4]), ob der Lieferant die Berechtigung besitzt, gewisse EE-Anlagen und Verbraucher in seinem HKN-System zu berücksichtigen und ob die EE-Anlagen z. B. eine EEG-Förderung erhalten oder nicht.

Fazit

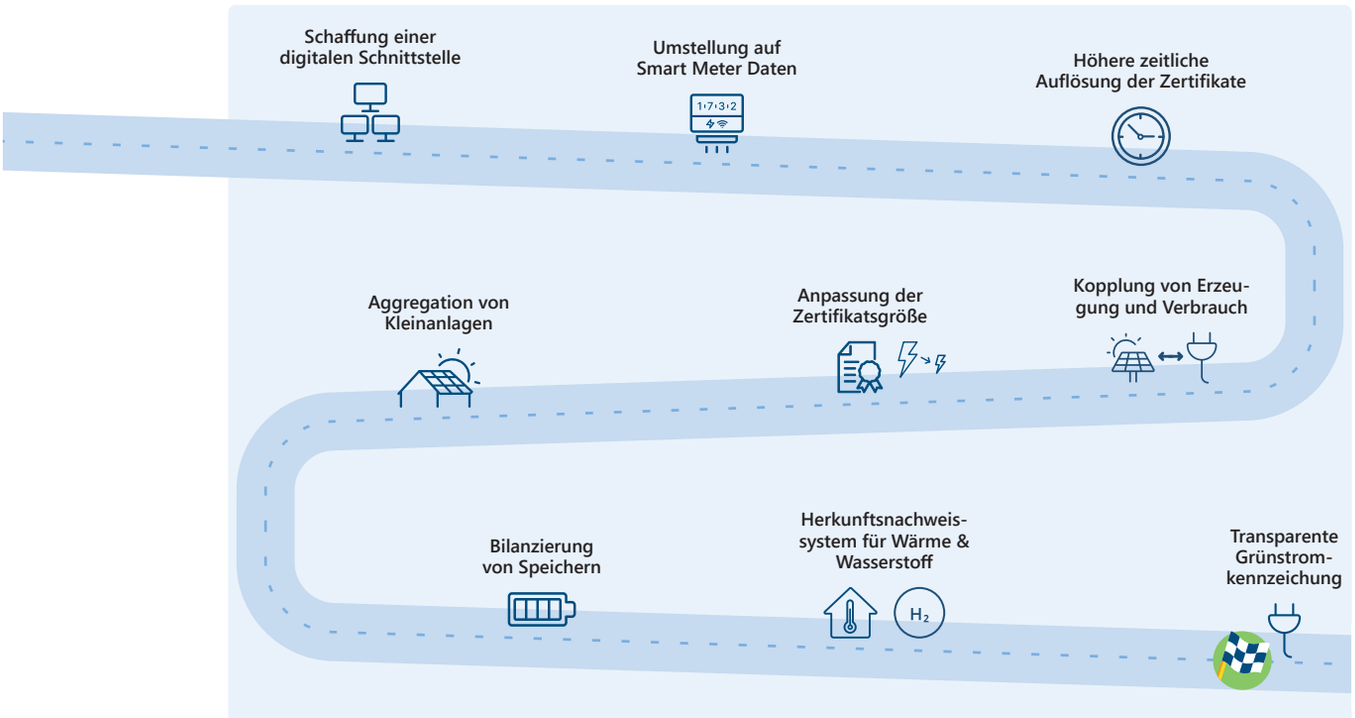

Abbildung 7: Roadmap zur Weiterentwicklung des HKNR

Insgesamt steigt der Handlungsdruck aus den unterschiedlichsten Richtungen, das HKN-System zu überarbeiten, da es in seiner aktuellen Ausgestaltung nur einen sehr geringen Einfluss auf die Energiewende hat und viele energiewirtschaftliche Anforderungen nicht erfüllen kann. Wie in [5] dargestellt, umfassen die gestiegenen Anforderungen z. B. Reportingpflichten von Unternehmen, das Angebot von echtem Ökostrom mit Kopplung von Erzeugung und Verbrauch, den Nachweis von grünem Wasserstoff und Wärme, PPA sowie die Realisierung von Energiegemeinschaften und lokalen Strommärkten.

[5] zeigt auch, dass verschiedene Schritte möglich und notwendig sind, das Herkunftsnachweisregister sowie das gesamte System (inklusive regulatorische Grundlagen) zu überarbeiten. Dies beinhaltet die Schaffung digitaler Schnittstellen und die Verbesserung von Prozessen, die Nutzung von Smart Metern, die Erhöhung der zeitlichen Auflösung, die Verringerung der Zertifikatsgröße, die einfachere Kopplung von Erzeugung und Verbrauch, die vereinfachte Teilnahme für Kleinanlagen, die Integration von Speichern und die Verbindung zu HKN-Systemen für Wasserstoff und Wärme. Die einzelnen Schritte der in [5] vorgestellten Roadmap sind in Abbildung 7 dargestellt und auf den Seiten 8 bis 11 zusammengefasst..

Die im Rahmen des Projektes InDEED entwickelte Lösung zeigt auf, dass Klein(st)anlagen auch ohne das Herkunftsnachweisregister für Herkunftsnachweise genutzt werden könnten. Dabei werden die Möglichkeiten der Ende-zu-Ende Digitalisierung und Zero-Knowledge Proofs eingesetzt, um die Einhaltung definierter Regeln und die Korrektheit der genutzten Daten manipulationsevident und datenschutzkonform nachzuweisen. Den Nachweis kann jeder Lieferant oder Energiedienstleister bereitstellen.

Insgesamt lässt sich zusammenfassen, dass das System überarbeitet werden sollte. Die Möglichkeiten der Digitalisierung erlauben es, bestehende Hürden zu verringern und die unterschiedlichsten Anforderungen zu erfüllen. Das Projekt InDEED zeigt dabei ein mögliches Zielbild auf, wie ein Ende-zu-Ende digitalisiertes System mit Echtzeitnachweisen aussehen kann. Die vorgestellten Handlungsoptionen führen das heutige System schrittweise dort hin.

Literaturverzeichnis

1 **Commission delegated regulation (EU) .../... of 10.2.2023 supplementing Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council by establishing a Union methodology setting out detailed rules for the production of renewable liquid and gaseous transport fuels of non-biological origin.** Ausgefertigt am 2023-2-10; Brüssel: Europäische Kommission, 2023.

2 **Entwurf eines Gesetzes zum Neustart der Digitalisierung der Energiewende (GNDEW).** Ausgefertigt am 2023-1-11; Berlin: BMWK, 2023.

3 **Bogensperger, Alexander: Zukunftsfähige Herkunftsnachweise – Konzept für die Ende-zu-Ende-Digitalisierung** München: Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. (FfE), 2023.

4 **Mamel, Sara: Digitale Maschinen-Identitäten als Grundbaustein für ein automatisiertes Energiesystem - Aufbau eines Identitätsregisters auf Basis der Blockchain-Technologie (Pilot: Blockchain Machine Identity Ledger).** Berlin: Deutsche Energie-Agentur GmbH, 2022.

5 **Bogensperger, Alexander: Zukunftsfähige Herkunftsnachweise – Roadmap zur Weiterentwicklung** München: Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. (FfE), 2023.

Weitere Informationen finden Sie in diesen Veröffentlichungen:

- Zukunftsfähige Herkunftsnachweise – Roadmap zur Weiterentwicklung
- Zukunftsfähige Herkunftsnachweise – Konzept für die Ende-zu-Ende-Digitalisierung

InDEED

www.ffe.de/projekte/indeed

In Zusammenarbeit mit:

Stiftung Umweltenergierecht

Universität Bayreuth

Gefördert durch:

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Partnerunternehmen:

bayernwerk netz, e·on, RheinEnergie, BayWa r.e., DIE STADTWERKE BAD TÖLZ, vwew energie so nah!, E-Werk Schweiger Strom aus Wasserkraft, LEW Lechwerke, thüga Aktiengesellschaft, SMA, TRANSNET BW, Stadtwerke Dachau Strom Erdgas Wasser Abwasser Verkehr Bäder