

IEA Bioenergy Task 44: Flexible Bioenergie und Systemintegration

Arbeitsperiode 2019 - 2021

M. Göllles, F. Schipfer

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

49/2023

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe
unter nachhaltigwirtschaften.at

Impressum

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:
Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI (FH) Volker Schaffler, MA, AKKM

Copyright und Haftung:

Auszugsweiser Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet. Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung der Republik Österreich und der Autorin/des Autors ausgeschlossen ist.

Nutzungsbestimmungen: nachhaltigwirtschaften.at/de/impressum/

IEA Bioenergy Task 44: Flexible Bioenergie und Systemintegration

Arbeitsperiode 2019 - 2021

Dipl.-Ing. Dr. Markus Göllles
BEST - Bioenergy and Sustainable Technologies GmbH

Dipl.-Ing. Dr. Fabian Schipfer
Technische Universität Wien - Institute of Chemical,
Environmental & Bioscience Engineering

Graz, August 2022

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie,
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)

Vorbemerkung

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Programm FORSCHUNGSKOOPERATION INTERNATIONALE ENERGIEAGENTUR. Es wurde vom Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) initiiert, um Österreichische Forschungsbeiträge zu den Projekten der Internationalen Energieagentur (IEA) zu finanzieren.

Seit dem Beitritt Österreichs zur IEA im Jahre 1975 beteiligt sich Österreich aktiv mit Forschungsbeiträgen zu verschiedenen Themen in den Bereichen erneuerbare Energieträger, Endverbrauchstechnologien und fossile Energieträger. Für die Österreichische Energieforschung ergeben sich durch die Beteiligung an den Forschungsaktivitäten der IEA viele Vorteile: Viele Entwicklungen können durch internationale Kooperationen effizienter bearbeitet werden, neue Arbeitsbereiche können mit internationaler Unterstützung aufgebaut sowie internationale Entwicklungen rascher und besser wahrgenommen werden.

Dank des überdurchschnittlichen Engagements der beteiligten Forschungseinrichtungen ist Österreich erfolgreich in der IEA verankert. Durch viele IEA Projekte entstanden bereits wertvolle Inputs für europäische und nationale Energieinnovationen und auch in der Marktumsetzung konnten bereits richtungsweisende Ergebnisse erzielt werden.

Ein wichtiges Anliegen des Programms ist es, die Projektergebnisse einer interessierten Fachöffentlichkeit zugänglich zu machen, was durch die Publikationsreihe und die entsprechende Homepage www.nachhaltigwirtschaften.at gewährleistet wird.

DI (FH) Volker Schaffler, MA, AKKM
Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien
Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)

Inhaltsverzeichnis

1	Kurzfassung	7
2	Abstract	8
3	Ausgangslage	9
4	Projekthalt	10
4.1	International Energy Agency & Technology Collaboration Programme.....	10
4.2	IEA Bioenergy Task 44: Flexible Bioenergie und Systemintegration (Triennium 2019-2021) 12	
4.2.1	Themen und Taskarbeiten (international).....	12
4.2.2	Österreichisches Teilprojekt	12
4.3	Projektziele	13
4.4	Vorgehensweise und Methode.....	13
5	Ergebnisse	15
5.1	Ergebnisse aus dem Task 44, Triennium 2019-2021.....	15
5.1.1	Technologiespezifische Flexibilitätsuntersuchungen	17
5.1.2	Länderspezifische Flexibilitätsuntersuchungen.....	21
5.2	Veröffentlichungen: Berichte und wissenschaftliche Publikationen.....	24
5.2.1	Wissenschaftliche Publikationen.....	24
5.2.2	Best Practice collection.....	25
5.2.3	Berichte.....	25
5.2.4	Nationaler Workshop „Flexible Bioenergie“	28
5.2.5	Verbreitung der Ergebnisse über „IEA Bioenergy Österreich Newsletter“	28
6	Vernetzung und Ergebnistransfer	29
7	Schlussfolgerungen, Ausblick und Empfehlungen	31

1 Kurzfassung

Der Fokus der globalen Klima- und Energiepolitik ist noch in vielen Ländern weitgehend auf Strom konzentriert. In Summe wird jedoch der größte Teil der Energie global für Heizen, Kühlen und Transport aufgewendet. Diese Sektoren sind nach wie vor stark auf fossile Energieträger ausgerichtet. Daher sind auch in diesen Bereichen in Zukunft erhebliche Anstrengungen zur Dekarbonisierung notwendig, um die Vorgaben des Pariser Klimaabkommens zu erzielen. Neben politischen Rahmenbedingungen und branchenspezifischen Maßnahmen ist es wichtig die sektorübergreifenden Zusammenhänge zwischen Strom, Wärme und Verkehr zu erkennen. Dadurch wird es möglich, Synergien zu nutzen und somit bei der Dekarbonisierung des Gesamtsystems die verschiedenen erneuerbaren Energieträger als gekoppelte Systeme zu begreifen.

Der **IEA Bioenergy Task 44 – Flexible Bioenergie und Systemintegration** trägt zur Entwicklung und Analyse von Bioenergie-Lösungen bei, die flexible Ressourcen für ein kohlenstoffarmes Energiesystem bereitstellen können. Damit soll die Kommerzialisierung von Systemlösungen auf Basis der Bioenergie vorangetrieben werden.

Die Schlussfolgerungen aus dem ersten Triennium 2019-2021 sind, dass Bioenergie einzigartige Eigenschaften besitzt, die viele der Probleme im Zusammenhang mit einem raschen Übergang zu einem kohlenstoffarmen Energiesystem lösen und über 2050 hinaus einen langfristigen Wert für das System schaffen kann. Die Erreichung dieser Energiesystemtransformation erfordert eine grundlegende (zeitliche, räumliche und intersektorale) Flexibilisierung aller Bereiche. Flexible Bioenergie bietet einen zusätzlichen Nutzen für verschiedene Energiesektoren und kann den Übergang zu einem erneuerbaren Energiesystem maßgeblich beschleunigen.

Die Hindernisse für die Einführung flexibler Bioenergie liegen neben technologischen Herausforderungen insbesondere in den politischen Rahmenbedingungen und Marktmechanismen zur Valorisierung der Flexibilität. Geeignete Märkte und Rahmenbedingungen sind notwendig. Die Schwierigkeiten systemische Vorteile zunächst zu quantifizieren und sie in weiterer Folge in einen wirtschaftlichen Gewinn umzuwandeln, sind ein Haupthindernis für die Verbreitung flexibler Bioenergie-Lösungen. Diese Erkenntnisse dienen als Ausgangspunkt für weiterführende Arbeiten, die im bereits genehmigten Triennium 2022-2024 bearbeitet werden. Dabei wird der Fokus insbesondere auf technologischen Aspekten, der Bereitstellung von Informationen zu konkreten Best-Practice-Beispielen, den erforderlichen politischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen und auf der systemischen Modellierung liegen.

2 Abstract

The focus of global climate and energy policy is still largely concentrated on electricity in many countries. In total, however, the largest share of energy globally is used for heating, cooling and transport. These sectors are still strongly oriented towards fossil energy sources. Therefore, significant decarbonization efforts will be needed in these sectors in the future to achieve the targets of the Paris Climate Agreement. In addition to political framework conditions and sector-specific measures, it is important to recognize the cross-sectoral connections between electricity, heat and transport. This makes it possible to use synergies and thus to understand the various renewable energy sources as a system when decarbonizing the entire system.

IEA Bioenergy Task 44 - Flexible Bioenergy and System Integration contributes to the development and analysis of bioenergy solutions that can provide flexible resources for a low-carbon energy system. The goal is to support the further commercialization of bioenergy-based system solutions.

The conclusions from the first triennium 2019-2021 are that bioenergy has unique characteristics that can solve many of the problems associated with a rapid transition to a low-carbon energy system and create long-term value for the system beyond 2050. Achieving this energy system transition will require a fundamental flexibilization of bioenergy (temporal, spatial, and intersectoral) across all sectors. Flexible bioenergy adds value to multiple energy sectors and can significantly accelerate the transition towards a renewable energy system.

In addition to technological challenges, the obstacles to the introduction of flexible bioenergy mainly lie in the political framework conditions and market mechanisms for valorising flexibility. Suitable markets and frameworks are needed. Difficulties in first quantifying and then subsequently converting systemic benefits into economic gains are a major barrier to the dissemination of flexible bioenergy solutions. These findings serve as a starting point for further work that will be addressed in the already approved 2022-2024 triennium. In particular, the focus will be on technological aspects, the provision of information on concrete best practice examples, the necessary political and economic framework conditions, and systemic modelling.

3 Ausgangslage

Die laufende Energiewende wird vor allem durch die Senkung der Kosten für Wind- und Solarenergie und die politischen Bemühungen zur Verringerung der Treibhausgasemissionen vorangetrieben. Obwohl der umfangreiche Einsatz volatiler erneuerbarer Energien (engl. volatile renewable energy VRE) ein wichtiger Bestandteil der gesamten Umstellung ist, können rasche Veränderungen im Energiemix Herausforderungen für die Resilienz des Stromnetzes mit sich bringen, insbesondere in Zeiten wetterbedingter Veränderungen. In dem Maße, wie fossile Erzeugungskapazitäten stillgelegt und durch erneuerbare Energien ersetzt werden, stellt sich somit (nicht nur hinsichtlich des Stromsektors) die wichtige Frage, wie die Stabilität und Zuverlässigkeit der künftigen Energieversorgung aufrechterhalten werden kann.

Der zunehmende Einsatz volatiler Quellen führt zu einem erhöhten Bedarf an Flexibilität und Regelbarkeit anderer Energiequellen, Energieträger und Energiespeicher. Neben der Stromspeicherung in Batterien, Redox-Flow-Batterien, Pumpspeicherkraftwerken und wasserstoffbasierten Technologien können auch nachhaltige Biomasse und biomassehaltige Abfallströme zur Stabilität und Belastbarkeit des Energiesystems beitragen, wenn sie auf flexible Weise eingesetzt werden. Es gibt eine Vielzahl von Bioenergie-Lösungen, die die inhärente Flexibilität der nachhaltigen Bioenergie nutzbar machen und Flexibilitätsdienstleistungen erbringen können. Allerdings werden bei weitem nicht alle technisch möglichen in der Praxis auch angewendet. Während die Verbrennung von Biomasse oder biomassebasierten Zwischenprodukten und Energieträgern zur Erzeugung von Wärme oder Strom und Wärme durchaus üblich ist, wird die Flexibilität dieser Anlagen nur selten systemdienlich genutzt. Negative Ausgleichsenergie, d.h. die flexible Abnahme von Strom, der zum Zeitpunkt und am Ort seiner Erzeugung nicht anderweitig genutzt werden kann, z.B. durch Power-to-Gas- oder Power-to-Liquid-Prozesse, sind nur für die Biogasaufbereitung durch Methanisierung des CO₂-Anteils technisch gelöst und erfolgreich demonstriert. Langfristige Flexibilität, d. h. die Umwandlung von Biomasse in Energieträger, die innerhalb der bestehenden Infrastruktur leicht transportiert oder gelagert werden können, ist bei der Biogasaufbereitung durch CO₂-Abscheidung durchaus üblich. Die Umwandlung von Holz in nicht feste Energieträger wie Methan, stabilisiertes Pyrolyseöl, Fischer-Tropsch-Diesel oder ähnliches wurde bereits demonstriert, aber die meisten Umwandlungspfade haben noch keinen guten Business Case gefunden.

Die Rolle der Bioenergie variiert stark zwischen den Ländern und Sektoren in den verschiedenen Ländern. Der Druck zur Flexibilisierung der Energiesysteme ist in den meisten Ländern noch gering, und es fehlen Marktmechanismen zur Unterstützung der Einführung dieser derzeit noch Nischenanwendungen. Deshalb ist eine klar definierte und gemeinsam vereinbarte Terminologie und Definition wichtig. Eine klare Definition, die die verschiedenen potenziellen Vorteile flexibler Bioenergie erfasst, muss entwickelt werden, um die Einführung flexibler Bioenergie zu beschleunigen, den Wissensaustausch zwischen Wissenschaftler*innen, politischen Entscheidungsträger*innen und anderen Interessengruppen zu erleichtern und über den Mehrwert der Flexibilität zu informieren.

4 Projektinhalt

4.1 International Energy Agency & Technology Collaboration Programme

Das International Energy Agency (IEA) Bioenergy Technologiekollaborationsprogramm (Technology Collaboration Programme - TCP) ist ein inter-, transdisziplinäres und internationales Netzwerk. Forschungseinrichtungen, Industriepartner*innen und politische Entscheidungsträger*innen nutzen diese Plattform, um eine gemeinsame Mission zu verfolgen;

die Entwicklung und den nachhaltigen Einsatz von biobasierten Technologien als Teilbeitrag zur Lösung der gesellschaftlichen Kernherausforderungen.

Im Vordergrund der IEA Bioenergy TCP Diskussionen steht dabei ein nachhaltiger und fairer Ressourceneinsatz. Treibhausgasbudget, Land, frisch geerntete und residuale Biomasse sind betrachtete natürliche Ressourcen, während Arbeitskraft, Kapital und Wissen anthropogene Ressourcen darstellen.

Rund um die Mission haben sich im Netzwerk historisch, unterschiedliche Themenschwerpunkte gebildet und in Tasks manifestiert. Die Tasknummerierung erfolgt eher erratisch, wobei technische Tasks mit 30er Zahlen gekennzeichnet sind und systemische Tasks mit 40er Zahlen. Die derzeitigen aktiven Tasks sind in *Tabelle 1: Aktive Tasks im Triennium 2019-2021* gelistet:

Tabelle 1: Aktive Tasks im Triennium 2019-2021

Task	Tasktitel
<i>Task 3-</i>	<i>Fokus auf einzeln Technologien</i>
Task 32	Emissionsreduktion bei der Verbrennung von Biomasse
Task 33	Thermische Vergasung von Biomasse
Task 34	Pyrolyse und Verflüssigung von Biomasse
Task 36	Kreislaufwirtschaft – Energie und Materialrückgewinnung
Task 37	Anaerobe Vergärung und Biogas
Task 39	Fortschrittliche, flüssige Biotreibstoffen
<i>Task 4-</i>	<i>Systemzusammenhänge</i>
Task 40	Bereitstellung von biobasierten Wertschöpfungsketten
Task 42	Bioraffinerien für eine umfassende Bioökonomie
Task 43	Nachhaltige Biomasseversorgung
Task 44	Flexible Bioenergie und Systemintegration
Task 45	Klimawandel und mehrdimensionale Nachhaltigkeit

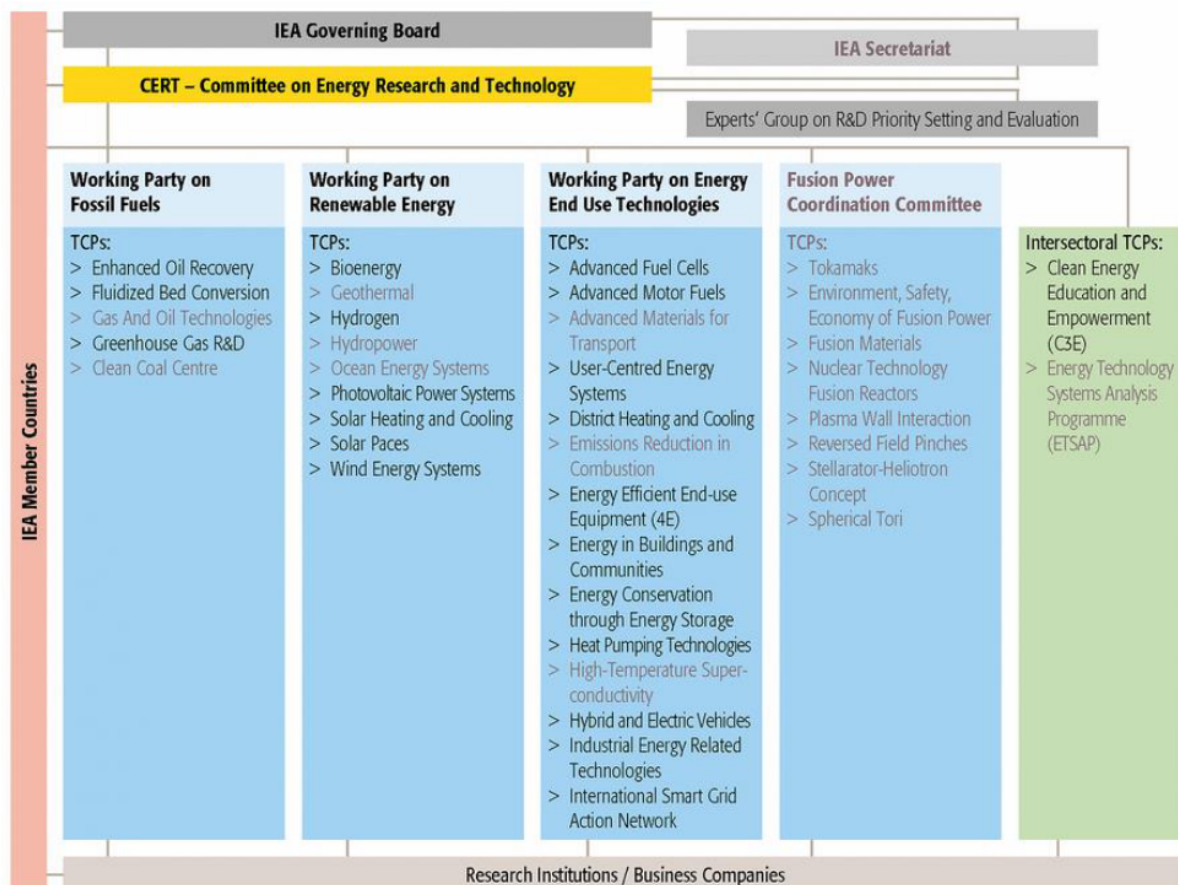
In den Tasks werden regelmäßig und basisdemokratisch Themenschwerpunkte festgelegt, finanzielle und persönliche Ressourcen für deren Bearbeitung eingeplant, Projektfortschritte und Ergebnisse bei Task-treffen diskutiert. Neben diesen Task internen Projekten kommt es in den letzten Jahren vermehrt auch zu Intertask-Projekten, in denen die gemeinsame Ausrichtung und Zusammenarbeit

gefördert wird. Alle laufenden Projekte sowie Projektpublikationen stehen der allgemeinen Öffentlichkeit zum freien Download auf der IEA Bioenergy Homepage zur Verfügung.

<https://www.ieabioenergy.com/>

Das IEA Bioenergy TCP steht außerdem in einem breiteren Verbund mit ähnlichen Netzwerken und im Rahmen der IEA Kollaboration der Mitgliedsländer (siehe *Abbildung 1*). Aktive Zusammenarbeit findet zurzeit mit den TCPs zu den Themen Wasserstoff, Energietechnologiesystemanalyse (ETSAP), Fernwärme und -kälte, fortschrittliche Motortreibstoffe, Windenergie und Treibhausgasforschung statt.

Abbildung 1: Struktur des IEA Netzwerks und TCPs. TCPs ohne österreichische Beteiligung (in 2018) sind in grau dargestellt. Quelle: Projektfabrik Waldhör in (Egler et al., 2018)



Durch die Teilnahme an den IEA Bioenergy TCPs können internationale Entwicklungen für die strategische Ausrichtung der österreichischen Forschungs-/Technologie und Innovations- (FTI) Politik frühzeitig wahrgenommen und neue Forschungsbereiche in Österreich durch internationale Unterstützung aufgebaut werden. Im Gegenzug erfolgt die Einbringung österreichischer Expertise und Erkenntnisse aus nationalen und EU Projekten in das IEA Forschungsnetzwerk.

Die Zielgruppen für das IEA Bioenergy TCP umfassen die Universitäten und wissenschaftlichen Einrichtungen sowie Unternehmen im Bereich der Bioökonomie aber auch politische Entscheidungsträger*innen, Interessensvertreter*innen und Bürger*innen, die um einen inklusiven, technologieunterstützten, gesellschaftlichen Fortschritt bemüht sind.

4.2 IEA Bioenergy Task 44: Flexible Bioenergie und Systemintegration (Triennium 2019-2021)

IEA Bioenergy Task 44 - Flexible Bioenergie und Systemintegration ist ein neuer Task, der im Triennium 2019-2021 mit neun teilnehmenden Ländern gestartet hat. Neben Österreich haben die folgenden Länder am internationalen Task teilgenommen: Australien, Deutschland, Finnland (Task Leader), Irland, Niederlande, Schweden, Schweiz und USA. Task 44 trägt zur Entwicklung und Analyse von Bioenergielösungen bei, die flexible Ressourcen für ein kohlenstoffarmes Energiesystem bereitstellen können. Ziel ist es, das Verständnis für die Arten, die Qualität und den Status flexibler Bioenergie zu verbessern und Hindernisse sowie den künftigen Entwicklungsbedarf im Kontext des gesamten Energiesystems (Strom, Wärme und Verkehr) zu ermitteln. Die Aufgabe ist sektorübergreifend und hat eine systemische Sichtweise.

4.2.1 Themen und Taskarbeiten (international)

Das übergeordnete internationale Ziel des IEA Bioenergy Task 44 ist, einen Beitrag zur Transformation des Energiesystems (Strom, Wärme, stoffliche Nutzung) zu leisten, bei der Bioenergie eine tragende Rolle übernehmen soll. Dabei liegt der Schwerpunkt in der Entwicklung und Analyse von Energiesystemlösungen, die in Kombination mit Biomasse flexible Ressourcen für ein Energiesystem mit geringem CO₂-Fußabdruck zur Verfügung stellen können. Wesentlich für die Erreichung dieses übergeordneten Ziels, sind die folgenden drei Punkte:

1. Identifikation geeigneter und realisierbarer flexibler Bioenergiekonzepte, um den Wandel des Energiesystems in eines mit geringem CO₂-Fußabdruck zu unterstützen.
2. Beschleunigung der Implementierung und Kommerzialisierung von, auf Bioenergie basierenden, Systemlösungen, durch das Bereitstellen einschlägiger Informationen.
3. Ermittlung der technischen und politischen Systemvoraussetzungen bzw. Rahmenbedingungen, die für eine Umsetzung derartige Energiekonzepte relevant sind.

4.2.2 Österreichisches Teilprojekt

Ziel des nationalen Teilprojektes IEA Bioenergy Task 44 – Flexible Bioenergie und Systemintegration ist es, die Kommerzialisierung von Systemlösungen auf Basis der Bioenergie zu unterstützen. Dabei wurden sowohl technologische als auch politische Fragestellungen behandelt.

Das österreichische Teilprojekt umfasst die folgenden Arbeitspakete:

AP 1: Projektmanagement

Dieses Arbeitspaket dient zur begleitenden Projektkontrolle und zur abschließenden Dokumentation

AP 2: Beteiligung an relevanten Taskarbeiten

Dieses Arbeitspaket dient der Darstellung österreichischer Arbeiten und Ergebnisse und das Einbringen von Knowhow in die Deliverables des internationalen Tasks

AP 3: Nationale Kommunikation und Disseminierung

Dieses Arbeitspaket dient der Kommunikation des internationalen State-of-the-Art an die österreichischen Akteur*innen und Dissemination der Task-Ergebnisse innerhalb Österreichs

AP 4: Teilnahme an internationalen Vernetzungs- und Disseminierungsaktivitäten

Dieses Arbeitspaket dient der Darstellung österreichischer Arbeiten und Ergebnisse bei Taskmeetings und internationalen Veranstaltungen

4.3 Projektziele

Die nationalen Arbeiten im Task verfolgten dabei einerseits die laufende Beobachtung internationaler Entwicklungen und speziell das Einbringen österreichischer Expertise und Erkenntnisse im Rahmen internationaler Taskarbeiten. Im Zuge dessen wurden von der nationalen Beteiligung insbesondere die folgenden Ziele verfolgt:

- **Ziel 1:** Förderung der Markteinführung von Technologien und Systemen für die nachhaltige Energiegewinnung aus Biomasse.
- **Ziel 2:** Sensibilisierung der Öffentlichkeit durch Kommunikation mit den wichtigsten Stakeholdern für die Nutzung von Biomasse als Energiequelle und um eindeutige und verifizierte Informationen über Bioenergie zur Verfügung zu stellen.
- **Ziel 3:** Stärkung der Kontakt-Bemühungen des TCP (vormals Implementing Agreement), um interessierte neue Mitgliedsländer, Industrie und multilaterale Organisationen einzubeziehen
- **Ziel 4:** Erhöhung der Informationsverbreitung

In Kapitel 5 wird beschrieben, wie Task 44 die Ziele erreicht hat, welche Schlussfolgerungen und Lehren daraus gezogen wurden und welcher Bedarf und welche Ideen für zukünftige Arbeiten bestehen.

4.4 Vorgehensweise und Methode

Die österreichischen Delegierten beteiligten sich folgendermaßen an den internationalen Task 44-Aktivitäten:

- Durch die Präsentation aktueller F&E-Ergebnisse, Technologiedemonstrationen und veränderter politischer Rahmenbedingungen bei den Taskmeetings und bei Task 44-Workshops.
- Durch die Mitgestaltung der Berichte zu aktuellen Themen; an einigen Berichten wird aktiv mitgearbeitet und bei allen Berichten werden Informationen über relevante österreichische Arbeiten eingebracht, bei Bedarf Kontakte mit den österreichischen Akteur*innen hergestellt und durch ein kritisches Review die Qualität der Berichte verbessert.
- Durch die Präsentation österreichischer Arbeiten bei internationalen Konferenzen.

Im Rahmen verschiedener Vernetzungsaktivitäten konnten österreichische Stakeholder in die laufenden Taskarbeiten integriert und österreichische Arbeiten im internationalen Umfeld präsentiert und dargestellt werden. Die Informationsverbreitung und Vernetzung innerhalb Österreichs werden durch verschiedene Kanäle erreicht:

- **Online stellen von Berichten und einer Kurzdarstellung:** Berichte und Publikationen werden über die Programm-Website des BMK (<http://www.nachhaltigwirtschaften.at/iea/>) verbreitet.
- **Austausch mit anderen IEA-Netzwerken:** Relevante Informationen werden an Vertreter*innen anderer Netzwerke, wie z.B. andere IEA Bioenergy Tasks mit österreichischer Beteiligung weitergegeben. Vor der Teilnahme an den nationalen Vernetzungsveranstaltungen (Highlights der Bioenergieforschung, IEA Vernetzungstreffen) werden die in Task 44 diskutierten Entwicklungen zusammengefasst und dort präsentiert.
- **IEA Bioenergy Österreich Newsletter:** In dem halbjährlich erscheinenden Newsletter werden die wichtigsten Entwicklungen und Informationen aus dem Task der breiten Öffentlichkeit zugänglich gemacht.
- **Teilnahme an Veranstaltungen und Workshops:** Durch Teilnahme an nationalen und internationalen Veranstaltungen und Workshops wird ein breites Netzwerk wissenschaftlicher Akteur*innen, Stakeholdern, Shareholdern und politischen Entscheidungsträger*innen aufgebaut.

Die oben beschriebene Methode zur Beteiligung an den internationalen Task-Aktivitäten und der nationalen Vernetzung und Informationsverbreitung haben sich gut bewährt. Da die COVID-19-Pandemie persönliche Treffen einschränkte, hält der Task 44 seit Anfang 2020 regelmäßig virtuelle Arbeitssitzungen ab, unter anderem um sicherzustellen, dass alle Projekte trotz der durch die Pandemie verursachten anhaltenden arbeitsbezogenen Herausforderungen Fortschritte machen.

5 Ergebnisse

5.1 Ergebnisse aus dem Task 44, Triennium 2019-2021

Das IEA Bioenergy TCP bringt führende Wissenschaftler*innen aus über 25 Ländern in den Bereichen Biomassevergasung, Verbrennung, Biogas, Biokraftstoffe, Nachhaltigkeit, Energietechnologiesystem, Versorgungskette, Bioraffinerie und Flexibilität zusammen. Das Konsortium des Task 44 wurde 2019 damit beauftragt den Status von und die Erwartungen an die Bioenergie- und Bioökonomiesektoren bezüglich der Flexibilisierung des Energiesystems zu untersuchen.

Um diesem wichtigen, aber abstrakten Thema auf den Grund zu gehen, wurden im ersten Triennium eine Vielzahl an Untersuchungsgegenständen identifiziert und anhand unterschiedlicher Methoden bearbeitet. Retrospektiv lassen sich die Arbeiten und Ergebnisse aus dem ersten Task 44 Triennium in drei Schwerpunkte unterteilen:

1. Eine breite, epistemologische Diskussion im Konsortium, anhand vorhandener wissenschaftlicher Literatur und mit interessierten Expert*innen aus den IEA TCPs, bei Webinaren, Workshops und Konferenzen war für die strategische Ausrichtung des Tasks entscheidend. Die Frage, was Flexibilität bedeutet, welchen Mehrwert sie der Gesellschaft bringt und wie dieser gemessen und bewertet werden kann, war und bleibt dabei zentral.
2. Ein umfangreiches Portfolio an biobasierten Technologien steht im Fokus des IEA Bioenergy TCP. Ingenieurexpertise, vor allem aus den technologiespezifischen Tasks war gefragt, um den jeweiligen Entwicklungsstand und Forschungstrends hinsichtlich eines flexiblen Einsatzes der unterschiedlichen Technologien zu benennen.
3. Ein weiteres Steckenpferd der IEA TCP ist das internationale Netzwerk und der Austausch an Erfahrungen und Wissen zwischen den Ländern. Für den Task 44 konnten so detaillierte, länderspezifische Informationen und Einschätzungen zur Dringlichkeit des Themas, existierenden und diskutierten Politikmaßnahmen und Vorzeigeprojekte abgefragt und zusammengefasst werden. Für die Bearbeitung dieser Untersuchungsschwerpunkte waren zwischen 2019 und 2021 die unterschiedlichen Mitglieder des Konsortiums, inklusive der österreichischen Delegation, verantwortlich. Die Ergebnisse wurden in einzelnen, englischsprachigen Berichten ausführlich aufbereitet, über das Triennium hinweg auf der Taskhomepage veröffentlicht und im Folgenden im Ihnen vorliegenden Ergebnisbericht in deutscher Sprache kurzgefasst.

Zusätzlich konnte, unter österreichischer Leitung, eine wissenschaftliche Synthese des ersten Task 44 Trienniums in einem vielzitierten Journal veröffentlicht werden. Das Open-Access Paper leitet die Quintessenz der Ergebnisse und deren Bedeutung für die, zurzeit florierende Flexibilitätsforschung ab.

Schipfer F, Mäki E, Schmieder U, Lange N, Schildhauer T, Hennig C, Thrän D. Status of and expectations for flexible bioenergy to support resource efficiency and to accelerate the energy transition. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2022; 158:112094. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112094>

Wir möchten Ihnen die technischen und länderspezifischen Ergebnisse anhand der jeweiligen Berichte in den folgenden Unterkapiteln näherbringen. Um deren Bedeutung hervorzuheben, leiten wir jedoch mit einer kurzen, vereinfachten Darstellung der erkenntnistheoretischen Ergebnisse ein:

Die Flexibilitätsdiskussion, nicht nur im Task 44 sondern auch in der breiteren, wissenschaftlichen Debatte hat sich als Rohrschachtest herausgesellt. Ausgehend von Disziplin, kulturellen Hintergrund, und Forschungsschwerpunkten existiert eine Vielzahl an mehr oder weniger eindeutigen Begriffsdefinitionen.

Gleichzeitig ist „Flexibilität“, vor allem im Hinblick auf die Variabilität von Photovoltaik- und Windstrom gefühlt in aller Munde. Spannenderweise ist jedoch auch die Bereitstellung von Biomasse variabel, allerdings bezogen auf längere Perioden wie den jährlichen Saisonen. Bereitstellungsstrategien, vor allem für Lebensmittel und biobasierte Materialien aber auch Energie haben sich teilweise über Jahrhunderte hinweg an diese Variabilität angepasst. Flexibilisierungsoptionen in den Bioökonomiesektoren sind daher zahlreich, verlangen allerdings eine entschieden breitere Definition als im, vergleichsweise weniger komplexen Stromsystem. Eine allgemeine Definition muss die, im Task 44 identifizierten Flexibilisierungskategorien und deren Mischformen integrieren:

1. Zeitliche Flexibilisierung (engl. „temporal flexibilization“); kann zum Beispiel durch die Speicherung von Strom, Wärme und Treibstoffen über kurz-, mittel- und langfristige Zeithorizonte bereitgestellt werden.
2. Räumliche Flexibilisierung (engl. „spatial flexibilization“); wird über Versorgungsketten, regionalem und internationalen Handel von physischen Gütern und Bioenergieträgern aber auch über Strom- und Gasnetze ermöglicht.
3. Intersektorale Flexibilisierung (engl. „inter-sectoral flexibilization“); schafft Flexibilität durch Sektorenkopplung. Für das Stromnetz ergeben sich durch neue Stromverbraucher wie zum Beispiel Elektrofahrzeuge, neue Möglichkeiten. Biobasierte Versorgungsketten sind oft Versorgungsnetzwerke, die neben Energie auch Materialien und Lebensmittel bereitstellen. Auch hier und in der Kopplung zwischen Strom- und Bioökonomie netze gibt es Potentiale für die Systemflexibilisierung.

Vor allem die Möglichkeiten der intersektoralen Flexibilisierung werden weitgehend übersehen, während der Fokus der wissenschaftlichen Debatte zurzeit auf die zeitliche Dimension liegt. Eine Ausnahme sind die Stromnetzplaner, die schon früh den räumlichen Flexibilitätscharakter ihres Forschungsgebiets erkannt haben. Um der intersektoralen Flexibilisierung mehr Aufmerksamkeit zu widmen, hat sich der Task 44 im Zuge des letzten Trienniums strategisch auf „Systemintegration“ ausgerichtet.

Die breitere Aufgabenstellung hilft uns zu generalisieren und den Mehrwert von Flexibilität zu benennen:

Zeitliche, räumliche und intersektorale Flexibilität schafft effiziente Ressourcensicherheit.

Synergien zwischen zwei wichtigen Zielvorgaben für unser Energie- und Wirtschaftssystem, nämlich zwischen Ressourceneffizienz und Versorgungssicherheit sind in der wissenschaftlichen Literatur, aber auch in unserem täglichen Handeln und Wirtschaftsstrukturen kaum explizit ausgewiesen. Während oft Versorgungssicherheit, Systemstabilität oder Zuverlässigkeit als Zielvorgabe impliziert wird, wird die Dualität mit Ressourceneffizienz nur selten angesprochen. Dies passiert meist jedoch in Bezug auf Trade-offs und Kompromissen. Eine Mögliche Synergie der effizienten Ressourcensicherheit, die unter

anderem durch Flexibilität bereitgestellt werden kann, ist weitgehend übersehen. Aus diesem Grund werden unterschiedliche Arten von Speicher, Infrastrukturen wie Netze und die Kopplung unterschiedlicher Sektoren und Systeme weitgehend und fahrlässig unterbewertet.

Ein allgemeines Rahmenwerk um Synergieeffekte und damit auch Flexibilität zu messen und zu bewerten wird erst im laufenden Triennium 2022-2024 und ausgehend von Fabian Schipfer entwickelt. Die einzelnen Task 44-Ergebnisse belegen dabei die epistemologische Grundlage für diese Arbeit. Wir unterscheiden dabei zwischen den technologie- und den länderspezifischen Ergebnissen:

5.1.1 Technologiespezifische Flexibilitätsuntersuchungen

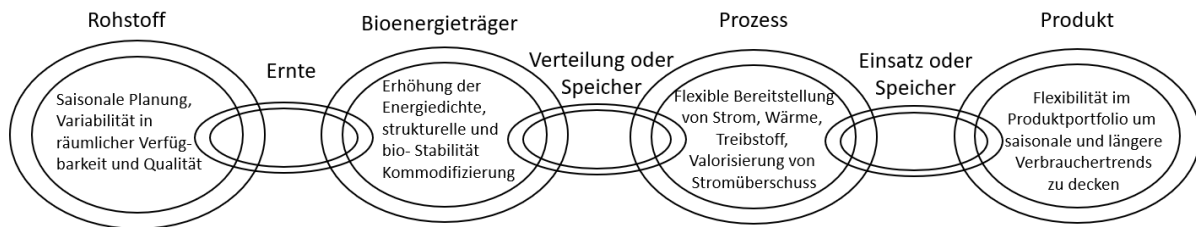
5.1.1.1 Success Story „Flexibilisierung entlang der Wertschöpfungskette“

Bioenergie hat im Vergleich zu variablen erneuerbaren Energiequellen einige einzigartige Eigenschaften und kann mehrere Dienste für das Energiesystem leisten, z. B. Flexibilität zur Unterstützung der Integration zunehmender Mengen an erneuerbaren Energien in das System bei gleichzeitiger Verbesserung der Ressourceneffizienz. Die Umsetzung flexibler Bioenergie steckt noch in den Kinderschuhen und stellt somit noch eine Nischenanwendung dar, aber es wird erwartet, dass ihre Bedeutung mit dem erwarteten Anstieg der erneuerbaren Energien im Energiesystem zunehmen wird. Ein Hindernis für die Einführung flexibler Bioenergie ist der Mangel an klarem Verständnis ihres technischen Potenzials, ihres quantitativen Werts für das System und des breiten Spektrums an Sekundärnutzen, den Bioenergie bieten kann. Das Fehlen einer Definition für flexible Bioenergie, die mehrere Wertschöpfungsketten erfasst, die potenziell Flexibilitätsleistungen erbringen, behindert teilweise die öffentliche Debatte über Flexibilitätsleistungen der Bioenergie.

Somit war es während des ersten Trienniums (2019-2021) des neu ins Leben gerufenen Task 44 entscheidend, das Konzept der flexiblen Bioenergie zu umreißen, indem der Status aus verschiedenen Perspektiven beleuchtet wurde. Dies geschah durch eine technische Prüfung, eine Überprüfung des Umsetzungsstatus in den Ländern sowie eine Überprüfung der Marktinstrumente zur Valorisierung flexibler Bioenergie. Diese Erkenntnisse führten zu einer Definition für flexible Bioenergie. Darüber hinaus wurden fünf Eckpfeiler, d.h. die nächsten Schritte, die zur Beschleunigung der Umsetzung erforderlich sind, definiert (siehe Abschnitt Schlussfolgerungen, Ausblick und Empfehlungen). Flexible Bioenergie und Systemintegration sind sektorübergreifende Themen und daher war technisches und systemisches Wissen aus anderen IEA Bioenergy Tasks und anderen IEA TCPs wichtig, um ein klares Bild über den Status, das Potenzial und die Erwartungen an flexible Bioenergie zu erhalten.

Während in der Literatur Flexibilität in der Regel mit kurzfristigen Strommärkten in Verbindung gebracht wird, kam Task 44 zu dem Schluss, dass die Flexibilitätsleistungen der Bioenergie über den Stromsektor hinausgehen. Die langen Lieferketten, die typischerweise mit der Bereitstellung von Bioenergie oder anderen biobasierten Produkten verbunden sind, führen zu vielfältigen Flexibilisierungsoptionen entlang der Lieferketten (**Abbildung 2**: Darstellung des Supply-Chain-Charakters der bioenergiebasierten Flexibilitätstypen. Quelle: Schipfer, F., Mäki, E., Schmieder, U., Lange, N., Schildhauer, T., Thrän, D. 2022.). Task 44 kategorisierte die Optionen in Rohstoffflexibilität, Bioenergieträgerflexibilität, Betriebsflexibilität und Produktflexibilität.

Abbildung 2: Darstellung des Supply-Chain-Charakters der bioenergiebasierten Flexibilitätstypen.
Quelle: Schipfer, F., Mäki, E., Schmieder, U., Lange, N., Schildhauer, T., Thrän, D. 2022.



Die Skizzierung des Konzepts der flexiblen Bioenergie dient als Orientierungshilfe für die wissenschaftliche Gemeinschaft und die relevanten politischen Entscheidungsträger*innen, Stakeholder und Shareholder, um die nachhaltige, moderne und flexible Bioenergie wirksam voranzubringen. Die Definition im Kontext einer breiteren Bioökonomie ist ein guter Ausgangspunkt für das Triennium 2022-2024, um sich auf die Valorisierung von Flexibilitätsdienstleistungen zu konzentrieren.

5.1.1.2 Entwicklung und Bewertung tragfähiger flexibler Bioenergiekonzepte zur Unterstützung kohlenstoffarmer Energiesysteme

Bioenergie und Systemintegration umfassen mehrere Dimensionen der Flexibilität, darunter zeitliche und räumliche Flexibilität sowie Flexibilität in Bezug auf Rohstoffe, Betrieb und Endprodukte. Es fehlte jedoch ein klarer Überblick über die technischen Optionen und deren Entwicklungs- und Umsetzungsstand sowie ein Technologiekatalog mit technischen und wirtschaftlichen Daten. Um diese Lücke zu schließen, hat Task 44 in dem Bericht "Technologies for Flexible Bioenergy"¹ einen Überblick über die technischen Möglichkeiten und die wichtigsten technisch-wirtschaftlichen Daten zusammengestellt.

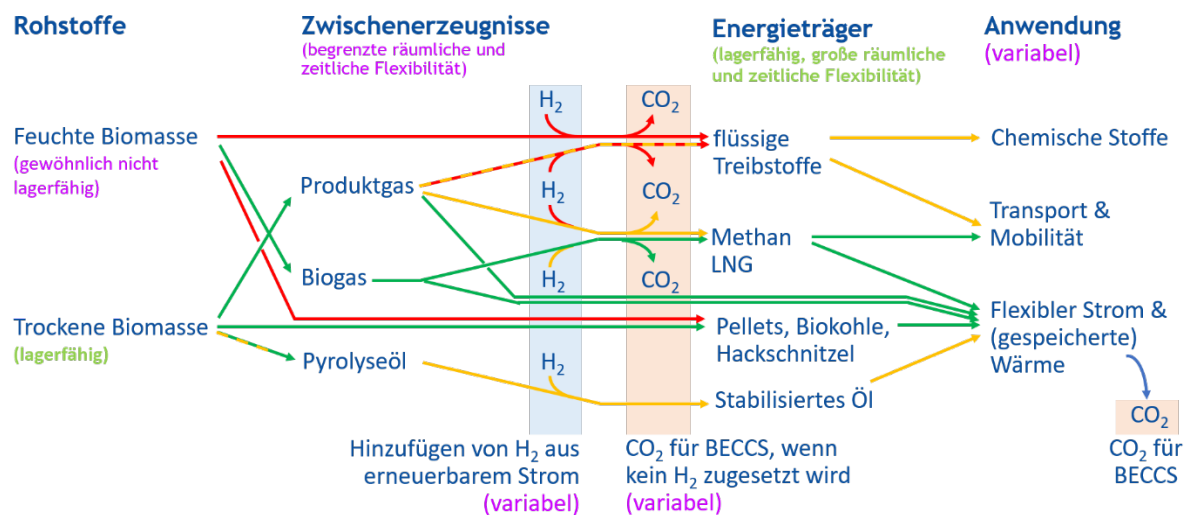
Als Grundlage für die Technologieüberprüfung wurde eine Sammlung und Gruppierung von Flexibilisierungsoptionen für verschiedene Umwandlungstechnologien erstellt, und die entsprechenden Expert*innen innerhalb des IEA Bioenergy TCP-Netzwerks wurden gebeten, Feedback zu Themen wie dem Technology Readiness Level (TRL), Forschungs- und Entwicklungsbedarf, Erwartungen, technische Leistung und Flexibilitätsmerkmale zu geben. Flexible Bioenergietechnologien wurden in zwei verschiedene Gruppen eingeteilt: i) kurz- und mittelfristige Flexibilität zum Ausgleich und zur Stabilisierung des Stromnetzes durch positive und negative Ausgleichsenergie und ii) langfristige Flexibilität durch biomassebasierte Energieträger, die innerhalb der bestehenden Infrastruktur (saisonal) gespeichert und transportiert werden können.

Flexible Bioenergietechnologien umfassen verschiedene Arten von Rohstoffen (z. B. feuchte oder trockene Biomasserückstände), Zwischenprodukte und Bioenergieträger (flüssig, gasförmig, fest) sowie Energieanwendungen (Strom, Wärme, Verkehrskraftstoffe). **Abbildung 3** zeigt, wie viele Wertschöpfungsketten es vom Rohstoff bis zur Anwendung gibt, einschließlich der Möglichkeiten, Ort und Zeitpunkt der Nutzung der Bioenergie zu ändern. Für viele der Wertschöpfungsketten gibt es sogar mehrere Prozessoptionen.

¹ Schildhauer, T., Kroon, P., Höftberger, E., Moiola, E., Reichert, G., Kupelwieser, F., 2021. Technologies for Flexible Bioenergy. IEA Bioenergy Task 44, 2021:8. <https://task44.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/sites/12/2021/08/IEA-Task-44-report-Technologies-for-Flexible-Bioenergy.pdf>

Es ist allgemein zu beobachten, dass die Prozesse, die in den meisten Ländern funktionieren, von Abfallströmen ausgehen, die behandelt werden müssen, aber nicht ohne weiteres anderweitig verwertet werden können, z. B. Klärschlamm zu Biogas zu Biomethan. Auch die Erzeugung von Wärme und Strom aus Biogas und Holz wird vielerorts angewandt, allerdings in der Regel mit finanziellen Förderprogrammen. Bei weitem nicht alle der technisch möglichen und erfolgreich demonstrierten flexiblen Verfahrensoptionen werden in relevantem Ausmaß angewendet. Die inhärente Flexibilität der Biomasse-Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) für Ausgleichsenergie wird meist nicht genutzt, da die Wirtschaftlichkeit ohne besondere Anreize einen Dauerbetrieb bei maximaler Last vorschreibt.

Abbildung 3: Das Netz flexibler Technologien für die Energieumwandlung von Biomasse. Grüne Pfeile zeigen Technologien an, die bereits angewendet werden; gelbe Pfeile zeigen Technologien an, die technisch demonstriert wurden, aber noch keinen funktionierenden Business Case haben; rote Pfeile zeigen Technologien an, die in der Entwicklung sind. Quelle: Schildhauer, T., Kroon, P., Höftberger, E., Moiola, E., Reichert, G., Kupelwieser, F., 2021. Technologies for Flexible Bioenergy. IEA Bioenergy Task 44, 2021:8.



Sowohl die CO₂- als auch die Wasserstoffströme stehen in engem Zusammenhang mit flexiblen Bioenergie-wertschöpfungsketten und können weitere Energie- und Klimasystemdienstleistungen erbringen. Negative Energiedienstleistungen können durch die Aufnahme von erneuerbarem Wasserstoff aus der Elektrolyse in Zeiten des Überflusses erbracht werden. Insbesondere die anstehenden Wasserstoffstrategien in verschiedenen Ländern werden viele neue Möglichkeiten für Synergien mit Bioenergie eröffnen. Wenn größere Mengen Wasserstoff gespeichert werden müssen, ist es vorteilhaft, ihn in Energieträger umzuwandeln, die die bestehenden Speicher- und Verteilungsinfrastrukturen nutzen können. Biomasse kann den Kohlenstoff als biogenes CO₂ liefern, das ein inhärentes Nebenprodukt aller Fermentationen, anaeroben Vergärungen oder der Ethanolproduktion ist, aber auch im Produktgas aus der Vergasung oder Pyrolyse vorhanden ist oder aus den Rauchgasen der Biomasseverbrennung in Heizkraftwerken oder Zellstoff- und Papierfabriken zurückgewonnen werden kann (CCU, engl. Carbon Capture and Utilization). Negative CO₂-Emissionen können durch die Abscheidung von CO₂, insbesondere aus Biogas- oder Vergasungsprozessen, und dessen Sequestrierung erreicht werden.

Die wichtigsten Erkenntnisse:

- Biomasse kann in der gesamten Versorgungskette für Flexibilität sorgen, nicht nur für Energie, sondern auch für die Bioökonomie im Allgemeinen.
- Viele Optionen mit hohem TRL-Standard sind bereits umgesetzt, wie z. B. die KWK-Produktion, nutzen aber nicht das Flexibilitätspotenzial.
- Mehrere Optionen zur Einbeziehung von erneuerbarem Wasserstoff in biobasierte Wertschöpfungsketten eröffnen Möglichkeiten für Synergien.
- Die breite Nutzung der Bioenergie-Flexibilität wird von einer geeigneten Marktgestaltung und für einen gewissen Zeitraum auch von Förderregelungen abhängen.

Abgeleitete Maßnahmen:

- Überwachung des technologischen Fortschritts.
- Ermittlung des F&E-Bedarfs und der unterstützenden Lösungen, insbesondere im Bereich der Automatisierungs- und Regelungstechnik für kurz- und mittelfristige Flexibilität.

5.1.1.3 Identifikation von Systemanforderungen für flexible Bioenergiekonzepte

Die Identifikation von Systemanforderungen für flexible Bioenergiekonzepte wurde in Zusammenarbeit mit anderen Tasks und Technology Collaboration Programs (TCPs) in Form von Workshops behandelt. Insbesondere wurden folgende Fragestellungen behandelt:

- Anforderungen an das Energiesystem im Hinblick auf flexible Bioenergie
- Beziehung zwischen Flexibilität und anderen Themen im Zusammenhang mit der Energiewende (z. B. Digitalisierung, Sektorkopplung usw.)
- Einbeziehung von Bioenergie in die integrierte Energiesystemmodellierung

Der erste Workshop wurde von der IEA als TCP-übergreifendes Webinar² organisiert, um Expert*innen aus den TCPs und Tasks zusammenzubringen und zu erörtern, wie sich die Flexibilitäten zukünftiger Energiesysteme unter Berücksichtigung verschiedener Optionen am besten modellieren lassen. An dem Webinar nahmen Task 44, Wind TCP, PVPS TCP, ETSAP TCP, ECES TCP, Users TCP und Hydropower TCP teil.

Task 44 und Task 39 organisierten einen gemeinsamen virtuellen Workshop zum Thema " Role of biofuels production / biorefineries in grid balancing". Ziel dieses Workshops war es, einen Überblick über Flexibilitätsoptionen für Bioraffinerien zu geben, die auf die Kraftstoffproduktion ausgerichtet sind, und Einblicke in Konzepte und Herausforderungen für Bioraffineriekonzepte zu gewinnen, die eine flexiblere Biokraftstoff- und Biostromproduktion ermöglichen. Eine zentrale Herausforderung, die auf dem Workshop identifiziert und diskutiert wurde, waren die allgemein höheren Kosten, die für die Umsetzung von Bioraffineriekonzepten erforderlich sind, die eine größere Netzflexibilität ermöglichen. Die Diskussionen unterstrichen die Notwendigkeit weiterer Forschungen zu überzeugenden Konzepten sowie das Potenzial für auf industrielle Symbiose ausgerichtete Anlagendesigns, um Kostenbarrieren abzubauen. Es wurde auch festgestellt, dass stärkere politische Maßnahmen, die eine auf die industrielle Symbiose ausgerichtete Planung vorschreiben und Anreize schaffen, erforderlich sind, um Fortschritte bei der Demonstration von netzstabilisierenden Konzepten in größerem Maßstab zu erzielen, die zusätzlich zur Erhöhung der Leistungsflexibilität von Bioraffinerien dem gesamten Energiesystem zugutekommen.

² <https://task44.ieabioenergy.com/ieaevent/webinar-inter-tcp-meeting-on-integrated-energy-systems/>

Weiterer Bedarf an Zusammenarbeit:

- Besseres Verständnis des Wertes verschiedener Flexibilitätsoptionen in verschiedenen Kontexten und auf mehreren Zeitskalen, insbesondere derjenigen, die gegenüber verschiedenen zukünftigen Ergebnissen widerstandsfähig sind
- Zusammenarbeit bei der Entwicklung von Hybridlösungen
- Weiterentwicklung (höhere Leistung und niedrigere Kosten) und Demonstration von flexiblen Bioraffineriekonzepten / auf industrielle Symbiose ausgerichteten Anlagenkonzepten

5.1.2 Länderspezifische Flexibilitätsuntersuchungen

5.1.2.1 Beschleunigung der Umsetzung von flexiblen Bioenergiekonzepten

Bioenergie hat einige einzigartige Eigenschaften, mit denen sich viele der Probleme im Zusammenhang mit dem derzeitigen Übergang zu einem kohlenstoffarmen Energiesystem lösen lassen. Um das Potenzial der Bioenergie auszuschöpfen, ist jedoch ein grundlegender Wandel in der Art und Weise, wie sie genutzt wird, erforderlich - derzeit gibt es jedoch nur ein begrenztes Verständnis der Einzelheiten eines solchen Wandels. Da die Ansichten über flexible Bioenergie und ihre Rolle je nach Disziplin und Weltregion variieren, ist es notwendig, neben dem technischen Stand auch den Stand der Umsetzung in den verschiedenen Ländern zu verstehen. Um einen Überblick über die Umsetzung und die Erwartungen an die flexible Bioenergie zu geben, hat Task 44 einen Bericht über den Stand der Umsetzung in den einzelnen Ländern erstellt: "Expectation and implementation of flexible bioenergy in different countries³".

Für die Erhebung wurde ein Fragebogen entworfen, um länderspezifische Informationen zu erfassen, darunter statistische Daten über den Stand der Umsetzung von erneuerbaren Energien und Bioenergie, flexible Bioenergie-Best Practices, Anreize, Hindernisse, Subventionssysteme und politische Rahmenbedingungen. Der Fragebogen wurde an Expert*innen der verschiedenen Länder innerhalb des IEA-Bioenergienetzwerks verteilt. Der Bericht deckt 11 OECD-Länder ab: Australien, Österreich, Dänemark, Finnland, Deutschland, Irland, Italien, die Niederlande, Schweden, die Schweiz und die Vereinigten Staaten.

Die Bedeutung der Flexibilität wird mit dem erwarteten Anstieg der unterschiedlichen erneuerbaren Energien im Energiesystem zunehmen. Technische Barrieren werden dabei aber nicht die größten Herausforderungen sein, sondern die wirtschaftlich machbare Integration der Technologien in das Gesamtenergiesystem. Daher ist eine stärkere Verbindung zwischen flexibler Bioenergie und anderen Flexibilitätsoptionen wie Demand-Side-Management, Energiespeicherung, Power-to-X und auch grünem Wasserstoff erforderlich. Auch mangelnde Regulierung, ein unzureichender politischer Rahmen und unzureichende Marktmechanismen zur Valorisierung der Flexibilität sind häufige Hindernisse. Die Analyse der Hindernisse zeigt, dass bestimmte Interessengruppen, politische Entscheidungsträger*innen und der Energiesektor, mehr Informationen benötigen. In diesem Bereich können Forschungseinrichtungen unterstützend tätig werden und Informationen über Technologien, Kosten und energiesystembezogene Aspekte liefern. Markthindernisse können durch Anreize für die

³ Thrän, D., Schering, K., Schmieder, U. et al., 2021. Expectation and implementation of flexible bioenergy in different countries. IEA Bioenergy Task 44, 2021:3. <https://task44.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/sites/12/2021/04/IEA-Task-44-report-Expectation-and-implementation-of-flexible-bioenergy-in-different-countries.pdf>

Aufnahme von Bioenergie unter Berücksichtigung der vielfältigen Vorteile wie Sektorkopplung, Flexibilität und Ressourcenverfügbarkeit sukzessive abgebaut werden.

Die weitere Arbeit von Task 44 hat gezeigt, dass die wissenschaftliche Literatur zur Flexibilisierung des Energiesystems bisher hauptsächlich den Ausgleich von Erzeugung und Verbrauch von erneuerbarem Strom behandelt. In der Diskussion um Bioenergie und Bioökonomie gehen die Vorstellungen und Erwartungen jedoch weit über den Strom hinaus. Zukünftige Arbeiten müssen die breitere Definition von Bioenergie-Flexibilität in Energiesystemmodellen berücksichtigen, die zur Optimierung des gesamten Energiesystems in der langfristigen Energiesystemplanung verwendet werden. Die Einbeziehung flexibler Bioenergieoptionen in die Energiesystemmodelle unterstützt die Quantifizierung ihres Nutzens.

Die Überprüfung und die wissenschaftliche Literatur zeigen, dass Flexibilität im Bereich der Bioenergie und Bioökonomie weit über kurzfristige Flexibilität und Elektrizität hinausgeht. Daher war eine umfassendere Definition erforderlich. Task 44 definierte flexible Bioenergie als *“deployment of sustainable biomass to provide multiple services and benefits to the energy system under varying operating conditions and/or loads contributing to energy security⁴”*. Die vollständige Definition enthält auch Beispiele, um sie zu konkretisieren. Die klare Definition wird die zukünftige Arbeit der Task 44 unterstützen, indem sie das Konzept der flexiblen Bioenergie für alle verständlicher macht.

Obwohl flexible Bioenergie immer noch eine Nischenanwendung darstellt, gibt es mehrere Best-Practice-Beispiele. Um gut funktionierende Fälle und zukünftige Möglichkeiten zu fördern und das Lernen aus bestehenden Fällen zu unterstützen, hat Task 44 eine Sammlung von Best-Practice-Beispielen⁵ begonnen. Sie repräsentieren verschiedene Flexibilitätskategorien: Rohstoffflexibilität, Bioenergieträgerflexibilität, Betriebsflexibilität und Produktflexibilität.

Auf der Grundlage der Ergebnisse des Trienniums entwickelte Task 44 *“Five cornerstones to unlock the potential of flexible bioenergy⁶”*. Ziel des Diskussionspapiers ist es, die Zusammenarbeit und den Wissensaustausch zu fördern, das Bewusstsein für das wichtige Potenzial der flexiblen Bioenergie bei der Integration nachhaltiger Energiesysteme zu schärfen und Probleme und Lösungen zu untersuchen, um dieses Potenzial voll auszuschöpfen. Flexible Bioenergie bietet einen zusätzlichen Nutzen für verschiedene Energiesektoren und kann die Transformation zu erneuerbaren Energiesystemen beschleunigen.

Die wichtigsten Erkenntnisse:

- Flexible Bioenergie geht weit über kurzfristige Flexibilität und Strom hinaus. Daher muss die Definition eine breitere Sichtweise der Bioökonomie haben.
- Technische Hindernisse stellen nicht das größte Problem dar, sondern fehlende politische Rahmenbedingungen und die fehlenden Marktmechanismen zur Valorisierung der Flexibilität sind häufigere Hindernisse.

⁴ Schipfer, F., Mäki, E., Schmider, U. et al. Status of and expectations for flexible bioenergy to support resource efficiency and to accelerate the energy transition. *Renew Sustain Energy Rev*, 158 (2022), 112094.

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112094>

⁵ <https://task44.ieabioenergy.com/best-practices/>

⁶ Thrän, D., Anderson, K., Schildhauer, T., Schipfer, F., 2021. Five cornerstones to unlock the potential of flexible bioenergy, Lange, N. (Ed.) IEA Bioenergy Task 44, 2021:11. ISBN: 978-1-910154-99-1.

- Flexible Bioenergie ist eine Nischenanwendung, und es werden Best-Practice-Beispiele benötigt, um die Umsetzung zu beschleunigen.
- Es fehlt ein Konzept, wie flexible Bioenergie in Energiesystemmodelle integriert werden kann.

Abgeleitete Maßnahmen:

- Definition der flexiblen Bioenergie mit einem breiteren Blick auf die Bioökonomie.
- Sammeln Sie Best-Practice-Beispiele, um erfolgreiche Fälle zu präsentieren.
- Einbeziehung flexibler Bioenergieoptionen in langfristige Energiesystemmodelle und -planung.
- Ermittlung von Synergien und Zielkonflikten zwischen verschiedenen Systemdienstleistungen der Bioenergie, z. B. Flexibilität zur Unterstützung der Integration von erneuerbaren Energien, Nutzung von grünem Wasserstoff und Erzeugung negativer Emissionen.

5.1.2.2 Die Rolle der Bioenergie im Energiesystem auf dem Weg zu einer “well-below-2-degrees-Celsius (WB2)” Welt

Bioenergie in einer unter 2°C und SDG konformen Welt; veröffentlicht auf der IEA Bioenergy Homepage; Juli 2020; <https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2016/09/Roles-of-bioenergy-in-energy-system-pathways-towards-a-WB2-world-Workshop-Report.pdf> - AT Beteiligung

Das zentrale Ziel des Pariser Klimaabkommens ist es, den globalen Temperaturanstieg auf deutlich unter 2°C (well-below 2 degrees, WB2) zu beschränken. Viele Energieszenarien, die eine WB2-Welt beleuchten bauen auf eine gleichbleibende oder zunehmende Bedeutung der Biomasse in der Energieversorgung sowie oft auch in Kombination mit Kohlenstoffabscheidung und -speicherung (BECCS). Fortschrittliche Szenarien inkludieren auch andere Optionen für negative CO₂ Bilanzen wie zum Beispiel die Aufforstung und Wiederaufforstung oder die direkte Abscheidung von CO₂ aus der Luft (Direct Air Capture – DAC).

In diesem Intertask-Projekt wurden 17 Szenarien von 22 internationalen Forschungseinrichtungen in einem Workshop im Ministerium für Nahrung und Landwirtschaft in Berlin gemeinschaftlich diskutiert und ein interdisziplinärer Konsensus abgeleitet: eine Ausweitung der nachhaltigen Biomasseversorgung für die Bioenergieproduktion und eine ernsthafte Auseinandersetzung mit BECCS-Strategien sind dringend notwendig, gesetzliche Rahmenbedingungen müssen geschaffen und Synergieeffekte mit allen nachhaltigen Entwicklungszielen müssen erkannt und gehoben werden.

Der WB2-Bericht fasst die Workshop-Beiträge und Diskussionen zusammen und bewertet die Rolle der Bioenergie in den unterschiedlichen Szenarien. Bereits in der Berechnung der derzeitigen und viel mehr noch, der zukünftigen Biomassepotenziale muss sich die Forschungsgemeinschaft eine signifikante Variabilität eingestehen. Gemeinsame und öffentlich zugängliche (open-source) Datenbanken und transparente Erhebungsmethoden werden in den kommenden Jahren in diesem Forschungsbereich eine entscheidende Rolle spielen um den gesellschaftlichen Mehrwert der Forschungsergebnisse zu verstärken. Zur Berechnung der ökonomischen Potentiale ist dafür vor allem auch eine systemische Betrachtung, inklusive Ernährungstrends, Klimawandeleinfluss auf Ernteerträge, Anbauintensitäten, Flächen-, Nutzungseffizienz, Biodiversitätsschutz sowie die Synergien und Konkurrenz zwischen Lebensmittel-, Material- und Energienutzung wichtig. Nationale und auch regionale Unterschiede in politischen und marktorganisatorischen Rahmenbedingungen sind hier ebenso zu berücksichtigen wie Infrastrukturen (Industrie, Energie-, Verkehrsnetze), geologische CO₂ Speicherfähigkeit, Demographie, Arbeitskraft, Expertise und finanzielle Ressourcen.

Die Vorteile der Szenarienbetrachtung in den teilnehmenden Modellen (Integrated Assessment Models -IAMs) ergeben sich vor allem in der Möglichkeit quantitativ Dynamiken und Zusammenhänge im System Biosphäre/Technosphäre zu untersuchen. Sie unterstützen das Erkunden und Lernen über mögliche „Lösungsräume“ und die Bewertung der Auswirkungen und Unsicherheiten von unterschiedlichen technischen, soziökonomischen und politischen Maßnahmen. Dafür müssen jedoch signifikante Vereinfachungen in der Systemdarstellung in Kauf genommen werden. Diese Vereinfachungen resultieren in Mehrdeutigkeiten bezüglich Eingangsparameter, Elastizitäten und Systemgrenzen. Aus diesem Grund können quantitative Ergebnisse aus IAMs nie für sich alleine stehen und müssen immer an eine Interpretation und Kontextualisierung gekoppelt sein. Diese, oft qualitative Aufgabe erfordert ein breites Systemverständnis und eine ehrliche Kommunikation der Limitierungen der jeweiligen Modelle.

5.2 Veröffentlichungen: Berichte und wissenschaftliche Publikationen

5.2.1 Wissenschaftliche Publikationen

Schipfer, F., Mäki, E., Schmieder, U., Lange, N., Schildhauer, T., Hennig, C., Thrän, D. Status of and expectations for flexible bioenergy to support resource efficiency and to accelerate the energy transition. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 158 (2022), 112094. DOI: 10.1016/j.rser.2022.112094

Synopsis:

Für das laufende Jahrzehnt ist ein bemerkenswerter Ausbau und sektorübergreifender Einsatz von Photovoltaik und Windenergie zu erwarten. Der diskontinuierliche Charakter dieser erneuerbaren Energien wird jedoch zu Herausforderungen bei der Koordinierung von Energieangebot und -nachfrage führen. Studien und Strategien, die darauf abzielen, diese Herausforderung zu lösen, neigen dazu, das Flexibilitätspotenzial moderner und nachhaltiger Bioenergie zu vernachlässigen, obwohl diese heute die führende erneuerbare Energiequelle ist. Wir untersuchen den aktuellen Stand und die Erwartungen der Interessengruppen in Bezug auf die Flexibilität der Bioenergie und stützen uns dabei auf aktuelle Fragebogendaten, die im Rahmen des IEA Bioenergy TCP gesammelt wurden, an dem auch einige der Autoren dieser Studie beteiligt waren. Wir stellen eine breite Palette kommerziell verfügbarer Bioenergie-technologien vor, die Flexibilitätsdienste anbieten können. Wir kommen zu dem Schluss, dass nachhaltige Biomasse unter verschiedenen Betriebsbedingungen und Lasten für verschiedene Dienste und Vorteile für das Energiesystem eingesetzt werden kann und so zur Energiesicherheit über das Stromnetz hinaus beiträgt. Dennoch wird der praktische Einsatz nach wie vor nur als Nischeninnovation betrachtet, vor allem aufgrund des geringen gesellschaftlichen und systemischen Drucks und der beträchtlichen Herausforderungen bei der Umsetzung systemischer, makroökonomischer und gesellschaftlicher Vorteile in einen wirtschaftlichen Gewinn auf Unternehmensebene. In Anbetracht der großen Vielfalt von Flexibilitätsdiensten betonen wir, dass Märkte und Rahmenbedingungen so gestaltet werden müssen, dass sie die Qualitäten und Grenzen der verschiedenen Güter oder Dienstleistungen ausreichend widerspiegeln. Daher plädieren wir für eine heterodoxe energiewirtschaftliche Debatte, die dazu beitragen soll, grundlegende Fragen zur Wirksamkeit verschiedener Marktdesigns auf der Grundlage empirischer Ansätze, quantitativer Modellierung und analytischer Grundlagenforschung zu klären.

5.2.2 Best Practice collection

Task 44 website: <https://task44.ieabioenergy.com/best-practices/>

Synopsis:

Task 44 hat Best-Practice-Beispiele für flexible Bioenergie veröffentlicht, um die vielfältigen Vorteile und Dienstleistungen aufzuzeigen, die flexible Bioenergie bieten kann. Die globale Erfassung von Best Practices zielt darauf ab, verschiedene Betriebsumgebungen zu beleuchten und aufzuzeigen, wie Bioenergie unterschiedliche Anforderungen erfüllen kann. Die verschiedenen Best Practices können online entweder über die interaktive Karte oder die Liste der Best Practices abgerufen werden.

5.2.3 Berichte

Thrän, D., Anderson, K., Schildhauer, T., Schipfer, F., 2021. Five cornerstones to unlock the potential of flexible bioenergy, Lange, N. (Ed.) IEA Bioenergy Task 44, 2021:11. ISBN: 978-1-910154-99-1.
<https://task44.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/sites/12/2021/11/Five-cornerstones-to-unlock-the-potential-of-flexible-bioenergy.pdf>

Synopsis:

Der Bericht ist eine Zusammenfassung des IEA Bioenergy TCP Task 44 um die Zusammenarbeit und Wissensaustausch zu fördern, das Bewusstsein für das wichtige Potenzial der flexiblen Bioenergie für eine nachhaltige Energiesystemintegration zu sensibilisieren und Fragen und Lösungen zu erforschen, um dieses Potenzial voll auszuschöpfen. Die Zielgruppe dieses Berichts sind Personen, die sich für Energiepolitik, erneuerbare Energien, Energienetze und die Energiewirtschaft interessieren, Brennstoffhersteller, Regulierungsbehörden, Betreiber, Wissenschaftler und informierte Interessengruppen.

Schipfer, F., Schildhauer, T., Mäki, E., Thrän, D., Hennig, C., Schmieder, U., Cecilia, H. Valorizing flexible bioenergy. Presentation at IEWT online conference, 8 Sept 2021.

Synopsis:

Im Rahmen des IEA Bioenergy Inter-task Projekts The Role of Bioenergy in a WB2/SDG world fand am 25. November 2019 ein Workshop in Berlin statt. Ziel des Workshops war es, Informationen aus aktuellen Studien zu untersuchen, zusammenzufassen und zu verbreiten, die untersuchen, wie Bioenergie und damit verbundene Technologien dazu beitragen können, die Treibhausgasemissionen zu reduzieren, die zur Erreichung des WB2-Ziels erforderlich sind. Dieser Bericht fasst die Beiträge und Diskussionen des Workshops zusammen, bewertet die Rolle der Bioenergie im Rahmen der WB2-Strategien und zeigt den aktuellen Wissensstand sowie die zu behebenden Wissenslücken auf.

Schildhauer, T., Kroon, P., Höftberger, E., Moioli, E., Reichert, G., Kupelwieser, F., 2021. Technologies for Flexible Bioenergy. IEA Bioenergy Task 44, 2021:8. <https://task44.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/sites/12/2021/08/IEA-Task-44-report-Technologies-for-Flexible-Bioenergy.pdf>

Synopsis:

Der zunehmende Anteil erneuerbarer Energiequellen führt zu einem Bedarf an mehr Flexibilität und Regelbarkeit. Dieser Bericht gibt einen Überblick über die technologischen Möglichkeiten zur Flexibilisierung der Biomasse.

Schipfer, F., Schildhauer, T., Mäki, E., Höftberger, E., Thrän, D., Christiane, H., Rowe, I. A techno-economic catalogue for system flexibilization. Presentation at IAEE online conference, 8 Jun 2021.

Synopsis:

Dieser Vortrag gibt einen Überblick über Notwendigkeit und Möglichkeiten der Flexibilitätsbereitstellung durch Biomasse.

Thrän, D., Schering, K., Schmieder, U. et al., 2021. Expectation and implementation of flexible bioenergy in different countries. IEA Bioenergy Task 44, 2021:3. <https://task44.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/sites/12/2021/04/IEA-Task-44-report-Expectation-and-implementation-of-flexible-bioenergy-in-different-countries.pdf>

Synopsis:

Dieser Bericht gibt einen Überblick über den Status und die Erwartungen an flexible Bioenergie in elf OECD-Ländern (Australien, Österreich, Dänemark, Finnland, Deutschland, Irland, Italien, Niederlande, Schweden, Schweiz und Vereinigte Staaten von Amerika), um verschiedene Ansätze für flexible Bioenergie zu erkennen, und fasst Treiber und Hindernisse zusammen. Der Bericht beschreibt die allgemeine Rolle der Bioenergie in den Sektoren Strom, Heizung und Kühlung sowie Verkehr, gefolgt von einem Überblick über den Übergang zu erneuerbaren Energien und den damit verbundenen Status der flexiblen Bioenergie in Bezug auf den politischen Rahmen, Hindernisse und Engpässe sowie die Anreize. Der Bericht stützt sich auf länderspezifische Informationen, einschließlich statistischer Angaben und Experteneinschätzungen anhand eines Fragebogens.

Die Schlussfolgerung ist, dass technologische Hindernisse nicht als größte Herausforderung angesehen werden, sondern die wirtschaftlich machbare Integration der Technologien in das Gesamtenergiesystem. Eine kohärente politische Unterstützung zur Integration flexibler Bioenergie in das Energiesystem wird als notwendig erachtet. Um die potenziellen Vorteile zu erschließen, wird in dem Bericht eine stärkere Verbindung zwischen flexibler Bioenergie und anderen Flexibilitätsoptionen wie Nachfragesteuerung, Energiespeicherung, Power-to-X und auch grünem Wasserstoff vorgeschlagen.

Thrän, D., Cowie, A.L., Berndes, G. (ed.), 2020. Roles of bioenergy in energy system pathways towards a “well-below-2-degrees-Celsius (WB2)” world. Workshop report and synthesis of presented studies. IEA Bioenergy ExCo, 2020:7. <https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2020/07/Roles-of-bioenergy-in-energy-system-pathways-towards-a-WB2-world-Workshop-Report.pdf>

Synopsis:

Im Rahmen des IEA Bioenergy Inter-task Projekts The Role of Bioenergy in a WB2/SDG world fand am 25. November 2019 ein Workshop in Berlin statt. Ziel des Workshops war es, Informationen aus aktuellen Studien zu untersuchen, zusammenzufassen und zu verbreiten, die untersuchen, wie Bioenergie und damit verbundene Technologien dazu beitragen können, die Treibhausgasemissionen zu reduzieren, die zur Erreichung des WB2-Ziels erforderlich sind. Dieser Bericht fasst die Beiträge und Diskussionen des Workshops zusammen, bewertet die Rolle der Bioenergie im Rahmen der WB2-Strategien und zeigt den aktuellen Wissensstand sowie die zu behebenden Wissenslücken auf.

Olsson, O., Bang, C., Borchers, M., Hahn, A., Karjunen, H., Thrän, D., Tynjälä, T., 2020. Deployment of BECCS/U value chains. Technological pathways, policy options and business models. IEA Bioenergy Task 40, 2020:6. <https://task44.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/sites/12/2021/04/Deployment-of-BECCS-value-chains.pdf>

Synopsis:

Es wird immer deutlicher, dass erhebliche Mengen negativer Emissionen - im Wesentlichen die Entfernung von Kohlendioxid aus der Atmosphäre - erforderlich sein werden, wenn der globale Klimawandel auf 2°C über dem vorindustriellen Niveau begrenzt werden soll. Um die Erwärmung auf 1,5° zu begrenzen, werden negative Emissionen ein entscheidender Bestandteil des Instrumentariums zur Eindämmung des Klimawandels sein. Unter den verschiedenen Optionen für negative Emissionen ist Bioenergie mit Kohlenstoffabscheidung und -speicherung (BECCS) wohl eine der am häufigsten in klimapolitischen Debatten diskutierten.

BECCS wird häufig im Hinblick auf sein Potenzial und seine Nachteile über einen sehr langen Zeitraum, z. B. 2050 und darüber hinaus, diskutiert. In diesem Bericht liegt der Schwerpunkt jedoch auf dem Potenzial und den Herausforderungen, die mit dem kurz- bis mittelfristigen Einsatz von BECCS-Systemen und Wertschöpfungsketten verbunden sind. Der Bericht gibt einen kurzen Überblick über die verschiedenen technologischen Optionen für die Abscheidung, den Transport und die Speicherung von CO₂ und bietet Einblicke in mögliche Geschäftsmodelle für BECCS. Der Bericht erörtert ferner die Rolle der öffentlichen Politik in diesem Zusammenhang und wie Bioenergie mit Kohlenstoffabscheidung und -nutzung (BECCU) eine Rolle bei der Einführung von BECCS spielen könnte.

5.2.4 Nationaler Workshop „Flexible Bioenergie“

Am 24ten Jänner, 2020 wurde im Rahmen der Central European Biomass Conference (CEBC) in Graz ein Flexibilisierungsworkshop abgehalten. Anhand sechs Expert*innenpräsentationen wurden die Möglichkeiten flexibler Bioenergie als Antwort auf die Herausforderungen des zukünftigen Energiesystems diskutiert. Alle Präsentationen stehen auf der Taskhomepage zum freien Download zur Verfügung.

<https://task44.ieabioenergy.com/ieaevent/flexible-bioenergy-workshop/>

5.2.5 Verbreitung der Ergebnisse über „IEA Bioenergy Österreich Newsletter“

Der österreichweite Newsletter wurde 2020 von den österreichischen Taskvertreter*innen in IEA Bioenergy Tasks eingeführt. Dieser „IEA Bioenergy Österreich Newsletter“ wird von Andrea Sonnleitner (BEST Research) koordiniert und erscheint zweimal jährlich. Die erschienenen Ausgaben sind online abrufbar, zukünftige Ausgaben können über einen Newsletter abonniert werden. Es wurden im Rahmen des Task 44⁷ regelmäßig Beiträge veröffentlicht, um die breite Öffentlichkeit über relevante Themen zu informieren

- Österreich Newsletter – Ausgabe 1 – Mai 2020
- Österreich Newsletter – Ausgabe 2 – November 2020
- Österreich Newsletter – Ausgabe 3 – Juni 2021
- Österreich Newsletter – Ausgabe 4 – November 2021

⁷ <https://www.best-research.eu/content/de/kompetenzbereiche/querschnittbereiche/iea>

6 Vernetzung und Ergebnistransfer

Die Vernetzung innerhalb Österreichs erfolgt über persönliche Kontakte, die Organisation des nationalen Workshops „Flexible Bioenergy and System Integration“ im Rahmen der Mitteleuropäischen Biomassekonferenz 2020 (siehe *Abbildung 4*) und persönlichen Gesprächen bei themenspezifischen Veranstaltungen. Die Dissemination der Projektergebnisse aus dem internationalen Netzwerk erfolgt über die Weiterleitung der Berichte, direkte Emails und Telefonate, das Verbreiten und Erstellen von Beiträgen für den IEA Bioenergy Österreich Newsletters und das Online stellen der Informationen auf der IEA Task 44 Website <https://task44.ieabioenergy.com/> und der Webseite www.nachhaltigwirtschaften.at.

Das Projekt dient der Kommerzialisierung von Systemlösungen auf Basis der Bioenergie zu unterstützen. Daher unterstützt das Projekt die Erreichung internationaler und auch nationaler Klima- und Energieziele.


Die Einschätzung der eigenen Stärken und Schwächen und die Positionierung im globalen Wettbewerb ist für einen Erfolg österreichischer Firmen und für die forschungsfördernden Stellen wichtig. Ebenfalls wichtig ist, die politischen Rahmenbedingungen in Ländern mit starken Bioenergiesektor zu kennen und auf das technologische Wissen in diesen Ländern zugreifen zu können. Der Informationsaustausch zu bereits eingesetzten Flexibilisierungsmaßnahmen für Bioenergie, politischen Rahmenbedingungen und Implementierungsfragen innerhalb von IEA Bioenergy Task 44 leistet hierzu einen wichtigen Beitrag und kommt allen österreichischen Einrichtungen zugute, die sich mit Flexibilisierung von Bioenergie im Rahmen von F&E-Arbeiten befassen.

Zusammenarbeit mit anderen Tasks bei IEA Bioenergy

Task 44 organisierte gemeinsame Workshops zum Thema "Flexible Bioenergy" im Januar 2020 in Graz (gemeinsam mit Task 32, Task 33, Task 34, siehe *Abbildung 4*) und zum Thema "Role of biofuels production / biorefineries in grid balancing" im November 2021 mit Task 39. Darüber hinaus arbeitete Task 44 mit mehreren Tasks in Inter-Task-Projekten zu "Erneuerbarem Gas", "Die Rolle der Bioenergie in einer WB2/SDG-Welt" und "Deployment of BECCUS value chains" zusammen. Der Versorgungskettenfokus des Task 40 wurde außerdem optimal über den gemeinsamen Delegierten Mr. Schipfer zwischen Task 40 und Task 44 vermittelt.

Abbildung 4: Programm IEA-Workshop: Task 44 am 24. Jänner 2020 im Rahmen der CEBC 2020.

IEA-Workshop: TASK 44, Room 9, 09:00 – 13:30
Flexible bioenergy and system integration



„The share of wind and solar is increasing rapidly in the energy system. To accommodate these growing amounts of variable energy generation, the energy system needs to become more flexible.“

Ilkka Hannula, VTT Technical Research Center, Finland

Chairs:

- Ernst Höftberger, BEST Bioenergy and Sustainable Technologies GmbH, Austria
- Daniela Thrän, DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum und gemeinnützige GmbH, Germany

09:00: Opening

Bioenergy is a storable and versatile source of renewable energy that could be an important part of the solution in the energy transition. Task 44 "Flexible bioenergy and system integration" is a new activity within IEA Bioenergy. It pursues to develop and analyse biomass-based solutions that can provide flexible resources for a low-carbon energy system. Task 44 is supported by national team leaders from Austria, Australia, Finland, Germany, the Netherlands, Ireland, Sweden, Switzerland, and the US.

09:00 Task 44 introduced by **Ilkka Hannula, VTT Technical Research Center Finland, Finland**

Integrating large shares of variable renewables into the energy system – needs for flexibility
Nina Helistö, VTT Technical Research Center Finland, Finland

Thermal gasification based hybrid systems – Power to Gas & Power to Liquids
Jilka Hrbek, University of Natural Resources and Life Sciences, Austria




Flexible bioenergy via pyrolysis
Bert van de Beld, Biomass Technology Group, The Netherlands

The future role of thermal biomass power in renewable energy systems
Morten Hansen, Ea Energy Analyses, Denmark

Flexible biogas systems
Richard O'Shea, University College Cork, Ireland

Podium discussion with presenters
12:30 Lunch break & Poster presentation




35

Beteiligung der Industrie

Im Triennium 2019-2021 war lediglich ein industrieller Partner, das Erdgasversorgungsunternehmen ATCO aus Australien, direkt am Task 44 beteiligt, und brachte insbesondere in die Diskussionen zur Bereitstellung von grünem Gas wesentliche Aspekte in die Diskussion ein. Grundsätzlich konzentrierte sich Task 44 in seinem ersten Triennium darauf, ein Gesamtbild des Status der flexiblen Bioenergie zu erstellen. Eine Schlussfolgerung war, dass Best-Practice-Beispiele benötigt werden und auch jetzt schon entsprechende technologische Forschungs- und Entwicklungsfragen adressiert werden sollen. Daher ist für das Triennium 2022-2024 ein verstärkter Austausch mit der Industrie vorgesehen.

Weiterführender, internationaler und akademischer Austausch

Vor allem die epistemologische Grundlagenforschung sowie das wissenschaftliche Synthesepapier wurden während einem Gastaufenthalt am Lawrence Berkeley National Laboratory in Kalifornien, USA über ein Fulbright Schuman Stipendium kofinanziert.

Die Publikationen aus Task 44 sind auf der Taskwebseite verfügbar:

<https://task44.ieabioenergy.com/>

Berichte, Newsletter und Präsentationen sind auch auf der nachhaltigwirtschaften.at Website zusammengefasst: <https://nachhaltigwirtschaften.at/de/iea/technologieprogramme/bioenergie/iea-bioenergy-task-44-arbeitsperiode-2019-2021.php>

7 Schlussfolgerungen, Ausblick und Empfehlungen

Während des ersten Trienniums (2019-2021) lieferte der IEA Bioenergy Task 44 – Flexible Bioenergie und Systemintegration umfangreiches Wissen über die Flexibilisierung von Energiesystemen mit Bioenergie aus verschiedenen Perspektiven, um das Konzept der flexiblen Bioenergie zu skizzieren. Dieses Konzept dient als Ausgangspunkt für das Triennium 2022-2024, um das Bewusstsein für das Potenzial der flexiblen Bioenergie bei verschiedenen Zielgruppen weiter zu schärfen und die Umsetzung zu beschleunigen.

Die folgende Liste hebt die wichtigsten Erkenntnisse und Botschaften des Trienniums 2019-2021 hervor:

- **Perspektive der Biomasselieferkette:** Biomasse kann in der gesamten Versorgungskette für Flexibilität sorgen, nicht nur für Energie, sondern auch für die Bioökonomie im weiteren Sinne. Die Perspektive der Lieferkette umfasst vier verschiedene Kategorien: Flexibilität der Rohstoffe, Flexibilität der Bioenergieträger, betriebliche Flexibilität und Produktflexibilität. Es gibt viele verschiedene Lieferketten/Pfade von den Rohstoffen bis zu den Anwendungen, einschließlich der Möglichkeiten, Ort und Zeitpunkt der Nutzung der Bioenergie zu ändern. Viele dieser Wege umfassen sogar mehrere Prozessoptionen.
- **Umsetzung:** Zahlreiche technologische Optionen mit hohem TRL werden bereits umgesetzt, nutzen aber nicht die Flexibilität des Prozesses. Somit stellt die flexible Bioenergie derzeit noch eine Nischenanwendung dar, deren Bedeutung jedoch mit dem erwarteten Anstieg der Nutzung erneuerbarer Energie im Energiesystem zunehmen dürfte. Die breite Nutzung der Flexibilität der Bioenergie wird von einer geeigneten Marktgestaltung und für einen gewissen Zeitraum auch von Förderregelungen abhängen. So wird z. B. die inhärente Flexibilität von Biomasse-KWKs für Ausgleichsenergie meist nicht genutzt, da die Wirtschaftlichkeit ohne besondere Anreize einen Dauerbetrieb bei maximaler Last vorschreibt.
- **Barrieren:** Technische Hindernisse stellen nicht das größte Problem dar, vielmehr sind fehlende politische Rahmenbedingungen und Marktmechanismen zur Valorisierung von Flexibilität häufige Hindernisse. Der Druck zur Einführung von Flexibilitätsdienstleistungen ist in den meisten Ländern gering. Um eine breitere Umsetzung zu erreichen und somit das Potenzial der flexiblen Bioenergie zur Förderung der Ressourceneffizienz und zur Beschleunigung der Energiewende zu nutzen, muss der Nutzen der flexiblen zeitlichen Planung der Nutzung für eine kritische Masse von Marktteilnehmer*innen attraktiv genug werden, um diese Nischenanwendung zu übernehmen.
- **Definition:** Die Flexibilität der Bioenergie erstreckt sich von kurzfristigen Ausgleichsleistungen bis hin zu langfristiger und saisonaler Flexibilität und über das Stromnetz hinaus auf das Energie- und Wirtschaftssystem im weiteren Sinne. Task 44 entwickelt neue Definitionen für flexible Bioenergie, die diese Aspekte sowie verschiedene Arten von Flexibilitätsoptionen entlang der Versorgungskette einbezieht.

- **Multiple Systemdienstleistungen:** Moderne nachhaltige Bioenergie kann mehrere Systemdienstleistungen erbringen. Die Flexibilität, die die Integration von erneuerbaren Energien unterstützt, die Interaktion mit grünen Wasserstoffwertschöpfungsketten und die Erzeugung negativer Emissionen werden voraussichtlich mehrere Synergien und Kompromisse mit sich bringen. Eine wichtige Synergie wird dabei in der Dualität zwischen Ressourceneffizienz und Versorgungssicherheit erkannt.

Flexible Bioenergie bietet einen zusätzlichen Nutzen für verschiedene Energiesektoren und kann den Übergang zu erneuerbaren Energiesystemen beschleunigen. Task 44 skizzierte die folgenden fünf Eckpfeiler, d. h. die nächsten Schritte, die für eine erfolgreiche Umsetzung erforderlich sind, und wird sich im Triennium 2022-2024 auf diese konzentrieren:

1. Klare Definition

Wichtig ist, dass die Definition nicht nur den Elektrizitätssektor umfasst, sondern auch Multiproduktanlagen, die verschiedene Energieträger/Kraftstoffe/Chemikalien bereitstellen, sowie Hybridprozesse, in denen Biomasse und andere erneuerbare Energien und/oder Wasserstoff integriert sind.

2. Politik und Marktbedingungen

Die politischen und marktwirtschaftlichen Voraussetzungen für die Förderung flexibler Bioenergie befinden sich noch in einem frühen Stadium. Der Wert der Flexibilität wird häufig durch Kostensenkungen im gesamten Energiesystem geschaffen. Am wichtigsten ist die Entwicklung geeigneter Förderregelungen, um das Flexibilitätspotenzial in bestehenden und neuen Anlagen zu erschließen.

3. Multiplikation von Best Cases

Einige Best Cases sind bereits umgesetzt. Die Überwachung ihres Erfolgs und die Vervielfältigung ihrer Erfahrungen sind der Schlüssel für eine schnelle Übertragung in andere Regionen. Eine wichtige Initiative in diesem Bereich ist die Sammlung von Best Cases auf der Task 44 Website.

4. Entwicklung der Technologie

Die derzeit auf dem Markt befindlichen und viele der in der Forschung befindlichen Technologien sind nicht in der Lage, die Flexibilität von Rohstoffen, Lasten oder Produkten zu bewältigen, da die Konzepte und insbesondere die Regelungsstrategien in der Vergangenheit nie für einen äußerst anspruchsvollen flexiblen Betrieb konzipiert und entwickelt wurden. Insbesondere die kurz- und mittelfristige Flexibilität erfordert umfangreiche F&E-Arbeiten auf dem Gebiet der Automatisierungs- und Regelungstechnik. Darüber hinaus sollten Prozesse, die erneuerbaren Wasserstoff integrieren, so entwickelt werden, dass sie auch Phasen ohne Wasserstoffversorgung bewältigen können, z. B. in kalten Jahreszeiten, wenn kein erneuerbarer Strom für den Betrieb der Wasserelektrolyse zur Verfügung steht. Auch die effiziente und flexible Rückgewinnung von biogenem CO₂, um negative Emissionen zu ermöglichen, kann Änderungen im Anlagendesign erfordern.

5. Angemessene Berücksichtigung in der langfristigen Energiesystemplanung

Der Wert der flexiblen Bioenergie wird oft durch die Optimierung des gesamten Energiesystems geschaffen. Die langfristige Planung des Energiesystems wird häufig mit Hilfe von Energiesystemmodellen durchgeführt, die Versorgungssicherheit und Systemstabilität oft nur implizit berücksichtigen. Die Integration der flexiblen Bioenergieoptionen in diese Modelle ist eine Voraussetzung, um ihren möglichen Wert für eine nachhaltige Energiewende zu verstehen und unsere technischen und wirtschaftlichen Strukturen darauf auszurichten.

Wir erkennen vor allem eine Forschungslücke bezüglich der intersektoralen Flexibilisierung. Systemintegration zwischen dem Energiesystem und Bioökonomiesektoren kann flexibel gestaltet werden. Dadurch können wertvolle Synergien, vor allem im Hinblick auf effiziente Ressourcensicherheit mitbedacht werden. Systemintegration und Flexibilisierung stellen daher spannende und vorausschauende Möglichkeiten dar, um gleichzeitig Leistbarkeit, Nachhaltigkeit und Resilienz der Ressourcenversorgung zu steigern.

Literaturverzeichnis

Eggler, L., Indinger, A., Zwiebel, L., 2018. Mapping of IEA TCPs: Mapping of activities in Technology Collaboration Programmes (TCPs) in the Energy Technology Network of the International Energy Agency (IEA). Reports of Energy and Environmental Research, 2018:10.

https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/iea_pdf/endbericht_201810_iea-mapping-tcp.pdf

IEA Bioenergy website: <https://www.ieabioenergy.com/> (abgerufen am 02. August 2022; 10:32)

IEA Bioenergy Task 44 website – Best practices: <https://task44.ieabioenergy.com/best-practices/> (abgerufen am 02. August 2022; 10:32)

IEA Bioenergy Task 44 website - Inter-TCP meeting on Integrated Energy Systems:

<https://task44.ieabioenergy.com/ieaevent/webinar-inter-tcp-meeting-on-integrated-energy-systems/>

(abgerufen am 02. August 2022; 10:32)

Thrän, D., Cowie, A.L., Berndes, G. (ed.), 2020. Roles of bioenergy in energy system pathways towards a “well-below-2-degrees-Celsius (WB2)” world. Workshop report and synthesis of presented studies.

IEA Bioenergy ExCo, 2020:7. <https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2020/07/Roles-of-bioenergy-in-energy-system-pathways-towards-a-WB2-world-Workshop-Report.pdf>

Thrän, D., Anderson, K., Schildhauer, T., Schipfer, F., 2021. Five cornerstones to unlock the potential of flexible bioenergy, Lange, N. (Ed.) IEA Bioenergy Task 44, 2021:11. ISBN: 978-1-910154-99-1.

<https://task44.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/sites/12/2021/11/Five-cornerstones-to-unlock-the-potential-of-flexible-bioenergy.pdf>

Thrän, D., Schering, K., Schmieder, U. et al., 2021. Expectation and implementation of flexible

bioenergy in different countries. IEA Bioenergy Task 44, 2021:3. <https://task44.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/sites/12/2021/04/IEA-Task-44-report-Expectation-and-implementation-of-flexible-bioenergy-in-different-countries.pdf>

Schildhauer, T., Kroon, P., Höftberger, E., Moioli, E., Reichert, G., Kupelwieser, F., 2021. Technologies

for Flexible Bioenergy. IEA Bioenergy Task 44, 2021:8. <https://task44.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/sites/12/2021/08/IEA-Task-44-report-Technologies-for-Flexible-Bioenergy.pdf>

Schipfer, F., Mäki, E., Schmieder, U., Lange, N., Schildhauer, T., Hennig, C., Thrän, D. Status of and expectations for flexible bioenergy to support resource efficiency and to accelerate the energy

transition. Renewable and Sustainable Energy Reviews 158 (2022), 112094. DOI:

10.1016/j.rser.2022.112094

Schipfer, F., Schildhauer, T., Mäki, E., Höftberger, E., Thrän, D., Christiane, H., Rowe, I. A techno-

economic catalogue for system flexibilization. Presentation at IAEE online conference, 8 Jun 2021.

Schipfer, F., Schildhauer, T., Mäki, E., Thrän, D., Hennig, C., Schmieder, U., Cecilia, H. Valorizing flexible bioenergy. Presentation at IEWT online conference, 8 Sept 2021.

Olsson, O., Bang, C., Borchers, M., Hahn, A., Karjunen, H., Thrän, D., Tynjälä, T., 2020. Deployment of BECCS/U value chains. Technological pathways, policy options and business models. IEA Bioenergy

Task 40, 2020:6. <https://task44.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/sites/12/2>

[021/04/Deployment-of-BECCS-value-chains.pdf](#)

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: <i>Struktur des IEA Netzwerks und TCPs. TCPs ohne österreichische Beteiligung (in 2018) sind in grau dargestellt. Quelle: Projektfabrik Waldhör in (Egglar et al., 2018)</i>	11
Abbildung 2: Darstellung des Supply-Chain-Charakters der bioenergiebasierten Flexibilitätstypen. Quelle: Schipfer, F., Mäki, E., Schmieder, U., Lange, N., Schildhauer, T., Thrän, D. 2022.....	18
Abbildung 3: Das Netz flexibler Technologien für die Energieumwandlung von Biomasse. Grüne Pfeile zeigen Technologien an, die bereits angewendet werden; gelbe Pfeile zeigen Technologien an, die technisch demonstriert wurden, aber noch keinen funktionierenden Business Case haben; rote Pfeile zeigen Technologien an, die in der Entwicklung sind. Quelle: Schildhauer, T., Kroon, P., Höftberger, E., Moiola, E., Reichert, G., Kupelwieser, F., 2021. Technologies for Flexible Bioenergy. IEA Bioenergy Task 44, 2021:8.....	19
Abbildung 4: Programm IEA-Workshop: Task 44 am 24. Jänner 2020 im Rahmen der CEBC 2020.	30

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Aktive Tasks im Triennium 2019-2021	10
---	-----------

**Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)**

Radetzkystraße 2, 1030 Wien

[bmk.gv.at](https://www.bmk.gv.at)