

Forschung als Notwendigkeit in der holzbasierten Bioökonomie

Dr. Veronika Auer
Technische Hochschule Rosenheim,
Sachverständigenrat Bioökonomie Bayern
Rosenheim, Deutschland



Forschung als Notwendigkeit in der holzbasierten Bioökonomie

1. Hintergrund

Die Notwendigkeit zur Forschung bezieht sich auf den Bedarf, neues Wissen und Erkenntnisse zu erlangen, um bestimmte Ziele oder Probleme zu lösen.

Aktuell steht die Welt vor großen Herausforderungen. Eine davon ist der Klimawandel. Er wird durch den Anstieg der Treibhausgase in der Atmosphäre verursacht, was zu einer Erwärmung der Erde führt. Dies kann zu extremen Wetterereignissen, Meeresspiegelanstieg und Veränderungen in Ökosystemen führen. Es gilt daher Lösungen zu finden, die bestehenden planetaren Grenzen einzuhalten. Gelingt dies nicht, werden irreversible Kippunkte unseres Planeten getriggert und das Leben verändert sich drastisch (Churkina et al., 2020). Die Untersuchung und das Finden von Lösungen für diese Herausforderung macht Forschung notwendig. So besteht die Notwendigkeit für die teilweise noch nicht lösbaren Herausforderungen Lösungen zu finden, Innovationen zu entwickeln, um so bestehende Wissenslücken zu schließen. Die Sustainable Development Goals der United Nations (UN, 2015) verstehen sich dabei als übergeordnete Ziele, an denen sich die Forschung seit einigen Jahren orientiert.

Die Bioökonomie hat das Potenzial, eine wichtige Rolle bei der Entwicklung von Lösungen für aktuelle globale Herausforderungen wie den Klimawandel zu spielen und zum Erreichen der Nachhaltigkeitsziele der UN beizutragen. Sie ist ein interdisziplinäres Gebiet, das sich mit der nachhaltigen Nutzung biologischer Ressourcen für die Produktion von Nahrungs- und Futtermitteln, chemischen und technischen Produkten sowie Energie beschäftigt. Die holzbasierte Bioökonomie ist ein Konzept, das sich auf die nachhaltige Nutzung von Holz und anderen biologischen Rohstoffen aus Forsten und Landwirtschaft zur Erzeugung von Produkten, Energie und Dienstleistungen bezieht. Sie hat das Ziel, eine wirtschaftlich tragfähige und umweltverträgliche Alternative zu fossilen Rohstoffen zu bieten und dabei die Biodiversität und die Waldökosysteme zu schützen (SVB, 2021; acatech, 2022).

Gezielte Forschung ist damit ein wichtiges Puzzlestück, das die Erreichung der Ziele der Bioökonomie und somit die Umsetzung der Sustainable Development Goals vorantreibt. Es stellt sich die Frage, wie sieht diese «Bioökonomieforschung» am Beispiel der Wertschöpfungskette Forst-Holz aus? Wo liegen die Herausforderungen und was sind wichtige nächste Schritte? Der vorliegende Vortrag trägt zur Beantwortung der Fragen mit einer ersten Meta-Auswertung wissenschaftlicher Veröffentlichungen zur Forschung und Entwicklung der holzbasierten Bioökonomie bei. Grundlage der Meta-Analyse stellt eine Schlagwortsuche in der Datenbank Web of Sciences dar. Die Suche resultiert in 628 Treffern für peer-reviewed Veröffentlichungen (Journal Paper, Review Paper, Conference Proceedings) bis einschließlich 2022. Die Auswertung basiert auf den Analysemöglichkeiten der Web of Sciences Datenbank und auf der Anwendung des R-tools bibliometrix (Aria and Cuccurullo, 2017).

2. Holz in der Bioökonomie

Holz ist auf das Volumen bezogen die wichtigste nachwachsende Ressource der Bioökonomie. Es wird als Rohstoff für verschiedene Anwendungen genutzt. Die holzbasierte Bioökonomie umfasst alle Bereiche der Wertschöpfungskette Forst und Holz, die sich mit der nachhaltigen Nutzung von Holz als Ressource befassen (Auer, 2022):

1. **Primäre Rohstoffbereitstellung** (Waldbewirtschaftung, forstliche Produktion): Die Waldbewirtschaftung umfasst alle Tätigkeiten, die zur Pflege und Nutzung von Wäldern erforderlich sind, wie beispielsweise die Aufforstung, die Schädlingsbekämpfung und die Holzgewinnung.

2. **Primäre Holzverarbeitung** (1. Wertschöpfungsstufe): Die primäre Holzverarbeitung umfasst alle Tätigkeiten, die zur Herstellung von Holzprodukten erforderlich sind, wie beispielsweise die Säge-, Holzwerkstoff- und die Papierindustrie.
3. **Sekundäre Holzverarbeitung** (2. Wertschöpfungsstufe): Die sekundäre Holzproduktion umfasst alle Tätigkeiten, die zur Herstellung von Endprodukten aus Holz erforderlich sind, wie beispielsweise für Baumaterialien und Möbel oder Holzspielwaren.
4. **Holzvermarktung**: Die Holzvermarktung umfasst alle Tätigkeiten, die mit dem Verkauf und der Vermarktung von Rohholz und Holzprodukten zusammenhängen, wie beispielsweise der Handel mit Holz und Holzprodukten.
5. **Sekundäre Rohstoffbereitstellung**: Das sekundäre Rohstoffbereitstellung umfasst alle Tätigkeiten, die zur Wiederverwendung von Holzprodukten erforderlich sind, wie beispielsweise das Sammeln, Sortieren, Ver- und Aufarbeiten von Holzreststoffen/-abfällen und Altholzsortimenten.

3. Status Quo der Forschung in der holzbasierten Bioökonomie

Die zeitliche Analyse der Publikationen nach Veröffentlichungsjahr zeigt, dass erstmals im Jahr 2010 ein zur Suchanfrage passender Artikel veröffentlicht wurde. In 2021 wurden 139 Artikel veröffentlicht. Daher ist eine rasante Zunahme der Forschungsaktivitäten zur holzbasierten Bioökonomie bis 2021 festzustellen. Im Jahr 2022 sank die Zahl der Veröffentlichungen in diesem Bereich auf knapp unter 100 Stück.

Zu den wichtigsten veröffentlichenden Einrichtungen zählen die Aalto Universität Finnland (169 Veröffentlichungen), die University of British Columbia (151 Veröffentlichungen) und die Universität Helsinki (81 Veröffentlichungen). Festzuhalten ist, dass 40% aller Veröffentlichungen, die sich mit Forschung und Entwicklung in der holzbasierten Bioökonomie beschäftigen 29 Einrichtungen weltweit zuzuordnen sind. Eine führende Rolle kommt dabei den finnischen Universitäten und Forschungseinrichtungen zu.

Getrieben wird die Forschung der holzbasierten Bioökonomie einerseits von Themen zur Entwicklung biogener Plattformchemikalien. Andererseits zeigt die Auswertung, dass die ganzheitliche Bewertung der Umweltauswirkungen von Verfahren und Produkten, ein Treiber zur Weiterentwicklung der Bioökonomie darstellt. Die grundlegenden Themen sind Nachhaltigkeit, zirkuläre Bioökonomie, Bioenergie, Innovation, forstliche Themen sowie die chemische Nutzung von Holz in unterschiedlichen Verfahren, wobei Rinde als Rohstoff an Bedeutung gewinnt. Nischenthemen sind beispielsweise Holzernte, Produktivität, Polyphenole, Bioethanol. Die sogenannte Biokohle und nanofibrillierte Cellulose sind zunehmend wichtiger werdende Themen. Die Erforschung von unterschiedlichen Formen der Cellulose bleibt weiter ein forschungsstarkes Feld. Zunehmend gewinnt die Erzeugung, die Bereitstellung und Ernte von Holz über forstliche Fragestellungen in Verbindung mit der Wahrnehmung der Holznutzung in der Gesellschaft an Bedeutung. Mit steigender Anzahl an Holzverwendungsmöglichkeiten gewinnen Themen der Zukunftsstudien, der Nachhaltigkeitsbewertung als auch der Zirkularität der Bioökonomie stark an Wichtigkeit.

4. Notwendigkeit der Forschungsförderung in der holzbasierten Bioökonomie

In vielen Ländern gibt es Programme und Fördermaßnahmen, die auf die Förderung der Bioökonomieforschung ausgerichtet sind. Dazu gehören beispielsweise Förderungen von nationalen und internationalen Forschungsförderungsorganisationen, aber auch von Unternehmen und anderen privaten Stellen. Die Höhe der Fördergelder hängt dabei von verschiedenen Faktoren ab, wie der Größe und dem Themenschwerpunkt des Projekts, der Art der Förderung (z.B. projektbezogene Förderung oder Personalstellen) und dem Förderland. Knapp 10% der geförderten Forschungsarbeiten. Ausgehend von den 628 identifizierten Artikeln stellt die Europäische Kommission die am häufigsten fördernde Einrichtung dar. In Übereinstimmung mit der durch Anzahl der Publikationen bestätigten Forschungsaktivität finnischer Forschungseinrichtungen und Universitäten ist es wenig

verwunderlich, dass mit drei nachfolgenden finnischen Förderprogrammen in Summe 15 % der Forschungen der hier eingeschlossenen Publikationen gefördert wurde. Im Vergleich dazu beläuft sich der Anteil an Publikationen aus deutscher BMBF- oder DFG-geförderter Forschung zusammen auf knapp 5 %.

5. Herausforderungen in der holzbasierten Bioökonomie

Die Analyse der letzten Jahrzehnte unterstreicht, dass Forschung und deren Förderung notwendig waren und immer noch sind, um die holzbasierte Bioökonomie ganzheitlich zur Erreichung der Nachhaltigkeitsziele voranzutreiben. Jedoch gibt es immer noch eine Reihe von nicht gelösten Herausforderungen. So besteht die Notwendigkeit einer intensiven Forschung in nachstehenden Bereichen, um Herausforderungen der Zukunft zu bewältigen:

Sicherung der Rohstoffbasis durch Honorieren aller Ökosystemleistungen

Wichtig ist es, die Grundlage der holzbasierten Bioökonomie, das heißt die Rohstoffproduktion langfristig sicherzustellen (SVB, 2021). Dazu bedarf es der Erforschung von Möglichkeiten zur nachhaltigen Nutzung von Waldflächen. Es besteht die Notwendigkeit Auswirkungen der holzbasierten Bioökonomie auf die Biodiversität und die Ökosysteme sowie die Entwicklung von Maßnahmen zum Schutz dieser zu untersuchen. Die verschiedenen Leistungen des Waldes gilt es zu internalisieren. Neben dem Holzverkauf soll die weiteren Ökosystemleistungen des Waldes finanziell für den Waldbesitz berücksichtigt werden. Die Entwicklung einer entsprechenden Indikatorik sowie der passenden Finanzierung gilt es neutral und überparteilich zu entwickeln (acatech, 2022). Ökosystemleistungen des Waldes ergeben ein vielschichtiges System mit komplexen Zusammenhängen. Diese müssen differenziert zueinander betrachtet werden (Schulz and Weber-Blaschke, 2021). Im Einklang mit Biodiversität und den Ökosystemleistungen gilt es durch entsprechende Strategien und Maßnahmen die Rohstoffversorgung der holzbasierten Bioökonomie zu gewährleisten (Auer and Rauch, 2021b).

Stärkung der Kreislaufwirtschaft, Kaskadennutzung und Suffizienz durch das Leben von Zirkularität

Die Idee der Kreislaufwirtschaft ist, dass Rohstoffe und Materialien in einem möglichst geschlossenen Kreislauf verwendet, wiederverwendet und recycelt werden, mit einem Minimum an Abfall und Verschmutzung. Das Konzept der zirkulären Bioökonomie ist eng mit der Idee der Kreislaufwirtschaft verknüpft. Ressourcen sollten so lange wie möglich genutzt werden, um den maximalen Wert aus ihnen herauszuholen, bevor sie wiederverwertet und regeneriert werden. Im Zusammenhang mit der holzbasierten Bioökonomie bedeutet dies, dass Holz und holzbasierte Produkte in einer Weise verwendet werden, dass möglichst lange der im Holz gebundene Kohlenstoff in der Nutzung und somit in der Bindung bleibt (Jarre et al., 2020). Dies stellt einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz dar (Brunet-Navarro et al., 2018). Kaskadennutzung beschreibt die Nutzung von Holz in verschiedenen Stufen. Sie geht meist mit einer Minderung der Rohstoffqualität je Nutzungsstufe einher. Kreislaufwirtschaft und Kaskadennutzung in Verbindung mit der suffizienten, das heißt sparsamen, Nutzung zielt auf eine ressourcenschonende und möglichst langfristige Holzproduktenutzung ab. Wichtige Themen in diesem Bereich sind: die Erhöhung der Nutzung von Sekundärressourcen (SVB, 2021; Wissenschaftlicher Beirat für Waldpolitik, 2021), der Vorrang von stofflicher Nutzung vor energetischer Nutzung (acatech, 2022; SVB, 2021), Design for Reuse/Recycling (acatech, 2022) und Steigerung der Ressourceneffizienz von Prozessen bei gleichzeitiger Reduzierung des Holzverbrauchs.

Steigerung der Akzeptanz und Förderung zukunftsfähiger Innovationen durch die integrative Umsetzung der Nachhaltigkeit (Ökologie, Ökonomie, Soziologie)

Eine weitere Herausforderung der Bioökonomieforschung ist die gleichwertige Integration von Ökologie, Ökonomie und Soziologie. Es gilt, eine nachhaltige Nutzung biologischer Ressourcen zu gewährleisten, die sowohl ökologische als auch wirtschaftliche Ziele berücksichtigt und von der Gesellschaft anerkannt werden. Dies erfordert eine ganzheitliche Betrachtung der Bioökonomie, die sowohl biologische als auch wirtschaftliche Aspekte berücksichtigt (Auer, 2022) und immer Wirkungen auf unsere Gesellschaft einbeziehen

muss. Dies umfasst mitunter, dass transparente Informationen für Verbraucher und Verbraucherinnen abgeleitet werden (acatech, 2022). Wichtig für die Zukunft ist zudem, ein gemeinsames Verständnis von Bioenergie im Sinne der Bioökonomie zu erarbeiten. Durch eine energetische Verwertung von bisher noch nicht stofflich nutzbaren Nebenströmen oder als End-of-Life-Szenario wird die Energiegewinnung ein fester Bestandteil der Bioökonomie sein. Mithilfe der Forschungsförderung muss dafür Sorge getragen werden, dass die entwickelten Verfahren und Produkte wirtschaftlich umsetzbar sind, Ressourcen ökologisch sinnvoll genutzt werden sowie die Akzeptanz der Gesellschaft als Voraussetzung für ihren Erfolg gegeben ist. Nur so kann ein entscheidender Beitrag zur Erreichung der Nachhaltigkeitsziele geleistet werden (SVB, 2022).

Umsetzen von Technologien, Verfahren und deren Skalierbarkeit mit der Förderung themenoffener Innovationen

Eine der wichtigsten Herausforderungen der Bioökonomieforschung ist die Entwicklung von nachhaltigen Technologien und Verfahren, die Ressourcen schonen und die Umweltbelastung verringern. Besonders wichtig sind dabei innovative Technologien zur Verarbeitung von Holz in hochwertige Produkte wie Papier, Textilien, Kunststoffe oder Plattformchemikalien (Auer and Rauch, 2021a). Ebenso gehört die Entwicklung von Verfahren, die Ausgangsmaterialien für biobasierte Kunststoffe liefern und den Einsatz von fossil-basierten chemischen Zusätzen minimieren zum Forschungsgegenstand (Buller et al., 2022). Ein weiteres Beispiel sind in diesem Bereich Pilzwerkstoffe (Buller et al., 2022). Die Skalierbarkeit der entwickelten Verfahren und Produkte stellt ebenso eine Herausforderung dar. Dazu gehört die Entwicklung von Verfahren, die sich leicht in bestehende Industrieprozesse integrieren lassen und die in der industriellen Produktion einsetzbar sind. Dies erfordert umfassende und interdisziplinäre Forschung.

Vorantreiben des Technologietransfers durch die Einbindung verschiedener Stakeholder

Eine weitere Herausforderung der Bioökonomieforschung ist der Technologietransfer und der Marktzugang für neue biobasierte Verfahren und Produkte. Es gilt, die Ergebnisse der Bioökonomieforschung in die Anwendung zu bringen und sie auf dem Markt zu etablieren. Dies erfordert eine enge Zusammenarbeit aller Akteure entlang einer Wertschöpfungskette flankiert (Delzeit et al., 2021) mit entsprechender Finanzierungsunterstützung. Parallel dazu ist die Erforschung von Märkten, Kundenbedarfen und die Entwicklung von neuen Geschäftsmodellen (acatech, 2022), die eine nachhaltige Produktion und Nutzung von Holz ermöglichen eine dringliche Forschungsaufgabe. Die Gesellschaft, das heißt Bürger und Bürgerinnen, Verbraucher und Verbraucherinnen müssen ebenso in ihren Ansichten und Bedürfnissen eingebunden werden, um so die Akzeptanz für neue Technologien zu erhöhen (SVB, 2022; Delzeit et al., 2021).

6. Schlussfolgerung

Die holzbasierte Bioökonomie ist eine wichtige Säule der Bioökonomie, die sich mit der nachhaltigen Nutzung biologischer Ressourcen befasst. Holz ist auf das Volumen bezogen die wichtigste biobasierte Ressource, die eine vielfältige Verwendung hat. Die Themen, mit denen sich Forschungen zur holzbasierten Bioökonomie beschäftigen sind vielfältig und erfuhren über die letzten Jahre hinweg eine deutliche Veränderung. Ausgehend von der Betrachtung der Nutzung nachwachsender Rohstoffe zur Erzeugung von Bioenergie wurden in den darauffolgenden Jahren, die Themen vielfältiger. So gewannen zwischen 2013 mehr Themen wie Politik, Modellierung, Nanocellulose, Bioökonomie, Lignin, Cellulose, Bioraffinerie, Hemicellulose neben Bioenergie an Bedeutung.

Die Forschung in der holzbasierten Bioökonomie ist eine Notwendigkeit, um eine nachhaltige Rohstoffproduktion sicherzustellen, langfristig nutzbare Verfahren und Produkte zu entwickeln und damit die Transformation hin zu einer biobasierten Lebens- und Wirtschaftsweise zu beschleunigen. Forschung kann dazu beitragen, neue Technologien, Verfahren und Produkte zu entwickeln. Die Forschung in der holzbasierten Bioökonomie ist auch aus wirtschaftlicher Sicht von Bedeutung, da sie die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen in der Forst- und Holzwirtschaft stärkt und neue Geschäftsmöglichkeiten

eröffnet. Ebenso ist die Forschung zur erfolgreichen Umsetzung der holzbasierten Bioökonomie notwendig, um neues Wissen und Erkenntnisse zu erlangen. Dies gilt besonders für die Einbindung verschiedener Stakeholder und damit die Akzeptanz der holzbasierten Bioökonomie in unserer Gesellschaft zu erhöhen.

Alle unterschiedlichen Bereiche, Akteure und Produkte innerhalb der Wertschöpfungskette Forst und Holz sind in der holzbasierten Bioökonomie von großer Bedeutung. Sie sind eng miteinander verflochten und können sich gegenseitig beeinflussen und ergänzen. Die Forschung der holzbasierten Bioökonomie muss daher international und interdisziplinär sein sowie sich aus verschiedenen wissenschaftlichen und technischen Disziplinen zusammensetzen. Grundlegend dabei ist, Wertschöpfungsketten ganzheitlich im Kreislauf zu denken und dabei alle drei Dimensionen der Nachhaltigkeit (Ökonomie, Ökologie, Soziologie) gleichwertig und integrativ in der Gestaltung zu beachten. Insgesamt hat die Forschung in der holzbasierten Bioökonomie das Potenzial, die Forst- und Holzwirtschaft nachhaltiger und produktiver zu gestalten, indem biobasierte Alternativen zu fossilen Rohstoffen entwickelt werden. Sie trägt zu einer nachhaltigeren und umweltfreundlicheren Nutzung von Holz als Ressource bei und leistet damit einen wichtigen Beitrag zur Erreichung der Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen.

7. References

- [1] acatech (Ed.), 2022. Holzbasierte Bioökonomie: Nachhaltig, zirkulär, klimaresilient. acatech POSITION, München, 86 pp.
- [2] Aria, M., Cuccurullo, C., 2017. bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics* 11 (4), 959–975.
- [3] Auer, V., 2022. The value chain of hardwood and the transition to a wood-based bioeconomy. Dissertation. Vienna, Vienna.
- [4] Auer, V., Rauch, P., 2021a. Developing and evaluating strategies to increase the material utilisation rate of hardwoods: a hybrid policy Delphi-SWOT analysis. *Eur. J. Wood Prod.*
- [5] Auer, V., Rauch, P., 2021b. Wood supply chain risks and risk mitigation strategies: A systematic review focusing on the Northern hemisphere. *Biomass and Bioenergy* 148 (106001).
- [6] Brunet-Navarro, P., Jochheim, H., Kroiher, F., Muys, B., 2018. Effect of cascade use on the carbon balance of the German and European wood sectors. *Journal of Cleaner Production* 170, 137–146.
- [7] Buller, J., Daschner, R., Grimm, L., Hofer, M., Hüsing, B., Kraye, J., Miehe, R., Präg, E., Stahl, E., Stumpf, A.-K., Vieres, L., Volkert, B., Wydra, S., 2022. Roadmap der Fraunhofer-Gesellschaft zur Umsetzung der Bioökonomie in Deutschland: Eine Roadmap der Fraunhofer-Gesellschaft zur Umsetzung der Bioökonomie in Deutschland, Berlin, 54 pp. https://www.fraunhofer.de/content/dam/zv/de/forschung/FSF/biooekonomie/Fraunhofer_Roadmap_Biooekonomie.pdf (accessed 9 January 2023).
- [8] Churkina, G., Organschi, A., Reyer, C.P.O., Ruff, A., Vinke, K., Liu, Z., Reck, B.K., Graedel, T.E., Schellnhuber, H.J., 2020. Buildings as a global carbon sink. *Nat Sustain* 3 (4), 269–276.
- [9] Delzeit, R., Heimann, T., Schuenemann, F., Söder, M., Zabel, F., Hosseini, M., 2021. Scenarios for an impact assessment of global bioeconomy strategies: Results from a co-design process. *Research in Globalization* 3, 100060.
- [10] Jarre, M., Petit-Boix, A., Priefer, C., Meyer, R., Leipold, S., 2020. Transforming the bio-based sector towards a circular economy – What can we learn from wood cascading? *Forest Policy and Economics* 110, 101872.
- [11] Schulz, C., Weber-Blaschke, G., 2021. Kontrovers diskutiert: Der Klimaschutzbeitrag der Forst- und Holzwirtschaft: Wie kommt es zu unterschiedlichen Argumentationslinien und Widersprüchen? *LWF aktuell* 2021 (01), 19–22.
- [12] SVB, 2021. Die Wertschöpfungskette Forst-Holz und ihr Beitrag zur Bioökonomie. Themenpapier, Straubing, 4 pp. https://www.biooekonomierat-bayern.de/images/Themenpapiere2021/SVB_Themenpapier_Holz_und_Forst.pdf (accessed 9 January 2023).

- [13] SVB, 2022. Akzeptanz als Bedingung für den Erfolg der Bioökonomie, 5 pp.
https://www.biooekonomierat-bayern.de/images/2022/Themenpapiere2022/2022_Akzeptanz_der_Biokonomie.pdf (accessed 11 January 2023).
- [14] UN, 2015. THE 17 GOALS | Sustainable Development.
<https://sdgs.un.org/goals> (accessed 9 January 2023).
- [15] Wissenschaftlicher Beirat für Waldpolitik, 2021. Die Anpassung von Wäldern und Waldwirtschaft an den Klimawandel: Gutachten des Wissenschaftlichen Beirates für Waldpolitik, Berlin, 209 pp.