

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

V4InnovatE

Fallstudie

Prosumer



UNIVERSITÄT
HOHENHEIM





Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung
Baden-Württemberg (ZSW)
Meitnerstraße 1, D-70563 Stuttgart

Projektleitung: Dr. Tobias Buchmann

E-Mail: tobias.buchmann@zsw-bw.de

Phone: +49-(0)711-7870-232

Stuttgart, 2023

Inhalt

1	Einleitung	2
2	Überblick	2
2.1	Technologie.....	4
2.2	Politik	6
2.3	Diffusion (Fokus Markt).....	7
3	Problemaufriss	8
3.1	Ethische Vertretbarkeit.....	8
3.2	Nachhaltigkeit	8
3.3	Soziale Erwünschtheit	11
4	Exemplarische Anwendung Indikatoriksystem	13
4.1	Beispielhafter Auszug aus einer Projektplanung	13
4.2	Bewertung Antizipation	14
4.3	Bewertung Reflexion.....	15
4.4	Bewertung Inklusion	17
4.5	Bewertung Responsivität	18
4.6	Bewertung Transparenz.....	18
4.7	Ergebnisüberblick	21
5	Literatur	23

1 Einleitung

Mit der dynamisch verlaufenden Energiewende geht die Dezentralisierung der Stromerzeugung und damit auch eine stark wachsende Zahl von Prosumenten einher. Entsprechend stellen Prosumenten eine relevante Gruppe im Energiemarkt dar. Augenscheinlich ist beispielweise die zunehmende Verbreitung von PV Anlagen auf privaten Hausdächern bzw. von Balkonkraftwerken. Mit dieser Entwicklung gehen viele Chancen jedoch auch eine Reihe von Herausforderungen einher, die in den nachfolgenden Kapiteln diskutiert werden. Außerdem findet im letzten Kapitel eine Anwendung des RRI-Indikatoriksystems auf einen beispielhaften Fall statt.

2 Überblick

Die Wortschöpfung Prosument setzt sich aus den Wörtern Produzent und Konsument (Toffler, 1983) zusammen. Zu verstehen ist darunter allgemein eine Gruppe von Konsumenten, die sich aktiv an der Herstellung von Produkten beteiligt. Im Speziellen ist darunter ein Konsument zu verstehen, der zumindest einen Teil dessen selbst produziert, was er verbraucht. Im Bereich der Energiewirtschaft ist die Entstehung des Prosumenten eng mit dem Zugang von Haushalten zu kleineren Erzeugungsanlagen aus dem Bereich der erneuerbaren Technologien, wie z. B. Solar-Photovoltaik (PV), verbunden. Damit ist ein Strom-Prosument ein Verbraucher, der auch Strom produziert, verkauft, handelt oder speichert (Kotilainen, 2019). Im weiteren Sinne lässt sich dazu auch die Nutzung von intelligenten Geräten, Elektrofahrzeugen (EVs) und Batteriespeichern als Flexibilitätsoptionen zählen (Parag and Sovacool, 2016). Damit kann auch ein Verbraucher ohne jegliche Stromerzeugungskapazität als Prosument bezeichnet werden. In dem Fall liegt der Schwerpunkt auf der Fähigkeit als "Anbieter" aufzutreten, indem z.B. Speicherkapazität zur Verfügung gestellt wird, wie z.B. die Batterie eines Elektrofahrzeugs (EV), für die nachfrageseitige Flexibilität des Energiesystems. Energie-Prosumenten werden zwar hauptsächlich mit der Erzeugung und dem Verbrauch von Strom in Verbindung gebracht, aber auch im Bereich Heizung, Kühlung und Verkehr gibt es eine wachsende Zahl von Prosumenten.

Der voranschreitende Prozess der Energiewende führt unter anderem zu einer schrittweisen Dezentralisierung der Energieerzeugung und in diesem Zuge auch zu einer veränderten Rolle des Konsumenten von Energie. Konsumenten haben zunehmende Möglichkeiten, um als Prosumer am Markt aufzutreten: Durch den Ausbau der erneuerbaren Energien findet beispielsweise eine teilweise Änderung der Besitzstrukturen statt. Konventionelle Großkraftwerke waren in der Regel im Besitz der großen Energieversorgungsunternehmen. Dem gegenüber werden ca. 40% der Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energie mit Beteiligung der Bürger entwickelt (Einzelbesitz, Bürgerenergiegesellschaften und Bürgerbeteiligungen). Die Beteiligungsmöglichkeiten sorgen im Allgemeinen auch dafür, dass ein höheres Maß an Akzeptanz für den Bau der Anlagen entsteht (Szichta und Tietze, 2020a).

Prosumenten sind wichtige Ergänzungen in einem dezentralen Energiesystem auf der Grundlage von erneuerbaren Energien. Es wird erwartet, dass Prosumenten im Energiesystem verschiedene Vorteile mit sich bringen: für das Energiesystem, für die nachhaltige Transformation und letztlich für die Gesellschaft. Dazu zählen: geringere CO₂ Emissionen, verstärkte Nutzung von erneuerbaren Energiequellen, neue Geschäftsmodelle und besseren Zugang zu Energie. Andererseits erschüttern Prosumenten die bestehenden Systeme und etablierten Akteure des Energiesektors, und der zunehmende Anteil der variablen Energieerzeugung kann zu ökonomischen, technischen und betriebliche Probleme für das Stromsystem führen.

Energie-Prosumenten sind dabei keine homogene Gruppe. Zu den typischen Unterscheidungsmerkmalen zählen: ihrer Rolle als Energiemarktteilnehmer; die Energieart, die sie bereitstellen und die Energiequellen, die sie nutzen; ihre Beziehung zum Stromnetz; sowie ihr Auftreten als private, gewerbliche oder industrielle Kunden. Zu den privaten Prosumern gehören vereinfacht gesagt: Haushalte, Mehrfamilienhäuser, Wohnungsbaugesellschaften, Genossenschaften und Kollektive. Sie verbrauchen in erster Linie Strom und stellen Strom zur Verfügung. Gewerbliche Prosumenten sind z. B. Kleinst-, Klein- und Großunternehmen, Einkaufszentren, Krankenhäuser, Schulen, Büros oder Sportanlagen. Gewerbliche Prosumenten verbrauchen Strom für Heizung und Kühlung für den Eigenbedarf. Industrielle Prosumenten sind Energieverbraucher, die hauptsächlich im verarbeitenden Gewerbe tätig sind, z. B. Fabriken, Bergwerke, Mühlen oder landwirtschaftliche Betriebe.

Es wird erwartet, dass Energie-Prosumenten zu verschiedenen Aspekten der nachhaltigen Entwicklung beitragen können. Nachhaltige Entwicklung zielt auf die Erreichung langfristiger Stabilität von Wirtschaft und Umwelt ab, die durch die Integration von wirtschaftlichen, ökologischen und sozialen Belangen erreicht werden kann (z.B. Dernbach, 2003). Der Beitrag ergibt sich, erstens, aus der gesteigerten Nutzung erneuerbarer Energien, da der Großteil der von Prosumenten bereitgestellte Energie erneuerbare Energie ist. Zusätzlich zu den globalen Emissionen reduziert saubere Energie die lokalen Partikelemissionen, was wiederum zu einer Verringerung der gesundheitsbezogenen Verschmutzungsprobleme beiträgt. Zweitens unterstützen Prosumer die Energieeffizienz: Wenn Energie lokal erzeugt, gespeichert und verbraucht wird, wird weniger davon verschwendet. Eine bessere Energieeffizienz wiederum verringert die Nachfrage nach Energie. Drittens können Prosumer zu umweltfreundlichen Innovationen beitragen, was indirekt hilft, nachhaltige Wege zu finden, um Energie bereitzustellen, zu verbrauchen und zu teilen (Masera und Couture, 2015).

Zusätzlich zum Beitrag zu den ökologischen Aspekten der nachhaltigen Entwicklung können Energie-Prosumenten auch zur sozialen und ökonomischen Nachhaltigkeit beitragen. So ermöglichen Prosumenten einen verbesserten Zugang zu Energie in ländlichen Gebieten, wo das Stromnetz wenig verfügbar oder eher unzuverlässig ist. Die Zahl der Menschen ohne Zugang zu Elektrizität sank 2016 auf 1,1 Milliarden von 1,7 Milliarden im Jahr 2000. Trotz dieser Fortschritte lag die Elektrifizierungsrate in Afrika südlich der Sahara 2017 nur bei 43 % (IEA, n.d.). Erneuerbare Energien ebnen den Weg, um den Energiezugang weiter zu verbessern, insbesondere in

den ländlichen Gebieten der Entwicklungsländer. Ein verbesserter Zugang zu Energie hat wiederum vielfältige positive Auswirkungen auf die Entwicklung der lokalen Gemeinschaften in Form von besseren Möglichkeiten für Unternehmen und zusätzliche Einkommensströme für Einzelpersonen. Energiearmut ist ein soziales Problem (Pye et al., 2015). Obwohl sie vor allem in den Entwicklungsländern vorherrscht, gibt es Energiearmut auch in den entwickelten Regionen der Welt (IEA, n.d.; Pye et al., 2015). Prosumenten können zur Reduzierung der Energiearmut beitragen, indem Energieprojekte in Gemeinden ohne Zugang zu Strom oder Fernwärme angestoßen werden (Bertram et al., 2018). Sobald sich die Anfangsinvestition amortisiert hat, wird selbst erzeugter Strom sehr erschwinglich. Die gemeinsame Nutzung von Energie oder der Rückverkauf an das Netz kann helfen, Energierechnungen zu senken oder sogar zusätzliche Einkommen zu erzielen. Das Ergebnis der gemeinsamen Wertschöpfung ist die Entwicklung und Nutzung grüner Innovationen.

2.1 Technologie

Prosumer-Kleinstnetze können als einzelne Einheiten auf dem Strommarkt agieren und die teilnehmenden Prosumer können innerhalb ihres Mikronetzes Energie erzeugen speichern und verkaufen. Ein Beispiel für ein solches Mikronetz ist ein Wohnblock oder eine Wohngemeinschaft. Neben Energiegemeinschaften in unmittelbarer Nähe können die Energie Prosumenten auch virtuelle Gemeinschaften bilden, zum Beispiel virtuelle Kraftwerke (VPPs). Ein weiteres Beispiel für eine virtuelle Prosumer-Gemeinschaft ist der Peer-to-Peer (P2P)-Handel von Energie. In diesem Szenario produzieren die Prosumenten Energie und verkaufen überschüssige Energie an jeden Interessenten einer Handelsplattform, die zum Beispiel auf der Blockchain-Technologie basiert (Parag und Sovacool, 2016).

Prosumenten fragen beispielweise Strom am Markt nach und stellen Strom auch bereit. Die einzelnen Anlagen können dabei auch über Online-Plattformen vernetzt werden, so dass Strom zwischen den Prosumenten verrechnet werden kann. Long et al. (2018) unterscheiden dabei drei Arten von P2P Sharing-Modellen:

1. **Blockchain-Lösungen:** Diese Sharing-Modelle nutzen die Blockchain-Technologie zur Verschlüsselung und Durchführung von Transaktionen.
2. **Batteriespeicher-Communities:** Der Fokus dieser Sharing-Modelle liegt auf dem Einsatz von Batteriespeichern.
3. **Online-Matching-Plattformen:** Anbieter stellen Online-Plattformen bereit, auf denen Teilnehmer ihren Stromverbrauch abgleichen können.

Im Falle von Strom erfolgt die Erzeugung meist aus Anlagen für erneuerbare Energien. Die beliebtesten Anlagen im kleinen Maßstab sind dabei Solar- und Windenergie. Schätzungen gehen davon aus, dass die Zahl der Prosumenten in Deutschland bis 2030 auf bis zu zehn Millionen ansteigen könnte (Flaute et al., 2017). Auch Wärme kann lokal mit Hilfe von geothermischen (oder Luft-)Wärmepumpen, solarthermischen Kollektoren oder Biomasse-Verarbeitungsanlagen

erzeugt werden. Industrielle Prosumenten können theoretisch auch auf nicht-erneuerbare Energiequellen zurückgreifen, wie zum Beispiel Gas- oder Diesel. Neben der Wärmeerzeugung vor Ort wurden Prosumenten auch im Zusammenhang mit Fernwärmesystemen untersucht (Brange et al., 2016). Außerdem sollen Quartierssysteme eine bedeutendere Rolle im zukünftigen Energiesystem spielen, so dass Prosumenten in die Lage versetzt werden, sich an der Wärmeerzeugung zu beteiligen (Werner, 2017). Darüber hinaus hat die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) Potenziale, vor allem für landwirtschaftliche und industrielle Prosumenten. Kühlung basiert meist auf stromgespeisten Systemen, d. h. Kühlsysteme werden häufig mit Strom aus Solaranlagen gespeist. Solarthermische Kollektoren sind jedoch eine weitere Möglichkeit, Kälte vor Ort zu erzeugen. Fernkältesysteme sind nicht so verbreitet wie Fernwärmesysteme, aber es gibt sie in Großstandregionen in Europa und auf der südlichen Hemisphäre (Werner, 2017).

Die Mehrheit der Prosumenten produziert nur einen Teil des selbst benötigten Stroms und bleibt an das Netz angeschlossen. Eigenverbrauch kann eine Möglichkeit sein, um Stromkosten zu sparen, vor allem, wenn die Strompreise hoch sind. Andererseits haben attraktive Einspeisevergütungen Prosumenten dazu ermutigt, einen erheblichen Teil des produzierten Stroms ins Netz einzuspeisen. Netzgekoppelte Prosumenten haben ein breites Spektrum an Möglichkeiten, um auf den Energiemärkten aktiv zu sein. Sie können zum Beispiel an Flexibilitäts- und Nachfrageraktionsprogrammen teilnehmen.

Generell gilt: Die richtige Mischung aus wirtschaftlichen und nichtwirtschaftlichen Faktoren muss gegeben sein, damit Verbraucher neue Technologien und Geschäftsmodelle annehmen. Die Verfügbarkeit von passenden Technologien ist dabei eine Grundvoraussetzung für den Prosumenten-Ansatz. Die Digitalisierung kann hier ein zusätzlicher Wegbereiter sein. So kann eine Automatisierung des Prosumenten-Managements sowie Fernsteuerungsanwendungen die Schwelle für den Übergang vom Verbraucher zum Prosumenten zukünftig zusätzlich senken. Hausenergiemanagementsysteme (HEMS) verwalten die lokalen Energieressourcen und ermöglichen eine bessere Sichtbarkeit der Produktions- und Verbrauchsdaten für den Prosumer.

Zu möglichen Prosumerten-Technologien zählen auch Kleinwindanlagen. Diese haben noch vergleichsweise großes technisches Entwicklungspotenzial. Ihre ökonomische Nachhaltigkeit hängt stark von Standort ab, d.h. ein guter Startort ist Voraussetzung für die Wirtschaftlichkeit, insbesondere im Vergleich zu Großwindanlagen und Photovoltaik. Die Stromgestehungskosten liegen bei 15-30 Cent/ kWh und die Einnahmen (und somit die somit Amortisationszeit) hängen mit vielen verschiedenen Faktoren zusammen (Standort, Windpotenzial, Höhe, Art der Stromnutzung etc.). Letztlich ist eine hohe Eigenverbrauchsquote für die Wirtschaftlichkeit essenziell (Klingler, 2019). Generell ist ein großes Marktpotenzial vorhanden. Um Kleinwindanlagen für ein größeres Publikum auch wirtschaftlich interessant zu machen, ist eine Förderung dringend notwendig. Die soziale Nachhaltigkeit ist jedoch eher problematisch, da nur wenige Haushalte die Standortvoraussetzungen für einen sinnvollen Betrieb erfüllen (Franken und Windenergie, 2013). Außerdem ist Lärmbelästigung möglich. Dafür sind Kleinwindanlagen ressourcenschonender als bspw. Photovoltaikanlagen.

Eine weitere mögliche Technologie der dezentralen Stromerzeugung sind Elektrolyseure. Diese sind grundsätzlich soweit entwickelt, dass einem Einsatz nichts im Wege steht, es gibt jedoch auch in Zukunft noch größeres Entwicklungspotenzial. In Sachen ökonomischer Nachhaltigkeit ist festzustellen, dass es bislang kaum Standardprodukte mit breiter Betriebserfahrung, sondern vor allem kleinskalige Produktionsanlagen gibt. Dezentrale Wasserstoffsysteme erscheinen als zu teuer und ineffizient (Hebling et al., 2019). Als saisonüberbrückender Energiezwischenspeicher von regenerativem Strom in Wohngebäuden könnte Wasserstoff in Wasserstoff-Speichersystemen, die Elektrolyseur, Tank und Brennstoffzelle in einer Appliance vereinen, zum Einsatz kommen. Diese Option ist unter Effizienz- und Sicherheitsaspekten allerdings kritisch zu beurteilen. Ein für Spezialanwendungen sinnvoller Einsatz dieser Technologie könnte allerdings bei Off-Grid-Gebäuden oder gewünschter Energieautarkie erfolgen.

Mögliche Prosumenten-Konzepte ergeben sich aus drei unterschiedlichen Nutzungsmodellen:

- Direkte Einzelnutzung (Private Nutzung der Energie vor Ort, Sektorenkopplung)
- Lokale Kollektivnutzung (Gemeinsame PV-Nutzung in größeren Gebäuden und Einrichtungen (z.B. Mieterstrommodelle))
- Quartiersmodelle (Gemeinsame PV-Nutzung in abgegrenztem Netzbereich, Nutzung von Wärmenetzen)

Herausforderungen: Die Hinzunahme von kleinen variablen Energiequellen auf der Basis von Sonne und Wind erfordert eine höhere Flexibilität des Energiesystems und erfordert Verbesserungen bei der Energieeffizienz und Nachfragesteuerung (DSM).

2.2 Politik

Durch die Energiewende verändert sich die Struktur der Stromeinspeiser in Deutschland signifikant: von großen, zentralen, steuerbaren Einheiten hin zu kleinen, dezentralen, (bislang) weitgehend nicht-steuerbaren Einheiten. Zusätzlich zu den technologischen, verhaltensbezogenen und wirtschaftlichen Treibern haben Politik und Regulierung einen erheblichen Einfluss auf das Wachstum der Anzahl der Prosumenten. Politische Maßnahmen auf der Makroebene in Form von Anreizen, Steuerregelungen und gesetzgeberische Erleichterungen fördern die Akzeptanz der Verbraucher in den frühen Phasen der Diffusion von Energiewendeinnovationen. PV-Anlagen, Elektrofahrzeuge und intelligente Stromzähler haben alle eine politische Förderung erhalten. Politische Eingriffe können dabei in folgende Kategorien eingeteilt werden: Ordnungspolitik, wirtschaftliche und weiche Instrumente. Zur Ordnungspolitik gehören Gesetze oder Verordnungen. Zu den wirtschaftlichen Anreizen gehört die Förderung der Diffusion durch eine Senkung der Schwelle für Investitionen in neue Technologien, z.B. durch Steuerbefreiungen, Kaufsubventionen oder Zuschüsse. Des Weiteren gibt es weiche Instrumente wie Informations- und Aufklärungskampagnen, öffentliche Beschaffung und freiwillige Ansätze, die darauf abzielen, das öffentliche Bewusstsein und die Akzeptanz neuer technologischer Lösungen zu verbessern.

Zu den wichtigsten wirtschaftspolitischen Instrumenten zur Förderung der Prosumenten gehören Net Metering, Einspeisetarife, Investitionszuschüsse, Steuerbefreiungen, dynamische Preisgestaltung und Vorschriften. Einspeisetarif (FIT) und Einspeiseprämie sind langfristige Verträge, die den Prosumenten einen bestimmten Tarif garantieren, der über dem Markttarif liegt, um die Einspeisung von überschüssiger Energie in das Netz zu fördern. Einspeisetarife haben sich als wirksames Mittel zur Förderung der Mikrogeneration erwiesen. Mit dem Net Metering können Prosumenten überschüssigen Strom in das Netz einspeisen und erhalten dafür eine Vergütung für die gelieferte Menge über ihre Stromrechnung. Das bedeutet, dass das Versorgungsunternehmen einen höheren Preis für den überschüssigen Strom zahlt im Vergleich zu seinem Großhandelspreis. Kaufsubventionen in Form von Zuschüssen oder Steuerabzügen werden für den Kauf von Erzeugungsanlagen eingesetzt, um die die Amortisationszeit der Investition zu verbessern. PV-Solaranlagen erreichen allerdings teilweise bereits die Netzparität (oder Steckdosenparität), was darauf hindeutet, dass Investitionsbeihilfen weniger wichtig werden.

Die Besteuerung des Eigenverbrauchs ist ein kontroverses Thema. Ein Blick nach Europa zeigt, dass die Länder hier unterschiedliche Wege gehen. In den meisten Fällen wird der Eigenverbrauch nicht besteuert. Einige Länder, zum Beispiel Spanien, haben dagegen eine Eigenverbrauchssteuer eingeführt, um die Prosumentenbasis unter Kontrolle zu halten. Obwohl sie die Verbreitung von Erneuerbaren Technologien fördern, wurden politische Interventionen kritisiert, weil sie unfaire Marktbedingungen schaffen, so der Vorwurf. Trotz sinkender Investitionskosten und internationaler und nationaler politischen Bemühungen, befindet sich die Prosumentenbewegung in den meisten Ländern noch in einer frühen Phase; eine Prosumenten-Revolution steht noch aus. Als Haupthindernisse für eine Massenbewegung der Prosumenten gelten zum Beispiel: fehlende Dachfläche für PV-Anlagen; technologische Hindernisse und die mangelnde Verfügbarkeit schlüsselfertiger Lösungen; wirtschaftliche Hindernisse wie niedrige Energiepreise; Verhaltensbarrieren wie mangelndes Interesse oder soziale Akzeptanz und regulative Barrieren, wie das Fehlen von Einspeisetarifen oder Net-Metering sowie Steuern auf Eigenverbrauch.

2.3 Diffusion (Fokus Markt)

Die Diffusion von innovativen Erzeugungskonzepten spielt eine zentrale Rolle für die Energiewende. In diesem Kontext ergeben sich vielfältige Marktpotenziale. Insbesondere der Strommarkt steht vor der Herausforderung, flexibilisiert zu werden, um den steigenden Anforderungen gerecht zu werden. Ein klarer Fokus liegt dabei auf der strategischen Einführung der Elektromobilität. Bisher konzentrierte sich die Energiewende primär auf den Strombereich, während die Wärme- und Verkehrswende noch hinterherhinkt. Allerdings schreitet die Digitalisierung weiter voran, wodurch Energie smart und vernetzt wird. Ein wesentlicher Aspekt ist die Demokratisierung der Energieversorgung. Bürgerinnen und Bürger sind direkt von den Entwicklungen betroffen und werden zunehmend zu aktiven Teilnehmern in der Energiebranche. Die Ausrichtung der Energieversorgung erfolgt dabei am energiepolitischen Zieldreieck, das die Aspekte Versor-

gungssicherheit, Umweltverträglichkeit und Wirtschaftlichkeit berücksichtigt. Eine positive Entwicklung zeigt sich auch bei den Kosten für erneuerbare Energien wie Wind, Solar und Speicherung in Batterien, die sinken und dadurch zunehmend wettbewerbsfähig werden. Ein übergeordnetes Ziel bleibt die Dekarbonisierung des Energiebereichs, um den CO₂-Ausstoß zu reduzieren und den Klimawandel einzudämmen. Dies stellt einen maßgeblichen Antrieb für die Innovations- und Diffusionsprozesse in der Energiebranche dar.

3 Problemaufriss

Prosumenten-Konzepte, die Verbraucher in die aktive Produktion von Strom oder anderen Gütern einbeziehen, haben in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen. Während sie für viele Vorteile wie Energieunabhängigkeit und Kosteneinsparungen sorgen können, sind sie auch mit einer Reihe von möglichen Problemen verbunden. Insbesondere im Hinblick auf Nachhaltigkeit und soziale Erwünschtheit müssen Prosumenten-Konzepte sorgfältig geprüft werden, um negative Auswirkungen zu minimieren.

3.1 Ethische Vertretbarkeit

Ein potenziell ethischer Konflikt im Zusammenhang mit Prosumenten-Konzepten besteht darin, dass Menschen (Haushalte) von den Vorteilen des Konzepts ausgeschlossen werden können. Zum Beispiel können Menschen, die aus finanziellen Gründen nicht in der Lage sind, in erneuerbare Erzeugungstechnologien zu investieren, nicht von den Vorteilen profitieren. Dies kann zu einer Vertiefung bestehender sozialer und wirtschaftlicher Ungleichheiten führen. Ein weiteres ethisches Problem besteht in der möglichen Verdrängung von Kleinunternehmen und lokalen Gemeinschaften. Wenn große Unternehmen oder wohlhabende Einzelpersonen die Ressourcen besitzen, um große Prosumenten-Projekte umzusetzen, können sie die Marktchancen für kleine Unternehmen oder Gemeinden einschränken. Dies kann zu einer Konzentration von Macht und Ressourcen in den Händen weniger führen. Darüber hinaus besteht ein mögliches Problem von Prosumenten-Konzepten im Hinblick auf ethische Vertretbarkeit im Umgang mit persönlichen Daten. Um Verbrauchern die Teilnahme an Prosumenten-Konzepten zu ermöglichen, müssen Unternehmen oft persönliche Daten sammeln und nutzen. Wenn diese Daten nicht angemessen geschützt werden, kann dies zu einem Verstoß gegen die Privatsphäre und die Datensicherheit führen. Ein weiteres ethisches Problem ist die Möglichkeit der Ausbeutung von Verbrauchern. Wenn Verbraucher in die Produktion von Strom und anderen Gütern einbezogen werden, können sie auch zu unbezahlten Arbeitern werden. Unternehmen müssen daher sicherstellen, dass Verbraucher angemessen entschädigt werden und nicht ausgenutzt werden.

3.2 Nachhaltigkeit

Der Bereich der ökonomischen Nachhaltigkeit im Zusammenhang mit Prosumenten-Ansätzen wirft neue Herausforderungen für etablierte Energieunternehmen auf. Diese Unternehmen, in der Regel große Stromerzeuger oder -versorger, sehen sich nun mit einem neuen Wettbewerb konfrontiert, der in vielen Märkten durch Subventionen der öffentlichen Hand unterstützt wird. Die

wachsende Selbstversorgung und Erzeugung bedeutet, dass die Anzahl zahlender Kunden für die Versorgungsunternehmen stetig abnimmt. Dies kann zu einer Negativspirale führen, bei der die verbleibenden Verbraucher mit steigenden Tarifen belastet werden, was wiederum zu noch mehr Eigenenergieerzeugung führt. Schließlich könnte dies im Extremfall zu einem Zusammenbruch der traditionellen Energieversorger führen. Ein Problem im Hinblick auf ökonomische Nachhaltigkeit ist die Abhängigkeit von anderen Ländern für die Rohstoffe und Technologien, die für die Produktion von erneuerbaren Energien benötigt werden. Der globale Handel mit Rohstoffen wie Lithium, Kobalt und Seltenerdmetallen kann zu sozialen und ökologischen Problemen in den Ländern führen, in denen sie abgebaut werden, und die Nachhaltigkeit der Produktion von erneuerbaren Energien beeinträchtigen. In Sachen ökonomischer Nachhaltigkeit ist bei Wafer-basierten Modulen eine beschränkte Verfügbarkeit von Rohstoffen nicht in Sichtweite (am kritischsten ist hierbei Silber zu sehen). Für Silizium-basierte Module ist ebenfalls nicht mit Engpässen zu rechnen.

Neben den Auswirkungen auf etablierte Unternehmen sind auch andere Verbraucher von Prosumenten-Ansätzen betroffen, insbesondere, wenn es dadurch zu höheren Energiepreisen kommt. Die Frage der Kostenverteilung und Quersubventionierung zwischen Prosumenten und Verbrauchern ist ein wichtiger Aspekt der sozialen Nachhaltigkeit. Es stellt sich die Frage, ob alle Prosumenten ihren gerechten Anteil an den Kosten der Energieinfrastruktur tragen. Wenn Prosumer finanzielle Anreize erhalten, beispielsweise für die Stromerzeugung, und ihren überschüssigen Strom verkaufen können, müssen andere Verbraucher die Rechnung in Form von höheren Energie- und Verteilungsgebühren bezahlen. Es besteht die Befürchtung, dass dadurch eine Spannung entstehen könnte zwischen denjenigen, die es sich leisten können, selbst bspw. Strom zu erzeugen, und denen, die es sich nicht leisten können. Ein weiterer Aspekt der sozialen Nachhaltigkeit betrifft die Mindereinnahmen des Staates. Durch die Befreiung von Steuerzahlungen, wie der Stromsteuer, Gewerbesteuer und Konzessionsabgaben, im Rahmen der aktuellen Förderung des Eigenverbrauchs und des Mieterstrommodells entstehen Gemeinden, Ländern und dem Bund Mindereinnahmen. Diese finanziellen Auswirkungen können langfristig zu Herausforderungen bei der Finanzierung von öffentlichen Infrastrukturen und sozialen Programmen führen. Dazu kommt die Auswirkung auf die lokalen Gemeinschaften. Wenn erneuerbare Energieprojekte in Gemeinden errichtet werden, können diese zu einer Zersiedelung von Gemeinden führen und die Lebensqualität von Anwohnern beeinträchtigen. Es ist daher wichtig, bei der Umsetzung von Prosumenten-Ansätzen auch die soziale Nachhaltigkeit im Auge zu behalten. Dies umfasst die gerechte Verteilung der Kosten und den Schutz vor sozialer Ungleichheit, sowie die Berücksichtigung der Auswirkungen auf die öffentlichen Finanzen. Des Weiteren werden Infrastrukturen wie Stromnetze und Reservekapazitäten genutzt, deren Kosten größtenteils auf den Arbeitspreis umgelegt werden, obwohl dieser nahezu unabhängig vom Stromverbrauch ist. Ebenso werden die Kosten der Ökostrom-Einspeisevergütung und der Vertriebs- bzw. Verwaltungsaufwand des Stromversorgers derzeit auf den Arbeitspreis umgelegt. Aufgrund des geringeren Bezugs von Netzstrom tragen Prosumenten jedoch weniger als herkömmliche Verbraucher zur Finanzierung dieser Kosten bei. Dadurch entsteht eine "Entsolidarisierung" der Prosumenten, die ihre Renditen

auf Kosten derer erhöhen, die keine Möglichkeit haben, mit ihrer Photovoltaik-Anlage einen hohen Eigenverbrauch zu erzielen. Zu den Photovoltaik-Bereichen gehören auch sogenannte Balkonkraftwerke, die zunehmend beliebter werden. Die Anschaffungskosten sind dabei deutlich geringer als bei herkömmlichen Photovoltaiksystemen, und die Anlagengröße ist oft klein (ca. 600 Watt Peak). Dies birgt ein hohes Ausbaupotenzial, da Gebäude und Wohnungen auch ohne Dächer (zum Beispiel Vorgarten, Balkon, Terrasse) Potenzial bieten und die Installation vergleichsweise einfach ist. Durch eine ganzheitliche Betrachtung können Prosumentenmodelle langfristig sowohl ökonomisch, ökologisch als auch sozial nachhaltig gestaltet werden. Sozial nachhaltig ist es positiv zu bewerten, dass auch Mieter auf diese Technologie zugreifen können, und der bürokratische Aufwand im Vergleich zu herkömmlichen Photovoltaikanlagen deutlich geringer ist. Dadurch kann ein großer Teil der Bevölkerung, einschließlich Mieter, erreicht werden.

Im Hinblick auf die ökologische Nachhaltigkeit gibt es verschiedene Aspekte, die bei Prosumer-Ansätzen berücksichtigt werden müssen. Ein Großteil der Umweltauswirkungen entsteht während der Produktion von Energiesystemen. Theoretisch ist es möglich, z.B. PV-Module mit unbedenklichen Materialien herzustellen. Die energetische Amortisation, also der Zeitraum, in dem ein Modul die Energie produziert, die für seine Herstellung aufgewendet wurde, erfolgt bereits nach etwa 1-3 Jahren. Eine längere Lebensdauer der Module führt zu einer größeren positiven Umweltwirkung. Die meisten Module können bereits heute recycelt werden und die Umweltbilanz wird voraussichtlich in Zukunft weiter verbessert werden. Ein weiterer Aspekt der ökologischen Nachhaltigkeit betrifft Prosumenten im Bereich der Kraft-Wärme-Kopplung (BHKW). Diese Technologie ist bereits sehr ausgereift. Es ist jedoch wahrscheinlich, dass in Zukunft vermehrt Wärmepumpen eingesetzt werden, um ökologische Nachhaltigkeit zu gewährleisten. BHKWs tragen zwar zur sozialen Nachhaltigkeit bei, da Mieter von niedrigeren Energiekosten profitieren können. Bei der ökologischen (und ökonomischen) Nachhaltigkeit gibt es jedoch kritische Punkte, da seltene Erden für die Filtertechnologien der Verbrennungsprozesse in BHKWs benötigt werden. Der Einsatz von Rhodium kann als besonders kritisch angesehen werden. Es ist langfristig daher sinnvoll, den Einsatz von biogenem oder synthetischem Gas in Betracht zu ziehen, um die ökologische Nachhaltigkeit sicherzustellen. Nur durch die Verwendung von Biogas oder synthetischem Gas, das aus erneuerbaren Energien gewonnen wird, kann der Betrieb letztlich als ökologisch nachhaltig gelten. Prosumenten-Konzepte können weitere ökologische Nachhaltigkeitsprobleme aufwerfen, beispielsweise können bestimmte Technologien wie Solaranlagen oder Windräder Auswirkungen auf die lokale Tierwelt haben. Wenn diese Anlagen nicht ordnungsgemäß geplant oder ausgeführt werden, können sie den Lebensraum von Wildtieren negativ beeinflussen oder ihre Migration behindern. Im Hinblick auf ökologische Nachhaltigkeit kann die Produktion von erneuerbaren Energien auch zu Umweltproblemen führen. Beispielsweise kann die Herstellung von Solarmodulen oder Batterien für Energiespeicherung Umweltbelastungen verursachen, wie den Abbau von Rohstoffen und die Emission von Treibhausgasen. Ein weiteres mögliches Problem ist die Auswirkung auf die Biodiversität. Wenn erneuerbare Energieprojekte in ökologisch sensiblen Gebieten errichtet werden, können diese zu Störungen des natürlichen Le-

bensraums von Tier- und Pflanzenarten führen. Ein weiteres Nachhaltigkeitsproblem ist die mögliche Auswirkung von Prosumer-Konzepten auf die Ressourcenverfügbarkeit. Wenn viele Verbraucher Energie aus erneuerbaren Quellen produzieren, kann dies zu einer Überlastung des Stromnetzes führen und die Verfügbarkeit von Ressourcen wie Wasser oder Boden beeinträchtigen. Darüber hinaus kann die Produktion von erneuerbaren Ressourcen wie Solarpanelen und Windrädern selbst auch umweltbelastend sein, wenn sie nicht ordnungsgemäß entsorgt oder recycelt werden.

3.3 Soziale Erwünschtheit

Prosumer-Konzepte können Probleme in Bezug zur sozialen Erwünschtheit aufwerfen. Eine potenzielle Herausforderung besteht darin, dass Prosumenten-Konzepte nur von einer privilegierten Minderheit genutzt werden können, die über die erforderlichen finanziellen Ressourcen verfügt. Wenn jedoch Prosumenten-Konzepte breiter zugänglich gemacht werden, können sie zur Förderung sozialer Gerechtigkeit beitragen, indem sie den Zugang zu sauberer Energie und anderen Ressourcen erleichtern. Im Hinblick auf soziale Erwünschtheit kann die Einführung von Prosumenten-Konzepten zu Konflikten zwischen verschiedenen Interessengruppen führen. Zum Beispiel können sich Anwohner gegen den Bau von erneuerbaren Energieanlagen in ihrer Nähe aussprechen, da sie befürchten, dass dies ihre Lebensqualität beeinträchtigt. Ein weiteres soziales Problem besteht in der möglichen Auswirkung von Prosumenten-Konzepten auf die Beschäftigung, indem traditionelle Energieunternehmen kanibalisiert werden. Schließlich können Prosumenten-Konzepte auch Auswirkungen auf die Gesundheit haben. Beispielsweise kann die Produktion von erneuerbaren Energien wie Solar oder Windkraftanlagen Lärm und Lichtverschmutzung verursachen, was sich negativ auf die Gesundheit von Anwohnern auswirken kann.

Prosumenten und andere neue Marktteilnehmer verändern den Status quo der Energiewirtschaft. Etablierte Versorgungsunternehmen, bei denen es sich meist um große und alteingesessene Stromerzeuger oder -versorger handelt, sehen sich nun einer neuen Art von Wettbewerb und potenziellen Einnahmeverlusten konfrontiert, die in vielen Märkten durch Subventionen der öffentlichen Hand unterstützt wird. Eigenerzeugung und die Nutzung von Energie im netzunabhängigen Modus bedeutet immer weniger zahlende Kunden für die Versorgungsunternehmen. Es wird befürchtet, dass dies zu einer Negativspirale von Tarifierhöhungen für den Rest der Verbraucher führt was zu noch mehr Eigenerzeugung und schließlich zu einer "Todesspirale der Versorger" führen könnte. Außerdem kann das Energiesystem aufgrund der rasch wachsenden Mengen der intermittierenden Energieeinspeisung in das Netz Probleme mit der Stabilität bekommen. Das Elektrizitätssystem basiert traditionell auf einer zentralisierten Energieerzeugung in großen Kraftwerken mit vorhersehbarer Leistung. Das Energienetz kann nur stabil und ausgeglichen bleiben, wenn Erzeugung und Nachfrage stabil und ausgeglichen bleiben und daher ist Vorhersagbarkeit wichtig für das Management des Systems. Inhärent intermittierende Versorgung mit erneuerbaren Energien macht die Vorhersagbarkeit herausfordernder. Neben Problemen der Lastvorhersage und des Kapazitätsmanagements, kann das Wachstum der Prosumer-Basis also auch technische Probleme mit sich bringen.

Im Jahr 2021 stammten etwa 8,8 % der gesamten Stromerzeugung in Deutschland aus Photovoltaik-Anlagen. Die aktuellen politischen Rahmenbedingungen machen den Eigenverbrauch bei Neuanlagen im Vergleich zur Einspeisung attraktiv. Bei älteren Anlagen zeigt sich ein deutlicher Rebound-Effekt aufgrund hoher Einspeisevergütungen, was beispielsweise zu verstärkten Käufen neuer elektronischer Produkte führt. Die Technologie hat insgesamt einen hohen Marktanteil und einen fortgeschrittenen Entwicklungsstand erreicht. Rebound-Effekte können bei einem Übergang zu erneuerbaren Energien im Wesentlichen auf denselben Faktoren beruhen wie bei Effizienzmaßnahmen. Wenn Kosten eingespart werden und diese Mittel stattdessen für den Konsum von mehr Energie oder anderen Gütern und Dienstleistungen verwendet werden, können monetäre Rebound-Effekte auftreten. Beispielsweise entstehen bei der Installation von Anlagen für erneuerbare Energien zunächst hohe Anfangsinvestitionen; danach fallen jedoch die laufenden Kosten gering aus, was zusätzliches Geld freisetzt. Im Gegensatz dazu bleiben die laufenden Kosten beim Wechsel zu Ökostrom relativ stabil oder steigen sogar an, wodurch monetäre Rebound-Effekte unwahrscheinlicher sind. Es gibt jedoch auch andere Faktoren, die das Auftreten von Rebound-Effekten beeinflussen. Zum Beispiel kann ein gutes Gewissen durch den Umstieg auf Ökostrom dazu führen, dass an anderer Stelle weniger umweltfreundliche Entscheidungen getroffen werden („Moral Licensing“). Rebound-Effekte lassen sich daher nicht allein durch Veränderungen der Kosten erklären. Erträge aus Photovoltaik-Anlagen können beispielsweise in weitere Anlagen investiert werden, aber auch in die Vergrößerung der Wohnfläche oder den Kauf zusätzlicher Elektrofahrzeuge oder Fahrräder. Somit besteht durch hohe Vergütungen die Gefahr, dass indirekte Rebound-Effekte durch den Einkommenseffekt ausgelöst werden.

Die Herausforderungen der Energiewende lassen sich nicht allein durch technologische Innovationen bewältigen. Joseph Schumpeters Konzept der "schöpferischen Zerstörung" verdeutlicht, dass jede Veränderung mit Gewinnern und Verlierern einhergeht. Wenn neue Energietechnologien das Althergebrachte verdrängen, werden nicht nur wirtschaftliche Aspekte betroffen, sondern auch soziale Belange wie Arbeitsmärkte, Immobilienpreise und Selbstwertgefühle. Innovationen und Transformationen stellen somit eine Zumutung für bestimmte Personen und Gruppen dar, was eine Lösung auf kollektiver Ebene erfordert, in der demokratische Meinungsbildung und Entscheidungsfindung durch ethische Überlegungen berücksichtigt werden. Die Energiewende wirft damit spezifische Fragen der Gerechtigkeit auf. Es geht einerseits um die Verteilungsgerechtigkeit, wer welche Kosten (nicht nur wirtschaftliche) trägt und wer davon befreit wird. Die Energiewende ist demnach nicht nur eine technische Herausforderung, sondern auch ein komplexes ethisches und gesellschaftliches Unterfangen, das eine breite demokratische Beteiligung und gerechte Verteilungsgerechtigkeit erfordert (Grunwald, 2018).

4 Exemplarische Anwendung Indikatoriksystem

Die nachfolgende Bewertung mittels der Prozessindikatoren beruht auf dem hypothetischen Falls eines Forschungsprojektes im Bereich der Prosumenten-Technologie. Damit soll aufgezeigt werden auf welche Art und Weise die entwickelten Prozessindikatoren zur Anwendung kommen können.

4.1 Beispielhafter Auszug aus einer Projektplanung

„Das beantragte Projekt setzt an folgendem Problem an: Die Abrechnung von im Rahmen eines Mieterstrommodells erzeugten Stroms mit den Mietern gestaltet sich technisch schwierig; insbesondere, wenn die Mieter finanziell an der PV Anlage beteiligt sind und auch ein Handel von Strom zwischen den Mietern ermöglicht werden soll. Damit die entstehende Komplexität sich mit möglichst geringen Transaktionskosten abbilden lässt, soll erforscht werden, in wie weit eine Lösung auf Basis einer Blockchain zum Einsatz kommen kann. Die Blockchain soll zunächst alle Transaktionen innerhalb einer Hausgemeinschaft abbilden und darüber hinaus erweiterbar sein, um weitere Prosumenten in den Stromhandel aufnehmen zu können. [...]

Im Lauf des Forschungsprozesses ist mit einer Reihe von Risiken zu rechnen. Darüber hinaus ist damit zu rechnen, dass es aufgrund der Schnelllebigkeit des Themas im Projektverlauf zu neuen technischen Entwicklungen kommen wird, die vom Projekt aufgegriffen werden müssen. Entsprechend wird der FTI Prozess so angelegt, dass z.B. technische Lock-ins so weit wie möglich vermieden werden. Außerdem werden regelmäßig Statustreffen anberaumt, um mögliche alternative technologische Lösungswege diskutieren und bei Bedarf implementieren zu können. Die Projektidee birgt einige Unsicherheiten, über die sich die beteiligten WissenschaftlerInnen regelmäßig Klarheit verschaffen werden. Dazu wird sich das ForscherInnen-Team regelmäßig (alle 12 Monate) austauschen. Das Projektteam trifft sich zudem regelmäßig, um Verantwortlichkeiten sowie die Verteilung von Aufgaben zu besprechen. Die Ergebnisse werden dokumentiert und dem Projektteam zur Verfügung gestellt. Zweimal jährlich wird sich das Projektteam außerdem mit der Frage befassen, ob die bei potentiellen Nutzern der Blockchain vorhandenen Werte und Motivationen mit der entwickelten Technologie in Einklang stehen. Dazu werden auch externe ExpertInnen hinzugezogen.

Im Rahmen des Projekts werden Stakeholder einbezogen, die mit ihren Erfahrungen und ihrem Wissen signifikant zum Erfolg des Projekts beitragen werden. Dazu wurde zunächst eine Analyse der relevanten Stakeholder durchgeführt. Die relevanten Stakeholder werden so ausgewählt, dass die Gruppen möglichst ausgeglichen in Bezug auf Geschlecht und unterschiedlichem Alter sind. Zum effektiven Einbezug der Stakeholder in den FTI-Prozess werden drei Workshops geplant. Dabei wird der aktuelle Stand der Forschungsaktivitäten aufbereitet, so dass eine Diskussion mit unterschiedlichen Gruppen ermöglicht wird. Außerdem werden Chancen und Risiken aufbereitet und zur Diskussion gestellt. Protokolle von Stakeholderdialogen werden auf der Projektwebseite veröffentlicht. Schließlich sollen im Rahmen eines Feedbackprozesses Ideen und

Bedenken in den FTI-Prozess eingespeist werden. Mit Projektbeginn werden die Stakeholdergruppen informiert und ein Plan zur ihrer Einbindung wird bekannt gegeben. Auch im Projektverlauf werden die Stakeholder regelmäßig über Neuigkeiten informiert. Im Zentrum des Projekts stehen die potenziellen Nutzer der Innovation. Deshalb wird von ihnen regelmäßig Feedback eingeholt und in den FTI-Prozess eingespeist.

Ein zentrales Ziel, was zur Vertrauensbildung in die zu entwickelnde Technologie beitragen soll, ist die transparente Darstellung der Projektergebnisse (auch Zwischenergebnisse). Klar ist jedoch auch, dass nicht alle Erkenntnisse (sofort) offengelegt werden können.“

4.2 Bewertung Antizipation

Ermittlung und Definition der erwünschten Auswirkungen und Ergebnisse

Die Beschreibung des Projekts legt nahe, dass eine gewisse Vorstellung von den erwünschten Auswirkungen und Ergebnissen vorhanden ist. Es wird darauf hingewiesen, dass die Transaktionskosten minimiert werden sollen und dass eine Blockchain-Lösung angestrebt wird, um den Stromhandel zwischen Mietern zu ermöglichen. Es wird zudem erklärt, dass die Chancen für mehrere Workshops aufbereitet und mit Stakeholdern diskutiert werden, was eine entsprechend analytische Überprüfung der gewünschten Auswirkungen impliziert.

Identifizierung und Berücksichtigung problematischer Auswirkungen und Ergebnisse

Der Projektantrag zeigt eine deutliche Sensibilität für potenzielle Risiken und unerwünschte Konsequenzen. Es wird darauf hingewiesen, dass eine Reihe von Risiken zu erwarten ist und dass diese regelmäßig überprüft werden sollen. Es wird zudem erklärt, dass die Risiken für mehrere Workshops aufbereitet und mit Stakeholdern diskutiert werden, was eine entsprechend analytische Überprüfung der ungewünschten bzw. problematischen Auswirkungen impliziert. Die Planung regelmäßiger Treffen, um alternative Lösungswege zu diskutieren, deutet ebenfalls auf eine proaktive Herangehensweise an die Risikobewertung hin.

Identifizierung und Prüfung alternativer Pfade

Der Projektantrag betont die Notwendigkeit, flexibel auf neue technische Entwicklungen zu reagieren und alternative Lösungswege zu erkunden. Es ist geplant, regelmäßige Statustreffen abzuhalten, um mögliche alternative technologische Lösungswege zu diskutieren. Es wird auch darauf hingewiesen, dass Stakeholder einbezogen werden, um ihre Erfahrungen und ihr Wissen zur Verfügung zu stellen, was darauf hindeutet, dass verschiedene Ansätze und Ideen erwogen werden. Die geplante Durchführung von Workshops zur Diskussion des aktuellen Forschungsstands und zur Aufbereitung von Chancen und Risiken unterstützt ebenfalls die Identifizierung und Prüfung alternativer Pfade. Die Verwendung eines strukturierten und regelmäßigen Prozesses zur Identifikation und Prüfung alternativer Pfade ist demnach vorgesehen.

Tabelle 1: Bewertung der Indikatoren im Bereich Antizipation

	Niedrig	Moderat	Hoch	Sehr hoch
Ermittlung und Definition der erwünschten Auswirkungen und Ergebnisse	Pauschale Annahme wünschenswerter Auswirkungen und Ergebnisse ohne klare Bemühungen, mögliche Wirkungen und Ergebnisse zu untersuchen	Erklärte Bereitschaft zur Ermittlung und Identifikation wünschenswerter Auswirkungen und Ergebnisse, ohne klare Methoden oder Verfahren zu benennen	Die Verwendung eines zumindest in Ansätzen strukturierten Prozesses zur Ermittlung und Identifikation wünschenswerter Auswirkungen und Ergebnisse ist vorgesehen	Eine strukturierte, regelmäßige analytische Überprüfung der gewünschten Auswirkungen und Ergebnisse in Bezug auf die Ankerpunkte ist vorgesehen
Identifizierung und Berücksichtigung problematischer Auswirkungen und Ergebnisse	Pauschale optimistische Prognose für zukünftige Projektergebnisse, ohne klare Bemühungen, Risiken zu identifizieren oder mögliche zukünftige Szenarien zu untersuchen.	Erklärte Bereitschaft zur Ermittlung und Identifikation potentiell problematischer oder unbeabsichtigter Auswirkungen und Ergebnissen, ohne klare Methoden oder Verfahren zu benennen	Die Verwendung eines zumindest in Ansätzen strukturierten Prozesses zur Ermittlung und Identifikation potentiell problematischer oder unbeabsichtigter Auswirkungen und Ergebnissen ist vorgesehen.	Eine strukturierte, regelmäßige analytische Überprüfung von problematischen oder unbeabsichtigten Auswirkungen und Ergebnissen in Bezug auf die Ankerpunkte ist vorgesehen
Identifizierung und Prüfung alternativer Pfade	Pauschale optimistische Prognose für das gewählte Vorgehen, ohne klare Bemühungen, alternative Forschungs-, Entwicklungs- und Innovationswege zu identifizieren	Erklärte Bereitschaft zur Identifikation und Prüfung alternativer Forschungs-, Entwicklungs- und Innovationswege, ohne klare Methoden oder Verfahren zu benennen	Die Verwendung eines zumindest in Ansätzen strukturierten Prozesses zur Identifikation und Prüfung alternativer Forschungs-, Entwicklungs- und Innovationswege ist vorgesehen	Eine strukturierte, regelmäßige analytische Überprüfung alternativer Forschungs-, Entwicklungs- und Innovationswege ist vorgesehen

4.3 Bewertung Reflexion

Kritische Reflexion der Problemstellung und –definition

Der Projektantrag zeigt ein gewisses Maß an Einsicht über die Problemstellung und -definition, indem er die Schwierigkeiten bei der Abrechnung von Strom in einem Mieterstrommodell anspricht. Es wird jedoch nicht dargestellt, dass im weiteren Verlauf eine Reflexion der bestehenden Problemstellung bzw. eine Überprüfung der Problemdefinition vorgesehen ist.

Kritische Reflexion von Annahmen, Entscheidungen und Handlungen

Es wird erwähnt, dass das Projektteam regelmäßig zusammentrifft, um Verantwortlichkeiten und Aufgaben zu besprechen. Es fehlt jedoch eine klare Erwähnung und damit ein erklärtes Interesse an einer strukturierten Reflexion von Annahmen, Entscheidungen und Handlungen.

Kritische Reflexion der zugrundeliegenden Verantwortlichkeiten

Es ist vorgesehen, dass sich das Projektteam regelmäßig zusammentrifft, um Verantwortlichkeiten und Aufgaben zu besprechen.

Kritische Reflexion der zugrundeliegenden Werte und Motivationen der Beteiligten

Der Projektantrag betont die Bedeutung der Einbeziehung potenzieller Nutzer und ihrer Werte und Motivationen. Es wird zudem explizit auf eine strukturierte und regelmäßige Reflexion der zugrundeliegenden Werte und Motivationen hingewiesen.

Tabelle 2: Bewertung der Indikatoren im Bereich Reflexion

	Niedrig	Moderat	Hoch	Sehr hoch
Kritische Reflexion der Problemstellung und /-definition	Kein erklärtes Interesse zur Reflexion der Problemdefinition	Informeller, einmaliger oder ad-hoc-Prozess zur Untersuchung der Problemdefinition	Verwendung eines zumindest in Ansätzen strukturierten Prozesses zur Reflexion über die Problemdefinition ist vorgesehen	Eine strukturierte, regelmäßige Überprüfung der Problemdefinition ist vorgesehen
Kritische Reflexion von Annahmen, Entscheidungen und Handlungen	Kein erklärtes Interesse zur Reflexion von Annahmen, Entscheidungen und Handlungen	Informeller, einmaliger oder ad-hoc-Prozess zur Untersuchung von Annahmen, Entscheidungen und Handlungen	Verwendung eines zumindest in Ansätzen strukturierten Prozesses zur Reflexion Überprüfung von Annahmen, Entscheidungen und Handlungen ist vorgesehen	Eine strukturierte, regelmäßige Überprüfung von Annahmen, Entscheidungen und Handlungen ist vorgesehen
Kritische Reflexion der zugrunde liegenden Verantwortlichkeiten	Kein erklärtes Interesse zur Reflexion der zugrunde liegenden Verantwortlichkeiten	Informeller, einmaliger oder ad-hoc-Prozess zur Untersuchung der zugrunde liegenden Verantwortlichkeiten	Verwendung eines zumindest in Ansätzen strukturierten Prozesses zur Reflexion der zugrunde liegenden Verantwortlichkeiten ist vorgesehen	Eine strukturierte, regelmäßige Überprüfung der zugrunde liegenden Verantwortlichkeiten ist vorgesehen
Kritische Reflexion der zugrunde liegenden Werte und Motivationen der beteiligten Akteure	Kein erklärtes Interesse zur Reflexion der zugrunde liegenden Werte und Motivationen der beteiligten Akteure	Informeller, einmaliger oder ad-hoc-Prozess zur Untersuchung der zugrunde liegenden Werte und Motivationen der beteiligten Akteure	Verwendung eines zumindest in Ansätzen strukturierten Prozesses zur Reflexion der zugrunde liegenden Werte und Motivationen der beteiligten Akteure ist vorgesehen	Eine strukturierte, regelmäßige Überprüfung der zugrunde liegenden Werte und Motivationen der beteiligten Akteure ist vorgesehen
Kritische Reflexion von möglichen Unsicherheiten und Einschränkungen	Kein erklärtes Interesse zur Reflexion von möglichen Unsicherheiten und Einschränkungen	Informeller, einmaliger oder ad-hoc-Prozess zur Überprüfung möglicher Unsicherheiten und Einschränkungen	Verwendung eines zumindest in Ansätzen strukturierten Prozesses zur Reflexion möglicher Unsicherheiten und Einschränkungen ist vorgesehen	Eine strukturierte, regelmäßige Überprüfung von möglichen Unsicherheiten und Einschränkungen ist vorgesehen
Analyse relevanter Akteure	Kein erklärtes Interesse zur Analyse potenziell sachkundiger, betroffener und interessierter Akteure	Informeller, einmaliger oder ad-hoc-Prozess zur Analyse potenziell sachkundiger, betroffener und interessierter Akteure	Es gibt konsistente Ideen darüber, wie potenziell sachkundige, betroffene und interessierte Akteure identifiziert und analysiert werden sollen	Ein klar definierter methodischer Ansatz für die Analyse potenziell sachkundiger, betroffener und interessierter Akteure liegt vor

Kritische Reflexion von möglichen Unsicherheiten und Einschränkungen

Der Projektantrag weist darauf hin, dass es im Laufe des Forschungsprozesses zu einer Reihe von Risiken und Unsicherheiten kommen wird. Es ist diesbezüglich vorgesehen, dass die beteiligten Wissenschaftler sich regelmäßig Klarheit über bestehende Unsicherheiten verschafft.

Analyse relevanter Akteure

Der Projektantrag erwähnt die Einbeziehung von Stakeholdern und die Analyse ihrer Erfahrungen und ihres Wissens. Es fehlt jedoch eine klare Beschreibung eines klar definierten methodischen Ansatzes sowie auch konsistenter Ideen für die Analyse potenziell sachkundiger, betroffener und interessierter Akteure.

4.4 Bewertung Inklusion

Einbeziehung von Akteuren/Stakeholdern

Der Projektantrag erwähnt ausführlich die Einbeziehung von Stakeholdern, indem er betont, dass diese maßgeblich zum Erfolg des Projekts beitragen werden. Es wird eine Analyse der relevanten Stakeholder durchgeführt und darauf geachtet, dass die Gruppen möglichst ausgeglichen in Bezug auf Geschlecht und unterschiedliches Alter sind. Dies deutet auf einen strukturierten Ansatz hin, um relevante Stakeholder-Gruppen basierend auf spezifizierten Auswahlkriterien einzubeziehen.

Art der Einbindung von Akteuren/Stakeholdern

Der Projektantrag betont, dass Stakeholder in den Prozess einbezogen werden, um Feedback zu geben und an Diskussionen teilzunehmen. Es wird erwähnt, dass Workshops geplant sind, um den aktuellen Stand der Forschungsaktivitäten aufzubereiten und Chancen sowie Risiken zu diskutieren. Dies deutet darauf hin, dass die verwendeten Methoden eine Beteiligung der Stakeholder und eine Diskussion mit ihnen ermöglichen.

Tabelle 3: Bewertung der Indikatoren im Bereich Inklusion

	Niedrig	Moderat	Hoch	Sehr hoch
Einbeziehung von Akteuren/Stakeholdern	Die Einbeziehung der Stakeholder spielt keine oder nur eine sehr geringe Rolle und wird in Bezug auf Strategie und Methodik nicht weiter spezifiziert	Erklärte Absicht, verschiedene Stakeholder auf der Grundlage eher willkürlicher oder nicht spezifizierter Auswahlkriterien einzubeziehen	Es ist vorgesehen, die relevantesten Stakeholder-Gruppen basierend auf spezifizierten Auswahlkriterien/Methoden (z. B. in Bezug auf Wissen/Expertise, Perspektiven) einzubeziehen	Einbeziehung der Stakeholder in ausreichender Anzahl und Vielfalt, die anhand spezifizierter Auswahlkriterien/Methoden (z. B. in Bezug auf Wissen/Expertise, Perspektiven) und unter Berücksichtigung der Ankerpunkte als relevant identifiziert wurden
Art der Einbindung von Akteuren/Stakeholdern	Reine informative Einbindung der Stakeholder ohne die Möglichkeit, zu diskutieren oder eigene Beiträge zu leisten	Die verwendeten Methoden für die Einbindung der Stakeholder ermöglichen eine Beteiligung der Stakeholder ohne weitere Diskussion	Die verwendeten Methoden zur Einbindung der Stakeholder ermöglichen eine Beteiligung der Stakeholder und eine begrenzte Diskussion mit/zwischen diesen	Die verwendeten Methoden zur Einbindung der Stakeholder ermöglichen eine Beteiligung der Stakeholder und eine Diskussion mit/zwischen diesen
Regelmäßigkeit und Systematik der Einbindung von Akteuren/Stakeholdern	Eine Kommunikation mit den Stakeholdern ist nicht vorgesehen	Die Kommunikation mit den Stakeholdern findet nur in begrenztem Maße und/oder erst gegen Ende des Forschungs- und Innovationsprozesses statt	Einbeziehen und Integrieren von Stakeholder-Ansichten an verschiedenen Punkten entlang des Forschungs- und Innovationsprozesses	Offenes und aktives Suchen nach kontinuierlichem kritischem Input, Feedback und Feed-Forward von Stakeholdern

Regelmäßigkeit und Systematik der Einbindung von Akteuren/Stakeholdern

Der Projektantrag zeigt eine klare Absicht, Stakeholder-Ansichten an verschiedenen Punkten entlang des Forschungs- und Innovationsprozesses zu integrieren. Es wird erwähnt, dass mehrere Workshops stattfinden. Dies deutet darauf hin, dass es eine Systematik gibt, um die Stakeholder regelmäßig einzubeziehen und ihre Ansichten zu berücksichtigen. Dass insbesondere

auch Chancen und Risiken diskutiert werden sollen impliziert, dass auch kritischer Input gesucht wird.

4.5 Bewertung Responsivität

Möglichkeit zur Veränderung nach interner Reflexion und externem Feedback

Der Projektantrag zeigt deutliche Anzeichen dafür, dass das Projektteam bereit ist, auf interne Reflexion und externes Feedback zu reagieren. Es wird erwähnt, dass der FTI-Prozess so angelegt ist, dass technische Lock-Ins vermieden werden sollen, und dass regelmäßige Status-Treffen anberaumt werden, um alternative technologische Lösungswege zu diskutieren und bei Bedarf zu implementieren. Diese Hinweise zeigen eine erklärte Bereitschaft zur Anpassung als Reaktion auf reflektive Praxis und externes Feedback.

Umgang mit Feedback

Der Projektantrag legt großen Wert auf die regelmäßige Einbindung von Stakeholdern entlang des Forschungs- und Innovationsprozesses. Es wird erwähnt, dass Stakeholder regelmäßig über Neuigkeiten informiert werden, und dass Workshops geplant sind, um den aktuellen Stand der Forschungsaktivitäten aufzubereiten und Chancen sowie Risiken zu diskutieren. Darüber hinaus sollen Ideen und Bedenken im Rahmen eines Feedbackprozesses eingespeist werden. Diese systematische Einbindung von Stakeholdern an verschiedenen Punkten des Prozesses zeigt, dass das Projektteam offen und aktiv nach kontinuierlichem Input, Feedback und Feed-Forward von Stakeholdern sucht. Es ist somit ein offenes und aktives Suchen nach kontinuierlichem kritischem Input, Feedback und Feed-Forward von Stakeholdern erkennbar.

Tabelle 4: Bewertung der Indikatoren im Bereich Responsivität

	Niedrig	Moderat	Hoch	Sehr hoch
Möglichkeit zur Veränderung nach interner Reflexion und externem Feedback	Keine Anzeichen für Potenzial zur Anpassung als Reaktion auf reflektive Praxis und externes Feedback	Erklärte Bereitschaft zur Anpassung als Reaktion auf reflektive Praxis und externes Feedback	Klare Hinweise auf die Fähigkeit zur Anpassung als Reaktion auf reflektive Praxis und externes Feedback	Nachgewiesenes Potential die Fähigkeit zur Anpassung als Reaktion auf reflektive Praxis und externes Feedback
Umgang mit Feedback	Es gibt keine Hinweise darauf, dass eingehendes Feedback in den Forschungs- und Innovationsprozess einbezogen werden soll	Es wird angegeben, dass eingehendes Feedback eingearbeitet wird, ohne klare Methoden oder Verfahren zu nennen	Es gibt konsistente Darstellungen dazu, wie Feedback eingebunden werden soll	Klare Methoden zur Einbindung von Feedback werden in den Forschungs- und Innovationsprozess implementiert

4.6 Bewertung Transparenz

Offenlegung von Praxisdetails

Der Projektantrag zeigt eine moderate Bereitschaft zur Offenlegung von Praxisdetails. Es werden Zielen und Methoden beschrieben, jedoch ist eine Kommunikation von Finanzen und Interessen nicht ersichtlich.

Kommunikation der Grenzen der Offenlegung

Der Projektantrag deutet darauf hin, dass eine klare Kommunikation von Unsicherheiten und Einschränkungen vorgesehen ist. Es wird erwähnt, dass Risiken gegenüber den Stakeholdern in mehreren Workshops offengelegt und diskutiert werden. Dies ist wichtig, um ein realistisches Verständnis der potenziellen Herausforderungen und Risiken des Projekts zu vermitteln. Es wird auch offen kommuniziert und klargestellt, dass nicht alle Erkenntnisse offengelegt werden können. Allerdings fehlt hier eine weitere Konkretisierung.

Kommunikation der Rolle und Einbindung der Akteure

Der Antrag zeigt eine moderate bis hohe Bereitschaft, über die Rolle und Einbindung relevanter Akteure zu informieren. Die Projektplanung gibt Auskunft darüber, in welchem Kontext die Stakeholder eingesetzt werden, wobei auch Protokolle der Stakeholder veröffentlicht werden. Obwohl keine klaren Methoden oder Verfahren benannt werden, zeigt die erwähnte Einbeziehung, dass zumindest eine eingeschränkte Darstellung beabsichtigt ist. Allerdings gibt es keinerlei Informationen zu anderen Akteuren im Projekt und deren Rolle und es ist nicht ersichtlich, ob hier Informationen geteilt werden sollen.

Transparenz über die Integration des Stakeholder-Inputs

Der Projektantrag zeigt eine moderate Bereitschaft, über die Integration von Stakeholder-Input zu informieren. Obwohl die Planung stark auf die Integration von Stakeholderinput ausgelegt ist, fehlt eine klare Benennung von Methoden oder Verfahren zur Kommunikation dessen konkreter Implementierung. Der Hinweis auf die Veröffentlichung der Stakeholderdialoge deutet aber zumindest darauf hin, dass zumindest eine eingeschränkte Bereitschaft besteht.

Teilen und Verbreiten der Ergebnisse

Der Projektantrag zeigt eine hohe Bereitschaft, Ergebnisse zu teilen und zu verbreiten. Es wird erklärt, dass eine offene Bereitstellung von Zwischen- und endgültigen Ergebnissen für die involvierten und/oder betroffenen Stakeholder vorsieht. Auch wenn nicht alle Ergebnisse offengelegt werden können, ist zumindest geplant, ausgewählte Ergebnisse mit einigen involvierten und/oder betroffenen Stakeholdern in verschiedenen Phasen zu teilen.

Transparenz in Bezug auf Verantwortlichkeiten und Eigentumsrechte

Der Antrag zeigt eine niedrige Bereitschaft zur Transparenz in Bezug auf Delegations- und Eigentumsverhältnisse. Es ist keine Kommunikation der Delegations- und Eigentumsverhältnisse vorgesehen und auch die Bereitschaft für eine solche ist nicht ersichtlich.

Tabelle 5: Bewertung der Indikatoren im Bereich Transparenz

	Niedrig	Moderat	Hoch	Sehr hoch
Offenlegung von Praxisdetails	Keine Bereitschaft oder vorliegende Informationen zur Transparenz bezüglich der Praxisdetails	Es wird die Bereitschaft geäußert, begrenzt Informationen zu Zielen, Methoden, Finanzen und Interessen zu teilen	Eine zumindest eingeschränkte Darstellung von Zielen, Methoden sowie Interessen und beteiligten Akteuren ist vorgesehen	Eine ehrliche und klare Darstellung von Zielen, Methoden sowie Interessen und beteiligten Akteuren ist erfolgt oder vorgesehen
Kommunikation der Grenzen der Offenlegung	Keine Bereitschaft oder vorliegende Informationen zu Transparenz in Bezug auf Einschränkungen und Unsicherheiten	Es wird die Bereitschaft geäußert, begrenzt Informationen in Bezug auf Einschränkungen und Unsicherheiten zu teilen	Die Kommunikation von Unsicherheiten und Einschränkungen, die von den beteiligten Akteuren als wesentlich angesehen werden, ist vorgesehen	Ein klares Konzept für die Kommunikation von Unsicherheiten und Einschränkungen, die für verschiedene Interessengruppen relevant sein können, wird dargelegt
Kommunikation der Rolle und Einbindung der Akteure	Keine Bereitschaft oder vorliegende Informationen zu Transparenz in Bezug auf die Rolle und Einbindung relevanter Akteure	Erklärte Bereitschaft, über die Rolle und die Beteiligung der relevanten Akteure zu informieren, ohne klare Methoden oder Verfahren zu benennen	Eine zumindest eingeschränkte Darstellung von Rolle und Beteiligung der relevanten Akteure ist vorgesehen	Ein klares Konzept, wie die Rolle und Einbindung relevanter Akteure kommuniziert werden soll, liegt vor
Transparenz über die Integration des Stakeholder-Inputs	Keine Bereitschaft oder vorliegende Informationen zu Transparenz in Bezug auf die Integration von Stakeholder-Input	Erklärte Bereitschaft, über die Integration von Stakeholder-Input zu informieren, ohne klare Methoden oder Verfahren zu benennen	Eine zumindest eingeschränkte Darstellung der Integration von Stakeholder-Input ist vorgesehen	Ein klares Konzept, wie die Integration von Stakeholder-Input kommuniziert werden soll, liegt vor
Teilen und Verbreiten der Ergebnisse	Keine Bereitschaft oder vorliegende Informationen zu Transparenz in Bezug auf Ergebnisse	Es wird die Bereitschaft geäußert, in begrenztem Maße Ergebnisse zu teilen	Es ist geplant, ausgewählte Ergebnisse mit einigen involvierten und/oder betroffenen Stakeholdern in verschiedenen Phasen (vorläufige, Zwischen- und endgültige Ergebnisse) zu teilen	Es liegt ein Konzept vor, das eine offene Bereitstellung von vorläufigen, Zwischen- und endgültigen Ergebnissen für die involvierten und/oder betroffenen Stakeholder vorsieht
Transparenz in Bezug auf Verantwortlichkeiten und Eigentumsrechte	Keine Bereitschaft oder vorliegende Informationen zu Transparenz in Bezug auf Delegations- und Eigentumsverhältnisse	Es wird die Bereitschaft geäußert, begrenzt Informationen in Bezug auf Delegations- und Eigentumsverhältnisse zu teilen	Eine zumindest eingeschränkte Darstellung der bestehenden und anvisierten Delegations- und Eigentumsverhältnisse ist vorgesehen	Klar definierte und offen kommunizierte Delegations- und Eigentumsverhältnisse

4.7 Ergebnisüberblick

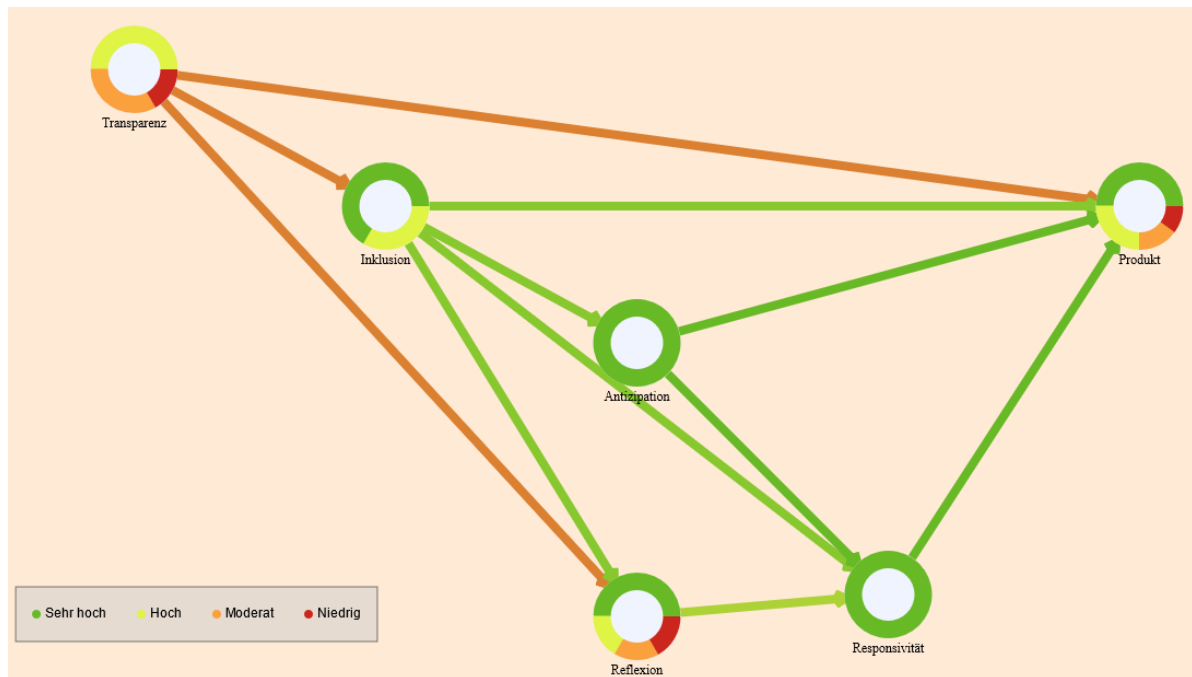


Abbildung 1: Zusammenfassende Übersicht über die Ergebnisse des Self-Assessments

Die Ergebnisse des Self-Assessment zeigen insbesondere hinsichtlich der Dimensionen Inklusion, Antizipation und Responsivität eine weitestgehend sehr hohe RRI-Konformität und damit eine verantwortungsvolle Projektgestaltung. Verbesserungsmöglichkeiten bestehen vor allem im Hinblick auf Aspekte der Transparenz und Reflexion. Bezüglich dieser Dimensionen sollten noch zusätzliche Ansätze und Methoden implementiert werden.

Insgesamt zeigt der Projektantrag eine sehr hohe Sensibilität für die Antizipation potenzieller Auswirkungen und alternativer Pfade. Sowohl Chancen als auch Risiken werden aufbereitet und diskutiert. Auch die Identifizierung und Prüfung potentieller alternativer Pfade findet sich in der dargelegten Planung wieder.

Die Reflexion über Verantwortlichkeiten, Werte und Motivationen sowie Unsicherheiten und Einschränkungen ist im Projekt sehr gut ausgeprägt. Es könnten jedoch bestimmte Aspekte, insbesondere im Hinblick auf die Reflexion der Zieldefinition und den getroffenen Annahmen, Entscheidungen und Handlungen noch strukturierter behandelt werden, um eine höhere RRI-Konformität zu erreichen.

Insgesamt zeigt der Projektantrag eine starke Ausrichtung auf die Einbeziehung von Stakeholdern, wobei strukturierte Methoden und regelmäßige Kommunikation vorgesehen sind. Dies deutet auf eine hohe bis sehr hohe RRI-Konformität im Hinblick auf die Dimension der Inklusion hin.

Auch die RRI-Konformität im Hinblick auf die Dimension der Responsivität ist sehr hoch, da klare Hinweise auf die Fähigkeit zur Anpassung als Reaktion auf reflektive Praxis und externes Feedback sowie auf ein offenes und aktives Suchen nach kontinuierlichem Input von Stakeholdern vorhanden sind.

Für die Dimension der Transparenz findet sich die Bewertung der Indikatoren vor allem im Spektrum Moderat bis Hoch wieder. Aufgrund einer moderaten Bewertung erscheinen hier vor allem bezüglich der Offenlegung von Praxisdetails und einer transparenteren Darstellung der Integration des Stakeholder-Inputs Verbesserungen sinnvoll um eine höhere RRI-Konformität zu erreichen. Wesentlicher Verbesserungsbedarf besteht zudem in Bezug auf die Offenlegung von Verantwortlichkeiten und Eigentumsrechte, welche bisher in der Projektplanung nicht adressiert werden.

5 Literatur

- Bertram, R., Primova, R., Hebert, J., Althoff, J., Bulantova, K., Metaxa, K., Ugryn, K., Walsh, M., Munic, J., Ueberschaer, E., 2018. Energy atlas. Facts and figures about renewables in Europe 2018.
- Brange, L., Englund, J., Lauenburg, P., 2016. Prosumers in district heating networks—A Swedish case study. *Applied Energy* 164, 492–500.
- Dernbach, 2003. Achieving Sustainable Development: The Centrality and Multiple Facets of Integrated Decisionmaking. *Indiana Journal of Global Legal Studies* 10, 247. <https://doi.org/10.2979/gls.2003.10.1.247>
- Flaute, M., Großmann, A., Lutz, C., Nieters, A., 2017. Macroeconomic effects of prosumer households in Germany. *International Journal of Energy Economics and Policy* 7, 146–155.
- Franken, M., Windenergie, B., 2013. Kleinwindanlagen: Handbuch der Technik, Genehmigung und Wirtschaftlichkeit kleiner Windräder. Bundesverband Windenergie.
- Grunwald, A., 2018. Warum die Energiewende so schwer ist. Ethische Fragen und Akzeptanzprobleme. *Journal der Sächsischen Akademie der Wissenschaften* 94–102.
- Hebling, C., Ragwitz, M., Fleiter, T., Groos, U., Härle, D., Held, A., Jahn, M., Müller, N., Pfeifer, T., Plötz, P., 2019. Eine Wasserstoff-Roadmap für Deutschland. Fraunhofer Institut für System-und Innovationsforschung ISI & Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme.
- IEA, n.d. World energy outlook 2017.
- Klingler, A.-L., 2019. Self-consumption of solar electricity. Fraunhofer Verlag.
- Kotilainen, K., 2019. Energy prosumers' role in the sustainable energy system, in: *Affordable and Clean Energy*. Springer, pp. 1–14.
- Long, C., Wu, J., Zhou, Y., Jenkins, N., 2018. Peer-to-peer energy sharing through a two-stage aggregated battery control in a community Microgrid. *Applied energy* 226, 261–276.
- Masera, D., Couture, T., 2015. Industrial prosumers of renewable energy: Contribution to inclusive and sustainable industrial development. United Nations Industrial Development Organization, Vienna.
- Parag, Y., Sovacool, B.K., 2016. Electricity market design for the prosumer era. *Nature energy* 1, 1–6.
- Pye, S., Dobbins, A., Baffert, C., Brajković, J., Deane, P., De Miglio, R., 2015. Addressing energy poverty and vulnerable consumers in the energy sector across the EU. *L'Europe en formation* 64–89.
- Szichta, P., Tietze, I., 2020. Sharing Economy in der Elektrizitätswirtschaft: Treiber und Hemmnisse, in: *Sustainability Management Forum| NachhaltigkeitsManagementForum*. Springer, pp. 109–125.
- Toffler, A., 1983. Die dritte Welle - Zukunftschance: Perspektiven für die Gesellschaft des 21. Jahrhunderts, 1. Aufl. ed, Goldmann Sachbuch. Goldmann, München.
- Werner, S., 2017. International review of district heating and cooling. *Energy* 137, 617–631.