

Deliverable D3.1

Ausbildungsmodule für Hochschul- und Berufsbildungsstudier ende

1

7 Syllabuses für HE-Trainingsmodule
7 Lehrpläne für Berufsbildungsmodule

Angaben zu den zu erbringenden Leistungen

Leistung Nr.	D3.1
Art der Leistung	R-DEC
Verbreitungsgrad	PU - Öffentlich
Arbeitspaket Nr.	3
Titel des Arbeitspakets	Entwicklung der Ressourcen des SymbioTech Managers
Aufgabe Nr.	T3.1 und T3.2
Titel der Aufgabe	Entwicklung der 7 Ausbildungsmodule auf HEI-Niveau EQR6. Entwicklung der 7 Ausbildungsmodule auf Berufsbildungsebene EQR5
Autor(en)	UPAT, alle Partner
Status (F: endgültig; D: Entwurf; RD: überarbeiteter Entwurf) F	F
Dateiname	D3.1. Ausbildungsmodule für Hochschul- und Berufsbildungsstudierende
Fälligkeitsdatum	M15 (Januar 2026)
Lieferdatum	31/01/2026

Von der Europäischen Union finanziert. Die geäußerten Ansichten und Meinungen entsprechen jedoch ausschließlich denen des Autors bzw. der Autoren und spiegeln nicht zwingend die der Europäischen Union oder der Europäischen Exekutivagentur für Bildung und Kultur (EACEA) wider. Weder die Europäische Union noch die EACEA können dafür verantwortlich gemacht werden.

Inhaltsverzeichnis

Inhalt	Seite
Einleitung	4
TEIL A: 7 Syllabuses für HE-Trainingsmodule	5
1. Kurze Syllabus-Vorlage – Hochschuleinrichtung (EQR6). Titel des Moduls: Der Rahmen für die industrielle Symbiose (IS)	6
2. Kurze Syllabus-Vorlage – Hochschuleinrichtung (EQR6). Titel des Moduls: Ökobilanzierungsgrundsätze für die Bewertung des ökologischen Nutzens und der Nachteile der Ressourcenteilung	16
3. Kurze Syllabus-Vorlage – Hochschuleinrichtung (EQR6). Titel des Moduls: Organisatorische Beziehungen	26
4. Kurze Syllabus-Vorlage – Hochschuleinrichtung (EQR6). Titel des Moduls: KI und maschinelles Lernen zur Vorhersage von Materialflüssen und zur Optimierung der Lieferkette/des Prozesses	37
5. Kurze Syllabus-Vorlage – Hochschuleinrichtung (EQR6). Titel des Moduls: Blockchain-Technologien, um transparente und sichere Tracking- und Zertifizierungssysteme für Material- und Energieflüsse zu schaffen	47
6. Kurze Syllabus-Vorlage – Hochschuleinrichtung (EQR6). Titel des Moduls: Symbiotische Energieeffizienz-/Managementtechnologien und -modelle	54
7. Kurze Syllabus-Vorlage – Hochschuleinrichtung (EQR6). Titel des Moduls: Umweltmanagementsysteme (EMS)	64
TEIL B: 7 Lehrpläne für Berufsbildungsmodule	71
1. Kurze Syllabus-Vorlage – Berufsbildung (EQR5). Titel des Moduls: Der Rahmen für die industrielle Symbiose (IS)	72
2. Kurze Syllabus-Vorlage – Berufsbildung (EQR5). Titel des Moduls: Ökobilanzierungsgrundsätze für die Bewertung des ökologischen Nutzens und der Nachteile der Ressourcenteilung	81
3. Kurze Syllabus-Vorlage – Berufsbildung (EQR5). Titel des Moduls: Organisatorische Beziehungen	90
4. Kurze Syllabus-Vorlage – Berufsbildung (EQR5). Titel des Moduls: KI und maschinelles Lernen zur Vorhersage von Materialflüssen und zur Optimierung der Lieferkette/des Prozesses	98
5. Kurze Syllabus-Vorlage – Berufsbildung (EQR5). Titel des Moduls: Blockchain-Technologien, um transparente und sichere Tracking- und Zertifizierungssysteme für Material- und Energieflüsse zu schaffen	105
6. Kurze Syllabus-Vorlage – Berufsbildung (EQR5). Titel des Moduls: Symbiotische Energieeffizienz-/Managementtechnologien und -modelle	114
7. Kurze Syllabus-Vorlage – Berufsbildung (EQR5). Titel des Moduls: Umweltmanagementsysteme (EMS)	121

Einleitung

Dieses Deliverable ist in die allgemeine Bildungsstrategie des SymbioTech-Projekts eingebettet und stellt den nächsten Schritt nach der Ermittlung des Schulungsbedarfs und der Definition des Schulungsimplementierungsrahmens dar. Es baut direkt auf den Ergebnissen und Empfehlungen des **KMU SymbioTech Training Needs Mapping Report and Learning Pathway's Structure (D2.2)** und des **SymbioTech Training Implementation Requirement Plan (D2.3)** auf, in dem der Kompetenzrahmen, die Lernergebnisse und die Umsetzungsbedingungen für die Vorbereitung von SymbioTech Managern auf dem Gebiet der digitalen industriellen Symbiose (DIS) festgelegt sind.

Vor diesem Hintergrund liegt der Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit auf der strukturierten inhaltlichen Weiterentwicklung der SymbioTech-Schulungsmodulare. Ihr primäres Ziel ist es, die in den früheren Ergebnissen identifizierten strategischen Richtungen, Lernziele und Kompetenzanforderungen in konkrete, kohärente und pädagogisch fundierte Lernmodule umzusetzen. Die Entwicklung der Module folgt einem lernerorientierten und praxisorientierten Bildungsansatz und legt den Schwerpunkt auf aktives Lernen, die Integration von Theorie mit realer Anwendung und die Entwicklung übertragbarer, berufsrelevanter Fähigkeiten.

Die Module sind so konzipiert, dass sie flexible und modulare Lernpfade sowohl für Hochschuleinrichtungen (HEI) als auch für die berufliche Aus- und Weiterbildung (VET) unterstützen. Jedes Modul kombiniert theoretische Grundlagen mit angewandten Lernaktivitäten, einschließlich Fallstudien, digitalen Werkzeugen, Simulationen und interaktiven Übungen, wodurch kritisches Denken, Problemlösungsfähigkeiten und sektorübergreifende Zusammenarbeit gefördert werden. Diese Elemente entsprechen direkt den Kompetenzlücken und Schulungsprioritäten, die durch die SymbioTech-Analyse des Schulungsbedarfs ermittelt wurden.

Im Einklang mit den in D2.3 dargelegten Grundsätzen wird der Modulentwicklungsprozess an Qualitätssicherungsmechanismen, Micro-Credentials und Grundsätzen des lebenslangen Lernens ausgerichtet. Die Schulungsinhalte sind für digitale, gemischte und hybride Bereitstellungsformate geeignet und ermöglichen Zugänglichkeit, Skalierbarkeit und Anpassungsfähigkeit in verschiedenen nationalen und institutionellen Kontexten. Besondere Aufmerksamkeit gilt der Gewährleistung der Kohärenz zwischen Lernzielen, Lernergebnissen, Lernaktivitäten und Bewertungsmethoden in allen Modulen.

Insgesamt dient dieses Deliverable als Überbrückungsinstrument zwischen der strategischen Ausgestaltung des SymbioTech-Schulungsprogramms und seiner praktischen Umsetzung. Es bietet einen konsistenten und umsetzbaren Rahmen für die Modulentwicklung und stellt sicher, dass die Schulungsinhalte effektiv die Vorbereitung aktueller und zukünftiger SymbioTech-Manager unterstützen, die in der Lage sind, digitale industrielle Symbiose-Initiativen innerhalb komplexer industrieller und kreislaufwirtschaftlicher Ökosysteme zu entwerfen, zu erleichtern und zu verwalten.

Teil A

7 Syllabuses für HE-Trainingsmodule

1. Kurze Syllabus-Vorlage – Hochschuleinrichtung (EQR6)

Titel des Moduls: Das Framework für die industrielle Symbiose (IS)

EQR-Niveau: 6

ECTS-Punkte: 4 ECTS

Gesamtarbeitslast (Stunden): 100 Stunden

- Sprechstunden (Vorträge, Labore, Seminare, Workshops, etc.): 40 Stunden
- Geführtes Selbststudium: 30 Stunden
- Projektarbeit: 30 Stunden

Liefernde Einrichtung: UNIVERSITÄT PATRAS (UPAT), Griechenland

1.1 Modulübersicht

In diesem Modul werden die grundlegenden Konzepte und Grundsätze der industriellen Symbiose (Industrial Symbiosis, IS) vorgestellt, einer Schlüsselkomponente des europäischen Grünen Deals und des EU-Aktionsplans für die Kreislaufwirtschaft. Es vermittelt den Lernenden ein strukturiertes Verständnis der IS-Grundlagen, einschließlich Definitionen, Umfang, historischer Entwicklung und Verbindungen zur Kreislaufwirtschaft und zu öko-industriellen Parks. Das Modul untersucht auch EU-Politikrahmen, die die Einführung von IS beeinflussen, zeitgenössische Geschäftsmodelle und Typologien, digitale Matching-Tools und Algorithmen, Material- und Energieflusskartierung, Strategien zur Einbeziehung von Interessenträgern sowie die Gestaltung und Bewertung symbiotischer Netzwerke. Die Lernenden untersuchen zusätzlich IS-Leistungsindikatoren, Vorteile, Hindernisse, Risiken und Faktoren, die sich auf die erfolgreiche Implementierung auswirken.

Das Modul richtet sich an Hochschulstudenten, Pädagogen, Geschäftsleiter, Berater, Moderatoren, Forschungsorganisationen, Einrichtungen zur Unterstützung von Unternehmen und politische Entscheidungsgremien, die sich mit Nachhaltigkeit und ressourcenschonender Innovation befassen.

Es dient als grundlegender Bestandteil des SymbioTech-Trainingspfads und bereitet die Teilnehmer auf fortgeschrittene Module zu digitalen industriellen Symbiose- und Umweltmanagementsystemen vor.

Ein allgemeines Verständnis von Nachhaltigkeit oder Industriebetrieben ist hilfreich, aber nicht erforderlich. Grundlegende analytische Fähigkeiten und ein Interesse an kollaborativer

Problemlösung unterstützen die effektive Auseinandersetzung mit den theoretischen und praktischen Komponenten des Moduls.

1.2 Lernergebnisse (LOs)

Die angestrebten Lernergebnisse sind in die drei EQR-Bereiche unterteilt:

▪ **Wissen.** *Die Studierenden werden:*

1. die Grundsätze/Elemente der IS, Hindernisse, Vorteile, die Rolle der IS im Rahmen der Kreislaufwirtschaft und die politischen Kontexte wie die EU-Verordnung „Fit für 55“ und die Taxonomie-Verordnungen (LO1) umfassend zu verstehen,
2. mit der historischen Entwicklung und Entwicklung von traditionellen IS-Praktiken zu digitalen IS-Ansätzen (LO2) vertraut sein,
3. sich der aktuellen Geschäftsmodelle bewusst sein, mit denen der IS umgesetzt werden kann (LO3).

▪ **Fähigkeiten.** *Studierende können:*

4. Industriecluster kritisch analysieren, um symbiotische Chancen mit Tools wie QGIS und Sankey-Diagrammen (LO4) zu identifizieren,
5. Geschäftsmodelltypologien und Stakeholder-Analysen zur Gestaltung tragfähiger IS-Partnerschaften (LO5) anwenden,
6. Daten sammeln, Material- und Energieflüsse abbilden und diese Daten für die Entscheidungsfindung verwenden (LO6),
7. IS-Möglichkeiten effektiv in schriftlichen und mündlichen Formaten (LO7) präsentieren und kommunizieren.

▪ **Kompetenzen (Autonomie & Verantwortung).** *Die Studierenden sind in der Lage:*

8. IS-Projekten unter Berücksichtigung technischer, wirtschaftlicher und ökologischer Aspekte (LO8) zu konzipieren und bewerten,
9. In multidisziplinären Teams, Einbeziehung von Interessenträgern und Verwaltung von Projektworkflows (LO9) zusammenzuarbeiten,
10. EU-Politik und internationaler Standards in Projektvorschläge auf der Grundlage ethischer und nachhaltigkeitsorientierter Denkweisen (LO10) einzubeziehen,
11. IS-Wissen und praktischen Fähigkeiten durch selbstgesteuertes Lernen und reflektierende Praxis (LO11) kontinuierlich zu verbessern.

1.3 Indikativer Lernplan / Lieferplan

A/A	Referat/Abschnitt Titel	Sitzungstyp	Thema / Aktivität	Vorgesehene LOs	Erforderliche Literatur / Materialien	Empfohlene Methoden
1	Einführung in IS, historische Entwicklung und weltweite Anwendbarkeit.	Vortrag / Workshop / E-Learning	IS-Definitionen, Anwendungsbereich, Elemente, Motive und Verknüpfungen mit der Kreislaufwirtschaft und öko-industriellen Parks. Vom IS-Fall von Kalundborg in den 1960er Jahren bis zum digitalen IS der 2020er Jahre.	LO1, LO2	Vimal et al. (2020), Neves et al. (2020), Ashton et al. (2022), Angelis-Dimakis et al. (2023), Khan et al. (2023).	Interaktiver Vortrag mit geführter Diskussion zu IS-, CE- und Nachhaltigkeitsthemen. Fallstudien zu Erfolgs- und Misserfolgsstorys des IS.
2	Politischer Kontext der EU.	Seminar / E-Learning	IS fit für das EU-Paket 55 und die Angleichung der EU- Taxonomie. EU- Rechtsrahmen im Zusammenhang mit IS.	LO1, LO10	Europäischer Grüner Deal, Paket „Fit für 55“, EU-Taxonomie für nachhaltige Tätigkeiten.	Seminarbasierte Einführung in die EU-Vorschriften. Experten-Webinare.
3	Geschäftsmodelle für den IS.	Vortrag / Workshop / E-Learning	IS Geschäftsmodelle und Typologien.	LO3, LO5 und LO8	Ponis (2021), Demartini et al. (2022), Erol et al. (2023), Iyer et al. (2024).	Fallstudien zu verfügbaren Geschäftsmodellen.
4	Algorithmen und digitale Tools für IS.	Seminar / E-Learning	Symbiotische Matching- Algorithmen und digitale Tools.	LO2, LO4	Angelis-Dimakis et al. (2021), Silva et al. (2022), Iyer et al. (2024), QGIS, SankeyMATIC Software-Tutorials.	Seminarbasierte Einführung in Algorithmen und digitale Tools. Experten-Webinare. Hands-on Labs mit Software- Tools.

A/A	Referat/Abschnitt Titel	Sitzungstyp	Thema / Aktivität	Vorgesehene LOs	Erforderliche Lesungen / Materialien	Empfohlene Methoden
5	Austausch von Ressourcen, Material- und Energieflüssen.	Vortrag/ Workshop / E-Learning	Kartierung von Material- und Energieflüssen in Clustern.	LO6	Neves et al. (2020), Xue et al. (2023), Cagno et al. (2023).	Fallstudien zum Austausch von Ressourcen.
6	IS-Stakeholder und -Netzwerke.	Vortrag/ Workshop / E-Learning	Stakeholder-Analyse und Engagement-Strategien. Gestaltung symbiotischer Netzwerke und Wertschöpfungsketten.	LO4, LO5 und LO9	Neves et al. (2020), Aviso et al. (2022), Angelis-Dimakis et al. (2023), Khan et al. (2023).	Gruppenarbeit/Brainstorming in Bezug auf die Auswahlkriterien und das Engagement der Interessenträger. Fallstudien der beteiligten Akteure zu IS-Netzwerken. Fallstudien zu bestehenden IS-Netzwerken.
7	Bewertung der IS-Leistung und der IS-Vorteile.	Vortrag/ Workshop / E-Learning	Ermittlung und Berichterstattung von IS-KPIs. Betriebs-, Wirtschafts-, Marketing-, Umwelt- und Sozialvorteile von IS.	LO1, LO8	Agudo et al. (2022), Agudo et al. (2023), Agudo et al. (2024), Vimal et al. (2020), Khan et al. (2023).	Gruppenarbeit/Brainstorming zur Kommentierung von IS-KPIs. Gruppenarbeit/Brainstorming, um operative, wirtschaftliche, Marketing-, Umwelt- und soziale Aspekte/Vorteile zu kommentieren und zu vergleichen.
8	IS-Barrieren und Risikomanagement sowie Einflussfaktoren auf IS.	Vortrag / Workshop / E-Learning	Hindernisse und Risiken, die die IS-Umsetzungs- und Minderungsstrategien beeinflussen. Faktoren, die die IS-Umsetzung und -Wirksamkeit beeinflussen.	LO1, LO2, LO3, LO8	Ponis (2021), Taqi et al. (2022), Henriques et al. (2022), Angelis-Dimakis et al., (2023), Karman et al. (2024).	Gruppenarbeit/Brainstorming zur Kommentierung von IS-Barrieren und -Risiken. Workshop zur Problemlösung. Gruppenarbeit/Brainstorming, um Faktoren zu kommentieren, die den IS beeinflussen.

A/A	Referat/Abschnitt Titel	Sitzungstyp	Thema / Aktivität	Vorgesehene LOs	Erforderliche Lesungen / Materialien	Empfohlene Methoden
9	Praktisches IS-Projekt.	Projekt und Bewertung	IS-Chancenbewertung für ein lokales Cluster.	LO4, LO7, LO8, LO9, LO10 und LO11	Alle oben genannten Lesungen/Materialien.	Gruppenprojektpräsentation.
10	Prüfungen im IS.	Bewertung	Abschlussprüfungen und Assessments.	LO1, LO2, LO3, LO7	Alle oben genannten Lesungen/Materialien.	Schriftliche und mündliche Prüfungen (offene Fragen, Multiple-Choice-Fragen, Quizfragen usw.).

1.4 Lehr-und Lernmethoden

▪ Lernansatz

Für dieses Modul wird ein hybrider Lernansatz verfolgt. Mit anderen Worten, sowohl synchrones als auch asynchrones Lernen wird verwendet. Insbesondere durch synchrones Lernen treffen sich Trainer und Schüler virtuell zur gleichen Zeit und am gleichen Ort (in einem digitalen Klassenzimmer) und interagieren in Echtzeit. Auf der anderen Seite können die Studierenden auf der Grundlage von asynchronem Lernen auf Materialien zugreifen, die auf einer digitalen Plattform verfügbar sein werden (von Trainern hochgeladen). Diese Materialien (z. B. aufgezeichnete Vorträge, Präsentationen, Word-/PDF-Dateien, Abbildungen, Videos usw.) beschreiben theoretische Fragen und praktische Fallstudien. So können die Studierenden über längere Zeiträume mit jedem Material in ihrem eigenen Tempo interagieren.

▪ Schlüssellehrmethoden

Während des gesamten Moduls werden mehrere wichtige Lehrmethoden verwendet, wie interaktive Vorträge mit geführter Diskussion, Fallstudien, Seminare, Experten-Webinare, Workshops, Hands-on-Labors, Gruppenarbeit und Projekt, schriftliche und mündliche Prüfungen. Themen im Zusammenhang mit industrieller Symbiose (IS), Kreislaufwirtschaft (CE) und Nachhaltigkeit werden sich in den oben genannten Lehrmethoden widerspiegeln.

▪ Ansätze und Methoden zur Unterstützung des aktiven Lernens und der praktischen Anwendung von Wissen

Der Ansatz des synchronen Lernens ist gut geeignet, um ein sofortiges Engagement von Trainern und Studierenden und einen schnelleren Informationsaustausch zu schaffen und so dazu beizutragen, ein Gemeinschaftsgefühl aufzubauen und Missverständnisse zu klären. Darüber hinaus ist der asynchrone Lernansatz flexibler. Es ermöglicht den Studierenden mehr Zeit, Material zu erforschen und sich mit ihm zu beschäftigen, und ermöglicht den Zugang zu einem breiteren Spektrum von Studierenden.

Darüber hinaus vermitteln die wichtigsten Lehrmethoden (wie Vorlesungen) das theoretische Wissen über IS für ein umfassendes Verständnis der IS-Prinzipien, -Elemente und -Praktiken. Dieses Wissen und die vielen Praxisbeispiele, die durch die praxisorientierten Lehrmethoden (wie IS-Fallstudien, Hands-on-Labs) vermittelt werden, legen den Grundstein für einen HEI-Studenten und einen Business Manager als IS-Manager. Experten-Webinare und -Seminare werden weiter dazu beitragen, das theoretische und praktische Wissen über IS zu verbessern. Teamarbeit, die durch Lehrmethoden wie Workshops, Gruppenarbeiten und Projekte gefördert wird, macht den IS-Manager in der Lage, erfolgreich mit Stakeholdern zusammenzuarbeiten und effektive IS-Netzwerke zu entwickeln.

11

1.5 Bewertungsmethoden & Evidenz

Das Modul verwendet eine gemischte Bewertungsstrategie, die die aktive Beteiligung und das Engagement der Studierenden, die Präsentation von Gruppenprojekten sowie schriftliche und mündliche Prüfungen (offene Fragen, Multiple-Choice-Fragen, Quizfragen usw.) kombiniert, um sowohl das theoretische Wissen der Schüler über das IS-Konzept als auch ihre praktische

Fähigkeit zu bewerten, nachhaltige und wettbewerbsfähige IS-Rahmen zu entwickeln, die aus geeigneten Interessenträgern bestehen, die mehrere Ressourcen austauschen. Zur Unterstützung des Lernfortschritts werden nicht nur summative (abgeschlossene, abgestufte Einreichungen) Bewertungen einbezogen, sondern auch formative (laufende Teilnahme und Feedback bei allen wichtigen Lehrmethoden).

Bewertungskomponenten und Nachweis der Erreichung von Lernergebnissen:

- *Partizipation & Engagement (Gewicht 10%).* Aktive Teilnahme an allen Lehrmethoden wie Vorträgen, Fallstudien, Seminaren, Webinaren, Workshops, Hands-on Labs, Gruppenarbeit und Projektentwicklung.
- *Gruppenprojektpräsentation (Gewicht 30%).* Ein Analysebericht mit 3.000 Wörtern, der eine reale oder simulierte lokale IS-Chance bewertet, einschließlich Clusteranalyse, Flow Mapping und Geschäftsmodellempfehlungen.
- *Abschließende schriftliche und mündliche Prüfungen (offene Fragen, Multiple-Choice-Fragen, Quizfragen usw.) (Gewicht 60%).* Prüfungen zum Testen von theoretischem Wissen, politischem Verständnis und praktischer Werkzeugkompetenz.

1.6 Bibliographie & Tools

1.6.1 Erforderlich

Agudo, F. L., Bezerra, B. S., & Gobbo Júnior, J. A. (2023). Symbiotic readiness: Factors that interfere with the industrial symbiosis implementation. *Journal of Cleaner Production*, 387, 135843. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.135843>

Agudo, F. L., Bezerra, B. S., & Gobbo Júnior, J. A. (2024). An overview of Brazilian companies' readiness to implement industrial symbiosis. *Business Strategy and the Environment*, 33, 1066–1080. <https://doi.org/10.1002/bse.3327>

Agudo, F. L., Bezerra, B. S., Paesa, L. A. B., & Gobbo Júnior, J. A. (2022). Proposal of an assessment tool to diagnose industrial symbiosis readiness. *Sustainable Production and Consumption*, 30, 916–929. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.01.013>

Angelis-Dimakis, A., Arampatzis, G., Alexopoulos, A., Vyrkou, A., Pantazopoulos, A., & Angelis, V. (2023). Industrial symbiosis in the Balkan-Mediterranean region: The case of solid waste. *Environments*, 10(1), <https://doi.org/10.3390/environments10010001>

Angelis-Dimakis, A., Arampatzis, G., Pieri, T., Solomou, K., Dedousis, P., & Apostolopoulos, G. (2021). SWAN platform: A web-based tool to support the development of industrial solid waste reuse business models. *Waste Management & Research*, 39(3), 489–498. <https://doi.org/10.1177/0734242X21989413>

Ashton, W. S., Chertow, M. R., & Althaf, S. (2022). Industrial symbiosis: Novel supply networks for the circular economy. In L. Bals, W. L. Tate, & L. M. Ellram (Eds.), *Circular economy supply chains: From chains to systems* (pp. 29–48). Emerald Publishing Limited. <https://doi.org/10.1108/978-1-83982-544-620221002>

Aviso, K. B., Laddaran, A., & Ngo, J. S. (2022). Modelling stakeholder goals in industrial symbiosis. *Process Integration and Optimization for Sustainability*, 6, 543–558. <https://doi.org/10.1007/s41660-022-00226-6>

Cagno, E., Negri, M., Neri, A., & Giambone, M. (2023). One framework to rule them all: An integrated, multi-level and scalable performance measurement framework of sustainability, circular economy and industrial symbiosis. *Sustainable Production and Consumption*, 35, 55–71. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.10.016>

Demartini, M., Tonelli, F., & Govindan, K. (2022). An investigation into modelling approaches for industrial symbiosis: A literature review and research agenda. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 3, 100020. <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2021.100020>

Erol, I., Peker, I., Ar, I. M., & Searcy, C. (2023). Examining the role of urban-industrial symbiosis in the circular economy: An approach based on N-Force field theory of change and N-ISM-Micmac. *Operations Management Research*, 16, 2125–2147. <https://doi.org/10.1007/s12063-023-00393-w>

EU taxonomy for sustainable activities. Available at: https://finance.ec.europa.eu/sustainable-finance/tools-and-standards/eu-taxonomy-sustainable-activities_en

European Green Deal. Available at: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en

Fit for 55' package. Available at: https://commission.europa.eu/topics/climate-action/delivering-european-green-deal/fit-55-delivering-proposals_en

Henriques, J. D., Azevedo, J., Dias, R., Estrela, M., Ascenço, C., Vladimirova, D., & Miller, K. (2022). Implementing industrial symbiosis incentives: An applied assessment framework for risk mitigation. *Circular Economy and Sustainability*, 2, 669–692. <https://doi.org/10.1007/s43615-021-00069-2>

Iyer, S. V., Sangwana, K. S., & Dhiraj, D. (2024). Development of an industrial symbiosis framework through digitalization in the context of Industry 4.0. *Procedia CIRP*, 122, 515–520. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2024.01.075>

Karman, A., Prokop, V., & Lopes de Sousa Jabbour, A. B. (2024). Circular economy practices as a shield for the long-term organisational and network resilience during crisis: Insights from an industrial symbiosis. *Journal of Cleaner Production*, 466, 142822. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142822>

Khan, Z. A., Chowdhury, S. R., Mitra, B., Mozumder, M. S., Elhaj, A. I., Salami, B. A., Rahman, M. M., & Rahman, S. M. (2023). Analysis of industrial symbiosis case studies and its potential in Saudi Arabia. *Journal of Cleaner Production*, 385, 135536. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.135536>

Neves, A., Godina, R., Azevedo, S. G., & Matias, J. C. O. (2020). A comprehensive review of industrial symbiosis. *Journal of Cleaner Production*, 247, 119113. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119113>

Ponis, S. T. (2021). Industrial symbiosis networks in Greece: Utilising the power of blockchain-based B2B marketplaces. *The JBBA*, 4(1). [https://doi.org/10.31585/jbba-4-1-\(4\)2021](https://doi.org/10.31585/jbba-4-1-(4)2021)

QGIS Software tutorials. Available at:
https://docs.qgis.org/3.40/en/docs/training_manual/index.html

SankeyMATIC Software tutorials. Available at: <https://sankeymatic.com/manual/>

Silva, M. G., de Carvalho, T. S., Castagna, A. G., Strauhs, F. do R., & Piekarski, C. M. (2022). The role of online platforms to enable the process of industrial symbiosis: An analysis of tools available in the market. *Cleaner Production Letters*, 3, 100021. <https://doi.org/10.1016/j.clpl.2022.100021>

Taqi H. M. M., Meem, E. J., Bhattacharjee, P., Salman, S., Ali, S. M., & Sankaranarayanan, B. (2022). What are the challenges that make the journey towards industrial symbiosis complicated? *Journal of Cleaner Production*, 370, 133384. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133384>

Vimal, K. E. K., Jayakrishna, K., Ameen, T., Afridhi, S. S., Vasudevan, V., & Sreedharan, R. (2020). An investigation on the impact of industrial symbiosis implementation on organizational performance using analytical hierarchical approach. *Benchmarking: An International Journal*, 27(2), 886–911. <https://doi.org/10.1108/BIJ-12-2018-0423>

Xue, X., Wang, S., Chun, T., Xin, H., Xue, R., Tian, X., & Zhang, R. (2023). An integrated framework for industrial symbiosis performance evaluation in an energy-intensive industrial park in China. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 42056–42074. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-25232-0>

Darüber hinaus müssen die Studierenden alle Lehrmaterialien (Vorlesungen, Präsentationen, Notizen, Arbeitsblätter und ergänzende Dokumente) studieren, die vom Dozenten auf der Kursplattform hochgeladen werden, da sie einen integralen Bestandteil der Kernlernressourcen des Moduls bilden.

14

1.6.2 Empfohlen

Akyazi, T., Goti, A., Bayon, F., Kohlgruber, M., & Schroder, A. (2023). Identifying the skills requirements related to industrial symbiosis and energy efficiency for the European process industry. *Environmental Sciences Europe*, 35, 54. <https://doi.org/10.1186/s12302-023-00762-z>

Barrau, E., Tanguy, A., & Glaus, M. (2024). Closing the loop: Structural, environmental and regional assessments of industrial symbiosis. *Sustainable Production and Consumption*, 50, 87–97. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2024.07.015>

Behzad, M., Abello-Passteni, V., Videla Labayru, J. T., & Martínez Ramírez, P. (2024). Developing an assessment model for uncovering potential synergies of regional industrial symbiosis: A case study of Valparaíso region, Chile. *Journal of Cleaner Production*, 444, 141245. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141245>

Buda, G., & Ricz, J. (2023). Industrial symbiosis and industrial policy for sustainable development in Uganda. *Review of Evolutionary Political Economy*, 4, 165–189. <https://doi.org/10.1007/s43253-023-00097-8>

Chen, X., Dong, M., Zhang, L., Luan, X., Cui, X., & Cui, Z. (2022). Comprehensive evaluation of environmental and economic benefits of industrial symbiosis in industrial parks. *Journal of Cleaner Production*, 354, 131635. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131635>

Lybæk, R., Christensen, T. B., & Thomsen, T. P. (2021). Enhancing policies for deployment of industrial symbiosis: What are the obstacles, drivers and future way forward? *Journal of Cleaner Production*, 280, 124351. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124351>

Filimonau, V., & Ermolaev, V. A. (2022). Exploring the potential of industrial symbiosis to recover food waste from the foodservice sector in Russia. *Sustainable Production and Consumption*, 29, 467–478. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.10.028>

Haq, H., Välisuo, P., Kumpulainen, L., Tuomi, V., & Niemi, S. (2020). A preliminary assessment of industrial symbiosis in Sodankylä. *Current Research in Environmental Sustainability*, 2, 100018. <https://doi.org/10.1016/j.crsust.2020.100018>

Hariyani, D., & Mishra, S. (2024). A descriptive statistical analysis of enablers for integrated sustainable-green-lean-six sigma-agile manufacturing system (ISGLSAMS) in Indian manufacturing industries. *Benchmarking: An International Journal*, 31(3), 824–865. <https://doi.org/10.1108/BIJ-06-2022-0344>

Omolola Oni, O., Nevo, C. M., Hampo, C. C., Ozobodo, K. D., Olajide, I. O., Ibidokun, A. O., Ugwuanyi, M. C., Nwoha, S. U., Okonkwo, U. U., Aransiola, E. S., & Ikpeama, C. C. (2022). Current status, emerging challenges, and future prospects of industrial symbiosis in Africa. *International Journal of Environmental Research*, 16, 49. <https://doi.org/10.1007/s41742-022-00429-2>

Sgambaro, L., Chiaroni, D., Lettieri, E., & Paolone, F. (2024). Exploring industrial symbiosis for circular economy: Investigating and comparing the anatomy and development strategies in Italy. *Management Decision, ahead-of-print*(ahead-of-print). <https://doi.org/10.1108/MD-04-2023-0658>

Yazan, D. M., van Capelleveen, G., & Fraccascia, L. (2022). Decision-support tools for smart transition to circular economy. In T. Bondarouk & M. R. Olivas-Luján (Eds.), *Smart industry – Better management* (Advanced Series in Management, Vol. 28, pp. 151–169). Emerald Publishing Limited. <https://doi.org/10.1108/S1877-636120220000028010>

2. Kurze Syllabus-Vorlage – Hochschuleinrichtung (EQR6)

Titel des Moduls: Grundsätze des Life Cycle Assessment für die Bewertung des ökologischen Nutzens und der Nachteile von Ressourcenteilung

EQR-Niveau: 6

ECTS-Punkte: 4 ECTS

Gesamtarbeitslast (Stunden): 100 Stunden

- Sprechstunden (Vorträge, Labore, Seminare, Workshops, etc.): 30 Stunden
- Geführtes Selbststudium: 30 Stunden
- Projektarbeit: 40 Stunden

Liefernde Einrichtung: DERMOL SVETOVANJE D.O.O. (Dermol d.o.o.), Slowenien.

2.1 Modulübersicht

Dieses Modul führt die Lernenden in die Prinzipien und die integrierte Anwendung von Life Cycle Assessment (LCA), Life Cycle Costing (LCC) und Social Life Cycle Assessment (S-LCA) ein, wobei die FootprintCalc-Software als zentrales Werkzeug für die Nachhaltigkeitsanalyse verwendet wird. Ziel ist es, die Lernenden mit der Fähigkeit auszustatten, die ökologischen, wirtschaftlichen und sozialen Auswirkungen von Produkten und Systemen während ihres gesamten Lebenszyklus gemäß den Normen ISO 14040/14044 zu modellieren, zu interpretieren und zu kommunizieren.

Schlüsselthemen sind Life Cycle Thinking, Circular Economy (CE)- und Industrial Symbiosis (IS)-Konzepte, Datenerfassung und Bestandsaufbau, Integration von LCC- und S-LCA-Indikatoren sowie Interpretation der Ergebnisse durch Multi-Kriterien-Entscheidungsanalysen und Nachhaltigkeits-Dashboards.

Das Modul richtet sich an Hochschulstudenten (EQR 6), die sich auf eine Karriere in den Bereichen Nachhaltigkeitsmanagement, Kreislaufwirtschaft und industrielle Symbiosekoordination vorbereiten, einschließlich zukünftiger SymbioTech-Manager. Es verbindet sich mit verwandten Modulen zu Digital Industrial Symbiosis, Circular Business Models und Sustainable Innovation und bietet eine methodische Grundlage für die angewandte Nachhaltigkeitsanalyse.

16

Empfohlene Vorkenntnisse umfassen eine grundlegende Vertrautheit mit Nachhaltigkeitsprinzipien, Umweltmanagement oder digitalen Instrumenten; Spezifische Voraussetzungsmodule sind jedoch nicht erforderlich.

2.2 Lernergebnisse (LOs)

Die angestrebten Lernergebnisse sind in die drei EQR-Bereiche unterteilt:

▪ **Wissen.** Die Studierenden werden:

1. die Rolle von Nachhaltigkeit, Kreislaufwirtschaft (CE) und industrieller Symbiose (IS) in Bezug auf Lebenszyklus- und Systemdenken (LO1) beschreiben,
2. die wichtigsten Grundsätze, Rahmenbedingungen und Zusammenhänge der Lebenszyklusbewertung (LCA), der Lebenszykluskostenrechnung (LCC) und der sozialen Lebenszyklusbewertung (S-LCA) im Rahmen der Lebenszyklus-Nachhaltigkeitsbewertung (LCSA) (LO2) ermitteln und erläutern,
3. die vier Hauptphasen einer Ökobilanz (Ziel- und Geltungsbereichsdefinition, Bestandsanalyse, Folgenabschätzung und Interpretation) sowie die Grundsätze, Anforderungen und Leitlinien der ISO 14040/14044 (LO3) verstehen,
4. anerkennen, wie die Ökobilanz Ressourceneffizienz, kreislaforientiertes Design und nachhaltigkeitsorientierte Entscheidungsfindung in CE/IS-Kontexten unterstützt (LO4),
5. die Struktur und den Zweck von webbasierten Nachhaltigkeitsinstrumenten (z. B. FootprintCalc) und Datenbanken (z. B. Idemat 2025) (LO5) kennen.

17

▪ **Fähigkeiten.** Studierende können:

6. ISO-basierte Argumentation anwenden, um die Qualität, Transparenz und Zuverlässigkeit von LCA-, LCC- und S-LCA-Studien (LO6) bewerten,
7. Webbasierter Software (z. B. FootprintCalc) zur Erstellung von Materiallisten (BoM) und Lebenszyklusinventardatensätzen (LCI) unter Integration von Umwelt-, Wirtschafts- und Sozialdaten (LO7) nutzen,
8. Methoden der Folgenabschätzung (z. B. EF 3.1, ReCiPe) anwenden, um Nachhaltigkeitsergebnisse und Zielkonflikte (LO8) zu analysieren und zu interpretieren,
9. Nachhaltigkeits-Dashboards und Multi-Kriterien-Analysen (MCDA) zur Unterstützung einer fundierten Entscheidungsfindung (LO9) zu entwickeln, zu visualisieren und zu kommunizieren.

▪ **Kompetenzen (Autonomie & Verantwortung).** Die Studierenden sind in der Lage:

10. vereinfachte LCA-, LCC- und S-LCA-Studien unabhängig mit FootprintCalc (LO10) durchzuführen,

11. Datenqualität, methodischer Annahmen und Einschränkungen bei Nachhaltigkeitsbewertungen (LO11) kritisch zu bewerten,
12. Wirksam bei multidisziplinären CE/IS-Projekten zusammenzuarbeiten und Nachhaltigkeitsempfehlungen an verschiedene Interessenträger (LO12) klar zu kommunizieren.

2.3 Indikativer Lernplan / Lieferplan

A/A	Referat/Abschnitt Titel	Sitzungstyp	Thema / Aktivität	Vorgesehene LOs	Erforderliche Literatur / Materialien	Empfohlene Methoden
1	Einführung in Nachhaltigkeit, CE und IS	Vortrag / E-Learning	Überblick über Nachhaltigkeitskonzepte, Kreilaufwirtschaft(CE), industrielle Symbiose (IS) & die Rolle des Lebenszyklusdenkens.	LO1	Kirchherr et al. (2017)	Interaktiver Vortrag mit geführter Diskussion, Concept Mapping und einer kurzen Reflexionsübung.
2	Einführung in LCA, LCC und S-LCA Conceptual Frameworks	Seminar / E-Learning	Grundlagen von Life Cycle Assessment (LCA), Life Cycle Costing (LCC) und Social LCA (S-LCA)ss	LO2, LO4	Visentin et al (2021), Valdivia et al. (2021)	Seminarbasierte Einführung in jedes Framework. Gruppen-Brainstorming & geführte Diskussion, um ökologische, wirtschaftliche & soziale A-spekte zu vergleichen. Fa Fallanalyse eines einfachen Produktsystems unter Anwendung der drei Perspektiv- en. Q & A mit Instruktor.
3	ISO 14040 und ISO 14044 Frameworks for Life Cycle Assessment	Seminar / E-Learning	ISO-Prinzipien, Phasen, Terminologie und Ausrichtung an der realen LCA-Praxis.	LO3, LO6	ISO (2006) (englisch)	Geführte Einführung in die Struktur & Terminologie der ISO 14040/14044. Gruppen-zuordnung der LCA-Phasen mit Praxisbeispielen. Diskussion einer veröffentlichten LCA-Fallstudie im Einklang mit ISO-Normen. Von Ausbildern unterstützte Reflexion über Herausforderungen & bewährte Verfahren bei der ISO-konformen LCA-Implementierung.

A/A	Referat/Abschnitt Titel	Sitzungstyp	Thema / Aktivität	Vorgesehene LOs	Erforderliche Literatur / Materialien	Empfohlene Methoden
4	Aufbau und Verwaltung von Bestandsdaten	Vortrag / Workshop / E-Learning	Erstellung einer Stückliste & eines LCI-Datensatzes; Daten in FootprintCalc importieren; Ermittlung der wichtigsten Ströme & Wirkungskategorien.	LO5, LO7	FootprintCalc (2024), Sustainable Impact Metrics Foundation (SIMF), 2023	Beaufsichtigte Laborarbeit mit Echtzeit-Führung; Paararbeit für die BoM-Erstellung; Übungsübungen; & Fehlerbehebungssitzungen mit Beispieldatensätzen.
5	Umwelt-, Wirtschafts- und Sozialbewertung	Projekt / E-Learning	LCA-Berechnungen mit EF 3.1 oder ReCiPe ausführen; Integration von LCC- und S-LCA-Indikatoren; Visualisierung von Zielkonflikten mithilfe von MCDA-Dashboards.	LO8, LO9	Valdivia et al. (2021), UNEP (2020)	Teambasierte Projektsimulation; Gruppenanalyse der LCA-Ergebnisse; Entwicklung vergleichender Dashboards; Peer Review der Ergebnisse.
6	Nachhaltigkeitsinterpretation und Entscheidungsunterstützung	Projekt / Workshop / E-Learning	Interpretieren Sie integrierte Ergebnisse, identifizieren Sie Nachhaltigkeits-Hotspots, bewerten Sie Kompromisse und übersetzen Sie Ergebnisse in umsetzbare Empfehlungen für CE/IS-Entscheidungen.	LO10, LO11, LO12	Klöpffer & Grahl (2014), Daddi et al. (2017)	Problemlösungsworkshop, Präsentationspraxis, szenariobasierte Diskussion und Erstellung von Nachhaltigkeitsbriefs und visuellen Präsentationen.

A/A	Referat/Abschnitt Titel	Sitzungstyp	Thema / Aktivität	Vorgesehene LOs	Erforderliche Literatur / Materialien	Empfohlene Methoden
7	Digitale Werkzeuge für CE/IS-Entscheidungen	Vortrag / Seminar / E-Learning	Entdecken Sie digitale CE/IS-Plattformen (z. B. FootprintCalc MCDA, Simapro-Demosets, IS-Mapping-Tools).	LO5, LO7 und LO9	Werkzeugdokumentation (FootprintCalc, Simapro Demo), SIMF-Datensätze	Demonstration mit geführter Werkzeugexploration; kurze Aufgaben zur Modellierung des Ressourcenaustauschs; Feedback des Ausbilders
8	Fallstudien zu industrieller Symbiose und Kreislaufwirtschaft	Seminar / E-Learning	Untersuchen Sie echte CE / IS-Fälle; Bewertung der systemischen Auswirkungen anhand des Lebenszyklusdenkens; Diskutieren Sie Skalierbarkeit & Barrieren.	LO1, LO4, LO11, LO12	Chertow (2007), Ažman Momirski et al. (2021)	Gruppenfallanalyse; Rollenspiel der Interessenträger; strukturierte Debatte; Vergleichsmatrixentwicklung.
9	Richtlinien, Standards und Unternehmensstrategien zur Unterstützung der lokalen und regionalen Gebietskörperschaften in der CE/IS	Vortrag / E-Learning	Grüner Deal der EU, Taxonomie, Standard, EPD & wie politische Rahmenbedingungen Entscheidungen auf der Grundlage der lokalen & regionalen Gebietskörperschaften beeinflussen.	LO2, LO3, LO6 und LO11	Europäische Kommission (2020), ISO (2017) Guidelines on EPDs (Leitlinien zu EPDs)	Interaktive Vorlesung; politische Kartierung; Analyse realer EPDs; Diskussion über die Auswirkungen auf KMU und IS-Netze.
10	Endgültige Projektintegration und Präsentation	Projekt / Workshop / Bewertung	Die Studierenden bereiten ein CE/IS-Projekt vor, das LCA-LCC-S-LCA-Ergebnisse und -Empfehlungen integriert.	LO6, LO8, LO10, LO11 und LO12	Alle oben genannten Lesungen/Materialien	Coaching-Sitzung; Peer-Konsultation; strukturierte Abschlusspräsentationen; Reflexion der Projektergebnisse

2.4 Lehr-und Lernmethoden

▪ *Lernansatz*

Das Modul verwendet ein hybrides Lernmodell, das synchrone und asynchrone Komponenten kombiniert. Synchrone Sitzungen bringen Trainer und Schüler in Echtzeit in einem virtuellen Klassenzimmer zusammen und ermöglichen direkte Interaktion, sofortiges Feedback und ein gemeinsames Gemeinschaftsgefühl. Asynchrones Lernen ermöglicht den Schülern den Zugriff auf Materialien – wie aufgezeichnete Vorlesungen, Präsentationen, Dokumente, Zahlen und Videos – über eine digitale Plattform in ihrem eigenen Tempo. Diese Ressourcen decken sowohl theoretische Grundlagen als auch praktische Fallstudien ab und geben den Lernenden Flexibilität, während sie eine tiefere Auseinandersetzung mit den Inhalten unterstützen. Die pädagogische Strategie setzt auf aktives und praxisorientiertes Lernen. Die Studierenden wenden theoretische Konzepte auf reale Nachhaltigkeitsherausforderungen an und entwickeln gleichzeitig digitale Kompetenz durch den strukturierten Einsatz von LCA-Assessment-Tools (z.B. FootprintCalc) und Datenvisualisierungssoftware.

▪ *Schlüssellehrmethoden*

Zu den Lehrmethoden gehören interaktive Vorträge, Seminare, praktische Workshops, betreute Computerlabore und Gruppenprojekte. FootprintCalc dient als primäres Analysewerkzeug im gesamten Modul. Die Lernenden arbeiten auch mit Fallstudien, nehmen an Peer-Diskussionen teil und absolvieren szenariobasierte Übungen, die die Entscheidungsfindung in den Kontexten Circular Economy (CE) und Industrial Symbiosis (IS) simulieren.

▪ *Ansätze und Methoden zur Unterstützung des aktiven Lernens und der praktischen Anwendung von Wissen.*

Das synchrone Format unterstützt das sofortige Engagement, die Echtzeit-Abklärung komplexer Themen und die kollaborative Interaktion zwischen Lernenden und Trainern. Im Gegensatz dazu bietet das asynchrone Format Flexibilität und Selbststudium, so dass die Studierenden Materialien tiefer erforschen und den Zugang für verschiedene Lernende erweitern können. Die Kombination aus theoretischem Unterricht und praktischen Tätigkeiten – wie beaufsichtigten Computerlabors und Gruppenprojekten – bietet eine solide Grundlage für die Entwicklung von Kompetenzen im Zusammenhang mit der lokalen und regionalen Gebietskörperschaften. Diese Methoden statten sowohl HEI-Studenten als auch Business Manager mit den Fähigkeiten aus, die erforderlich sind, um als effektive LCA-Praktiker zu fungieren. Zusammenarbeit und Teamarbeit, die im gesamten Modul eingebettet sind, bereiten die Lernenden weiter darauf vor, erfolgreich mit Stakeholdern in realen Nachhaltigkeits- und Kreislaufwirtschaftsumgebungen zusammenzuarbeiten.

2.5 Bewertungsmethoden & Evidenz

Das Modul verwendet eine gemischte Bewertungsstrategie, die projektbasierte, praktische und reflektierende Komponenten kombiniert, um die Fähigkeit der Studierenden zu bewerten, FootprintCalc in der integrierten Nachhaltigkeitsanalyse anzuwenden. Sowohl formative

(laufendes Feedback während Workshops und Labors) als auch summative (abgeschlossene Einreichungen) Bewertungen werden zur Unterstützung des Lernfortschritts einbezogen.

Bewertungskomponenten und Nachweis der Erreichung von Lernergebnissen:

- *Gruppenprojekt (Gewicht 40 %)*. Eine kollaborative Life Cycle Sustainability Assessment (LCSA) Fallstudie mit FootprintCalc, die LCA-, LCC- und S-LCA-Perspektiven integriert. Arbeiten umfassen eine Stückliste (Bill of Materials, BoM), ein Inventarmodell, eine Wirkungsinterpretation und einen Bericht oder eine Präsentation zur Multi-Kriterien-Entscheidungsanalyse (MCDA).
- *Praktische Laboraufgabe (Gewicht 30%)*. Individuelle Einreichung einer FootprintCalc-Modelldatei mit einer kurzen methodischen Reflexion über den Umgang mit Daten und Auswahlmöglichkeiten für die Bewertung.
- *Einzelbericht (Gewicht 20 %)*. Eine schriftliche Reflexion (ca. 1000 Wörter), die das Verständnis der LCSA-Interpretation und ihre Relevanz für die Entscheidungsfindung in Kreislaufwirtschafts- oder Industriesymbiosekontexten demonstriert.
- *Teilnahme (Gewicht 10 %)*. Aktives Engagement in Workshops, Peer-Diskussionen und Feedback-Sitzungen, die kontinuierliches Lernen und einen Beitrag zur Gruppenarbeit demonstrieren.

2.6 Bibliographie & Werkzeuge

2.6.1 Erforderlich

Ažman Momirski, L., Mušič, B., & Cotič, B. (2021). Urban strategies enabling industrial and urban symbiosis: The case of Slovenia. *Sustainability*, 13(9), 4616. <https://doi.org/10.3390/su13094616>

Chertow, M. R. (2007). “*Uncovering*” industrial symbiosis. *Journal of Industrial Ecology*, 11(1), 11–30. <https://doi.org/10.1162/jiec.2007.1110>

Daddi, T., Nucci, B., & Iraldo, F. (2017). Using Life Cycle Assessment to measure environmental benefits of industrial symbiosis. *Journal of Cleaner Production*, 147, 157–164. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095965261730104X>

European Commission. (2020). *A new Circular Economy Action Plan for a cleaner and more competitive Europe*. Brussels: European Commission. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0098>

FootprintCalc. (2024). *FootprintCalc: Free product footprint calculator for LCA, LCC and S-LCA integration*. <https://www.footprintcalc.org/>

International Organization for Standardization. (2017). *ISO 14025:2017 — Environmental labels and declarations — Type III environmental declarations — Principles and procedures*. <https://www.iso.org/standard/64758.html>

ISO. (2006). *Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework (ISO 14040:2006)*. ISO. <https://www.en-standard.eu/une-en-iso-14040-2006-environmental-management-life-cycle-assessment-principles-and-framework-iso-14040->

2006/?gad_source=1&gad_campaignid=21676868379&gbraid=0AAAAADPppxtDLHMB7riYH8e_A8sOwoyai&gclid=Cj0KCQjw35bIBhDqARIsAGjd-cabwVmVrZsOGV8H1O8D9K-z-LUYx3gDMOrBMzl6uZDDPFNwPqRE2scaAjR6EALw_wcB

Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation & Recycling*, 127, 221-232. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>

Klöpffer, W., & Grahl, B. (2014). *Life Cycle Assessment (LCA): A Guide to Best Practice*. Wiley-VCH. [https://www.wiley.com/en-us/Life+Cycle+Assessment+\(LCA\)%3A+A+Guide+to+Best+Practice-p-9783527655649](https://www.wiley.com/en-us/Life+Cycle+Assessment+(LCA)%3A+A+Guide+to+Best+Practice-p-9783527655649)

UNEP. (2020). *Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products and Organizations*. <https://www.unep.org/resources/report/guidelines-social-life-cycle-assessment-products>

Sustainable Impact Metrics Foundation (SIMF). (2023). *IDEMAT database. openLCA Nexus*. <https://nexus.openlca.org/database/IDEMAT>

Valdivia, S. et al. (2021). Principles for the application of life cycle sustainability assessment. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 26, 1900–1905. https://www.researchgate.net/publication/353984208_Principles_for_the_application_of_life_cycle_sustainability_assessment

Visentin, F., Bonoli, A., Inal, A., Lundberg, K., Mizara, A., Zampori, L., Sala, S., Cerutti, A. K., & Cucurachi, S. (2020). Life cycle sustainability assessment: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, 263, 121430. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121430>

2.6.2 Empfohlen

Asia-Pacific Economic Cooperation (APEC). (2004). *Life cycle assessment – Best practices of ISO 14040 series*. APEC Secretariat. https://www.apec.org/docs/default-source/Publications/2004/2/Life-Cycle-Assessment-Best-Practices-of-International-Organization-for-Standardization-ISO-14040-Ser/04_cti_scsc_lca_rev.pdf

Ecochain Technologies. (2024). *Explained: LCA standards*. Ecochain Technologies Help Center. <https://helpcenter.ecochain.com/en/articles/9515835-explained-lca-standards>

European Commission, Joint Research Centre (JRC). (2010). *ILCD handbook – General guide for life cycle assessment: Detailed guidance*. Publications Office of the European Union. https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC48157/ilcd_handbook-general_guide_for_lca-detailed_guidance_12march2010_isbn_fin.pdf

United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) & United States Environmental Protection Agency (EPA). (2022). *Introduction to life cycle assessment methodology and standards*. https://unece.org/sites/default/files/2022-06/1_2_GHG_EPA.pdf

2.6.3 Software & Digitale Werkzeuge

FootprintCalc (Datenbank Idemat 2025 Rev. A3), <https://www.footprintcalc.org/>

Excel / Power BI (für MCDA-Visualisierung)

Optional: OpenLCA für vergleichende Modellierung, <https://www.openlca.org/>

3. Kurze Syllabus-Vorlage – HEI (EQR6)

Titel des Moduls: Organisatorische Beziehungen

EQR-Niveau: 6

ECTS-Punkte: 4 ECTS

Gesamtarbeitslast (Stunden): 100 Stunden

- Sprechstunden (Vorträge, Labore, Seminare, Workshops, etc.): 30 Stunden
- Geführtes Selbststudium: 40 Stunden
- Projektarbeit: 30 Stunden

Liefernde Einrichtung: AKADEMIA GORNICZO-HUTNICZA IM. STANISLAWA STASZICA W KRAKOWIE (AGH-Universität), Polen.

3.1 Modulübersicht

26

Die interorganisatorische Zusammenarbeit ist eine grundlegende Fähigkeit bei modernen Nachhaltigkeitsübergängen und Transformationen der Kreislaufwirtschaft. Die industrielle Symbiose (Industrial Symbiosis, IS) beruht auf einer strukturierten Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Organisationen – Herstellern, Versorgungsunternehmen, Kommunen, Logistikdienstleistern, Technologieunternehmen, Regulierungsbehörden, NRO & Vermittlern –, die den Ressourcenaustausch koordinieren, Anreize ausrichten, gemeinsame Visionen entwickeln und die Zusammenarbeit über lange Zeiträume hinweg aufrechterhalten müssen.

Dieses Modul bietet eine tiefe, umfassende Untersuchung, wie eine solche Zusammenarbeit entsteht, wie sie sich entwickelt und wie sie gestärkt werden kann. Die Studierenden werden in die *grundlegenden theoretischen Rahmenbedingungen* eingeführt, die das organisatorische Verhalten in Multi-Akteur-Systemen erklären: Ressourcenabhängigkeitstheorie (RDT), Transaktionskostenökonomie (TCE), Netzwerktheorie, institutionelle Theorie, relationale Governance-Konzepte und Verhaltenstheorien des Vertrauens.

Gleichzeitig konzentriert sich das Modul stark auf praxisbezogene *Fähigkeiten, die in der IS-Koordinierung* benötigt werden:

- Kartierung der Interessenträger, Analyse der Akteure und Identifizierung der Netzgrenzen,
- Diagnose von Kollaborationsrisiken und -barrieren,
- Gestaltung und Kommunikation von Governance-Strukturen,
- Verhandlung und Konsensbildung in komplexen Umgebungen,

- Umgang mit Konflikten, Misstrauen und konkurrierenden Interessen,
- Erkennung und Bewältigung von Veränderungsresistenzen,
- Vermittlung von Meinungsverschiedenheiten und Erleichterung des produktiven Dialogs,
- Förderung von Vertrauen, Transparenz und langfristigem Engagement.

Das Modul legt den Schwerpunkt auf *erfahrungsorientiertes, interaktives und angewandtes Lernen*. Die Studierenden nehmen an umfangreichen Simulationen, szenariobasierten Workshops, Rollenspielen zur Konfliktlösung und kollaborativen Laboraktivitäten mit realen Mapping- und Analysetools wie QGIS oder PowerMap teil.

Sie lernen, die Herausforderungen der realen IS-Koordinierung zu meistern, wie zum Beispiel:

- Zurückhaltung bei der gemeinsamen Nutzung von Daten oder Kosten,
- Asymmetrien bei Macht, Ressourcen und Verhandlungskapazität,
- widersprüchliche Zeithorizonte und strategische Prioritäten,
- konkurrierende Interpretationen von Risiko und Wert,
- Politischer Druck und institutionelle Zwänge.

Die Absolventen dieses Moduls werden gut vorbereitet sein, um als IS-Koordinatoren, Moderatoren der Kreislaufwirtschaft, Industrieclustermanager, Nachhaltigkeitsprojektleiter oder Analysten zu arbeiten, die die regionale Entwicklung und sektorübergreifende Zusammenarbeit unterstützen.

3.2 Lernergebnisse (LOs)

Die angestrebten Lernergebnisse sind in die drei EQR-Bereiche unterteilt:

- **Wissen.** Die Studierenden werden:
 1. die Annahmen, Ursprünge und Implikationen von RDT, TCE und Netzwerktheorie im Detail erläutern und bewerten, wie diese Theorien die organisatorische Entscheidungsfindung in IS-Netzwerken (LO1) erklären,
 2. (ökonomischen, organisatorischen, gesellschaftlichen und politischen) Faktoren auf mehreren Ebenen, die die Bereitschaft und Bereitschaft zur Zusammenarbeit in Ökosystemen der Kreislaufwirtschaft beeinflussen (LO2) analysieren,
 3. Den institutionellen Druck, der das interorganisatorische Verhalten prägt, einschließlich Isomorphismus, Einhaltung von Vorschriften und Rolle der Legitimität (LO3) beschreiben,
 4. Typischer Muster der Machtasymmetrie (z. B. marktbeherrschende Unternehmen gegenüber KMU; privater Sektor vs. öffentliche Behörden) ermitteln und bewerten, wie sie sich auf die Ergebnisse der Zusammenarbeit auswirken (LO4),
 5. Governance-Modelle wie hierarchische, relationale, vertragliche und hybride Governance vergleichen und deren Eignung für IS-Kontexte bewerten (LO5),

6. kognitive, verhaltensbezogene und strukturelle Ursachen von Konflikten zwischen Organisationen verstehen und artikulieren, wie solche Konflikte eskalieren oder gemildert werden können (LO6).

▪ **Kompetenzen. Studierende können:**

7. Komplexer, vielschichtiger Stakeholder-Karten mit Strömen, Einflusslinien, Entscheidungsarenen, Koalitionen und potenziellen Konfliktpunkten (LO7) erstellen,
8. Interviews mit Interessenträgern und Interpretation qualitativer Daten zur Unterstützung von Engagementplänen (LO8) durchführen,
9. Governance-Rahmen für ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Rechenschaftspflicht, Flexibilität und Fairness, einschließlich gemeinsamer zentraler Leistungsindikatoren, klarer Zuständigkeiten, Transparenzprotokollen und Überwachungsmechanismen (LO9) gestalten,
10. Überzeugende Präsentationen mit mehreren Interessenträgern, in denen Nutzen, Risiken, Wertschöpfungsmöglichkeiten und Engagementpfade klar zum Ausdruck gebracht werden (LO10) vorbereiten und bereitstellen,
11. Verhandlungstechniken (z. B. BATNA, interessenbasierte Verhandlungen, Reframing, Verankerung) in simulierten Konfliktsituationen (LO11) anwenden,
12. Schwierige Treffen erleichtern, Streitigkeiten vermitteln und die Akteure durch strukturierte Konfliktmanagementprozesse leiten (LO12),
13. Verhaltensdiagnostik zur Identifizierung von Widerstandstreibern (z. B. Angst vor Verlust, Unsicherheit, Identitätsbedrohung) und zur Entwicklung maßgeschneiderter Interventionen (LO13) anwenden.

28

▪ **Kompetenzen (Autonomie & Verantwortung). Die Studierenden sind in der Lage:**

14. Verantwortung für die Steuerung kollaborativer Prozesse und die Wahrung des langfristigen Vertrauens zwischen den IS-Partnern zu übernehmen (LO14),
15. komplexe politische, organisatorische und zwischenmenschliche Kontexte mithilfe eines ethischen, transparenten und rechenschaftspflichtigen Ansatzes zu bewältigen (LO15),
16. als neutrale Vermittler und Vermittler zu fungieren, wenn Organisationen Konflikte, Sackgassen oder Fehlausrichtungen erleben (LO16),
17. Den politischen Rahmen der EU (z. B. Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft, Industrieemissionsrichtlinie, EMAS, EU-Taxonomie) in die Gestaltung der Zusammenarbeit im Bereich der Informationsgesellschaft (LO17) zu bewerten und integrieren,
18. effektiv in multidisziplinären Teams mit Ingenieuren, Ökonomen, Planern, Regulierungsbehörden und Gemeindevertretern zu arbeiten (LO18),
19. adaptive Kommunikation, Resilienz unter Druck und reflektierendes Lernen aus praxisbasierten Szenarien zu demonstrieren (LO19).

3.3 Indikativer Lernplan / Lieferplan

A/A	Referat/Abchnitt Titel	Sitzungstyp	Thema / Aktivität	Vorgesehene LOs	Erforderliche Literatur / Materialien	Empfohlene Methoden
1	Grundlagen der Zusammenarbeit	Vortrag + Dialogsitzung	Tiefe theoretische Einführung in RDT, TCE, Netzwerktheorie; Diskussion darüber, warum symbiotische Netzwerke erfolgreich sind oder scheitern; Überprüfung von Benchmark-Fällen (Kalundborg, Ulsan); Untersuchung von Interdependenzstrukturen & Koordinationsversagen.	LO1, LO2, LO3	Lewicka, Zakrzewska - Bielawska (2019), Salmone et al. (2020)	Erweiterte theoretische Exposition, geführter Dialog, reflektierende vergleichende Analyse
2	Drivers & Barrieren im IS	Case Study Lab	Umfassender Barriererahmen: regulatorische Risiken, Marktvolatilität, technologische Unsicherheit, Unternehmenskultur, organisatorische Trägheit; Kartierung von Makro-Meso-Mikro-Barrieren; Arbeit mit fehlgeschlagenen IS-Fällen in der Praxis, Ursachenanalyse und szenariobasierter Barriereminderung.	LO2, LO3, LO8 und LO17	Saha (2020)	Falllabor, Barriere-Mapping-Übung, Problem-Framing-Workshop
3	Zuordnung von Interessenträgern	Technisches Labor	Erweitertes Multi-Layer-Stakeholder- und Netzwerk-Mapping: Strom-Zins-Matrizen, Konfliktvorhersage-Matrizen, Einflusshierarchien, Flussdiagramme, Steckverbinder-Broker-Engpass-Identifizierung; arbeiten mit GIS-basierten Systemen und realen industriellen Datensätzen.	LO3, LO7, LO13 und LO19	Toolkits + Datensätze	Technisches Mapping-Labor, Szenariosimulation, strukturierte werkzeuggestützte Analyse
4	Governance-Modelle	Seminar + Designübung	Gestaltung hybrider Governance-Modelle, bei denen formale & relationale Komponenten miteinander vermischt werden; Untersuchung von Rechenschaftsrahmen, Transparenzvorschriften, Koordinierungsaufgaben und sss Risikomanagementmodellen; Gruppenzuordnung zur Gestaltung der Governance für einen hypothetischen IS-Cluster.	LO4, LO14	Shi (2019) auf Pinterest	Seminar, Gruppendesign-Herausforderung, Peer-Evaluierung

A/A	Referat/Abchnitt Titel	Sitzungstyp	Thema / Aktivität	Vorgesehene LOs	Erforderliche Literatur / Materialien	Empfohlene Methoden
5	Vertrauen & Relationale Governance	Workshop	Simulierte vertrauensbildende Aufgaben; Erosion des Vertrauens diagnostizieren; Analyse des Kommunikationsklimas; gemeinsame Gestaltung von Vertrauensverträgen, Transparenzmechanismen und gemeinsamen Lernstrukturen; rollenbasierte Szenarien für den Aufbau langfristiger Partnerschaften.	LO3, LO15 und LO16	Lewicka, Zakrzewska - Bielawska (2022), Alosi et al. (2025)	Rollenspiel, geführtes emotional-intelligentes Training, kollaboratives Zeichnen
6	Kommunikation & Verhandlung	Simulation + Feedback-Zyklus	Komplexe Mehrparteien-Verhandlungssimulation mit konkurrierenden Zielen, Informationsasymmetrie, kooperativen Verhandlungen und strategischer Überzeugung; strukturiertes Feedback zu verbalen, nonverbalen und schriftlichen Kommunikationsstilen.	LO9, LO10, LO11, LO18 und LO19	Verhandlungslehrbücher	Simulationsbasiertes Lernen, mehrstufige Nachbesprechung, Kommunikationsaudit
7	Konfliktlösung	Rollenspiele + Diagnostiklabor	Workshop zur Konfliktkartierung: strukturelle vs. verhaltensbezogene Konflikte, Interessen vs. Positionen, Eskalationsleitern; Ausbildung von Mediatoren; Gestaltung von Konfliktlösungswegen; Diagnose zwischenmenschlicher und zwischenorganisatorischer Spannungsauslöser.	LO5, LO6 LO12, LO16 und LO18	Konfliktfallmaterialien	Strukturierte Mediatorrotation, Konflikt-Mapping-Labor
8	Widerstand gegen Veränderung	Workshop + Aktionsplanung	Dreistufige Widerstandsanalyse: individuell (Angst, Unsicherheit), organisatorisch (strukturelle Trägheit), institutionell (politisches Lock-in); Modellierung von Veränderungspfaden; Erstellung eines Aktionsplans; Verhaltensinterventionsdesign.	LO5, LO13 und LO19	Literatur zum Organisationsverhalten	Workshop, Coaching-Zyklus, reflektierende Verhaltensanalyse

A/A	Referat/Abschnitt Titel	Sitzungstyp	Thema / Aktivität	Vorgesehene LOs	Erforderliche Literatur / Materialien	Empfohlene Methoden
9	Stakeholder- Engagement- Design	Labor + Co-Kreation	Gestaltung von Engagementpfaden mit hoher Inklusion; Abbildung der Leistungsdynamik; Aufbau von Mitentscheidungsmechanismen; Szenarioplanung für die Angleichung; Konzeption von Interventionen für strittige Ressourcenströme; kollaboratives Prototyping.	LO8, LO13, LO14 und LO18	Engagement- Leitfäden	Labor, Design-Charrette für die Gestaltung von Kooperationsstrukturen und Stakeholder- Engagement- Frameworks, partizipative Methoden
10	Überwachung der Zusammenarbeit	Seminar + Indikatorenentwicklung	Erweiterte Collaboration- Metriken: strukturelle KPI, relationale KPI, Frühwarnindikatoren; Erkennung schwacher Signale der Verschlechterung der Partnerschaft; Erstellung von Überwachungs-Dashboards; Interpretation von Daten als Grundlage für Governance- Anpassungen.	LO4, LO14	IS- Überwachungsrahmen	Workshop zur Indikatorenentwicklung, Szenario-Stresstest

3.4 Lehr-und Lernmethoden

▪ *Lernansatz*

In diesem Modul wird ein hybrides Lernmodell angenommen, das sowohl **synchrone** als auch **asynchrone** Lernumgebungen kombiniert, um das Engagement, die Reflexion und den Erwerb praktischer Fähigkeiten zu maximieren.

Beim **synchronen Lernen** treffen sich Schüler und Ausbilder in Echtzeit, entweder im Klassenzimmer oder online, um interaktive Diskussionen, Verhandlungssimulationen, Rollenspiele zur Konfliktlösung, Kartierungslabors und Moderationsworkshops durchzuführen. Diese Aktivitäten ermöglichen sofortiges Feedback, Verhaltensbeobachtung in Echtzeit und kollektive Sinneswahrnehmung, die alle für die Beherrschung der interorganisatorischen Kommunikation und Zusammenarbeit unerlässlich sind.

Im **Bereich des asynchronen Lernens** greifen die Schüler über eine digitale Plattform in ihrem eigenen Tempo auf Materialien zu. Diese Materialien, Lesungen, Fallbeschreibungen, Demonstrationsvideos (z.B. Governance-Design), Stakeholder-Mapping-Tutorials und analytische Toolkits ermöglichen es den Lernenden, theoretische Rahmenbedingungen (RDT, TCE, Netzwerktheorie, institutionelle Theorie) zu erforschen und sich auf die angewandten Aktivitäten vorzubereiten, die während synchroner Sitzungen durchgeführt werden.

Dieses gemischte Modell sorgt für Flexibilität, unterstützt verschiedene Lernpräferenzen und stärkt das tiefe konzeptionelle Verständnis, bevor die Schüler an hochintensiven Simulationen und rollenbasierten Übungen teilnehmen.

32

▪ *Schlüssellehrmethoden*

Während des gesamten Moduls wird eine breite Palette von Lehrmethoden angewendet, darunter:

- Interaktive Vorträge mit geführtem Dialog (theoretische Grundlagen der interorganisatorischen Zusammenarbeit, Governance-Modelle, Machtdynamik, Konflikttheorie)
- Fallstudien (echte industrielle Symbiose-Netzwerke, gescheiterte Kooperationen, regionale Multi-Akteurs-Partnerschaften)
- Seminare und Experten-Webinare (Praktiker, IS-Koordinatoren, Politikexperten, Mediatoren)
- Workshops (Vertrauensbildung, Widerstandsanalyse, Engagement Design)
- Hands-on Labs (Stakeholder-Mapping, Konflikt-Mapping, Governance-Prototyping, Flow- und Einflussanalyse)
- Simulationsübungen (Mehrparteienverhandlungen, Vermittlungsrollenspiele, Koordinationsszenarien)
- Gruppenarbeit und Kooperationsprojekte (Entwurf von Governance-Frameworks und Engagement-Strategien)

- Schriftliche und mündliche Prüfungen (Prüfung theoretischer Kenntnisse und Anwendung auf komplexe Szenarien)

Obwohl sich das Modul auf interorganisatorische Beziehungen konzentriert, integrieren viele Aktivitäten industrielle Symbiose (IS), Kreislaufwirtschaft (CE) und Nachhaltigkeitskontexte, um reale Umgebungen widerzuspiegeln, in denen die Zusammenarbeit mit mehreren Akteuren unerlässlich ist.

▪ *Ansätze und Methoden zur Unterstützung des aktiven Lernens und der praktischen Anwendung*

Der Lehransatz soll sowohl analytisches Denken als auch zwischenmenschliche Kompetenzen entwickeln, die für eine erfolgreiche Koordination in komplexen Organisationsökosystemen erforderlich sind.

- Synchrone Sitzungen ermöglichen Echtzeit-Feedback, Verhaltensbeobachtung, sofortige Klärung von Missverständnissen und aktive Mitgestaltung von Lösungen. Sie schaffen ein Zugehörigkeitsgefühl und stärken das Vertrauen der Studierenden in Verhandlungs-, Erleichterungs- und Konfliktlösungsaufgaben.
- Asynchrone Sitzungen fördern das reflektierende, selbstgesteuerte Lernen. Die Studierenden können theoretische Materialien erneut besuchen, Fallstudien analysieren und ihre Stakeholder-Karten oder Governance-Ideen vor Live-Workshops vorbereiten. Diese Flexibilität unterstützt ein tieferes Verständnis komplexer theoretischer Rahmenbedingungen.
- Interaktive Vorträge vermitteln grundlegendes theoretisches Wissen, das für die Analyse von interorganisatorischen Strukturen, Machtverhältnissen, Governance-Modi und Kollaborationstreibern erforderlich ist.
- Fallstudien und praktische Labore setzen Theorie in die Praxis um, indem sie die Studierenden realen Herausforderungen der Zusammenarbeit wie falsch ausgerichteten Anreizen, Vertrauenserosion, Machtasymmetrien und politischem Druck aussetzen.
- Workshops, Simulationen und Rollenspiele ermöglichen es den Studierenden, Moderations-, Verhandlungs-, Mediations- und Konfliktlösungstechniken in realistischen Umgebungen zu üben. Diese Aktivitäten entwickeln emotionale Intelligenz, kommunikative Anpassungsfähigkeit und Entscheidungsfindung unter Druck.
- Gruppenprojekte stärken die Teamarbeit, die kollaborative Sinnesbildung und die Fähigkeit, Multi-Akteurs-Engagement- und Governance-Strukturen zu entwerfen, Fähigkeiten, die für zukünftige IS-Koordinatoren, Moderatoren der Kreislaufwirtschaft und Nachhaltigkeitsführer unerlässlich sind.
- Durch diese kombinierten Methoden entwickeln die Studierenden die Fähigkeit, komplexe organisatorische Beziehungen zu navigieren, Vertrauen zwischen den Stakeholdern aufzubauen und die langfristige Zusammenarbeit in industriellen und kreislaufwirtschaftlichen Netzwerken zu fördern.

3.5 Bewertungsmethoden & Evidenz

Das Modul verfolgt eine umfassende Bewertungsstrategie, die die theoretische Bewertung mit praxisorientierten Nachweisen der Fähigkeiten der Studierenden zur Analyse, Gestaltung und Erleichterung der interorganisatorischen Zusammenarbeit kombiniert. Die Bewertungsmethoden sind so konzipiert, dass sie die tatsächlichen Kompetenzen widerspiegeln, die für die Koordination der industriellen Symbiose, die Verhandlung mit mehreren Akteuren, das Governance-Design und das Konfliktmanagement erforderlich sind. Sowohl **summative** (abgestufte) als auch **formative** (kontinuierliches Feedback und Engagement) Komponenten sind integriert, um das Lernen, Verhaltensverbesserung und berufliche Bereitschaft zu unterstützen.

Bewertungskomponenten

- *Partizipation & Engagement (Gewicht 10%).* Aktive Beteiligung der Studierenden an interaktiven Lehrmethoden – Dialogsitzungen, Verhandlungslabors, Rollenspiele zur Konfliktlösung, Workshops zur Zuordnung von Interessenträgern, Governance-Design-Übungen und Facilitation-Praxissitzungen. Zu den Nachweisen gehören die Qualität des Engagements, die Vorbereitung, die Zusammenarbeit, reflektierende Beiträge und erstklassige analytische Aufgaben.
- *Gruppenprojektpräsentation (Gewicht 30%).* Ein 3.000-Wort-Analysebericht + Gruppenpräsentation zur Diagnose einer realen oder simulierten interorganisatorischen Zusammenarbeit in einem IS- oder Kreislaufwirtschaftskontext. Der Bericht enthält:
 - Multi-Layer-Stakeholder-Mapping und Power-Influence-Analyse,
 - Ermittlung von Hindernissen, Risiken und Konfliktpunkten für die Zusammenarbeit,
 - Gestaltung von Governance-Modellen (Rollen, Zuständigkeiten, Transparenzregeln, kpis),
 - Verhandlungs- und Engagementplan,
 - vorgeschlagene Mechanismen zur Konfliktbewältigung und zur Vertrauensbildung,
 - evidenzbasierte Empfehlungen zur Stärkung der langfristigen relationalen Stabilität.

Die Bewertung konzentriert sich auf die analytische Tiefe, die Korrektheit der theoretischen Verwendung (RDT, TCE, Netzwerktheorie, institutionelle Theorie), die Klarheit des Governance-Designs und die Machbarkeit der vorgeschlagenen Interventionen.

- *Endgültige schriftliche und mündliche Prüfungen (Gewicht 60%).* Eine Kombination aus:
 - schriftliche Prüfung (offene Fragen, kurze analytische Aufsätze, Multiple-Choice-Fragen),
 - mündliche Prüfung (szenariobasierte Fragen zur Problemlösung und Kommunikation).

Im Rahmen der Prüfung werden die Studierenden bewertet:

- Verständnis von Kerntheorien, die interorganisatorisches Verhalten und Governance erklären,

- Fähigkeit zur Diagnose von Kollaborationsrisiken und Leistungsasymmetrien,
- Kenntnis der Vertrauensdynamik, Konflikteskalation und Widerstandsmechanismen,
- Kenntnis der politischen Rahmen der EU, die sich auf die interorganisatorische Zusammenarbeit auswirken (Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft, EMAS, EU-Taxonomie),
- Fähigkeit, realistische, theoriebasierte Interventionen vorzuschlagen, die die Koordinierung und Zusammenarbeit verbessern.

Nachweis der Leistung

Die im Rahmen der Bewertung erhobenen Nachweise umfassen:

- Stakeholder-Maps, Konfliktkarten, Governance-Prototypen und Workshop-Outputs,
- Verhandlungsskripte, Moderationsnotizen und Überlegungen zur Rolle des Vermittlers,
- Szenarioanalysen und angewandte Problemlösungsübungen,
- mündliche Demonstration von Kommunikations- und Überzeugungsfähigkeiten,
- schriftliche Aufgaben, die theoretische Integration und kritisches Denken demonstrieren.

Diese Erkenntnisse vermitteln ein ganzheitliches Bild der Bereitschaft der Studierenden, die Zusammenarbeit mit mehreren Akteuren zu koordinieren, Streitigkeiten zu schlichten, Governance-Strukturen zu entwerfen und die Entwicklung von IS-Netzen zu unterstützen.

35

3.6 Bibliographie & Werkzeuge

3.6.1 Erforderlich

Alosi, A., Katana, K., Annunziata, E., Mirata, M., Rizzi, F., & Frey, M. (2025). *Management of paradoxical tensions in industrial symbiosis: An exploration at the inter-organizational level*. **Journal of Industrial Ecology**, 29(2), 602–616. <https://doi.org/10.1111/jiec.13625> Semantic Scholar+4Online Library+4SciSpace+4

Lewicka, D., & Zakrzewska-Bielawska, A. (2019). Interorganizational trust in business relations: Cooperation and cooptation. In A. Zakrzewska-Bielawska & M. Cygler (Eds.), *Contemporary challenges in cooperation and cooptation in the age of Industry 4.0: 10th Conference on Management of Organizations' Development (MOD)* (pp. 155–174). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-30549-9_9

Salomone, R., Cecchin, A., Deutz, P., Raggi, A., & Cutaia, L. (Eds.). (2020). *Industrial symbiosis for the circular economy: Operational experiences, best practices and obstacles to a collaborative business approach*. Springer International Publishing.

Saha, P. (2020). *The process of building inter-organizational collaboration for industrial symbiosis: Two cases from Finland — ECO3 & Envitech*. Tampere University: <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/123739/SahaPuja.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Shi, Lin.(2019). Industrial symbiosis: Context and relevance to the Sustainable Development Goals (SDGs). In W. Leal Filho, A. M. Azul, L. Brandli & P. G. Özuyar (Eds.), *Responsible Consumption and Production* (pp. 23-42). Springer. DOI: 10.1007/978-3-319-71062-4_19-1. ResearchGate+1

3.6.2 Empfohlene Lektüre

Anderson, D., & Anderson, L. A. (2020). *The change leader's roadmap: How to navigate your organization's transformation*. Wiley.

Chatman, J. A., & O'Reilly, C. A. (2016). *Paradigm lost: Reinvigorating the study of organizational culture*. In *Research in Organizational Behavior* (Vol. 36, pp. 199–224). Elsevier.

Cloke, K., & Goldsmith, J. (2011). *Resolving conflicts at work: Ten strategies for everyone on the job* (3rd ed.). Jossey-Bass.

Edmondson, A. C. (2019). *The fearless organization: Creating psychological safety in the workplace for learning, innovation, and growth*. Wiley.

Fisher, R., Ury, W., & Patton, B. (2011). *Getting to yes: Negotiating agreement without giving in* (3rd ed.). Penguin Books.

Grant, A. (2021). *Think again: The power of knowing what you don't know*. Viking.

Groysberg, B., Lee, J., Price, J., & Cheng, J. (2018). *The leader's guide to corporate culture*. Harvard Business Review Press.

Heath, C., & Heath, D. (2010). *Switch: How to change things when change is hard*. Broadway Books.

Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (2014). *Joining together: Group theory and group skills* (12th ed.). Pearson.

Kotter, J. P. (2014). *Accelerate: Building strategic agility for a faster-moving world*. Harvard Business Review Press.

Lewicka, D., & Zakrzewska-Bielawska, A. F. (2022). *Trust and distrust in interorganisational relations—Scale development*. *PLOS ONE*, 17(12), e0279231. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0279231>

4. Kurze Syllabus-Vorlage – HEI (EQR6)

Titel des Moduls: KI und maschinelles Lernen zur Vorhersage von Materialflüssen und zur Optimierung der Lieferkette/des Prozesses

EQR-Niveau: 6

ECTS-Punkte: 4 ECTS

Gesamtarbeitslast (Stunden): 100 Stunden

- Sprechstunden (Vorträge, Labore, Seminare, Workshops, etc.): 40 Stunden
- Geführtes Selbststudium: 30 Stunden
- Projektarbeit: 30 Stunden

Liefernde Einrichtung: IMC HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN KREMS GMBH (IMC KREMS), Österreich.

37

4.1 Modulübersicht

Der Übergang von Industrial Symbiosis (IS) zu Digital Industrial Symbiosis (DIS) ist von entscheidender Bedeutung. Dieses Modul untersucht, wie künstliche Intelligenz (KI) und maschinelles Lernen (ML) in das Materialflussmanagement integriert werden können, um die Effizienz von Lieferketten drastisch zu verbessern, Angebots- und Nachfragetrends vorherzusagen, die Logistik zu optimieren und Abfall zu reduzieren. Es bietet Lernenden, wie Methoden der künstlichen Intelligenz (KI) und des maschinellen Lernens (ML) verwendet werden können, um die digitale Transformation von IS-Ökosystemen zu beschleunigen. Sie lernen, wie datengesteuerte Algorithmen verwendet werden können, um Material- und Energieflüsse vorherzusagen, Ineffizienzen zu erkennen und Entscheidungen in zirkulären Lieferketten in Echtzeit zu unterstützen. Durch Simulationen und Fallstudien entwickeln die Lernenden Kompetenzen bei der Auswahl und Anwendung geeigneter ML-Modelle, um reale industrielle Probleme zu lösen. Zum Beispiel die Vorhersage der sekundären Ressourcenverfügbarkeit, die Identifizierung symbiotischer Übereinstimmungen und die Optimierung der Logistik. Das Modul betont die praktische Integration mit IS-Plattformen und die ethische Nutzung von Daten in Kreislaufwirtschaftskontexten.

Dieses Modul richtet sich an HEI-Studenten, Pädagogen, Geschäftsführer, Berater, Forschungsorganisationen, Unterstützungseinrichtungen für Unternehmen und politische Entscheidungsgremien, die sich mit Nachhaltigkeit, Materialflussprognose und -optimierung befassen.

Die in diesem Modul erworbenen Kompetenzen sind hilfreich für symbiotische Energiemanagementtechnologien und -modelle. Beispielsweise unterstützt die Vorhersage der Ressourcenverfügbarkeit die Ressourcenminimierung und -optimierung.

Ein allgemeines Wissen über Nachhaltigkeit, digitale Transformation von IS zu DIS ist hilfreich für die Akzeptanz im Kontext. Grundlegende Programmierkenntnisse helfen den Lernenden, die Algorithmen anderweitig über digitale Werkzeuge zu implementieren, die Lernende Algorithmen verwenden können.

4.2 Lernergebnisse (LOs)

Die angestrebten Lernergebnisse sind in die drei EQR-Bereiche unterteilt:

▪ **Wissen.** Die Studierenden werden:

1. Kreislaufwirtschaft und industrielle Symbiose (LO1) verstehen,
2. Verständnis dafür demonstrieren, wie künstliche Intelligenz (KI) und maschinelles Lernen (ML) Prozessverbesserung und Ressourcenoptimierung innerhalb industrieller Symbiosenetze (LO2) ermöglichen;
3. Beaufsichtigte und unbeaufsichtigte ML-Ansätze, z. B. Zeitreihenprognosen, Clustering, prädiktive Modellierung und deren Relevanz für Anwendungen der Kreislaufwirtschaft (LO3) kritisch erläutern,
4. die wichtigsten Merkmale industrieller Materialflussdaten (LO4) verstehen,
5. ethische, rechtliche und soziale Herausforderungen der KI-Nutzung verstehen, z. B. Vorurteile, Privatsphäre und Transparenz (LO5).

▪ **Fähigkeiten.** Studierende können:

6. industrielle Datensätze mithilfe von Data-Science-Tools wie Python und Pandas für die Erstellung und Analyse von ML-Modellen (LO6) sammeln, bereinigen und vorbereiten,
7. ML-Modellen (z. B. ARIMA, LSTM, k-Means) für Anwendungsfälle wie Materialflussprognosen, Anomalieerkennung und Ressourcenoptimierung (LO7) entwickeln und testen,
8. die Ergebnisse von ML-Modelloutputs interpretieren, um umsetzbare Erkenntnisse für die Verbesserung der Lieferkette, die Verwertung von Abfällen und die Neugestaltung von Prozessen (LO8) zu generieren,
9. Analyseergebnisse durch den Einsatz von Visualisierungsplattformen (z.B. Power BI, QGIS, SankeyMATIC) effektiv und klar sowohl an technische als auch an nicht-technische Stakeholder (LO9) kommunizieren.

▪ **Kompetenzen (Autonomie & Verantwortung).** Die Studierenden sind in der Lage:

10. Geeignete digitale/maschinelle Lernansätze zur Analyse und Optimierung industrieller Ressourcenflüsse in komplexen Multi-Stakeholder-Umgebungen (LO10) unabhängig auszuwählen,
11. Die Vorzüge und Grenzen von KI-Instrumenten zur Bestimmung der am besten geeigneten Technik für ein bestimmtes industrielles Symbioseszenario unter Berücksichtigung von Leistung, Kosten, Einfachheit und Nachhaltigkeit (LO11) zu bewerten und abwägen,
12. Zur digitalen Transformation von Organisationen beizutragen, indem datengesteuerte Verfahren zur Verbesserung der industriellen Symbiose empfohlen werden (LO12),
13. in interdisziplinären Teams kollaborativ und ethisch zusammenzuarbeiten, KI-gestützte Erkenntnisse konsequent zu kommunizieren und eine verantwortungsvolle Nutzung von Daten und Transparenz der algorithmischen Entscheidungsfindung zu gewährleisten (LO13).

4.3 Indikativer Lernplan / Lieferplan

A/A	Referat/Abschnitt Titel	Sitzungstyp	Thema / Aktivität	Vorgesehene LOs	Erforderliche Literatur / Materialien	Empfohlene Methoden
1	Einführung in IS und Kreislaufwirtschaft	Vortrag / /E-Learning	Definitionen, Beispiele für IS im Kontext der Kreislaufwirtschaft.	LO1	Akrivou et al. (2022), Rincón-Moreno et al. (2020).	gemischt: Interaktiver Vortrag, Fallbeispiele
2	Einführung in die Anwendung von KI und ML im IS	Vortrag / Workshop / E-Learning	Definitionen, Grundlagen von KI und ML, Evolution vom traditionellen IS zum DIS.	LO1, LO2, LO3	Vimal et al. (2020), Ashton et al. (2022), Neves et al. (2020)	gemischt: Interaktiver Vortrag, Gruppendiskussion, Fallbeispiele
3	Datenquellen & Strukturen des Materialflusses, Kartierung von Ressourcenflüssen (Material/Energie & Energieflüsse)	Vortrag/ Workshop / E-Learning	Einführung in Datenstrukturen, Datenbereinigungstechniken und Methoden zum symbiotischen Abgleich, digitale Plattformen & Tools, Einführung in Pandas/Python für IS-Daten	LO3, LO4, LO5	Xue et al. (2023), Cagno et al. (2023), Neves et al. (2020), Angelis-Dimakis et al. (2021), Silva et al. (2022), Software-Tutorials	Vorlesung, schrittweise Übungen, praktischer Einsatz von Mapping-Software, Demonstration
4	Herkömmliche Machine-Learning-Algorithmen, ML-Pipeline, Modellversionierung & Testing	Vortrag / Workshop / E-Learning	Methoden für Klassifikation & Clustering (unüberwachtes maschinelles Lernen) und deren Anwendung im Materialfluss, Verwendung für ML-Pipeline, Modellprüfung und Versionierung	LO2, LO3, LO7, LO10	Namoun et al. (2022), Demetriou et al. (2024), Filippou et al. (2023), Nguyen et al. (2020) Luo et al. (2021), Chandrasekaran et al. (2023)	Blended, Fallstudienanalyse, Gruppe Brainstorming
5	Zeitreihenvorhersage und verwendete Werkzeuge und Technologien	Vortrag / Workshop / E-Learning	Methoden zur Zeitreihenprognose und deren Anwendung in Material- und Energieflüssen, Beispiele von Werkzeugen und Technologien für Vorhersagen	LO2, LO3, LO4, LO7 und LO10	Vimal et al. (2020), Cagno et al. (2023), Neves et al. (2020)	Blended, Fallstudienanalyse, Gruppen-Brainstorming

40

A/A	Referat/Abschnitt Titel	Sitzungstyp	Thema / Aktivität	Vorgesehene LOs	Erforderliche Literatur / Materialien	Empfohlene Methoden
6	Einführung der Lieferkette und Rolle der KI im Lieferkettenmanagement	Vortrag / Workshop / E-Learning	Lieferkette, ihre Auswirkungen und Vorteile von KI im Management mit Einführung von Tools	LO4, LO5, LO7, LO8 und LO10	Demartini et al. (2022), Zamani et al. (2022)	Blended, Fallstudienanalyse
7	Optimierung der logistischen Abläufe	Vortrag / Workshop / E-Learning	Bedeutung der Optimierung von logistischen Abläufen, Methoden zur Routing-Optimierung und deren Einschränkungen	LO4, LO5, LO7, LO8 und LO10	Xue et al. (2023), Cagno et al. (2023), Neves et al. (2020), Aviso et al. (2022)	gemischt: Interaktiver Vortrag, Gruppendiskussion, Fallbeispiele
8	Maschinelles Lernen für prädiktive Analyse und Wartung	Vortrag/ Workshop / E-Learning	Methoden zur Vorhersage & Anomalie-Erkennung, Einführung der Datenquelle für die Wartung mit prädiktiver Analyse.	LO2, LO7, LO8, LO9 und LO10	Vimal et al. (2020), Namoun et al. (2022)	gemischt: Interaktiver Vortrag, Gruppendiskussion, Fallbeispiele
9	Integration von ML/AI in IS und Limitations & Bias in KI und Datenethik	Vortrag / Workshop / E-Learning	Methoden zur Integration von KI in IS, Herausforderungen/Begrenzungen unter Verwendung von KI, ethische, rechtliche und soziale Aspekte in AI/ML für IS (Voreingenommenheit, Privatsphäre, Transparenz)	LO4, LO5, LO10, LO11 und LO13	Ponis (2021), Demartini et al. (2022), Angelis-Dimakis et al. (2023)	Blended, Fallstudienanalyse, Gruppen-Brainstorming
10	Praktisches IS-Projekt.	Projekt und Bewertung	Gruppenprojekt: Entwicklung eines prädiktiven Materialflussmodells für ISs	LO6, LO8, LO9, LO10, LO11, LO12 und LO13	Alle oben genannten Lesungen/Materialien und Plattformen	Gruppenarbeit, projektbasiertes Lernen, Peer & Lehrerfeedback und Gruppenprojektpräsentation.
	Endgültige Bewertung & Reflexion	Bewertung	Abschlussprüfungen und Assessments.	LO1, LO2, LO3, LO4, LO5, LO9	Alle oben genannten Lesungen/Materialien.	Schriftliche und mündliche Prüfungen (offene Fragen, Multiple-Choice-Fragen, Quizfragen usw.).

41

4.4 Lehr-und Lernmethoden

▪ Lernansatz

Das Modul verfolgt einen Blended-Learning-Ansatz, der Präsenzveranstaltungen, Online-Aktivitäten und geführtes Selbststudium in ein kohärentes pädagogisches Design integriert. Die Lernenden bewegen sich zunehmend vom konzeptionellen Verständnis von KI, maschinellem Lernen und industrieller Symbiose hin zur unabhängigen Anwendung dieser Konzepte in realistischen DIS-Kontexten. Das Lernumfeld ist schülerzentriert und kompetenzorientiert und fördert analytisches Denken, ethische Reflexion und interdisziplinäre Zusammenarbeit im Einklang mit den angestrebten Lernergebnissen (LO1–LO13).

▪ Schlüssellehrmethoden

Der Unterricht ist um eine Kombination aus Vorlesungen, Seminaren, praktischen Workshops und Computerlaboren, fallbasiertem Lernen und projektbasierter Arbeit strukturiert. Vorlesungen stellen theoretische Grundlagen, Rahmenbedingungen und politische Kontexte vor, während Seminare dazu genutzt werden, wissenschaftliche Literatur, EU-Vorschriften und Geschäftsmodelle kritisch zu lesen. Workshops und Labs konzentrieren sich auf praktische Fähigkeiten in der Datenverarbeitung, Modellentwicklung und Visualisierung mit Tools wie Python, Power BI, QGIS und SankeyMATIC. Fallstudien und Gruppenprojekte setzen Lernende authentischen industriellen Datensätzen und Szenarien aus und ermöglichen es ihnen, KI-fähige industrielle Symbioselösungen zu entwerfen und zu bewerten. Asynchrone E-Learning-Aufgaben, Tests und vorbereitende Lesungen unterstützen die Kontinuität zwischen den Kontaktsitzungen und fördern das kontinuierliche Engagement.

▪ Ansätze für aktives Lernen und praktische Anwendung

Aktives Lernen wird durch kollaborative Problemlösung, anfragebasierte Aufgaben und iterative Feedback-Zyklen eingebettet. Die Studierenden arbeiten in interdisziplinären Teams, um industrielle Materialflussdaten zu bereinigen und zu analysieren, geeignete Ansätze für maschinelles Lernen auszuwählen und Modellergebnisse für die Entscheidungsfindung in zirkulären Lieferketten zu interpretieren. Simulationen, Szenarioanalysen und designorientierte Projektarbeit erfordern, dass die Lernenden theoretisches Wissen auf komplexe, reale Herausforderungen anwenden, die in greifbaren Ergebnissen wie analytischen Berichten, Dashboards und Präsentationen gipfeln, die sowohl auf technische als auch auf nichttechnische Stakeholder zugeschnitten sind. Kontinuierliches formatives Feedback und strukturierte Reflexionsaktivitäten unterstützen die Entwicklung von Autonomie, professionellem Urteilsvermögen und verantwortungsvoller datengesteuerter Praxis.

4.5 Bewertungsmethoden & Evidenz

Bewertungskomponenten

Die Bewertungsstrategie kombiniert formative und summative Elemente, um sowohl das konzeptionelle Verständnis als auch die praktische Anwendung von KI- und maschinellen Lernmethoden in der industriellen Symbiose zu bewerten. Die summative Bewertung konzentriert sich auf ein integratives Projekt, eine schriftliche Prüfung und eine Kommunikationskomponente, während formative Aktivitäten (Quiz, Laboraufgaben, Entwürfe) Feedback und Gerüstlernen im gesamten Modul bieten.

Summative Bewertungsmethoden (indikative Gewichtung):

- *Endgültiges Gruppen-KI-Projekt (industrieeinspierte Fallstudie für prädiktives Modell) (Gewicht 35%).*
- *Praktische Übung (Werkzeugübungen) (Gewicht 25%).*
- *Abschlussprüfung (kurze Aufsätze, problembasierte Fragen und Multiple-Choice-Fragen) (Gewicht 30%).*
- *Teilnahme und Engagement an Seminaren, Laboren und Peer-Feedback (Gewicht 10%).*

Nachweis der Erreichung von Lernergebnissen

Die Studierenden demonstrieren ihr Lernen durch ein analytisches Projektdossier (Code, Datenverarbeitungsprotokolle, Modellergebnisse), einen strukturierten technischen Bericht, eine Reihe visueller Artefakte (Dashboards, Karten, Sankey-Diagramme) und eine mündliche Präsentation oder einen Screencast, die auf gemischte Zielgruppen zugeschnitten sind. Die schriftliche Prüfung bietet Nachweise für theoretisches Verständnis und kritische Reflexion über KI / ML-Konzepte, industrielle Symbiose und relevante politische und ethische Rahmenbedingungen. Formative Bewertungen, einschließlich Quizfragen mit geringem Einsatz, Zwischenprojekt-Checkpoints und Feedback zu Entwürfen, unterstützen den Fortschritt in Richtung dieser summativen Ergebnisse, ohne in der Endnote eine größere Gewichtung zu tragen.

43

4.6 Bibliographie & Werkzeuge

4.6.1 Erforderlich

Akrivou, C., Łekawska-Andrinopoulou, L., Manousiadis, C., Tsimiklis, G., Oikonomopoulou, V., Papadaki, S., Krokida, M., & Amditis, A. (2022). Industrial symbiosis marketplace concept for waste valorization pathways. E3S Web of Conferences, 349, 11005. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202234911005>

Rincón-Moreno, J., Ormazabal, M., Álvarez, M. J., & Jaca, C. (2020). Shortcomings of Transforming a Local Circular Economy System through Industrial Symbiosis: A Case Study in Spanish SMEs. *Sustainability*, 12(20), 8423. <https://doi.org/10.3390/su12208423>

Filippou, K., Aifantis, G., Papakostas, G. A., & Tsekouras, G. E. (2023). Structure Learning and Hyperparameter Optimization Using an Automated Machine Learning (AutoML) Pipeline. *Information*, 14(4), 232. <https://doi.org/10.3390/info14040232>

Nguyen, T., Maszczyk, T., Musial, K., Zöller, M., & Gabrys, B. (2020). AVATAR - Machine Learning Pipeline Evaluation Using Surrogate Model. *ArXiv*, abs/2001.11158.

Luo, Z., Wang, J., Li, C., Xiong, L., & Zhao, Y. (2021). MLCask: Efficient management of component evolution in collaborative data analytics pipelines. In *2021 IEEE 37th International Conference on Data Engineering (ICDE)* (pp. 1655–1666). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICDE51399.2021.00146>

Chandrasekaran, J., Cody, T., McCarthy, N., Lanus, E., & Freeman, L.J. (2023). Test & Evaluation Best Practices for Machine Learning-Enabled Systems. *ArXiv*, abs/2310.06800.

Angelis-Dimakis, A., Arampatzis, G., Alexopoulos, A., Vyrkou, A., Pantazopoulos, A., & Angelis, V. (2023). *Industrial symbiosis in the Balkan-Mediterranean region: The case of solid waste*. *Environments*, 10(1), <https://doi.org/10.3390/environments10010001>

Angelis-Dimakis, A., Arampatzis, G., Pieri, T., Solomou, K., Dedousis, P., & Apostolopoulos, G. (2021). *SWAN platform: A web-based tool to support the development of industrial solid waste reuse business models*. *Waste Management & Research*, 39(3), 489–498. <https://doi.org/10.1177/0734242X21989413>

Ashton, W. S., Chertow, M. R., & Althaf, S. (2022). *Industrial symbiosis: Novel supply networks for the circular economy*. In L. Bals, W. L. Tate, & L. M. Ellram (Eds.), *Circular economy supply chains: From chains to systems* (pp. 29–48). Emerald Publishing Limited. <https://doi.org/10.1108/978-1-83982-544-620221002>

Aviso, K. B., Laddaran, A., & Ngo, J. S. (2022). *Modelling stakeholder goals in industrial symbiosis*. *Process Integration and Optimization for Sustainability*, 6, 543–558. <https://doi.org/10.1007/s41660-022-00226-6>

Cagno, E., Negri, M., Neri, A., & Giambone, M. (2023). *One framework to rule them all: An integrated, multi-level and scalable performance measurement framework of sustainability, circular economy and industrial symbiosis*. *Sustainable Production and Consumption*, 35, 55–71. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.10.016>

Demartini, M., Tonelli, F., & Govindan, K. (2022). *An investigation into modelling approaches for industrial symbiosis: A literature review and research agenda*. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 3, 100020. <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2021.100020>

Demetriou, D., Polydorou, T., Petrou, Nicolaides, D., Petrou, M. F. (2024). A clustering machine learning approach for improving concrete compressive strength prediction. *Engineering Reports*, 6(6), e12934. <https://doi.org/10.1002/eng2.12934>

Henriques, J. D., Azevedo, J., Dias, R., Estrela, M., Ascenço, C., Vladimirova, D., & Miller, K. (2022). *Implementing industrial symbiosis incentives: An applied assessment framework for risk mitigation*. *Circular Economy and Sustainability*, 2, 669–692. <https://doi.org/10.1007/s43615-021-00069-2>

Karman, A., Prokop, V., & Lopes de Sousa Jabbour, A. B. (2024). *Circular economy practices as a shield for the long-term organisational and network resilience during crisis: Insights from an industrial symbiosis*. *Journal of Cleaner Production*, 466, 142822. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142822>

Namoun, A., Tufail, A., Khan, M. Y., Alrehaili, A., Syed, T. A., & BenRhouma, O. (2022). Solid Waste Generation and Disposal Using Machine Learning Approaches: A Survey of Solutions and Challenges. *Sustainability*, 14(20), 13578. <https://doi.org/10.3390/su142013578>

Neves, A., Godina, R., Azevedo, S.G. & Matias, J.C.O. (2020) *A comprehensive review of industrial symbiosis*. *Journal of Cleaner Production*. 247. doi:10.1016/j.jclepro.2019.119113.

Ponis, S. T. (2021). *Industrial symbiosis networks in Greece: Utilising the power of blockchain-based B2B marketplaces*. *The JBBA*, 4(1). [https://doi.org/10.31585/jbba-4-1-\(4\)2021](https://doi.org/10.31585/jbba-4-1-(4)2021)

QGIS Software tutorials. Available at: https://docs.qgis.org/3.40/en/docs/training_manual/index.html

SankeyMATIC Software tutorials. Available at: <https://sankeymatic.com/manual/>

Silva, M. G., de Carvalho, T. S., Castagna, A. G., Strauhs, F. do R., & Piekarski, C. M. (2022). *The role of online platforms to enable the process of industrial symbiosis: An analysis of tools available in the market*. *Cleaner Production Letters*, 3, 100021. <https://doi.org/10.1016/j.clpl.2022.100021>

Taqi H. M. M., Meem, E. J., Bhattacharjee, P., Salman, S., Ali, S. M., & Sankaranarayanan, B. (2022). *What are the challenges that make the journey towards industrial symbiosis complicated?* *Journal of Cleaner Production*, 370, 133384. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133384>

Vimal, K. E. K., Jayakrishna, K., Ameen, T., Afridhi, S. S., Vasudevan, V., & Sreedharan, R. (2020). *An investigation on the impact of industrial symbiosis implementation on organizational performance using analytical hierarchical approach*. *Benchmarking: An International Journal*, 27(2), 886–911. <https://doi.org/10.1108/BIJ-12-2018-0423>

Xue, X., Wang, S., Chun, T., Xin, H., Xue, R., Tian, X., & Zhang, R. (2023). *An integrated framework for industrial symbiosis performance evaluation in an energy-intensive industrial park in China*. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 42056–42074. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-25232-0>

Zamani, E. D., Smyth, C., Gupta, S., & Dennehy, D. (2022). Artificial intelligence and big data analytics for supply chain resilience: a systematic literature review. *Annals of operations research*, 1–28. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s10479-022-04983-y>

4.6.2 Empfohlen

Agudo, F. L., Bezerra, B. S., & Gobbo Júnior, J. A. (2023). *Symbiotic readiness: Factors that interfere with the industrial symbiosis implementation*. *Journal of Cleaner Production*, 387, 135843. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.135843>

Agudo, F. L., Bezerra, B. S., & Gobbo Júnior, J. A. (2024). *An overview of Brazilian companies' readiness to implement industrial symbiosis*. *Business Strategy and the Environment*, 33, 1066–1080. <https://doi.org/10.1002/bse.3534>

Agudo, F. L., Bezerra, B. S., Paesa, L. A. B., & Gobbo Júnior, J. A. (2022). *Proposal of an assessment tool to diagnose industrial symbiosis readiness*. *Sustainable Production and Consumption*, 30, 916–929. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.01.013>

Barteková, E. and P. Börkey (2022), *Digitalisation for the transition to a resource efficient and circular economy*, *OECD Environment Working Papers*, No. 192, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/6f6d18e7-en>.

European Commission. (2020). EU Taxonomy Regulation (Regulation (EU) 2020/852). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32020R0852>

European Green Deal. Available at: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en

Fit for 55' package. Available at: https://commission.europa.eu/topics/climate-action/delivering-european-green-deal/fit-55-delivering-proposals_en

Khan, Z. A., Chowdhury, S. R., Mitra, B., Mozumder, M. S., Elhaj, A. I., Salami, B. A., Rahman, M. M., & Rahman, S. M. (2023). *Analysis of industrial symbiosis case studies and its potential in Saudi Arabia*. *Journal of Cleaner Production*, 385, 135536. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135536>

Mantese, G.C. & Amaral, D.C. (2018) Agent-based simulation to evaluate and categorize industrial symbiosis indicators. *Journal of Cleaner Production*. 186, 450–464. doi:10.1016/j.jclepro.2018.03.142.

Neves, A., Godina, R., Carvalho, H., Azevedo, S.G. & Matias, J.C.O. (2019) *Industrial Symbiosis Initiatives in United States of America and Canada: Current Status and Challenges*. In: *Proceedings of 2019 8th International Conference on Industrial Technology and Management, ICITM 2019*. 2019 pp. 247–251. doi:10.1109/ICITM.2019.8710744.

Sgambaro, L., Chiaroni, D., Lettieri, E., & Paolone, F. (2024). *Exploring industrial symbiosis for circular economy: investigating and comparing the anatomy and development strategies in Italy*. *Management Decision*, <https://doi.org/10.1108/MD-04-2023-0658>

5. Kurz Syllabus-Vorlage – Hochschuleinrichtung (EQR6)

Titel des Moduls: Blockchain-Technologien, um transparente und sichere Tracking- und Zertifizierungssysteme für Material- und Energieflüsse zu schaffen

EQR-Niveau: 6

ECTS-Punkte: 4 ECTS

Gesamtarbeitslast (Stunden): 100 Stunden

- Sprechstunden (Vorträge, Labore, Seminare, Workshops, etc.): 40 Stunden
- Geführtes Selbststudium: 30 Stunden
- Projektarbeit: 30 Stunden

Liefernde Einrichtung: DIMITROVA LIDIA (LIDI), Niederlande.

5.1 Modulübersicht

Dieses Modul stellt die Grundlagen und den angewandten Einsatz von Blockchain-Technologien im Kontext von Industriesymbiose (IS) und Kreislaufwirtschaft vor. Die Studierenden werden untersuchen, wie Blockchain genutzt werden kann, um sichere, unveränderliche und transparente Systeme zur Verfolgung von Material- und Energieflüssen in komplexen industriellen Netzwerken zu schaffen. Das Modul konzentriert sich auf die Verbesserung der Datenintegrität, der Echtzeit-Rückverfolgbarkeit und der Einhaltung von Umwelt- und Nachhaltigkeitsstandards (z.B. CSRD, EFRAG, ISO 14000). Durch eine Kombination aus theoretischem Input, Fallstudienanalyse und angewandten Laboren erhalten die Studierenden praktische Einblicke in Blockchain-basierte Produktpässe, digitale Zwillinge und Zertifizierungssysteme, die CO₂-arme Übergänge und die Rechenschaftspflicht zwischen Organisationen unterstützen. Das Modul ist besonders relevant für zukünftige SymbioTech Manager, die das Ressourcenmanagement in industriellen Ökosystemen mit mehreren Akteuren digitalisieren wollen.

5.2 Lernergebnisse (LOs)

Die angestrebten Lernergebnisse sind in die drei EQR-Bereiche unterteilt:

- **Wissen.** Die Studierenden werden:

1. Blockchain-Architektur verstehen, einschließlich Distributed Ledgers, Konsensalgorithmen und Smart Contracts (LO1),

2. mit Tokenisierung, Orakeln, Rückverfolgbarkeitsprotokollen und Compliance-Frameworks (LO2) vertraut sein,
3. Tiefes Bewusstsein für ethische, rechtliche und Governance-Fragen in Blockchain-basierten Nachhaltigkeitssystemen (LO3) entwickeln.

▪ **Fähigkeiten.** Studierende können:

4. Intelligenter Vertragslogik entwerfen (LO4),
5. Karten- und Modell-Rückverfolgbarkeitsströme für Rohstoffe, recycelte Inputs oder erneuerbare Energien (LO5) entwickeln,
6. Einen Evaluierungsrahmen zum Vergleich von Blockchain-Lösungen für Rückverfolgbarkeits-, Audit- oder Berichtszwecke (LO6) nutzen,
7. Digitale Produktpassvorlagen für IS-Anwendungen entwerfen(LO7).

▪ **Kompetenzen (Autonomie & Verantwortung).** Die Studierenden sind in der Lage:

8. Eignung von Blockchain-Lösungen in realen Nachhaltigkeitsszenarien (LO8) unabhängig zu bewerten,
9. Den Umgangs mit Transparenz- und Vertraulichkeitskonflikten in Industriedaten (LO9) zu beurteilen,
10. Zwischen technischen und geschäftlichen Teams zusammenzuarbeiten, um sich für vertrauensbasierte Innovationen in kreislauforientierten Systemen einzusetzen (LO10),
11. das Potenzial und die Grenzen der Blockchain-basierten Rückverfolgbarkeit mehreren Interessenträgern (technisch, rechtlich, verwaltungstechnisch) zu vermitteln (LO11).

5.3 Indikativer Lernplan / Lieferplan

A/A	Referat/Abschnitt Titel	Sitzungstyp	Thema / Aktivität	Vorgesehene LOs	Erforderliche Literatur / Materialien	Empfohlene Methoden
1	Einführung in die Blockchain- und DLT-Architektur	Vortrag / Workshop / E-Learning	Interaktive Demo: Wie Blöcke in einem Ledger verknüpfen	LO1, LO2	Bahga & Madiseti (2016), Wang et al. (2020), Westerkamp et al. (2018), Samaniego & Deters (2023), Brownworth (n.d.)	Interaktiver Vortrag mit wichtigen Einblicken in die Blockchain-Grundlagen.
2	Blockchain und Kreislaufwirtschaft	Vortrag/ Workshop / E-Learning	Fallanalyse: Rundschreiben, Everledger	LO6, LO8	Ventura et al. (2024), Xia et al. (2025), Vladucu et al. (2024)	Fallstudie von Circularise und Everledger für ein tiefes Verständnis der verfügbaren Technologien.
3	Smart Contracts und Tokenisierung von Ressourcen für IS	Vortrag / Workshop / E-Learning	Design-Token für Materialströme	LO2, LO4, LO5	Westerkamp et al. (2018), Fu et al. (2023), Zuo et al. (2025)	Aktivität mit Übungen im Zusammenhang mit der Gestaltung von Smart Contracts und Token.
4	Rückverfolgbarkeit in Lieferketten und digitalen Produktpässen	Vortrag/ Workshop / E-Learning	Erstellen einer grundlegenden DPP-Vorlage	LO2, LO5, LO7	Zhang et al. (2023), Sezer et al. (2021), Malik et al. (2021)	Aktivität, bei der die Schüler eine DPP-Vorlage erstellen müssen, um Designentscheidungen zu untersuchen.
5	Energiezertifikate und Blockchain	Vortrag/ Workshop / E-Learning	Nachverfolgung erneuerbarer Energien simulieren	LO2, LO5	Fu et al. (2023), Liu et al. (2024), Zuo et al. (2025)ssss	Beteiligen Sie sich an einer Simulation zur realistischen Energieverfolgung erneuerbarer Energien.

A/A	Referat/Abchnitt Titel	Sitzungstyp	Thema / Aktivität	Vorgesehene LOs	Erforderliche Literatur / Materialien	Empfohlene Methoden
6	Integration von IoT & Oracles	Vortrag/ Workshop / E-Learning	Design eines Sensor-Dashboards	LO1, LO2	Bahga & Madiseti (2016), Wang et al. (2020), Samaniego & Deters (2023), Schmid & Lefèvre (2024)	Analysieren Sie Beispiele für vorhandene Sensor-Dashboards und verwenden Sie kritisches Denken, um Prinzipien auf einen bereitgestellten Anwendungsfall anzuwenden.
7	Datenschutz, Sicherheit & Compliance	Vortrag/ Workshop / E-Learning	Ethikfall: Rückverfolgbarkeit vs Vertraulichkeit	LO2, LO3	Cali et al. (2021), Sezer et al. (2021), Malik et al. (2021), Khan & Salah (2022)	Gruppendebatte oder individuelle Analyse von Kompromissen zwischen Rückverfolgbarkeit und Vertraulichkeit
8	Gruppendesign Sprint	Projekt und Bewertung	Ideationsworkshop: Ressourcen-Trace-Projekt	LO5, LO6, LO10 und LO11	Nicht relevant	Gruppenarbeit / Brainstorming, um eine Lösung für ein bestehendes Problem mit Kursthemen vorzuschlagen.
9	Abschließende Präsentationen	Projekt und Bewertung	Gruppenprojekt-Pitches	LO9, LO10 und LO11	Nicht relevant	Gruppenprojektpräsentation.
10	Prüfung	Bewertung	Abschlussprüfungen und Assessments.	LO1, LO2, LO3	Alle oben genannten Lesungen/Materialien.	Schriftliche und mündliche Prüfungen (offene Fragen, Quiz usw.).

5.4 Lehr- und Lernmethoden

▪ *Lernansatz*

Für dieses Modul wird ein hybrider Ansatz verwendet. Dies beinhaltet eine Kombination aus Trainer-Lead-Sessions und Selbstlernressourcen. Die Trainer-Lead-Sessions finden in einem digitalen Klassenzimmer statt, in dem die Studierenden zu bestimmten Stunden am Unterricht teilnehmen. Dieses digitale soziale Umfeld verbessert das Verständnis durch zwischenmenschliche Kommunikation. Selbststudium Ressourcen werden für die Studierenden zugänglich sein, um zu verwenden, wann immer sie am besten passen. Diese Ressourcen umfassen aufgezeichnete Vorträge, Präsentationen, Dokumente, Zahlen und Videos. Ein solcher Ansatz ermöglicht ein Gleichgewicht zwischen Struktur und Freiheit, das darauf abzielt, Studierenden mit verschiedenen Vorlieben und Lerngewohnheiten zu helfen. Diese Flexibilität ermöglicht auch multimediale Touchpoints, die eine umfassendere Intuition über die jeweiligen Themen bieten, während sie durch eine andere Linse betrachtet und präsentiert werden, insbesondere durch die Kombination von geschriebenem Text, Videomaterial, interaktiven Simulationen und engagierten Lehrern.

▪ *Schlüssellehrmethoden*

Um eine vollständige Lernerfahrung zu bieten, werden verschiedene Lehrmethoden genutzt. Am prominentesten sind interaktive Vorträge, Seminare, praktische Workshops, betreute Computerlabore und Gruppenprojekte. Die Inhalte dieses Moduls, die die Themen Blockchain, Industrial Symbiosis (IS), Circular Economy (CE), Supply Chain Tracking und Smart Contracts abdecken, werden durch die Kombination der oben genannten Lehrmethoden geliefert.

▪ *Ansätze und Methoden zur Unterstützung des aktiven Lernens und der praktischen Anwendung von Wissen.*

Durch das Mischen der Lehrmethoden innerhalb dieses Moduls kann jede verwendet werden, um einen signifikanten Wert zu extrahieren. Soziales Engagement und persönliches Vertrauen ermöglichen eine interaktive und personalisierte Erfahrung und bieten den Studierenden die Möglichkeit, Unsicherheiten über ihr Verständnis der Themen zu klären. Der asynchrone Aspekt ermöglicht es den Studierenden, in ihrem eigenen Tempo zu arbeiten, wodurch der Stress für Studierende reduziert wird, die von der vorausgehenden Arbeit oder der Überarbeitung früherer Themen profitieren. Das unterschiedliche Format der Lernmaterialien kommt den Studierenden auch zugute, da sie auswählen können, welche Formate für ihren eigenen Lernstil am effektivsten sind. Außerhalb der obligatorischen Themen werden zusätzliche Ressourcen für Studierende zur Verfügung stehen, die sich stark für bestimmte Themen interessieren.

Als Ergebnis von Gruppenprojekten werden Teamarbeit und Kommunikationsfähigkeiten aus diesem Modul gewonnen. Das Wissen und die Fähigkeiten werden direkt auf das reale Arbeitsumfeld anwendbar sein. So können die Studierenden auf Projekte im LCA-Kontext vorbereitet werden.

5.5 Bewertungsmethoden & Evidenz

Bewertungskomponenten und Nachweis der Erreichung von Lernergebnissen:

Dieses Modul wird im Einklang mit den verschiedenen Lehrmethoden über eine Reihe von Bewertungsmethoden verfügen, um die Fortschritte zu erkennen, die die Studierenden sowohl in Bezug auf die Wissens- als auch in Bezug auf die Kompetenzentwicklung erzielt haben. Solche Bewertungsmethoden umfassen Prüfungen, Gruppenprojekte, Laborberichte und interaktive Teilnahme am Unterricht.

- *Gruppenprojekt (Gewicht 40 %)*. Eine Lösung für ein bestehendes Problem mit Kursthemen vorschlagen. Der Einsatz von generativer KI für das Brainstorming und die Erforschung bestehender Probleme und Lösungen ist zulässig.
- *Lab Report Portfolio (Gewicht 30%)*. Alle Designaufgaben zusammengekommen werden für diese Note berücksichtigt.
- *Abschlussprüfung (Gewicht 30%)*. Technische und szenariobasierte Fragen, Energiemodellierung und regulatorische Abstimmung.

5.6 Bibliographie & Tools

Bahga, A., & Madiseti, V. K. (2016). Blockchain platform for industrial internet of things. *Journal of Software Engineering and Applications*, 9(10), 533–546. <https://doi.org/10.4236/jsea.2016.910036>

Cali, U., Kuzlu, M., Pipattanasomporn, M., Elma, O., & Reddi, K. (2021). Cybersecurity of renewable energy data and applications using distributed ledger technology. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2110.11354>

Fu, X., Tan, W., & Xu, Y. (2023). Blockchain-based renewable energy certificate trade for low-carbon communities of active energy agents. *Sustainability*, 15(23), 16300. <https://doi.org/10.3390/su152316300>

Khan, M., & Salah, K. (2022). Blockchain for transparent and secure supply chain management in renewable energy systems. *International Journal of Sustainable Technology and Renewable Applications*, 11(1), 22–34.

Malik, N., Dedeoglu, V., Kanhere, S. S., & Jurdak, R. (2021). PrivChain: Provenance and privacy preservation in blockchain-enabled supply chains. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2104.13964>

Samaniego, M., & Deters, R. (2023). A Digital Twin approach for blockchain-based IoT resource management. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2309.01042>

Schmid, D., & Lefèvre, J. (2024). Blockchain-based certification for the EU hydrogen market: Design considerations and challenges. *Frontiers in Blockchain*, 5, 1408743. <https://doi.org/10.3389/fbloc.2024.1408743>

Sezer, E., Topal, A., & Nuriyev, U. (2021). Auditability, transparency, and privacy-preserving mechanisms for blockchain-based supply chain traceability. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2103.10519>

Silvestri, L., Forcina, A., Introna, V., Santolamazza, A., & Cesarotti, V. (2020). Maintenance transformation through Industry 4.0 technologies: A systematic literature review. *Computers in Industry*, 123, 103335. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103335>

Ventura, V., La Monica, M., Bortolini, M., Cutaia, L., & Mora, C. (2024). Blockchain and industrial symbiosis: A preliminary two-step framework to green circular supply chains. *Circular Economy and Sustainability*, 22, 17–30.

Wang, Q., Zhu, X., Ni, Y., Gu, L., & Zhu, H. (2020). Blockchain for the IoT and industrial IoT: A review. *Internet of Things*, 10, 100081. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2019.100081>

Westerkamp, M., Victor, F., & Küpper, A. (2018). Tracing manufacturing processes using blockchain-based token recipes. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/1810.09843>

Xia, H., Li, J., Li, Q. J., Milisavljevic-Syed, J., & Salonitis, K. (2025). Integrating blockchain with digital product passports for managing reverse supply chain. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 202, 104336. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2025.104336>

Zhang, B., Lee, J., & Song, H. (2023). A blockchain-based supply chain traceability framework using digital certificates. *International Journal of Logistics Research and Applications*.

Zuo, K., Wang, S., & Li, J. (2025). A non-transferable trade scheme of green power based on blockchain. *Energies*, 17(16), 4002. <https://doi.org/10.3390/en17164002>

6. Kurze Syllabus-Vorlage – Hochschuleinrichtung (EQR6)

Titel des Moduls: Symbiotische Energieeffizienz-/Managementtechnologien und -modelle

EQR-Niveau: 6

ECTS-Punkte: 4 ECTS

Gesamtarbeitslast (Stunden): 100 Stunden

- Sprechstunden (Vorträge, Labore, Seminare, Workshops, etc.): 30 Stunden
- Geführtes Selbststudium: 40 Stunden
- Projektarbeit: 30 Stunden

Liefernde Einrichtung: VSB - TECHNISCHE UNIVERSITÄT VON OSTRAVA (VSB - TUO), Tschechien.

6.1 Modulübersicht

Dieses Modul bietet eine Einführung in Energiesysteme, erneuerbare Energien und nachhaltiges Energiemanagement. Die Studierenden werden ein solides Verständnis der Stromerzeugung und -verbrauch, erneuerbare Energiequellen, Energieeffizienz in Gebäuden, industrielle Energieflüsse, kommunale Energiemodelle, Finanz- und Bewertungsmethoden und Emissionszertifikate Management gewinnen.

Das Modul kombiniert Theorie mit praktischen Anwendungen durch Vorträge, Workshops, Seminare, E-Learning, Fallstudien und Simulationen. Die Studierenden werden ihr Wissen in Übungen wie Energieaudits, Energiespeichersimulationen, Effizienzinterventionen, kommunale Energiemodellierung und städtischem blau-grünem Infrastrukturdesign anwenden. Gruppenprojekte und analytische Aufgaben werden ihre Entscheidungs-, Prognose- und Optimierungsfähigkeiten weiterentwickeln.

Voraussetzungen Hinweis: Ein grundlegendes Verständnis von Tabellenkalkulationssoftware (z.B. Excel) und allgemeinen ökonomischen Prinzipien wird empfohlen.

Am Ende des Moduls werden die Studierenden in der Lage sein, Energiesysteme zu analysieren, ökologische und wirtschaftliche Auswirkungen zu bewerten, Energiesparmaßnahmen zu entwerfen und zu bewerten und fundierte Entscheidungen in Bezug auf Energiemanagementstrategien zu treffen.

54

6.2 Lernergebnisse (LOs)

Die angestrebten Lernergebnisse sind in die drei EQR-Bereiche unterteilt:

▪ **Wissen.** *Die Studierenden werden:*

1. Energiesysteme & -Ströme verstehen: Verstehen von Schlüsselkonzepten der Stromerzeugung, erneuerbarer und nicht erneuerbarer Energiequellen und der Verteilung im Kontext des Energiemanagements (LO1),
2. Energieeffizienz und Ampere; Dienstleistungen definieren: die Grundsätze der Energiedienstleistungen, die Triebkräfte für die Effizienz (Kosten, Risiko, Technologie) und die Rolle von Energieaudits (LO2) erläutern,
3. Geschäftsmodelle unterscheiden: Unterscheidung zwischen traditionellen Versorgungsmodellen und leistungsbasierten Modellen (ESCO, EPC, PPA), einschließlich gemeinschaftlicher Energie- und Shared-Ownership-Rahmen (LO3),
4. Grundsätze von Financial & Risk verstehen: Methoden zur finanziellen Bewertung (ROI, IRR, Payback) erfassen und Risiken im Zusammenhang mit Cashflow- und Energieprojekten (LO4) identifizieren.
5. Regulierungsmechanismen verstehen: Rechtsrahmen für Emissionszertifikate, Handelssysteme und städtische Energiepolitik (LO5) verstehen.

▪ **Fähigkeiten.** *Studierende können:*

6. Energiedaten analysieren: Berechnungen durchführen, um industrielle Energieflüsse auszugleichen, Effizienzchancen zu identifizieren und den Verbrauch zu optimieren (LO6).
7. Building & Urban Solutions bewerten: Bewertung der Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und Gestaltung einer blau-grünen Infrastruktur (z. B. begrünte Dächer) zur Minderung städtischer Wärmeinseln (LO7),
8. Prognosemodelle anwenden: Zeitreihenanalysen und stochastische Modelle verwenden, um unsichere Variablen in Energiemärkten (LO8) zu prognostizieren.
9. Eine wirtschaftliche Analyse durchführen: Cashflows für Projekte im Bereich der erneuerbaren Energien berechnen und anhand deterministischer und zufälliger Variablen bewerten (LO9),
10. Vertragsoptionen vergleichen: Optimale vertragliche Ansätze (z. B. garantierte Einsparungen gegenüber geteilten Einsparungen) auf der Grundlage spezifischer Einschränkungen (LO10) analysieren und auswählen.

▪ **Kompetenzen (Autonomie & Verantwortung).** Die Studierenden sind in der Lage:

11. strategische Investitionsentscheidungen zu treffen: Synthese von Risiko- und Wirtschaftsanalysen, um fundierte Entscheidungen in Bezug auf Investitionen in erneuerbare Energien zu treffen und zu verteidigen (LO11),
12. Symbiotische Energiemodelle zu entwerfen: Entwicklung tragfähiger Geschäfts- oder Betriebsmodelle für die gemeinsame Nutzung von Gemeinschaftsenergie und die dezentrale Stromerzeugung (LO12),
13. Emissionsstrategien zu optimieren: Formulierung von Strategien für die Verwaltung von Emissionszertifikaten zur Erreichung der Einhaltung der Vorschriften und zur wirtschaftlichen Optimierung (LO13),
14. Komplexe Energieprobleme zu lösen: technische, ökologische und soziale Aspekte integrieren, um ganzheitliche Lösungen für ein nachhaltiges Energiemanagement vorzuschlagen (LO14).

6.3 Indikativer Lern-/Lieferzeitplan

A/A	Referat/Abschnitt Titel	Sitzungstyp	Thema / Aktivität	Vorgesehene LOs	Erforderliche Literatur / Materialien	Empfohlene Methoden
1	Einführung in die elektrische Energie, Management der Stromerzeugung und Verbrauch im Zusammenhang mit erneuerbaren und nicht erneuerbaren Ressourcen.	Vortrag / E-Learning	Grundlegende Konzepte von elektrischer Energie, Produktionszyklen, Verteilung und Verbrauch im Vergleich zum Energiemanagement in wirtschaftlichen Einheiten.	LO1, LO6,	Cleveland, & Morris (2015), Randolph & Masters (2018), Rubino, Sapio, & La Scala (2021)	Interaktive Vorträge, Diskussion.
2	Erneuerbare Energiequellen	Vortrag / Workshop / E-Learning	Arten erneuerbarer Energiequellen, ökologische/soziale Auswirkungen und Netzintegration.	LO1, LO2, LO7	Sebestyén (2011), Alam et al. (2020), Beck et al. (2025), Europäische Kommission (2017)	Energiequelle Sortieren Spiel. Interaktive Kartenaktivität - wo erneuerbare Energien am besten funktionieren. Minicase-Studie: Erneuerbare Energien in meinem Land/Region/Stadt/Heimat.
3	Industrielle Energieflüsse (Verbrauchsbilanzierung)	Vortrag / Workshop / E-Learning	Überwachung/Messung von Energie, Bilanzierung, Optimierung und Energiespeicherung.	LO1, LO6, LO8	Ionita et al. (2023), Nolzen, Leenders & Bardow (2023), Guo et al. (2024)	Energieaudit für Haushalte. Minicases (z.B. Blackout-Szenario). Simulation der Energiespeicherung.
4	Symbiotische (Gemeinschafts-)Energieteilung	Vortrag / Seminar / E-Learning	Gemeinschaftskonzepte für die gemeinsame Energienutzung, technische Infrastruktur und Rechtsrahmen.	LO3, LO10, LO12	Leghissa, G. (2024), Gebundene Ausgabe Chen, T., et al. (2025), Power Coalition der Europäischen Gemeinschaft (2021)	Simulation des gemeinschaftlichen Energiemodells (z. B. anhand einer Fallstudie oder eines Rollenspiels).

A/A	Referat/Abschnitt Titel	Sitzungstyp	Thema / Aktivität	Vorgesehene LOs	Erforderliche Liteartur / Materialien	Empfohlene Methoden
5	Reduzierung des Energieverbrauchs von Gebäuden	Vortrag/ Workshop / E-Learning	Energiestandards, Isolationsoptimierung, Verbrauchsüberwachung, Nachhaltigkeitsverbesserung.	LO2, LO6, LO7	Gkotsis et al. (2024), Energieeffizienz (2024), Widuto (2022) - Wer hat geschrieben?	Durchführung von Effizienzmaßnahmen in praktischen Fällen, vollständige interaktive Übungen.
6	Blau-grüne Infrastruktur (Symbiose auf den Wärmeinseln)	Vortrag/ Workshop / E-Learning	Urbane Kühlung, Gründächer, Wohnwände, Biodiversitätsunterstützung, blau-grüne Symbiose.	LO7, LO14	SALUTE4CE-Handbuch (2022), Gartland (2008), Seite 2 Brázdová & Kupka (2023)	Designinterventionen, Vor-Ort-Besuche, Datenanalyse.
7	Finanzmodellierung und Prognosen auf den Energiemärkten	Vortrag/ Workstätte n	Datenanalyse, Entwicklungsmodelle und Prognosen von Marktvariablen.	LO4, LO8,	Bunn, Derek (2004), Prossr, Matthias (2025), Rees, Michael (2018)	Vortrag mit geführten Fallstudien zur Modellierung von Zufallsvariablen an Energiemärkten.
8	Bewertung von Investitionen in erneuerbare Energien	Vortrag/ Workstätte n	Cashflow-Vorhersage, Projektbewertung, Risikoanalyse (IRR, NPV).	LO4, LO9, LO11	Hürlimann, Christian (2019), Santosh Raikar und Seabron Adamson (2024)	Theoretische und praktische Fallstudien zur Bewertung von Investitionen in erneuerbare Energien
9	Energie-Contracting und Geschäftsmodelle	Vortrag / Workshop / E-Learning	PPA, ESCO, EPC, gemeinsame Verträge, Geschäftsmodellbewertung.	LO3, LO10, LO12	Andersen (2025), Internationale Energieagentur (2023, 2024), North East & Yorkshire Net Zero Hub. (2024), RE-Source-Plattform (2025)	Vortrag mit geführten Fallstudien, Interaktives Seminar mit geführter Diskussion/Projekt.
10	Emissionszertifikate und ihr optimales Management	Vortrag / Seminar / E-Learning	Arten von Zertifikaten, Zuteilungsmethoden und Risikoentscheidungsmodelle für Unternehmen.	LO05, LO13	Zapletal (2018), Zapletal et al. (2020), Abrell et al. (2022), Skjærseth & Wettstad (2016), Błażejowska et al. (2024)	Theorie und praktische Fallstudie eines Industrieunternehmens in der EU auf der Grundlage der historischen Daten.

6.4 Lehr-und Lernmethoden

▪ *Lernansatz*

Für dieses Modul wird ein hybrider Lernansatz gewählt, der es ermöglicht, Sitzungen entweder synchron oder asynchron durchzuführen. Die Studierenden beschäftigen sich mit interaktiven Vorträgen, Workshops, Seminaren und geführten Diskussionen sowie mit aufgezeichneten Vorträgen, Präsentationen, Lesungen, Fallstudien und Simulationsübungen. Dieser Ansatz bietet Flexibilität bei gleichzeitiger Gewährleistung eines aktiven Engagements und eines umfassenden Verständnisses der Themen.

▪ *Schlüssellehrmethoden*

Das Modul wird eine Vielzahl von Lehrmethoden verwenden, einschließlich interaktiver Vorträge mit geführten Diskussionen, um grundlegendes Wissen über Energiesysteme, erneuerbare Energien und Energiemanagement einzuführen. Fallstudien, Mini-Fallanalysen und Rollenspielsimulationen ermöglichen es den Studierenden, theoretisches Wissen auf praktische Szenarien wie Energieaudits, Energieteilung und Emissionsberechtigungsmanagement anzuwenden. In Workshops und Hands-on-Labors werden Fähigkeiten in den Bereichen Energieoptimierung, Finanzmodellierung, Prognose und städtische Energieplanung entwickelt. Vorträge/Webinare, Gruppenprojekte und Seminare sollen das Verständnis für regulatorische Rahmenbedingungen, innovative Geschäftsmodelle und Nachhaltigkeitsstrategien verbessern. Die Bewertungen umfassen schriftliche oder mündliche Aufgaben zur Bewertung von Wissen, analytischen Fähigkeiten und praktischer Anwendung.

59

▪ *Ansätze und Methoden zur Unterstützung des aktiven Lernens und der praktischen Anwendung von Wissen.*

Praxisorientierte Methoden wie Simulationen, Feldinterventionen und Fallstudien ermöglichen es den Studierenden, theoretische Konzepte auf reale Energieherausforderungen anzuwenden. Teamarbeit durch Workshops, Gruppenprojekte und kollaborative Übungen verbessert die Fähigkeiten zur Problemlösung, Modellierung und Entscheidungsfindung. Diese Kombination stattet die Studierenden mit den Kenntnissen, Fähigkeiten und Kompetenzen aus, um Energiesysteme effektiv zu verwalten, Nachhaltigkeitslösungen umzusetzen und innovative Strategien in industriellen und städtischen Kontexten zu bewerten.

6.5 Bewertungsmethoden & Evidenz

Das Modul verwendet eine gemischte Bewertungsstrategie, um sowohl theoretisches Wissen als auch praktische Fähigkeiten über alle Themen hinweg zu bewerten. Das Verständnis der Studierenden für Energiesysteme, erneuerbare Energiequellen, industrielle Energieflüsse, Gemeinschaftsenergie, Energieeffizienz von Gebäuden, städtische blau-grüne Infrastruktur, Finanzmodellierung, Bewertung erneuerbarer Energien, Energieverträge und Emissionszertifikate werden anhand mehrerer Methoden bewertet. Die Assessments umfassen aktive Teilnahme, angewandte Übungen, Projektarbeit sowie schriftliche und mündliche

Prüfungen. Sowohl die formative Bewertung (laufende Teilnahme, Übungen und Feedback) als auch die summative Bewertung (abgeschlossene Einreichungen) werden integriert, um den Lernfortschritt zu unterstützen.

Bewertungskomponenten und Nachweis der Erreichung von Lernergebnissen:

- *Partizipation & Engagement (Gewicht 10%).* Aktive Teilnahme an allen Lehr- und Lernaktivitäten, einschließlich Vorträgen, Workshops, Seminaren, E-Learning-Übungen, Fallstudien, Simulationen und geführten Diskussionen. Das Engagement wird auf der Grundlage des Beitrags zu Diskussionen, der Zusammenarbeit bei Gruppenaktivitäten und des Abschlusses interaktiver Übungen bewertet.
- *Angewandte Übungen & Mini-Cases (Gewicht 20%).* Abschluss praktischer Übungen wie Energiequellensortierungsspiele, Energieaudits für Haushalte, Simulationen erneuerbarer Energien, Energieeffizienzmaßnahmen für Gebäude und blau-grüne Infrastrukturdesignaufgaben (Prüfung von LO6, LO7, LO8).
- *Gruppenprojekt (Gewicht 40%).* Ein kollaboratives analytisches Projekt (ca. 3.000 Wörter) konzentrierte sich auf ein reales oder simuliertes energiebezogenes Szenario, wie die Optimierung der gemeinsamen Nutzung von Gemeinschaftsenergie, die Gestaltung von Energieeffizienzmaßnahmen für ein Gebäude oder die Bewertung von Emissionsberechtigungsstrategien. Der Bericht sollte Datenanalysen, Entscheidungsfindung und praktische Empfehlungen enthalten (Prüfung LO11 – LO14).
- *Endgültige schriftliche oder mündliche Prüfungen (Gewicht 30%).* Die Prüfungen werden theoretisches Wissen und praktisches Verständnis in allen Modulthemen testen, einschließlich Energiesysteme, erneuerbare Energiequellen, industrielle Energieflüsse, Finanzmodellierung, Bewertung, Energieverträge und Emissionsmanagement. Frageformate können offene Fragen, Multiple-Choice- und szenariobasierte Probleme umfassen, um LO1-LO5, LO9, LO10 umfassend zu bewerten.

60

6.6 Bibliographie & Werkzeuge

6.6.1 Erforderlich

Abrell, J., Cludius, J., Lehmann, S., Schleich, J., & Betz, R. (2022). Corporate emissions-trading behaviour during the first decade of the EU ETS. *Environmental and Resource Economics*, 83(1), 47–83.

Alam, M. S., Al-Ismail, F. S., Abido, M. A., & Salem, A. (2020). High-level penetration of renewable energy with grid: Challenges and opportunities. *arXiv*, 2006.04638. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2006.04638>

Andersen. (2025, July 16). Energy Performance Contracts (EPCs): A pathway to sustainable energy solutions. <https://es.andersen.com/en/publications-and-news/energy-performance-contracts-epcs-a-pathway-to-sustainable-energy-solutions.html>

Beck, H. P., et al. (2025). A comprehensive review of sustainable energy systems in the context of the German energy transition—Part 2: Renewable energy and storage technologies. *Carbon Neutral Systems*, 3. <https://doi.org/10.1007/s44438-025-00013-z>

Błażejowska, M., Czarny, A., Kowalska, I., Michalczewski, A., & Stępień, P. (2024). The effectiveness of the EU ETS policy in changing the energy mix in selected European countries. *Energies*, 17(17), 4243.

Brázdová, K., & Kupka, J. (2023). The objectivization of the living green walls concept as a tool for urban greening (Case Study: LIKO-S a.s., Slavkov u Brna, Czech Republic). *Land*, 12(1), 229. <https://doi.org/10.3390/land12010229>

Bunn, D. (2004). *Modelling Prices in Competitive Electricity Markets*. London: Wiley. ISBN 978-0470848609

Chen, T., Anapyanova, A., Vandendriessche, F., & de Meer, H. (2025). Implementing energy sharing in energy communities: A comparative legal analysis of Austria and Flanders. *Utilities Policy*, 96. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2025.101993>

Cleveland, C. J., & Morris, C. (2015). *Dictionary of Energy* (2nd ed.). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-64490-1>

Energy Efficiency. (2024). Comparative analysis of residential building decarbonization policies in major economies: Insights from the EU, China, and India. *Energy Efficiency*, 17. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12053-024-10225-w>

European Commission. (2017). Environmental baseline study for the development of renewable energy sources, energy storages and a meshed electricity grid in the North and Irish Seas. DG Energy. https://energy.ec.europa.eu/publications/environmental-baseline-study-development-renewable-energy-sources-energy-storages-and-meshed_en

European Community Power Coalition. (2021). Handbook on community energy. <https://communitypowercoalition.eu/2021/05/31/handbook-on-community-energy/>

Gartland, L. (2008). *Heat Islands: Understanding and Mitigating Heat in Urban Areas*. Earthscan / Taylor & Francis. <https://doi.org/10.4324/9781849771559>

Gkotsis, P., Papadopoulos, A., & Karagiannidis, A. (2024). Energy efficiency of buildings in Central and Eastern Europe: Room for improvement. *Energy Efficiency*, 17, Article 32. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12053-024-10215-y>

Guo, J., Peng, J., Luo, Y., Zou, B., & Luo, Z. (2024). Study on the hybrid energy storage for industrial park energy systems: Advantages, current status, and challenges. *Nonlinear Systems and Optimization*, 3(1). <https://doi.org/10.1051/nso/20230051>

Hürlimann, C. (2019). *Valuation of Renewable Energy Investments*. Zurich: Springer Gabler. ISBN 978-3658274696

Ionita, A., Kostopoulos, E., Almeida, A., Pires, A., & Ferreira, V. (2023). A systematic literature review on data-driven residential and industrial energy management systems. *Energies*, 16(4), 1688. <https://doi.org/10.3390/en16041688>

International Energy Agency. (n.d.). Energy Service Companies (ESCOs): ESCO Contracts. IEA Publications. <https://www.iea.org/reports/energy-service-companies-escos-2/esco-contracts>

International Energy Agency Efficient Energy Transition Programme (IEA EBC Annex 75 Deliverable 2). (2023, June 19). Business models for cost-effective building renovation at district level. https://annex75.iea-ebc.org/Data/publications/Annex75_D2_Report_BusinessModels_19_June_2023.pdf

Leghissa, G. (2024). A roadmap for a policy and legal framework for energy communities. Directorate-General for Energy, Energy Community Repository.

North East & Yorkshire Net Zero Hub. (2024, February). Power purchase agreement guide. <https://www.neynetzerohub.com/wp-content/uploads/2024/02/Power-Purchase-Agreement-Guide.pdf>

Nolzen, N., Leenders, L., & Bardow, A. (2023). Flexibility-expansion planning of multi-energy systems by energy storage for participating in balancing-power markets. *Frontiers in Energy Research*, 11, 1225564. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2023.1225564>

Prossr, M. (2025). *Renewable Energy Financial Modelling* (1st ed.). Independently published. ISBN 979-8301944512

Randolph, J., & Masters, G. B. (2018). *Energy for Sustainability: Foundations for Technology, Planning, and Policy*. Island Press. ISBN 978-1-61091-820-6

Raikar, S., & Adamson, S. (2024). *Renewable Energy Finance: Theory and Practice* (2nd ed.). Boston: Academic Press. ISBN 978-0443159558

Rees, M. (2018). *Principles of Financial Modelling: Model Design and Best Practices Using Excel and VBA* (1st ed.). Hoboken: John Wiley. ISBN 9781118904015

RE-Source Platform. (n.d.). RE-Source's corporate PPA guide. <https://resource-platform.eu/corporate-ppa-guide/>

Rubino, A., Sapio, A., & La Scala, M. (2021). *Handbook of Energy Economics and Policy*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/C2017-0-01718-4>

SALUTE4CE-Handbook. (2022). *SALUTE4CE Handbook*. Interreg Central Europe. <https://programme2014-20.interreg-central.eu/Content.Node/SALUTE4CE/SALUTE4CE-Handbook.pdf>

Sebestyén, V. (2021). Environmental impact networks of renewable energy power plants. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 151, 111626. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111626>

Skjærseth, J. B., & Wettestad, J. (2016). *EU emissions trading: Initiation, decision-making and implementation*. Routledge.

Widuto, A. (2022). *Energy saving and demand reduction*. European Parliamentary Research Service.

[https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2022/733666/EPRS_BRI\(2022\)73366_6_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2022/733666/EPRS_BRI(2022)73366_6_EN.pdf)

Zapletal, F. (2018). *Optimization models for emissions management*. Series on advanced economic issues, Faculty of Economics, VŠB-TU Ostrava, vol. 53. Ostrava: VŠB-TU Ostrava. ISBN 978-80-248-4193-9

Zapletal, F., Šmíd, M., & Kopa, M. (2020). Multi-stage emissions management of a steel company. *Annals of Operations Research*, 292(2), 735–751.

6.6.2 Empfohlen

Boungou, W., & Dufau, B. (2024). EU ETS phase IV and industrial performance. *Economics Letters*, 236, 111596.

Ellerman, D. (2010). The EU emission trading scheme. In *Post-Kyoto International Climate Policy* (pp. 88).

Farid, M. (2021). *Introduction to Project Finance in Renewable Energy Infrastructure: Including Public-Private Investments and Non-Mature Markets* (1st ed.). Berlin: Springer. ISBN 978-3030687427

Fronza, S. (2025). *Renewable Energy Project Management: Strategy, Execution, and Sustainable Impact: A Comprehensive Guide to Developing, Managing, and Financing Sustainable Infrastructure Projects* (1st ed.). Independently published. ISBN 979-8288094965

Lynch, A. P. (2017). *Financial Modelling for Project Finance: Pre-financial close cashflow modelling in Excel* (3rd ed.). London: Lynch-Ayerst Publishing. ISBN 978-0995673007

SankeyMATIC Software tutorials. (n.d.). Available at: <https://sankeymatic.com/manual/>

Tang, L., Wang, H., Li, L., Yang, K., & Mi, Z. (2020). Quantitative models in emission trading system research: A literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 132, 110052.

Xue, X., Wang, S., Chun, T., Xin, H., Xue, R., Tian, X., & Zhang, R. (2023). An integrated framework for industrial symbiosis performance evaluation in an energy-intensive industrial park in China. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 42056–42074. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-25232-0>

7. Kurze Syllabus-Vorlage – Hochschuleinrichtung (EQR6)

Titel des Moduls: Umweltmanagementsysteme (EMS)

EQR-Niveau: 6

ECTS-Punkte: 4 ECTS

Gesamtarbeitslast (Stunden): 100 Stunden

- Sprechstunden (Vorträge, Labore, Seminare, Workshops, etc.): 40 Stunden
- Geführtes Selbststudium: 30 Stunden
- Projektarbeit: 30 Stunden

Liefernde Einrichtung: UNIVERSITÄT PATRAS (UPAT), Griechenland

64

7.1 Modulübersicht

Dieses Modul bietet eine fortgeschrittene Einführung in Umweltmanagementsysteme (Environmental Management Systems, EMS) und ihre Rolle bei der Unterstützung der Nachhaltigkeit, Compliance und kontinuierlichen Verbesserung von Organisationen. Der Schwerpunkt liegt auf der europäischen EMAS-Verordnung als primärem EMS-Rahmen, der durch öffentlich zugängliche ISO 14001-Grundlagen und die praktische, schrittweise Anleitung des US-EPA-EMS-Modells unterstützt wird. Die Studierenden entwickeln ein integriertes Verständnis dafür, wie EMS-Frameworks strukturiert sind, wie Umweltaspekte und -auswirkungen identifiziert und bewertet werden, wie Compliance-Verpflichtungen und Leistungsindikatoren festgelegt werden und wie Audit-, Überwachungs- und Überprüfungsprozesse eine kontinuierliche Verbesserung gewährleisten. Dieser Fokus hilft den Studierenden zu sehen, wie EMS-Tools in realen Umgebungen angewendet werden, um die Umweltleistung zu verbessern. Durch den umfassenden praktischen Einsatz offizieller EMAS-Tools – einschließlich des Tools für Umweltaspekte, des Datenerhebungstools und der Kernindikatoren – sowie von EPA-Arbeitsblättern erwerben die Studierenden praktische Fähigkeiten bei der Analyse der Umweltleistung und der Gestaltung von EMS-Komponenten.

Das Modul richtet sich an HEI-Studenten und zukünftige Fachkräfte in den Bereichen Nachhaltigkeit, Umweltmanagement, industrielle Symbioseerleichterung, Beratung und Compliance. Es verbindet sich direkt mit dem Industrial Symbiosis-Modul, indem es die Betriebs- und Governance-Mechanismen bereitstellt, die erforderlich sind, um symbiotische Praktiken in Organisationssysteme einzubetten. Vorkenntnisse in Umweltmanagement,

Regulierungsrahmen oder Kreislaufwirtschaftskonzepten sind von Vorteil, aber nicht verpflichtend. Am Ende des Moduls werden die Studierenden in der Lage sein, EMAS-, ISO- und EPA-EMS-Methoden zu verstehen, zu vergleichen und anzuwenden und die Kernelemente eines kleinen EMAS-Systems zu implementieren, um sie auf reale Umweltmanagementherausforderungen vorzubereiten.

7.2 Lernergebnisse (LOs)

Die angestrebten Lernergebnisse sind in die drei EQR-Bereiche unterteilt:

▪ **Wissen.** Die Studierenden werden:

1. Ein fortgeschrittenes Verständnis der EMS-Grundsätze, -Struktur und -Zwecke, einschließlich der EMAS-Anforderungen (Anhänge I–IV) und der öffentlich zugänglichen ISO 14001-Grundlagen (LO1) nachweisen;
2. die EMAS-, ISO 14001- und EPA-EMS-Rahmen kritisch bewerten und ihre Unterschiede in Bezug auf Anforderungen, Transparenz, Auditierung und Leistung (LO2) ermitteln.

▪ **Fähigkeiten.** Studierende können:

3. Umweltaspekten und -auswirkungen mithilfe von EMAS-Methoden und -Instrumenten (Instrument für Umweltaspekte, Kriterien gemäß Anhang II) (LO3) ermitteln und bewerten,
4. EMS/EMAS-Kerndokumentation, einschließlich Umweltpolitik, Ziele, KPI, Compliance-Register, Überwachungspläne und Betriebskontrollen (LO4) entwickeln,
5. EMAS-Tools und EPA-EMS-Arbeitsblätter anwenden, um Umweltdaten zu interpretieren, Leistungsindikatoren zu bewerten und die Entscheidungsfindung im Rahmen des EMS zu unterstützen (LO5).

▪ **Kompetenzen (Autonomie & Verantwortung).** Die Studierenden sind in der Lage:

6. Unabhängig die wichtigsten Phasen der EMAS-Umsetzung, einschließlich Bewertung der Aspekte, Bewertung der Einhaltung der Vorschriften, Festlegung und Überwachung der wesentlichen Leistungsindikatoren (KPI) (LO6) zu planen und koordinieren,
7. Interne EMS-Audits und Beitrag zu Management-Review-Prozessen, Nachweis der Rechenschaftspflicht und der kontinuierlichen Verbesserungsorientierung (LO7) durchzuführen,
8. Evidenzbasierte Empfehlungen zur Verbesserung des Umweltmanagementsystems an verschiedene Interessenträger, einschließlich Management und Auditoren (LO8) wirksam zu kommunizieren, formulieren und verteidigen,
9. Vorschläge für adaptive Lösungen für gemeinsame Umsetzungsherausforderungen oder Nichtkonformitäten innerhalb eines Umweltmanagementsystems, die Entscheidungen auf der Grundlage von EMAS-, ISO- und EPA-Grundsätzen zu rechtfertigen (LO9).

7.3 Indikativer Lernzeitplan / Lieferzeitplan

A/A	Referat/Abschnitt Titel	Sitzungstyp	Thema / Aktivität	Vorgesehene LOs	Erforderliche Literatur / Materialien	Empfohlene Methoden
1	Was ist EMS? Den Kontext verstehen	Vortrag / Workshop / E-Learning	Was EMS sind, warum sie wichtig sind, EMS in der EU-Nachhaltigkeit und industrielle Symbiose	LO1	EMAS- Benutzerhandbuch (Intro); EPA EMS Übersicht	Interaktive Vorlesung; Kontextkartierung; geführte Diskussion
2	EMS Architektur & Kernkomponenten (EMAS/ISO/EPA)	Vortrag	Struktur des EMS (Politik → Planung → Umsetzung → Überprüfung → Überprüfung); PDCA	LO1	EMAS- Benutzerhandbuch – EMS-Struktur; EPA- Seite „Basic EMS Components“ (Grundlegende EMS- Komponenten)	Systemkartierung; Aufschlüsselung der Komponenten
3	EMAS- Grundlagen (Teil 1)	Vortrag	Was ist EMAS? EMA-S Registrierung; EMAS- Anhang-I-Anforderungen; Mehr-wert über ISO hinaus	LO1, LO2	EMAS-Verordnung (Anhang I)	Geführte Lektüre
4	EMAS- Grundlagen (Teil 2): Aspekte & Auswirkungen	Workshop	EMAS-Anhang-II- Methodik; Bewertung der Signifikanz; Kartierung von Umweltaspekten	LO3, LO6	EMAS-Instrument für Umweltaspekte; EMAS Anhang II	praktische Anwendung des EMAS-Instruments für Aspekte; Signifikanz-Scoring
5	EMAS-Tools: Aspekte, Indikatoren, Daten (Hands-On Lab)	Hands-on- Labor	Verwendung von EMAS- Tools: Aspects Tool, Datenerfassung- stool, Kernindikatoren; Vorbereitung von EMAS- Datensätzen	LO3, LO4, LO5 und LO6	EMAS- Datenerfassungstool; Leitlinien für EMAS- Kernindikatoren	Template-basierte Übungen; Dateninterpretation

A/A	Referat/Abschnitt Titel	Sitzungstyp	Thema / Aktivität	Vorgesehene LOs	Erforderliche Lesungen / Materialien	Empfohlene Methoden
6	ISO 14001 Grundlagen	Vortrag	ISO High Level Structure öffentliche Informationen); Klauselüberblick; risikobasiertes Denken; Unterschiede zu EMAS	LO1, LO2	ISO 14001 Öffentliche Übersicht (iso.org); EPA „ISO- angepasste EMS- Leitlinien“	konzeptioneller Vergleich; Abbildung der ISO-Struktur
7	EPA EMS Schritt- für-Schritt- Anleitung (Praktisches Modul)	Werkstatt / Labor	EPA EMS Schritte 1–9: Politik → Aspekte → Rechtliche Aspekte → Ziele → Umsetzung → Monitoring → Audits → Überprüfung → Verbesserung	LO3, LO5, LO6	EPA EMS- Umsetzungsleitfaden; EPA-Arbeitsblatt	Hands-on Arbeitsblatt Fertigstellung; Szenarioübungen
8	EMAS vs ISO 14001 vs EPA – Unterschiede, Stärken, Werkzeuge	Workshop	Side-by-Side-Vergleich: Anforderungen, Transparenz, Indikatoren, Audits, Dokumentation	LO2, LO8, LO9	EMAS vs ISO- Vergleich (EU); EPA-Seite „EMS- Modelle“	Venn-Diagramm; strukturierter Vergleich; Gruppenanalyse
9	EMAS- Implementierung Schritt für Schritt (Fortgeschritten)	Workshop	Vollständiger EMAS- Workflow: Richtlinien → Aspekte → Compliance → KPIs → Controls → Monitoring → Audit → Erklärung (Anhang IV)	LO4, LO7 und LO9	EMAS Anhang III (Prüfung) & Anhang IV (Erklärung)	Gruppenanalyse
10	Abschluss EMAS- Projekt & Integration	Projekt / Bewertung	Projekt / Bewertung	LO4, LO5, LO6, LO8 und LO9	alle EMAS- Instrumente; EPA EMS Arbeitsblätter	Dokumentationsworkshop

7.4 Lehr-und Lernmethoden

▪ *Lernansatz*

Es wird ein hybrider Lernansatz gewählt, der synchrone und asynchrone Modi kombiniert. Synchrone Sitzungen (Vorträge, Seminare, Workshops) ermöglichen direkte Interaktion, geführte Diskussionen und Problemlösung in Echtzeit. Asynchrones Lernen bietet Flexibilität, indem auf der Lernplattform kuratierte digitale Materialien (EMAS-Benutzerhandbuch, EMAS-Tools, EPA-Arbeitsblätter, öffentliche ISO-Zusammenfassungen) angeboten werden, die ein selbstgesteuertes Lernen ermöglichen.

▪ *Schlüssellehrmethoden*

- Interaktive Vorträge, in denen EMS-Konzepte, EMAS-Struktur, ISO 14001-Grundlagen und EPA-Schritt-für-Schritt-Anleitungen vorgestellt werden.
- Fallbasiertes Lernen, Anwendung von EMAS-Tools auf reale oder realistische Organisationsszenarien.
- Praktische Laborsitzungen mit EMAS Environmental Aspects Tool, EMAS Data Collection Tool, EMAS Core Indicators und EPA-Arbeitsblättern.
- Workshops und Simulationen wie Mock-Audits, Management-Review-Simulationen und die Erstellung von Umwelterklärungen.
- Gruppenarbeit, Unterstützung von Peer Learning durch toolbasierte Aufgaben (Aspektanalyse, KPI-Einstellung, Compliance-Mapping).
- Projektbasiertes Lernen, das in der Entwicklung eines vollständigen EMAS-Minisystems gipfelt.

Diese Methoden kultivieren sowohl konzeptionelles Verständnis als auch praktische Kompetenz in der EMS/EMAS-Implementierung.

▪ *Ansätze und Methoden zur Unterstützung des aktiven Lernens und der praktischen Anwendung von Wissen*

Der Ansatz des synchronen Lernens ist gut geeignet, um ein sofortiges Engagement von Trainern und Studierenden und einen schnelleren Informationsaustausch zu schaffen und so dazu beizutragen, ein Gemeinschaftsgefühl aufzubauen und Missverständnisse zu klären. Darüber hinaus ist der asynchrone Lernansatz flexibler. Es ermöglicht den Schülern mehr Zeit, Material zu erforschen und sich mit ihm zu beschäftigen, und ermöglicht den Zugang zu einem breiteren Spektrum von Studierenden.

7.5 Bewertungsmethoden & Evidenz

Bewertungskomponenten & Nachweis der Erreichung von Lernergebnissen

Sie bestehen aus:

- *Beteiligung und Engagement (Gewicht 10%),*
- *ein praktisches Gruppenprojekt (Gewicht 30%) und*

- eine schriftliche Abschlussprüfung (Gewicht 60%).

Die Teilnahme spiegelt die aktive Beteiligung der Studierenden an Vorlesungen, Seminaren, Workshops und werkzeuggestützten Übungen wider, bei denen offizielle EMAS-Tools und EPA-EMS-Arbeitsblätter verwendet werden. Das Gruppenprojekt erfordert, dass die Studierenden gemeinsam ein prägnantes EMAS-Minisystem für eine reale oder hypothetische Organisation entwerfen und dabei Schlüsselemente anwenden, die in den 10 Einheiten eingeführt wurden, wobei die Flexibilität in Struktur und Tiefe je nach dem spezifischen organisatorischen Kontext, den sie wählen, beibehalten wird. Die abschließende schriftliche Prüfung bewertet das Verständnis der Studierenden für EMS- und EMAS-Grundsätze, ISO 14001-Grundlagen (unter Verwendung öffentlich zugänglicher Quellen), die Unterscheidung zwischen EMAS-ISO-EPA-Modellen und ihre Fähigkeit, Szenarien zu analysieren oder Umweltaspekte, Indikatoren oder Compliance-Daten zu interpretieren. Zusammen stellen diese Komponenten sicher, dass die Studierenden sowohl theoretisches Wissen als auch praktische Kompetenz bei der Implementierung von EMS / EMS-Kernprozessen nachweisen.

7.6 Bibliographie & Werkzeuge

7.6.1 Erforderlich

European Commission. (n.d.). *EMAS User's Guide*. https://green-forum.ec.europa.eu/publications/emas-users-guide-0_en

European Commission. (2009). *Regulation (EC) No 1221/2009 on the voluntary participation by organisations in a Community eco-management and audit scheme (EMAS)*. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2009/1221/oj/eng>

European Commission. (2017). *EMAS Environmental Aspects Tool*. https://green-forum.ec.europa.eu/publications/environmental-aspects-tool_en

European Commission. (2017). *EMAS Data Collection Tool*. https://green-forum.ec.europa.eu/publications/data-collection-tool_en

European Commission. (2017). *EMAS Easy – Step-by-step Guidance for SMEs*. https://green-forum.ec.europa.eu/publications/emas-easy_en

U.S. Environmental Protection Agency. (2025). *EMS Implementation Guide*. <https://www.epa.gov/ems/plan-initial-development-ems>

International Organization for Standardization. (2015). *ISO 14001 — Environmental Management Systems (Public Overview)*. <https://www.iso.org/standard/60857.html>

Additionally, students are required to study all educational materials (lectures, presentations, notes, worksheets, and supplementary documents) uploaded by the instructor on the course platform, as they form an integral part of the module's core learning resources.

7.6.2 Empfohlen



European Commission. (2023). *EMAS – Tools. Green Forum: Green Business*. Retrieved November 18, 2025. https://green-forum.ec.europa.eu/green-business/emas/emas-resources/emas-tools_en

U.S. Environmental Protection Agency. (n.d.). *EMS Case Studies*. <https://www.epa.gov/sustainability/case-studies-and-best-practices>

Teil B

7 Lehrpläne für Berufsbildungsmodule

1. Kurze Syllabus-Vorlage – Berufsbildung (EQR5)

Titel des Moduls: Framework für die industrielle Symbiose (IS)

EQR-Niveau: 5

ECVET-Gutschriften: 2 bis 3 ECVET

Gesamtarbeitslast (Stunden): 50-75

- Kontaktzeiten (Inputs, Seminare, Workshops, etc.). 42- 56 Stunden
- Geführtes Selbststudium: 4-9
- Projektarbeit: 4-10

Liefernde Einrichtung: MOGENSEN LENE (IDDK), Dänemark.

1.1 Modulübersicht

Dieses Modul führt die Lernenden in die grundlegenden Konzepte und praktischen Anwendungen der **Kreislaufwirtschaft (CE)** und der **industriellen Symbiose (IS)** im Kontext von Produktion und Fertigung ein.

Es ist speziell für Manager, Koordinatoren und Moderatoren in der Kreislaufwirtschaft und Industriesymbiose-Initiativen konzipiert und rüstet sie mit wesentlichen Führungskompetenzen aus.

Dieses Modul führt die Lernenden in die industrielle Symbiose (IS) aus einer praktischen und menschenzentrierten Perspektive der beruflichen Aus- und Weiterbildung ein. Er befasst sich mit den Kompetenzen, die für einen CE/IS-Manager/Vermittler erforderlich sind. Darüber hinaus zielt das Modul darauf ab, das Verständnis von IS im Alltag zu verbessern, Stakeholder durch Dialog einzubeziehen, kulturelle Enabler und Barrieren zu erkennen und Innovationen in Teams und Netzwerken zu unterstützen. Der Schwerpunkt liegt auf einführenden Fähigkeiten, die in realen organisatorischen Kontexten geerdet sind.

Es dient als grundlegender Bestandteil des SymbioTech-Schulungspfads und bereitet die Teilnehmer auf die nächsten Module zu digitalen industriellen Symbiose- und Umweltmanagementsystemen vor.

Ein allgemeines Verständnis von Nachhaltigkeit oder Industriebetrieben ist hilfreich, aber nicht erforderlich. Grundlegende analytische Fähigkeiten und ein Interesse an kollaborativer Problemlösung unterstützen die effektive Auseinandersetzung mit den theoretischen und praktischen Komponenten des Moduls.

Nach der Fertigstellung werden SymbioTech-Manager und -Moderatoren in der Lage sein, Material- und Energieflüsse in Industrieanlagen zu beobachten, zu dokumentieren und zu analysieren sowie Innovationen in verschiedenen Teams und Netzwerken zu ermöglichen.

1.2 Lernergebnisse (LOs)

Die angestrebten Lernergebnisse sind in die drei EQR-Bereiche unterteilt:

▪ **Wissen.** *Die Studierenden werden:*

1. die Prinzipien der industriellen Symbiosen (IS) und der Kreislaufwirtschaft (CE) (LO1) verstehen,
2. über ein Verständnis der typischen Ressourcen-, Energie-, Wasser- und Materialflüsse in kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) (LO2) verfügen,
3. über Kenntnisse der Enabler und Barrieren des IS (organisatorisch, kulturell, regulativ) (LO3) verfügen,
4. die Rolle und Kernkompetenzen von IS-Moderatoren, IS-Managern, Teamleitern usw. (LO4) zu kennen,
5. Kenntnisse in der Moderation von interdisziplinären Teams mit hoher Diversität sowie in innovativen Prozessen (LO5) erwerben.

▪ **Fähigkeiten.** *Studierende können:*

6. Material-/Energieflüsse mit einfachen Werkzeugen (SankeyMATIC) (LO6) identifizieren und dokumentieren,
7. Kultureller, organisatorischer und regulatorischer Enabler und Barrieren in ihrem eigenen Kontext (LO7) identifizieren,
8. Kernkompetenzen anerkennen, die für die Verwaltung und/oder Erleichterung des IS (LO8) erforderlich sind,
9. Vertrauen und Verständnis in interdisziplinären und vielfältigen Teams aufbauen (LO9),
10. Einfache innovative und ideengenerierende Prozesse innerhalb von Teams und Netzwerken erleichtern (LO10).

▪ **Kompetenzen (Autonomie & Verantwortung).** *Die Studierenden sind in der Lage:*

11. Verantwortung für IS-Explorationsaufgaben im Frühstadium zu übernehmen (LO11)
12. auf organisatorischer Ebene mit Enablern und Barrieren zusammenzuarbeiten, um Führungskräfte bei der Entscheidungsfindung zu unterstützen (LO12),
13. Die eigenen Kompetenzen als IS-Manager/-Vermittler durch reflektierende Praxis ständig zu verbessern (LO13),
14. Bedeutungsfindungsprozessen intern und innerhalb von IS-Netzwerken zu erleichtern, die sich durch hohe Vielfalt auszeichnen (LO14),
15. Ausgewogenheit zwischen Vielfalt und psychologischer Sicherheit zu erreichen, um Innovation und Ideenfindung zu gewährleisten (LO15).

1.3 Indikativer Lernplan/Lieferzeitplan

A/A	Referat/Abschnitt Titel	Sitzungstyp	Thema / Aktivität	Vorgesehene LOs	Erforderliche Literatur / Materialien	Empfohlene Methoden
1	Einführung in IS und CE und seine Geschichte. Einführung in die Kartierung von Energie- und Materialflüssen	Input Workshop	Übersicht über Circular Economy & Industrial Symbiosis, IS-Definition. Vom IS-Fall von Kalundborg in den 1960er Jahren bis zum digitalen IS der 2020er Jahre. Kartierung von Energie- und Materialfluss mit Sankey MATIC	LO1, LO2, LO6, LO11	Nolan (2020) SankeyMATIC Software-Tutorials QGIS Software-Tutorials	Interaktiver Input mit geführter Diskussion zu I-, CE- und Nachhaltigkeitsstudien. Fallstudien mit Erfolg und Misserfolg von IS Interaktiver Input zur Kartierung von Energie- und Materialflüssen Anleitung zur Hauszuweisung (SankeyMATIC Mapping von Energie- und Materialflüssen)
2	Förderer und Hemmnisse, Verständnis des organisatorischen und kulturellen Kontexts, der EU-Politik und der Finanzierungsmöglichkeiten	Input Workshop	Ein erster Blick auf den menschlichen Faktor, der SI möglich macht. Verständnis der Organisationskultur sowie der nationalen Kultur und wie sie mit den Grundprinzipien von SI interagiert. Kenntnis der EU- und nationalen Politik sowie der Finanzierungsmöglichkeiten	LO3, LO7, LO12	Mathews (2024) - Wer hat geschrieben? Europäischer Green-Deal IS-Fallstudien	Präsentation der Hausaufgabe, Interaktive Beiträge zur organisatorischen und nationalen Kultur, gefolgt von Gruppendiskussionen über eigene Fälle Seminarbasierte Einführung in EU-Rechtsvorschriften und Finanzierungsmöglichkeiten Gruppenarbeit zum eigenen legislativen und finanziellen Kontext. Präsentation der Gruppenarbeit.

A/A	Referat/Abschnitt Titel	Sitzungstyp	Thema / Aktivität	Vorgesehene LOs	Erforderliche Literatur / Materialien	Empfohlene Methoden
3	IS-Manager und Moderator Kompetenzen, Rolle und Verantwortlichkeiten. Kartierung interner und externer Stakeholder	Input Workshop	Weiterer Blick auf den menschlichen Faktor von SI. Identifizierung unterschiedlicher organisatorischer Rollen innerhalb der SI sowie der für jede Rolle erforderlichen Kompetenzen. Darüber hinaus eine erste Kartierung potenzieller Partner. Wann die verschiedenen Kompetenzen als Verkäufer, Netzwerker, Manager, Projektmanager, Fundraiser, Facilitator anzuwenden sind. Selbstreflexion: Bin ich die richtige Person in der richtigen Position und was muss ich entwickeln?	LO4, LO8 und LO13	Lasthein et al. (2021) Mortensen & Kørnøv (2019) - Wer hat geschrieben?	Interaktiver Input zu IS- Rollen und verbundenen Kompetenzen. Gruppenarbeit zur Kartierung verschiedener Positionen innerhalb und außerhalb der Organisation in Bezug auf IS sowie Auswirkungen auf verschiedene Teile der Organisation. Gruppenprojektpräsentation Selbstreflexion auf eigene IS-Kompetenzen.

A/A	Referat/Abschnitt Titel	Sitzungstyp	Thema / Aktivität	Vorgesehene LOs	Erforderliche Literatur / Materialien	Empfohlene Methoden
4	Inklusion, Vielfalt und psychologische Sicherheit. Förderung des interdisziplinären Dialogs	Input Workshop	Förderung von Teams und Gruppen im IS-Kontext. Verständnis der Bedeutung der Vielfalt der Berufe, des Geschlechts, des Alters usw. sowie der psychologischen Sicherheit. Grundlegende Dialog- und Vermittlungsfähigkeiten üben, Verständnis aufbauen sowie Out-of- the-Box-Denken ermöglichen	LO5, LO9 und LO14	Edmonson & Roloff (2009) - Wer hat geschrieben? Gallo (2023) Kepinski und Nielsen (2022) Die Schöne und das Biest (2014) Rock et al. (2016)	Interaktive Beiträge zur Erleichterung von Teams und Netzwerken. Hands-on Session (konkrete Übungen und Rollenspiele). Feedback vom Kursleiter. Anleitung zur mündlichen Prüfung.
5	Förderung von Innovationen Bewertung	Input Workshop	Inkrementelle vs. radikale Innovation verstehen Faktoren, die Innovation ermöglichen Förderung innovativer Prozesse intern innerhalb der Organisation und extern innerhalb des Netzwerks	LO5, LO10, LO15	Die Schöne und das Biest (2001) Høyrup (2010) - Wer hat geschrieben?	Interaktive Beiträge zur Innovation und zur Erleichterung der Innovation in Teams. Hands-on Session (konkrete Übungen und Rollenspiele). Feedback vom Kursleiter. Mündliche Prüfung.

1.4 Lehr-und Lernmethoden

▪ *Lernansatz*

Die Module werden in erster Linie auf Face-to-Face-Lernen basieren und durch Aufgaben ergänzt, die zwischen den Modulen, hauptsächlich innerhalb der eigenen Organisation, durchzuführen sind. Der Face-to-Face-Ansatz ermöglicht es den Lernenden, die am Arbeitsplatz benötigten Kompetenzen zu entwickeln und direktes Feedback von Kollegen und dem Trainer zu ihrer Leistung zu erhalten.

Das Modul wird durch eine digitale Plattform für asynchrones Lernen unterstützt, auf der die Lernenden auf Materialien zugreifen können, die von den Trainern zur Verfügung gestellt werden. Das Material auf der digitalen Plattform wird in erster Linie aus Literatur und Präsentationen bestehen, die theoretische Fragen beschreiben.

▪ *Schlüssellehrmethoden*

In den Modulen werden mehrere wichtige Lehrmethoden verwendet, wie interaktive Inputs mit geführten Diskussionen, Fallstudien, Gruppendiskussionen, Gruppenprojekten, Rollenspielen und Simulationen, individuelle Reflexionen und Aufgaben, die zwischen den Modulen innerhalb der eigenen Organisation durchgeführt werden.

▪ *Ansätze und Methoden zur Unterstützung des aktiven Lernens und der praktischen Anwendung von Wissen*

Face-to-Face-Lernen ist gut geeignet, um das Engagement zwischen Trainern und Lernenden zu schaffen und sicherzustellen, dass die Theorie in der täglichen Arbeitspraxis als relevant angesehen wird. Trotz der theoretischen Grundlagen wird die Ausbildung sehr praktisch sein. Der Kurs besteht aus einer Mischung aus kurzen theoretischen Inputs, konkreten Übungen und Gruppendiskussionen. Die Beiträge werden theoretisches Wissen für ein umfassendes Verständnis der IS-Prinzipien, -Elemente und -Praktiken vermitteln. Es wird angenommen, dass der einzige Weg zu lernen, IS-Prozesse zu erleichtern, darin besteht, die Theorie mit den konkreten Realitäten in den verschiedenen Organisationen in Verbindung zu bringen, die Werkzeuge im wirklichen Leben auszuprobieren und eigene Erfahrungen zu sammeln, darüber nachzudenken. Ausgangspunkt für Input und Diskussionen werden somit die Arbeitsherausforderungen und -fragen sein, die die Gruppe in den Raum bringt. Ebenso enden die Module mit konkreten Aufgaben, die die Lernenden dabei unterstützen, neue Ideen zu Hause auszuprobieren. Darüber hinaus ermöglichen persönliches Lernen in Kombination mit Gruppendiskussionen, Rollenspielen und Simulationen den Lernenden, eine Gemeinschaft zu bilden, in der Peer-Learning stattfinden kann. Es wird die Rolle des Moderators sein, dafür zu sorgen, dass verschiedene Stimmen und Stimmen in den Raum gebracht werden, die die Komplexität von IS-Themen aus der Perspektive verschiedener Geschlechter, Altersgruppen, Berufe, kultureller Hintergründe usw. zeigen.

77

1.5 Bewertungsmethoden & Evidenz

Das Modul verwendet eine gemischte Bewertungsstrategie, die die aktive Beteiligung und das Engagement der Lernenden, die Präsentation von Gruppenprojekten und die mündliche Prüfung

kombiniert, um sowohl das theoretische Wissen der Lernenden über das IS-Konzept als auch ihre praktische Fähigkeit zur Entwicklung nachhaltiger IS-Rahmen zu bewerten und den Dialog zwischen einer Vielzahl von Interessenträgern zu erleichtern. Die Bewertung wird nicht nur summativ (endgültig benotete Einreichungen), sondern auch formativ (laufende Teilnahme und Feedback von Kollegen und Trainern während aller wichtigen Lehrmethoden) sein, um den Lernfortschritt zu unterstützen.

Bewertungskomponenten:

- *Partizipation & Engagement (Gewicht 40%).* Aktive Teilnahme an allen Lehrmethoden wie Inputs, Diskussionen im Plenum, Rollenspiele und Simulationen
- *Gruppen- und Einzelprojektpräsentation (Gewicht 30%).* Präsentation der Gruppenarbeit während der Module sowie Präsentation der einzelnen Aufgaben, die zwischen den Modulen durchgeführt werden.
- *Endgültige mündliche Prüfung (Gewicht 30%).* Es wird eine mündliche Abschlussprüfung geben, um zu bewerten, ob der Lernende das Lernen des Moduls erreicht hat, indem er es mit dem eigenen organisatorischen Kontext in Verbindung bringt, einschließlich eines Plans für die eigene Entwicklung als IS-Manager oder Moderator. Die Prüfung testet theoretisches Wissen, politisches Verständnis sowie praktische Kompetenzen.

1.6 Bibliographie & Tools

1.6.1 Erforderlich

Darsø, L. (2001) *Innovation in the Making*. Samfundslitteratur

Edmonson, A. & Roloff, K. (2009). Leveraging diversity through Psychological Safety. *Rotman Magazine*, Fall 2009

https://scholar.harvard.edu/files/afriberg/files/leveraging_diversity_through_psychological_safety_hbs_article.pdf

European Green Deal. Available at: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en

Gallo, A. (2023) What is Psychological safety? *Havard Business Review*, February, 2023 <https://hbr.org/2023/02/what-is-psychological-safety>

Høyrup, S. (2010) Employee-driven innovation and workplace learning: Basic concepts, approaches and themes. In: *Transfer European Review of Labour and Research* 16(2):143-154

Kepinski, L. & Nielsen, T. C. *Inclusion Nudges. A short introduction to this change approach.* <https://inclusion-nudges.org/wp-content/uploads/2022/08/Inclusion-Nudges-Free-Quick-Guide.pdf>

Lasthein, M.K.; Lingås, D.B.; Johansen, L.M. (eds) (2021). *Guide for Industrial Symbiosis Facilitators.* Transition Aps. Chrome extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.symbiosis.dk/wp-content/uploads/2021/03/Guide-for-IS-facilitators_online2.pdf



Mathews, S. (2024) Metaphors of Organizations: Beyond the Machine. <https://www.leadingapiens.com/metaphors-of-organization/>

Mortensen, L. & Kørnøv, L. (2019) Critical factors for industrial symbiosis emergence process. In: *Journal of cleaner production*, 212, 56-69. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652618336254>

Nolan, S (ed) (2020) *Quick Guides. Helping industries increase efficiency through resources sharing.* SCALER. [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/2025-09/SCALER-Quick-Guides.pdf](https://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/2025-09/SCALER-Quick-Guides.pdf)

Pentland, S. (2012). The New Science of Building Great Teams. *Harvard Business Review*, April 2012 <https://hbr.org/2012/04/the-new-science-of-building-great-teams>

QGIS Software tutorials. Available at: https://docs.qgis.org/3.40/en/docs/training_manual/index.html

Rock, D., Halvorsen, H.G. & Grey, J. (2016) Diverse Teams Feel Less Comfortable – and That’s Why they perform better. *Harvard Business Review*, September 2016. <https://hbr.org/2016/09/diverse-teams-feel-less-comfortable-and-thats-why-they-perform-better>

SankeyMATIC Software tutorials. Available at: <https://sankeymatic.com/manual/>

Uzzi, B. (1997) Social Structure and Competition in Interfirm Networks: The Paradox of Embeddedness. In: *Administrative Science Quarterly*, 35-67

Vestergaard, B. (2012). Managing an unpopular change effort. In: *Harvard Business Review*, December 5, 2012

1.6.2 Empfohlen

Coleman, J. (2013) Six components of great corporate culture. In: *Harvard Business Review*, May 6, 2013

Fraccascia, L. & Giannoccaro, I. (2020). What, where, and how measuring industrial symbiosis: A reasoned taxonomy of relevant indicators. In: *Resources, conservation and recycling* 157, 104799.

McKinsey & Company: How to beat the transformation odds. https://www.mckinsey.com/mm/~media/mckinsey/business%20functions/people%20and%20organizational%20performance/our%20insights/how%20to%20beat%20the%20transformation%20odds/how_to_beat_the_transformation_odds.pdf

Neves, A., Godina, R., Azevedo, S. G., & Matias, J. C. O. (2020). A comprehensive review of industrial symbiosis. *Journal of Cleaner Production*, 247, 119113. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119113>

Placuzzi, V., Zanotti, G. (2019). *Towards an industrial symbiosis in the Emilia-Romagna region (Italy): A Study on the Main Barriers to Industrial Symbiosis in the Italian Context.*
<https://research.cbs.dk/en/studentProjects/towards-an-industrial-symbiosis-in-the-emilia-romagna-region-ital/>

S

2. Kurze Syllabus-Vorlage – Berufsbildung (EQR5)

Titel des Moduls: Grundsätze des Life Cycle Assessment zur Bewertung des ökologischen Nutzens und der Nachteile der Ressourcenteilung

EQR-Niveau: 5

ECVET-Gutschriften: 2 bis 3 ECVET

Gesamtarbeitslast (Stunden): 50-75

- Kontaktzeiten (Inputs, Seminare, Workshops, etc.). 42- 56 Stunden
- Geführtes Selbststudium: 4-9
- Projektarbeit: 4-10

Liefernde Einrichtung: KAMMER FÜR HANDEL UND INDUSTRIE VRATSA SDRUZHENIE (CCI VRATSA), Bulgarien.

2.1 Modulübersicht

Dieses Modul vermittelt den Lernenden die wesentlichen Kenntnisse und praktischen Fähigkeiten, um Life Cycle Assessment (LCA) als Entscheidungsunterstützungsinstrument im Kontext der Kreislaufwirtschaft (CE) und der industriellen Symbiose (IS) anzuwenden. Es führt das Lebenszyklusdenken und den Stand der Technik bei LCA-Anwendungen ein, gefolgt von einem Überblick über die ISO 14000-Familie von Umweltmanagementnormen und einer gezielten Einführung in die ISO 14040/14044-Methodik und wichtige Nachhaltigkeitsindikatoren wie den Umweltfußabdruck (EF 3.1), die Lebenszykluskostenrechnung (LCC) und die soziale LCA.

Das Modul wird in einem intensiven 4- bis 5-wöchigen gemischten Format angeboten und kombiniert Präsenzworkshops, Online-Seminare, E-Learning und betreute Projektarbeit. Die Teilnehmer lernen, Umweltauswirkungen mithilfe von openLCA zu modellieren und zu interpretieren, Kompromisse zu bewerten und Verbesserungsmöglichkeiten in allen Produktsystemen zu identifizieren. Das Modul verknüpft das Lebenszyklusdenken mit umfassenderen Nachhaltigkeitsrahmen, einschließlich des europäischen Grünen Deals und der Ziele der Vereinten Nationen für nachhaltige Entwicklung.

Die Lernenden entwickeln Systemdenken, ethisches Bewusstsein und Kommunikationsfähigkeiten. Es ist kein vorheriger Modulabschluss erforderlich, obwohl grundlegende Kenntnisse in Nachhaltigkeit oder industriellen Prozessen von Vorteil sind.

Am Ende des Moduls können die Teilnehmer unabhängig eine vereinfachte Ökobilanz durchführen, die Nachhaltigkeitsberichterstattung unterstützen und zu einer fundierten Entscheidungsfindung in KMU- und CE/IS-Umgebungen beitragen. Die Lernergebnisse stimmen mit den ESCO- und GreenComp-Kompetenzen überein.

81

2.2 Lernergebnisse (LOs)

Die angestrebten Lernergebnisse gliedern sich in die drei EQR-Bereiche Wissen, Kompetenzen und Kompetenzen (Autonomie & Verantwortung):

▪ **Wissen.** Die Studierenden werden:

1. die vier Phasen einer Ökobilanz gemäß ISO 14040/14044 (Ziel- und Geltungsbereichsdefinition, Lebenszyklusinventar, Lebenszyklus-Folgenabschätzung, Interpretation) (LO1) verstehen,
2. die Struktur und den Zweck der wichtigsten Umweltindikatoren (z. B. EF 3.1-Methodik) und ihre Rolle bei der Entscheidungsfindung in Führungspositionen und der Nachhaltigkeitsberichterstattung (LO2) verstehen,
3. die Funktionsweise der lokalen und regionalen Gebietskörperschaften im Rahmen umfassenderer Nachhaltigkeitsstrategien (z. B. Modelle der Kreislaufwirtschaft und die Ziele für nachhaltige Entwicklung) erkennen und die Zusammenhänge zwischen den Rahmen für die Kreislaufwirtschaft, den Zielen für nachhaltige Entwicklung und dem Lebenszyklusdenken (LO3) erläutern,
4. ökologische, wirtschaftliche und soziale Leistungsindikatoren mithilfe von auf Ökobilanzen basierenden Instrumenten interpretieren, um die Nachhaltigkeitsauswirkungen von Produkten oder Prozessen zu vergleichen (LO4),
5. die politische Relevanz der Ergebnisse der lokalen und regionalen Gebietskörperschaften ermitteln, insbesondere im Zusammenhang mit dem europäischen Grünen Deal und dem EU-Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft (LO5).

82

▪ **Fähigkeiten.** Studierende können:

6. Die notwendigen Daten (z. B. Stücklisten und Prozessdaten) für die Erstellung eines LCA-Modells zur Sicherstellung der Datenqualität und -vollständigkeit sammeln und organisieren (LO6),
7. Die openLCA-Software zur Durchführung von Lebenszyklusbewertungen betreiben – einschließlich der Verwendung des Assistenten „Quick LCA“ für vereinfachte Fälle – und Modellszenarien für die Kreislaufwirtschaft oder industrielle Symbiose zur Bewertung der Umweltauswirkungen (LO7),
8. Die LCA-Ergebnisse zur Unterstützung einer nachhaltigen Produktions- und Geschäftsentscheidungsfindung, Ermittlung von Hotspots und Verbesserungsmöglichkeiten (LO8) analysieren und interpretieren,
9. Grundlegende Life Cycle Costing (LCC)- und Social LCA (S-LCA)-Ansätze zur Bewertung der wirtschaftlichen und sozialen Dimension neben den Umweltauswirkungen für eine ganzheitlichere Nachhaltigkeitsbewertung einbeziehen (LO9),
10. Technische LCA-Ergebnisse in klare visuelle und verbale Kommunikation übersetzen (Berichte, Präsentationen), die auf verschiedene Stakeholder und Entscheidungsträger zugeschnitten sind (LO10).

- **Kompetenzen (Autonomie & Verantwortung).** Die Studierenden sind in der Lage:
 11. unabhängig und methodisch an LCA-Aufgaben zu arbeiten und die Verantwortung für die Genauigkeit der Daten, die richtige Methodik und die korrekte Interpretation der Ergebnisse zu übernehmen (LO11),
 12. Initiative zu ergreifen, um LCA-Erkenntnisse im Rahmen umfassenderer Nachhaltigkeits- und Geschäftsziele zu kontextualisieren und Möglichkeiten zu identifizieren, LCA bei organisatorischen Verbesserungs- und Compliance-Bemühungen (LO12) zu nutzen,
 13. LCA-Ergebnissen auf verantwortungsvolle und transparente Weise zu kommunizieren, wobei Unsicherheiten, Einschränkungen und Systemgrenzen der Analyse klar anerkannt werden (LO13),
 14. Systemdenken und ethischem Bewusstsein bei der Bewertung ökologischer, wirtschaftlicher und sozialer Auswirkungen unter Berücksichtigung des miteinander verbundenen Charakters von Nachhaltigkeitsherausforderungen zu demonstrieren (LO14),
 15. Überlegungen zu Kompromissen, Perspektiven der Interessenträger und Wertkonflikten im Zusammenhang mit Übergängen in der Kreislaufwirtschaft anzustellen und diese Faktoren bei der Abgabe von Empfehlungen auszugleichen (LO15).

2.3 Indikativer Lernplan / Lieferplan

A/A	Referat/Abschnitt Titel	Sitzungstyp	Thema / Aktivität	Vorgesehene LOs	Erforderliche Literatur / Materialien	Empfohlene Methoden
1	Grundlagen von LCA & CE/IS	Physisch, Bootcamp	Lebenszyklusdenken und Nachhaltigkeitskontext; Ökobilanz in der Kreislaufwirtschaft und Industriesymbiose; aktuelle politische und industrielle Anwendungen; Rahmen ISO 14000 und ISO 14040/14044; LCA-Prinzipien, Funktionseinheiten und Systemgrenzen.	LO1, LO3, LO5, LO14	ISO 14000- Familienübersicht (ausgewählte Auszüge); Auszüge nach ISO 14040/44; Grüner Deal der Europäischen Kommission	Interaktiver Vortrag, geführte Diskussion, Software-Demo, praktische Übung.
2	Datenerfassung & LCI Modellierung	Online- Seminar, E- Learning, Mentoring	BoM & LCI- Datenerfassung; Datenqualität; LCI- Datenbanken; Bauproduktssysteme in openLCA; Beseitigung von Datenlücken	LO6, LO7 und LO11	Meldebogen für die Beschwerdekammern; LCI-Tutorials; Beispiele für Datensätze; openLCA Anfängerhandbuch	Selbstständiges Lernen, Arbeitsplatzzuweisung, Mentoren-Check-ins.
3	LCIA & Verdolmetschung	Live Webinar + Angewandte Praxis	EF 3.1-Methode; Midpoint-/Endpoint- Indikatoren; LCIA- Ausführung; Hotspot- Analyse; zirkulärer vs. linearer Szenariovergleich; Einführung in LCC und S-LCA	LO2, LO4, LO8, LO9, LO12 und LO15	EF 3.1- Methodendokumente; Valdivia et al. (2021)	Software-Durchlauf; Fallstudienanalyse; Peer- Diskussion.

A/A	Referat/Abschnitt Titel	Sitzungstyp	Thema / Aktivität	Vorgesehene LOs	Erforderliche Literatur / Materialien	Empfohlene Methoden
4	LCA Projektentwicklung & Peer Review	Mentoring- Projektarbeit + Online- Workshop	Finalisierung des LCA- Modells; Interpretation der Ergebnisse; Verbesserungsmöglichkeiten; Erstellung einer 5-Schiebe- Zusammenfassung; Peer- Review-Sitzung	LO4, LO8, LO10, LO11, LO12, LO13 und LO15	Verdolmetschungsvorlage; Checkliste für Präsentationen	Unabhängige Projektarbeit; Mentorensitzungen; strukturiertes Peer- Feedback.
5	Endgültige Bewertung	Hybridbewertung	Vorlage von Modell & Bericht; abschließende Präsentation; Mündliche Verteidigung	LO10, LO11, LO12, LO13, LO14, LO15	LCA-Modelldatei; Schiebedeck; Bewertungsrubrik	Summative Bewertung; mündliche Prüfung.

2.4 Lehr-und Lernmethoden

Dieses Modul wird in einem gemischten Format angeboten, das ein erstes persönliches Bootcamp, Online-Seminare, E-Learning und betreute Projektarbeit integriert. Der pädagogische Ansatz betont aktives, praxisorientiertes Lernen durch interaktive Vorträge, geführte Diskussionen, praktische Schulungen in openLCA und Fallstudien aus der Praxis. Die Lernenden absolvieren ein angewandtes LCA-Projekt und erhalten wöchentlich Mentorenunterstützung.

Dieser gemischte, angewandte Ansatz baut die Autonomie, Problemlösungsfähigkeiten und analytischen Kompetenzen auf, die auf EQR-Stufe 5 erwartet werden.

Das Modul folgt inklusiven Lehrprinzipien und gewährleistet die Zugänglichkeit digitaler Materialien, Bewertungen und Lernaktivitäten.

2.5 Bewertungsmethoden & Evidenz

Die Bewertung in diesem Modul ist in die praktische Projektarbeit integriert, um die Erreichung von Lernergebnissen authentisch zu bewerten. Die Bewertungsstrategie umfasst sowohl formative als auch summative Komponenten, wobei der Schwerpunkt auf dem Nachweis realer LCA-Kompetenzen liegt:

Formative Bewertung: Während des gesamten Moduls erhalten die Lernenden fortlaufendes Feedback zu ihren Fortschritten. Mentoren überprüfen Arbeitsentwürfe (wie LCA-Scope-Definitionen, Zwischendatensätze und vorläufige Ergebnisse) und geben Orientierungshilfen. Die Peer-Feedback-Sitzung in Woche 9 ist auch eine prägende Gelegenheit für die Lernenden, ihre Präsentationen zu verfeinern und ihr Verständnis in einem Low-Stakes-Setting zu vertiefen. Während formative Aktivitäten nicht bewertet werden, sind sie für das Lernen und die Vorbereitung von entscheidender Bedeutung.

Summative Bewertung: Die formale Bewertung findet in Woche 10 statt und besteht aus drei Teilen:

- *Einreichung des LCA-Projekts (Gewichtung ca. 50 %):* Jeder Lernende reicht ein vollständiges LCA-Projektdossier ein. Dazu gehört die openLCA-Projektdatensatz (oder das exportierte Paket) mit einem vollständig definierten Modell (Dokumentation der Funktionseinheit, der Systemgrenze, der Bestandsdaten, der gewählten Folgenabschätzungsmethode und etwaiger Annahmen). Ein kurzer schriftlicher Bericht oder kommentierte Präsentationsfolien, in denen der Umfang, die Methodik und die wichtigsten Ergebnisse der Studie zusammengefasst sind, können dem Modell beigelegt werden. Mit dieser Komponente wird die technische Fähigkeit des Lernenden bewertet, eine LCA durchzuführen und die erforderliche Dokumentation zu erstellen.
- *Präsentation (ca. 20%):* Die Lernenden liefern eine prägnante **Präsentation** (ca. 5 Folien), die das LCA-Projekt an ein Publikum kommuniziert. Damit wird die Fähigkeit getestet, Informationen klar zu destillieren und darzustellen, und zwar in Bezug auf Ziel und Umfang, wichtige Ergebnisse (z. B. Beitragende mit den größten Auswirkungen), Interpretationen einschließlich etwaiger Vergleiche oder Verbesserungsszenarien und praktische

Empfehlungen. Kommunikationsklarheit, visuelle Effektivität und Fokussierung auf entscheidungsrelevante Erkenntnisse werden hier evaluiert.

- *Mündliche Verteidigung (ca. 30%)*: Unmittelbar nach der Präsentation nehmen die Lernenden an einer **mündlichen Prüfung** teil (strukturiertes Q&A oder „viva voce“). Der Assessor untersucht das Verständnis der Lernenden für ihre Arbeit: Bitte um Begründung von Entscheidungen (z. B. warum bestimmte Daten, Wirkungsmethoden oder Annahmen verwendet wurden), Interpretation spezifischer Ergebnisse (insbesondere in Bezug auf EF 3.1-Wirkungskategorien) und Auswirkungen von Feststellungen. Die Lernenden können auch nach den Einschränkungen ihrer Studie gefragt werden und wie sie mit Unsicherheiten umgegangen sind (Adressierung von LO13). Diese Komponente bewertet die Tiefe des Verständnisses, das kritische Denken und die Fähigkeit, die Arbeit zu artikulieren und zu verteidigen – Schlüsselkompetenzen im EQR5.

Gegebenenfalls kann auch ein Peer-Feedback-Element (nicht benotet) verwendet werden, bei dem Mitlernende für jede Präsentation ein Feedback-Formular oder eine Rubrik ausfüllen. Dies fördert eine reflektierende Praxis, wirkt sich aber nicht direkt auf die Noten aus.

Nachweise für die Bewertung: Um das Modul erfolgreich zu bestehen, müssen die Lernenden **einen greifbaren Nachweis** ihrer Kompetenzen erbringen. Dazu gehören:

- Die *openLCA-Modelldatei* (oder das exportierte Archiv), die alle Modelldaten enthält und die korrekte Einrichtung und Ausführung einer LCA-Studie demonstriert.
- Eine *Präsentationsdatei* (PDF mit Folien oder Berichten), die den LCA-Prozess und die Ergebnisse kurz und bündig kommuniziert.
- Eine *Aufzeichnung oder Live-Beobachtung* der mündlichen Verteidigung, die die Erklärungs- und Argumentationsfähigkeiten des Lernenden belegt.
- Eine ausgefüllte *Bewertungsrubrik* oder ein Bewertungsformular des Dozenten, in dem die Leistung anhand jedes Kriteriums dokumentiert wird (z. B. technische Genauigkeit, Anwendung von Standards, Kommunikationsqualität und analytische Einsicht).
- (Optional) *Peer-Feedback-Formulare* oder Selbstreflexionsnotizen des Lernenden, die im Lernprozess verwendet werden und als Teil eines Portfolios aufgenommen werden können.

Sowohl das Projektartefakt als auch die mündliche Ausführung müssen Mindestqualitätsstandards erfüllen. Die Einstufungsrubrik ist auf die Lernergebnisse abgestimmt, um Fairness und Transparenz zu gewährleisten. Die Lernenden müssen Kompetenz in jedem wichtigen Bereich (technische LCA-Kenntnisse, Analyse/Interpretation und Kommunikation) nachweisen, um die vollen 3 ECVET-Credits und das digitale Abzeichen „EcoFootprint Assessor“ von SymbioTech für dieses Modul zu erwerben.

2.6 Bibliographie & Tools

2.6.1 Peer-Reviewed Artikel

Aissani, L., Lacassagne, A., Bahers, J., & Le Féon, S. (2019). Life cycle assessment of industrial symbiosis: A critical review of relevant reference scenarios. *Journal of Industrial Ecology*, 23(4), 972–985. <https://doi.org/10.1111/jiec.12887>

Daddi, T., Nucci, B., & Iraldo, F. (2017). Using life cycle assessment (LCA) to measure the environmental benefits of industrial symbiosis in an industrial cluster of SMEs. *Journal of Cleaner Production*, 147, 157–164. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.01.090>

Kerdlap, P., Low, J. S. C., Tan, D. Z. L., Yeo, Z., & Ramakrishna, S. (2020). M³-IS-LCA: A methodology for multi-level life cycle environmental performance evaluation of industrial symbiosis networks. *Resources, Conservation & Recycling*, 162, 104963. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104963>

Valdivia, S., Backes, J. G., Traverso, M., Sonnemann, G., & Finkbeiner, M. (2021). Principles for the application of life cycle sustainability assessment. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 26(9), 1900–1905. <https://doi.org/10.1007/s11367-021-01993-4>

2.6.2 EU-Politik und Institutionelle Berichte

European Commission. (2019). *The European Green Deal* (COM/2019/640 final). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52019DC0640>

European Commission. (2020). *Circular Economy Action Plan: For a cleaner and more competitive Europe* (COM/2020/98 final). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0098>

Joint Research Centre (European Commission). (2022). *Environmental Footprint 3.1 method*. <https://eplca.jrc.ec.europa.eu/EnvironmentalFootprint.html>

88

2.6.3 Internationale Normen (ISO)

International Organization for Standardization. (2006a). *Environmental management—Life cycle assessment—Principles and framework* (ISO 14040:2006). ISO.

International Organization for Standardization. (2006b). *Environmental management—Life cycle assessment—Requirements and guidelines* (ISO 14044:2006). ISO.

2.6.4 Software & Datenbanken

GreenDelta. (2023). *openLCA* (Version 1.11) [Software]. <https://www.openlca.org>

GreenDelta. (2023). *openLCA Nexus* [Database platform]. <https://nexus.openlca.org>

Ecoinvent Association. (2023). *Ecoinvent database* (Version 3.8) [Life cycle inventory database]. <https://www.ecoinvent.org>

SankeyMATIC. (2023). *SankeyMATIC* [Web-based software]. <https://sankeymatic.com>

2.6.5 Optionale/ergänzende Ressourcen

European Commission. (n.d.). *Environmental Footprint (EF) home page*.
https://ec.europa.eu/environment/ecoap/initiatives/eu-environmental-footprint-home_en

European Platform on Life Cycle Assessment (EPLCA). (n.d.). *Life Cycle Initiative resources*.
<https://eplca.jrc.ec.europa.eu>

3. Kurze Syllabus-Vorlage – Berufsbildung (EQR5)

Titel des Moduls: Organisatorische Beziehungen

EQR-Niveau: 5

ECVET-Gutschriften: 2 bis 3 ECVET

Gesamtarbeitslast (Stunden): 65

- Kontaktzeiten (Inputs, Seminare, Workshops, etc.). 45 Stunden
- Geführtes Selbststudium: 20

Liefernde Einrichtung: EXEO LAB S.R.L. (Exeo Lab), Italien.

3.1 Modulübersicht

Dieses Modul vermittelt den Lernenden die praktischen Fähigkeiten, die erforderlich sind, um interorganisatorische Kooperationen innerhalb von Ökosystemen der industriellen Symbiose (IS) zu beginnen und zu erleichtern. Ziel ist es, die Fähigkeiten zukünftiger SymbioTech-Manager, Berufsbildungsstudenten und Fachleute aus dem Industrie-, Kommunal- oder Umweltsektor zu verbessern, um relevante Partner zu finden, Vertrauen zu fördern und die Zusammenarbeit im frühen Stadium des Ressourcenaustauschs zu fördern.

Das Modul behandelt wichtige Themen wie Profiling und Mapping von Stakeholdern, Kommunikations- und Vertrauensbildungsstrategien, Konflikt- und Gegenmanagement, wichtige Verhandlungsansätze und die Erstellung einfacher Kooperationspapiere (z.B. Memoranda of Understanding). Das Modul ist **über fünf Wochen** strukturiert und besteht aus zehn prägnanten Lerneinheiten, die in einer progressiven und praxisorientierten Reihenfolge organisiert sind. Dieses Design folgt einem kompetenzbasierten Berufsbildungsansatz, der kurze theoretische Inputs mit kontinuierlicher Anwendung, Reflexion und Kompetenzpraxis kombiniert. Jede Woche konzentriert sich auf einen kohärenten Themenbereich und führt zu greifbaren Lernergebnissen, die zu einem endgültigen Partnerengagement-Projekt beitragen. Die Struktur ist auf Erfahrungs- und Mikrolernprinzipien ausgerichtet und gewährleistet kognitive Nachhaltigkeit, effektiven Kompetenzerwerb und starken Lerntransfer in professionelle Kontexte.

Praktische Seminare und Rollenspiele ermöglichen es den Lernenden, Kommunikation, Besprechungserleichterungen und überzeugende Techniken in realen Situationen zu üben.

90

Dieses Modul richtet sich in erster Linie an **Studierende und Fachkräfte der beruflichen Aus- und Weiterbildung**, die in den Bereichen Kreislaufwirtschaft, Umweltdienstleistungen, Industriebetriebe oder lokale Entwicklung tätig sind. Es konzentriert sich auf das in *Modul 1 vorgestellte Einführungswissen: Rahmenwerk für industrielle Symbiose*, insbesondere zu IS-Konzepten und Relevanz für die Interessenträger. Es bereitet die Lernenden auch auf erfolgreiche Module vor, die digitale Technologien, Umweltmanagement und fortgeschrittene Partnerschaftskoordination abdecken.

Es sind keine formalen Qualifikationen erforderlich, es werden jedoch vorherige Erfahrungen mit Nachhaltigkeit, grundlegenden Kommunikationsfähigkeiten oder Organisationsdynamiken vorgeschlagen.

3.2 Lernergebnisse (LOs)

▪ **Wissen.** Die Studierenden werden:

1. die Dynamik der organisationsübergreifenden Zusammenarbeit in der industriellen Symbiose (Industrial Symbiosis, IS) verstehen, einschließlich der Identifizierung und Profilierung typischer Partnertypen (KMU, Versorgungsunternehmen, Kommunen, Abfallunternehmen). Entwicklung eines Verständnisses komplexer Nachhaltigkeitsprobleme und ihrer Entwicklung, wobei anerkannt wird, dass sich Systemkomponenten bei isolierter Analyse anders verhalten als innerhalb des breiteren Systems (LO1),
2. die Grundsätze der Vertrauensbildung, der Interessenausrichtung und des kooperativen Verhaltens in Multi-Stakeholder-Umgebungen (LO2) kennen,
3. gemeinsame Quellen von Widerstand gegen Veränderungen erkennen und Verhaltensstrategien verstehen, um Widerstand in frühen IS-Initiativen anzugehen und abzuschwächen (LO3),
4. die Struktur, den Zweck und die wesentlichen Bestandteile einer grundlegenden Absichtserklärung (Memorandum of Understanding, MOU) zur Festlegung der Begriffe für die Zusammenarbeit (LO4) verstehen,
5. die Kernprinzipien von Verhandlung, überzeugender Kommunikation und Lobbying innerhalb von Geschäftspartnerschaften kennen, die für Industrial Symbiosis (LO5) relevant sind.

▪ **Fähigkeiten.** Studierende können:

6. Interessenträger mithilfe einfacher Instrumente (z. B. Vorlagen, Matrizen) kartieren und dokumentieren und dabei ihre Interessen, ihren Einfluss, potenzielle Beiträge und Hindernisse ermitteln, die für Initiativen zur industriellen Symbiose (LO6) relevant sind,
7. professionell in schriftlichen und mündlichen Formaten kommunizieren, einschließlich der Erstellung von Outreach-E-Mails, der Entwicklung von Besprechungsskripten, der Durchführung von Discovery Calls und der Vorbereitung von Standortbesuchen mit potenziellen Partnern (LO7),

8. die Zusammenarbeit in der Frühphase erleichtern, indem Einführungsdiskussionen geleitet, Interaktionen in kleinen Gruppen verwaltet und der Dialog zwischen verschiedenen organisatorischen Akteuren (LO8) unterstützt wird,
9. Grundlegender Verhandlungs- und Überzeugungstechniken anwenden, um Bedenken auszuräumen, Einwände zu bearbeiten und das gemeinsame Verständnis zwischen potenziellen IS-Partnern zu fördern (LO9);
10. Eine einfache Absichtserklärung zu entwerfen, in der Rollen, Erwartungen, potenzieller Ressourcenaustausch, Risiken und gegenseitiger Nutzen klar umrissen werden (LO10),
11. Vertrauensbildende, aktive Zuhör- und Reframing-Techniken verwenden, um zögerliche oder skeptische Partner zu beeinflussen und zu engagieren und die Kollaborationsdynamik im Frühstadium zu stärken (LO11).

▪ **Kompetenzen (Autonomie & Verantwortung).** Die Studierenden sind in der Lage:

12. die Verantwortung für die Planung und Durchführung von Partner-Outreach-Aktivitäten zu übernehmen, einschließlich Vorforschung, Vorbereitung von Sitzungen und zeitnaher Folgemaßnahmen (LO12),
13. mögliche Widerstände oder Missverständnisse während des interorganisatorischen Austauschs zu antizipieren und Kommunikationsstrategien anzupassen, um Vertrauen, Klarheit und konstruktives Engagement aufrechtzuerhalten (LO13).
14. ihre Organisation professionell, ethisch und diplomatisch im Austausch mit externen Interessenträgern zu vertreten und eine transparente und respektvolle Kommunikation zu gewährleisten (LO14),
15. Komplexe, sensible oder rechtliche Angelegenheiten gegenüber Vorgesetzten oder Projektleitern bei gleichzeitiger unabhängiger Aufrechterhaltung der Dynamik in frühen Kooperationsprozessen zu eskalieren (LO15).
16. proaktiv mit Partnern zusammenzuarbeiten, indem Initiative, Beharrlichkeit und reflektierende Praxis demonstriert werden, um die Wirksamkeit der Zusammenarbeit in IS-Kontexten zu stärken (LO16).

3.3 Indikativer Lernplan / Lieferplan

A/A	Referat/Abschnitt Titel	Sitzungstyp	Thema / Aktivität	Vorgesehene LOs	Erforderliche Literatur / Materialien	Empfohlene Methoden
1	U.1 Einführung in die interorganisatorisc hen Beziehungen im IS	Theorieinput + Workshop	Überblick über IS-Partnerschaften; Verständnis der Partnertypen (KMU, Versorgungsunternehmen, Gemeinden, Abfallunternehmen); Einführung in komplexe Nachhaltigkeitsprobleme und Systemverhalten („Komponenten verhalten sich isoliert anders als das System“)	LO1, LO3	Fallstudien (z. B. Öko- Industrieparks, ECO3)	Interaktive Vorlesung; geführte Diskussion; Einführungsszenarioan alyse.
	U.2 Stakeholder- Mapping und Engagement- Theorie	Theorieinput+W orkshop	Stakeholder-Engagement-Theorie (Freeman-Modell, Salienzmodell, Interessen-/Einflussgitter); Erfassung der Interessen, des Einflusses, der Motivationen und der Hindernisse der Akteure; Identifizierung von Kooperationspotenzialen in IS- Ökosystemen.	LO1, LO2, LO6, LO8	Vorlagen für die Bestandsaufnahme von Interessenträgern; IS- Fallstudien	Interaktive Theorieeingabe; praktisches Kartierungslabor; Übungen in kleinen Gruppen.
2	U.3 Vertrauensbildungs - und Kommunikationsst rategien	Eingabe + Rollenspiel	Aufbau von Beziehungen in Multi- Stakeholder-Umgebungen; Kommunikationsstile; Vertrauen und Gegenseitigkeit; Rahmung und aktives Zuhören. Anwendung auf Frühphasen- IS-Interaktionen.	LO2, LO7, LO8 und LO11	Kommunikations-Toolkit: Kurze Lesungen zum Thema Vertrauensbildung	Rollenspielsimulatione n; Peer-Feedback; geführte Diskussion.
	U.4 Widerstand gegen Veränderungs- und Überzeugungstech niken	Workshop	Arten von Organisations- und Verhaltenswiderständen; Bearbeitung von Einwänden; Überzeugungs- und Einflussstrategien; Reframing-Vorteile für zögerliche Partner.	LO3, LO9 und LO11	Deck des Widerstandsszenarios	Fallbasierte Simulationen; Mikroübungen; Feedback des Trainers.

A/A	Referat/Abschnitt Titel	Sitzungstyp	Thema / Aktivität	Vorgesehene LOs	Erforderliche Literatur / Materialien	Empfohlene Methoden
3	U.5 Partner-Outreach- und Early- Engagement- Aktivitäten	Input + Workshop	Erstellung von Outreach-E-Mails; Planung einleitender Aufforderungen zur Einreichung von Vorschlägen; Vorbereitung und Erleichterung von Ortsbesichtigungen; Management früher Interaktionen mit verschiedenen Akteuren.	LO7, LO8 und LO12	E-Mail- und Anrufskriptvorla- gen	Schreiblabore; Paarsimulationen; praktische Kommunikationsübun- gen.
	U.6 Verhandlungsgrun- dlagen im IS- Kontext	Input + Simulation	Win-win-Verhandlungsgrundsätze; Ermittlung von Interessen vs. Positionen; Ausarbeitung von Vorschlägen; Aushandlung von Bedingungen für eine frühzeitige Zusammenarbeit.	LO5, LO9, LO11	Beispiele für Verhandlungsfäl- le	Strukturierte Verhandlungssimulat- ionen; Gruppenreflexion.
4	U.7 Ausarbeitung einer Absichtserklärung (Memorandum of Understanding, MoU)	Workshop	Zweck und Struktur der MoUs; Formulierung von Klauseln (Rollen, Ströme, Risiken, Nutzen, Vertraulichkeit, nächste Schritte); Peer Review von Entwürfen.	K4, S5ss	MoU-Vorlage	Redaktionssitzung der Gruppe; Peer- Assessment- Workshop.
	U.8 Workplace-based partner engagement project	Mentored Selbststudium	Die Lernenden wählen einen realen oder hypothetischen Partner; Vorbereitung des Profils der Interessenträger, des Engagementplans, der Kommunikationsproben und des Entwurfs der MoU-Bedingungen.	LO6– LO11, LO12– LO16	Arbeitsplatzdate- n und Kontext	Tutor-Mentoring; iteratives Feedback; autonome Projektentwicklung.
5	Klinik für Endbewertung	Bewertung	Vorlage des Partner-Engagement-Plans; aufgezeichnetes Rollenspiel, das Verhandlungen mit einem zögerlichen Partner simuliert; kurze mündliche Q&A über Vertrauensbildung und Widerstandsmanagement.	Alle LOs	Bewertungsrubri- k; Video- /Aufnahmerichtl- inien	Mündliche Nachbesprechung; Leistungsüberprüfun- g; Reflexionsdiskussion .

3.4 Lehr-und Lernmethoden

Das Modul verfolgt einen praxisorientierten und erfahrungsorientierten Ansatz für das Lernen in der beruflichen Aus- und Weiterbildung, der darauf abzielt, die zwischenmenschlichen, kommunikativen und Verhandlungsfähigkeiten zu stärken, die für die interorganisatorische Zusammenarbeit in der industriellen Symbiose erforderlich sind. Lehr- und Lernmethoden kombinieren kurze theoretische Inputs mit praktischen Aktivitäten, Reflexion und Anwendung am Arbeitsplatz, um den Erwerb von Fähigkeiten und Verhaltenskompetenz zu unterstützen.

1. Theorieeingabe: kurz, fokussierte Präsentationen (10–25 Minuten), in denen Schlüsselkonzepte wie die Theorie der Einbeziehung von Interessenträgern, Vertrauensbildung, Widerstand gegen Veränderungen, überzeugende Kommunikation und Verhandlungsgrundsätze vorgestellt werden. Diese Beiträge bieten den Lernenden wesentliche Rahmenbedingungen, die für eine fundierte Teilnahme an praktischen Aktivitäten erforderlich sind.

2. Workshops: Lernende analysieren Stakeholder-Szenarien, führen Stakeholder-Mapping durch, entwerfen Outreach-Botschaften und diskutieren mögliche Kooperationspfade. Workshops betonen aktive Partizipation, Problemlösung und Learning-by-doing und ermöglichen es den Lernenden, theoretische Konzepte auf realistische Situationen anzuwenden.

3. Rollenspiele und Simulationen: simulierte Partnertreffen, Verhandlungsübungen und Widerstandsszenarien ermöglichen es den Lernenden, Kommunikations-, Überzeugungs- und Erleichterungstechniken in einer sicheren Umgebung zu üben. Zu den Rollenspielen gehören strukturiertes Feedback von Kollegen und Trainern, die das Selbstbewusstsein und die Verhaltenskompetenz verbessern.

4. Gruppenarbeit und Peer Learning: Teams arbeiten an Mapping-Übungen, MoU-Entwürfen, Outreach-Strategien und Fallanalysen zusammen. Peer Learning fördert verschiedene Perspektiven und spiegelt echte interorganisatorische Kooperationsdynamiken wider, während Soft Skills wie Zuhören, Koordination und Konfliktmanagement aufgebaut werden.

5. Szenariobasiertes Lernen: Realistische Fallstudien (Industrieparks, lokale Cluster, kommunale Partnerschaften) führen die Lernenden dazu, Barrieren, Chancen und relationale Dynamiken in der industriellen Symbiose zu erforschen. Szenariobasiertes Lernen unterstützt Entscheidungsfindung, Systemdenken und praktische Problemlösung.

6. Ausbildung im Bereich der Mikrokompetenzen: Durch kurze praktische Übungen (z. B. Konstruieren von Betreffzeilen per E-Mail, Einüben von Eröffnungsanrufen, Zusammenfassung der Position eines Partners) verfeinern die Lernenden spezifische Kommunikations- und Erleichterungsfähigkeiten, die für eine wirksame Öffentlichkeitsarbeit und ein wirksames Engagement erforderlich sind.

7. Reflektierende Praxis: Lernende überprüfen ihre Leistung nach Rollenspielen, untersuchen stärken und schwächen und identifizieren Bereiche für persönliche Verbesserungen. Reflexion unterstützt die kontinuierliche Kompetenzentwicklung, Autonomie und Reife im Umgang mit professionellen Interaktionen.

8. Lernen am Arbeitsplatz: Lernende wenden Modulkonzepte an ihrem Arbeitsplatz oder in einem simulierten beruflichen Umfeld an, indem sie ein Profil eines echten oder potenziellen Partners erstellen, einen Engagementplan erstellen und MoU-Inhalte erstellen. Dies verbindet Theorie mit authentischer Praxis und unterstützt die Relevanz für Berufsrollen.

9. Mentoring und Feedback: Trainer geben personalisiertes Feedback zu Kommunikationsproben, Engagement-Strategien und MoU-Entwürfen. Mentoring verbessert den Lerntransfer und stärkt das Vertrauen der Lernenden in die Bewältigung realer Kooperationssituationen.

3.5 Bewertungsmethoden & Evidenz

Die Bewertungsstrategie für dieses Modul kombiniert formative und summative Komponenten, um die Fähigkeit der Lernenden zu bewerten, sich effektiv an interorganisatorischen Kooperationsprozessen zu beteiligen, die für die industrielle Symbiose relevant sind. Assessments messen nicht nur theoretisches Verständnis, sondern auch Kommunikationsfähigkeiten, Verhaltenskompetenzen und die Fähigkeit, Werkzeuge und Methoden in realistischen Kontexten anzuwenden.

- *Partizipation und Engagement – 30 % (formativ + summativ).* Die Lernenden werden anhand ihres aktiven Beitrags zu Workshops, Rollenspielen, Diskussionen, Aktivitäten zur Kartierung von Interessenträgern und Übungen zu Mikrokompetenzen bewertet.

Geschätzte Zuständigkeiten: Kommunikation, Zusammenarbeit, professionelles Verhalten, reflektierende Praxis.

Nachweis: Beobachtungsnotizen der Trainer, Peer-Feedback, Teilnahmeprotokoll.

- *Plan für die Einbeziehung der Partner – 40 % (Zusammenfassung).* Jeder Lernende entwickelt einen strukturierten Plan, um einen echten oder hypothetischen externen Partner zu engagieren, der auf eine industrielle Symbiose-Möglichkeit ausgerichtet ist. Der Plan umfasst: i) Profil der Interessenträger und Kartierung; ii) Ermittlung von Interessen, Bedenken und Einfluss; iii) Kontaktaufnahme per E-Mail/Nachricht; iv) Gliederung eines Aufdeckungsaufrufs oder einer Aufdeckungssitzung; v) Zeitplan für Engagement-Schritte; vi) Entwurf eines MoU-Abschnitts (Rollen, Vorteile, Risiken, nächste Schritte).

Geschätzte Zuständigkeiten: Stakeholder-Analyse, Kommunikationsstrategie, strukturierte Planung, Verständnis der MoU-Komponenten.

Nachweis: schriftlicher Bericht (1.000–1.500 Wörter), Kommunikationsbeispiele, Stakeholder-Maps, MoU-Entwurf.

- *Rollenspielsimulation + mündliche Reflexion – 30 % (zusammenfassend).* Die Lernenden erfassen oder führen eine simulierte Interaktion mit einem zögerlichen Partner durch (Erstgespräch, Verhandlung, Einspruchsbehandlung oder überzeugendes Kommunikationsszenario).

Es folgt ein kurzer mündlicher Q&A, in dem der Lernende erklärt: die Gründe für die gewählten Kommunikationsstrategien; wie die Vertrauensbildung angegangen wurde; wie mit Widerstand umgegangen wird; Was sie verbessern würden

Geschätzte Zuständigkeiten: Verhandlungsführung, Überzeugungsarbeit, aktives Zuhören, Verhaltensanpassung, professionelle Repräsentation.

Nachweis: Video- oder Live-Simulation (5-10 Minuten); mündliche Nachbesprechung (5 Minuten); Bewertungsrubrik, die vom Trainer ausgefüllt wird.

3.6 Bibliographie & Tools

Chertow, M. (2000). *Industrial Symbiosis: Literature and taxonomy*.

Paquin, R., & Howard-Grenville, J. (2012). *The evolution of facilitated industrial symbiosis*.

Lombardi, D., & Laybourn, P. (2012). *Redefining Industrial Symbiosis*.

Fraccascia, L., Giannoccaro, I., & Albino, V. (2017). *Industrial symbiosis: Uncovering the synergy potential*.

European Commission. *Circular Economy Action Plan* (policy context). Cropper, S., et al. (2008). *The Oxford Handbook of Inter-Organizational Relations*.

Huxham, C., & Vangen, S. (2005). *Managing to Collaborate: The Theory and Practice of Collaborative Advantage*.

Ring, P. S., & Van de Ven, A. (1994). *Developmental processes of cooperative interorganizational relationships*.

Freeman, R. E. (1984). *Strategic Management: A Stakeholder Approach*.

Mitchell, R., Agle, B., & Wood, D. (1997). *Toward a Theory of Stakeholder Identification and Salience*.

Bryson, J. (2018). *Strategic Planning for Public and Nonprofit Organizations* (stakeholder tools).

Gray, B. (1989). *Collaborating: Finding Common Ground for Multiparty Problems*.

Kaner, S. (2014). *Facilitator's Guide to Participatory Decision-Making*.

Dahlman, C., & Simkins, B. (2016). *Communication and Negotiation in a Global Context*.

4. Kurze Syllabus-Vorlage – Berufsbildung (EQR5)

Titel des Moduls: KI und maschinelles Lernen zur Vorhersage von Materialflüssen und zur Optimierung der Lieferkette/des Prozesses

EQR-Niveau: 5

ECVET-Gutschriften: 3 ECVET

Gesamtarbeitslast (Stunden): 75

- Kontaktzeiten (Inputs, Seminare, Workshops, etc.). 45-50 Stunden
- Geführtes Selbststudium: 10-15 Stunden
- Projektarbeit: 10-15 Stunden

Liefernde Einrichtung: PRIOS KOMPETANSE AS (PRIOS), Norwegen.

4.1 Modulübersicht

Dieses Modul stellt die grundlegenden Konzepte und praktischen Anwendungen der künstlichen Intelligenz (KI) und des maschinellen Lernens (ML) innerhalb der industriellen Symbiose (IS) vor. Es vermittelt den Lernenden ein klares, operatives Verständnis von prädiktiver Modellierung, Mustererkennung, Clustering und Dashboard-basierter Entscheidungsunterstützung, wobei der Schwerpunkt auf den Arten von Industriedaten liegt, die typischerweise in KMU verfügbar sind. Das Modul ermöglicht es den Lernenden, Prognosen zu interpretieren, Trends und Anomalien zu identifizieren und analytische Erkenntnisse in praktische Empfehlungen umzusetzen, die die Ressourceneffizienz, das Gleichgewicht zwischen Angebot und Nachfrage und die Optimierung des symbiotischen Austauschs unterstützen.

Die Lernenden untersuchen, wie KI-gestützte Tools Entscheidungsprozesse in Industrieclustern verbessern können, einschließlich des Umgangs mit Unsicherheit, der Vermeidung von Fehlinterpretationen und der Anwendung ethischer und verantwortungsvoller Datenpraktiken bei der Arbeit mit sensiblen oder unvollständigen Datensätzen. Das Modul stärkt auch die Kommunikations- und Berichterstattungsfähigkeiten durch Übungen, die eine klare Erläuterung der analytischen Ergebnisse für nicht sachkundige Interessenträger erfordern.

Als Teil des SymbioTech VET Pathway baut dieses Modul auf grundlegenden IS-Konzepten auf, die zuvor im Lehrplan eingeführt wurden, und bereitet die Lernenden auf Module vor, die sich auf digitale Werkzeuge, EMS-Implementierung und Energie- / Ressourcenoptimierung konzentrieren. Vorkenntnisse in KI oder Codierung sind nicht erforderlich; Die grundlegende Vertrautheit mit IS-Daten und industriellen Prozessen ist von Vorteil.

4.2 Lernergebnisse (LOs)

▪ *Wissen. Die Studierenden werden:*

1. Die Grundprinzipien von KI und ML verstehen, die für die industrielle Symbiose relevant sind, einschließlich überwachtem und unbeaufsichtigtem Lernen (Prognose, Clustering) (LO1),
2. Die wichtigsten Arten von IS-Daten kennen, die für die prädiktive Analyse verwendet werden, wie Materialflüsse, Energieverbrauch, Produktionsvariabilität und Abfallströme (LO2),
3. Verstehen, wie Dashboards als Entscheidungsunterstützungstools funktionieren, einschließlich Komponenten, Filter, Variablen und Zeitfensterlogik (LO3).
4. Gemeinsame Modellbeschränkungen und Verzerrungsquellen (LO4) bewusst wahrnehmen,
5. Ethische und verantwortungsvolle Datenpraktiken bei der Verwendung von KI-gestützten Tools verstehen, einschließlich Transparenz, Unsicherheit und Einschränkungen von Vorhersagemodellen (LO5).

▪ *Fähigkeiten. Studierende können:*

6. Eingabedaten validieren, Anomalien identifizieren und fragwürdige Muster vor der Analyse kennzeichnen (LO6),
7. Ergebnisse von Prognose- und Clustering-Modellen interpretieren, die auf IS-Datensätze angewendet werden, um Trends, Anomalien und Hotspots (LO7) zu identifizieren,
8. Dashboard-Vorlagen konfigurieren und verwenden, um Industriedaten zu untersuchen, Parameter anzupassen und verschiedene analytische Ansichten (LO8) zu erkunden.
9. Klare, evidenzbasierte schriftliche und mündliche Erläuterungen der Analyseergebnisse für KMU-Führungskräfte und operatives Personal entwickeln (LO9);
10. Umsetzbare Empfehlungen erstellen, die prädiktive Erkenntnisse mit machbaren IS-Entscheidungen und Optimierungsmaßnahmen (LO10) verknüpfen.

▪ *Kompetenzen (Autonomie & Verantwortung). Studierende können:*

11. KI-gestützte Dashboards zu verwenden, um IS-bezogene Entscheidungen unabhängig innerhalb eines operativen Kontexts zu informieren und zu begründen (LO11),
12. Die Durchführbarkeit und die Auswirkungen KI-generierter Empfehlungen unter Berücksichtigung von KMU-Beschränkungen, Unsicherheit und ethischen Aspekten zu bewerten (LO12);
13. Analytische Erkenntnisse klar und verantwortungsvoll mit Nicht-Experten zu kommunizieren und die kollaborative Entscheidungsfindung zu unterstützen (LO13),

- 14.** Die mit Vorhersageinstrumenten verbundenen Einschränkungen und Risiken zu berücksichtigen und die Empfehlungen entsprechend anzupassen (LO14).

4.3 Indikativer Lernplan / Lieferplan

A/A	Referat/Abschnitt Titel	Sitzungstyp	Thema / Aktivität	Vorgesehene LOs	Erforderliche Literatur / Materialien	Empfohlene Methoden
1	KI-Kontext und Datenbereitschaft	Input und Workshop	Übersicht: KI/ML in der industriellen Symbiose (IS); Betreutes vs. unbeaufsichtigtes Lernen. Daten: Untersuchung von IS-Datensätzen (Materialflüsse, Energieprotokolle); Ermittlung von Datenqualitätsproblemen (Lärm, fehlende Werte) in KMU- Kontexten.	LO1, LO2, LO6	Hyndman & Athanasopoulos (2021) Ch. 1-2; Yeo et al. (2020) Abschnitt „Werkzeuge“.	Interaktive Vorlesung; Fallbeispiele für Datenquellen ; Hands-on- Datenüberpr üfung.
2	Vorausschauende Modellierung: Prognose & Clustering	Eingabe & Lab	Vorausschätzung: Logik der Regression und Zeitreihen; Saisonalität und Unsicherheit. Clusterbildung: Erkennung von Hotspots, Segmenten und Anomalien in Flows. Tätigkeit: Interpretieren von Outputs von vorgefertigten Modellen (Black-Box- Ansatz) anstatt von Grund auf neu zu codieren.	LO1, LO5, LO7, LO10	Hyndman & Athanasopoulos (2021) Ch. 3; Patel & Dave (2019) Clustering-Beispiele; Chandola et al. (2009) Anomalie-Erkennung	Sichtdemonst ration; "Interpretatio n Lab" mit Tabellenkalk ulation/visuel len Tools.
3	Dashboard- Konfiguration & Visuelle Analyse	Workshop	Struktur: Dashboard-Variablen, Filter, Zeitfenster. Konfiguration: Laden von IS-Daten in Vorlagen; Einstellen von Parametern. Auslegung: Visualisierungen lesen, um Trends und Betriebsfehler zu diagnostizieren.	LO3, LO6 und LO8	<i>Nur wenige (2006) Ch. 1-2; Nur wenige (2012) ausgewählte Abschnitte.</i>	Geführter Workshop (Template- Konfiguratio n); Peer Q & A.

A/A	Referat/Abschnitt Titel	Sitzungstyp	Thema / Aktivität	Vorgesehene LOs	Erforderliche Literatur / Materialien	Empfohlene Methoden
4	Entscheidungsunterstützung, Ethik & Kommunikation	Seminar & Schreibwerkstatt	Entscheidungslogik: Verknüpfung von Vorhersagen mit Angebot-Nachfrage-Balance und Machbarkeit. Ethik: Data Governance, verantwortungsvoller Umgang und Kommunikation von Unsicherheit. Output: Erstellung von evidenzbasierten Empfehlungsschreiben für Nicht-Experten.	LO4, LO5, LO9, LO12, LO13 und LO14	<i>Mittelstadt (2019) KI-Ethik; Knaflitz (2015) Geschichtenerzählen Abschnitte.</i>	Szenario-Durchführung; Praktischer Schreibworkshop; Reflektierende Diskussion.
5	Integriertes Szenario Projekt & Abschlussbewertung	Projektarbeit & Bewertung	Projekt: Anwenden von Dashboard-Einblicken auf ein realistisches KMU-Entscheidungsszenario. Bewertung: Abschließende Präsentation der Dashboard-Interpretation, Empfehlungen und mündliche Verteidigung in Bezug auf Machbarkeit und Ethik.	LO9, LO10, LO11, LO12 und LO14	Kurzbeschreibung des Projekts; Bewertungsrubrik.	Betreute Projektklinik; Formelle Präsentation/mündliche Diskussion.

4.4 Lehr- und Lernmethoden

▪ Lernansatz

Dieses Modul verwendet einen hybriden Lernansatz, der synchrone Aktivitäten (Vorlesungen, Diskussionen, Workshops, Labore) mit asynchronen Materialien kombiniert, die die Lernenden unabhängig voneinander erkunden können. Dieses Format unterstützt sowohl die unmittelbare Interaktion während geführter Sitzungen als auch die tiefere Reflexion durch selbstgesteuertes Studieren. Die asynchronen Elemente – Lesematerialien, Datenbriefings und strukturierte analytische Leitfäden – stellen sicher, dass die Lernenden Prognoselogik, Clustering-Prinzipien und Dateninterpretationstechniken nach Bedarf überprüfen können, um das Verständnis zu konsolidieren.

▪ Schlüssellehrmethoden

Zu den Lehrmethoden gehören interaktive Vorträge zur Einführung von KI/ML-Kernkonzepten, Seminare zur Diskussion von Datenethik und Unsicherheit sowie Fallstudien zur Veranschaulichung des Einsatzes von Predictive Tools in industriellen Symbiose-Umgebungen. Workshops und Hands-on-Labs bieten strukturierte Möglichkeiten, Prognosen zu interpretieren, Anomalien zu identifizieren und Dashboard-Vorlagen zu konfigurieren. Szenariobasierte Gruppenaufgaben fördern kollaboratives Denken, während projektbasiertes Arbeiten es Lernenden ermöglicht, analytische Methoden auf realistische KMU-Datenkontexte anzuwenden und evidenzbasierte Empfehlungen zu entwickeln.

▪ Ansätze zur Unterstützung des aktiven Lernens und der praktischen Anwendung

Lernaktivitäten sollen aktives Engagement und progressive Kompetenzentwicklung unterstützen. Workshops und Labs ermöglichen es den Lernenden, direkt mit Vorlagen und Datensätzen zu arbeiten und abstrakte Konzepte in operative Kompetenz zu übersetzen. Fallbasierte Diskussionen und Szenarioaufgaben fördern kritisches Denken und unterstützen die Anwendung analytischer Ergebnisse auf reale Entscheidungssituationen. Das Abschlussprojekt integriert Wissen, Fähigkeiten und Kompetenzen, indem es von den Lernenden verlangt, prädiktive Ergebnisse unabhängig zu interpretieren, Entscheidungen zu rechtfertigen, Unsicherheiten anzugehen und Erkenntnisse zu vermitteln, die das auf EQR-Ebene 5 erwartete Maß an Autonomie und Verantwortung deutlich widerspiegeln.

102

4.5 Bewertungsmethoden & Evidenz

▪ Bewertungsansatz

Die Bewertung in diesem Modul kombiniert **formative** und **summative** Komponenten, um die Entwicklung von Wissen, praktischen Fähigkeiten und analytischen Kompetenzen zu bewerten, die auf die Lernergebnisse abgestimmt sind. Formative Bewertungen sind im gesamten Modul integriert, um kontinuierliches Feedback zu geben, die Lernenden bei der Interpretation prädiktiver Ergebnisse zu unterstützen und die fortschreitende Entwicklung von Dashboard-Kenntnissen, Dateninterpretation und Kommunikationsfähigkeiten zu unterstützen. Die summative Bewertung besteht aus einem strukturierten Abschlussprojekt, bei dem die Lernenden industrielle Symbiosedatensätze mithilfe einer Dashboard-Vorlage interpretieren, eine Reihe evidenzbasierter Empfehlungen erstellen und ein reflektierendes Verständnis von Unsicherheit und ethischen Erwägungen demonstrieren müssen.

▪ Formative Bewertung

Formative Bewertungsaufgaben umfassen kurze analytische Übungen, die in Workshops und Laboren durchgeführt werden, wie das Interpretieren von Trends in Dashboard-Ansichten, das Identifizieren von Anomalien, das Validieren von Datenqualitätsproblemen und das Erstellen vorläufiger Insight Statements. Weitere prägende Elemente sind die Teilnahme an Falldiskussionen, Beiträge zur Gruppenszenarioarbeit und kurze schriftliche Reflexionen im Zusammenhang mit Unsicherheit und ethischen Aspekten von Vorhersageinstrumenten. Diese Aktivitäten sind unbenotet, liefern jedoch ein wesentliches Feedback, das es den Lernenden ermöglicht, das Verständnis vor der endgültigen Bewertung zu festigen.

▪ **Summative Beurteilung**

Die Summative Bewertung basiert auf einem **individuellen Projekt**, das alle Modulkomponenten integriert. Die Lernenden müssen eine Dashboard-Vorlage mit einem bereitgestellten Datensatz ausfüllen, prädiktive Ergebnisse (z. B. Trends, Anomalien, Hotspots) interpretieren und eine kurze schriftliche Empfehlung an einen KMU-Entscheidungsträger ausarbeiten. Die Bewertung schließt mit einer **Präsentation und einer mündlichen Diskussion** ab, in der die Lernenden ihre analytischen Überlegungen begründen, Konfigurationsentscheidungen erläutern, Unsicherheit kommunizieren und Fragen zur Durchführbarkeit und zu ethischen Implikationen beantworten. Eine **strukturierte Rubrik** wird angewendet, um Transparenz und Konsistenz bei der Bewertung der analytischen Genauigkeit, der Klarheit der Kommunikation, der Begründung von Entscheidungen, des ethischen Bewusstseins und der Gesamtkompetenz zu gewährleisten.

Gewichtung der Komponenten

Die Endnote setzt sich zusammen aus:

- *Formative Komponente: 30%*
 - Workshop/Laborübungen (Interpretationsaufgaben)
 - Kurze schriftliche Überlegungen zu Unsicherheit/Ethik
 - Beitrag zur szenariobasierten Gruppenarbeit
- *Summative Komponente: 70%*
 - Dashboard-Interpretation und schriftliche Empfehlung (45%)
 - Präsentation und mündliche Diskussion (25 %)

Formative Komponenten tragen zur Abschlussnote bei, um die Bedeutung des kontinuierlichen Engagements und der Kompetenzentwicklung zu erkennen, während das summative Projekt sicherstellt, dass die Lernenden KI-gestützte Analysemethoden in einem industriellen Symbiosekontext unabhängig anwenden können. Zu den Bewertungskriterien gehören Genauigkeit und Angemessenheit der Interpretation, korrekte Identifizierung von Anomalien und Einschränkungen, Klarheit und Relevanz von Empfehlungen, Kohärenz der Kommunikation, ethisches Bewusstsein und reflektierende Begründung von Entscheidungen.

4.6 Bibliographie & Werkzeuge

4.6.1 Erforderlich

Die folgenden Materialien unterstützen die Kernkonzepte und angewandten Aktivitäten in diesem Modul. Je nach Vorkenntnissen der Lernenden und dem Schwerpunkt bestimmter Referate können ausgewählte Kapitel oder Auszüge zugewiesen werden.

- Few, S. (2006). Information dashboard design: The effective visual communication of data. O'Reilly Media.
- Few, S. (2012). Show me the numbers: Designing tables and graphs to enlighten (2nd ed.). Analytics Press.
- Knafllic, C. N. (2015). Storytelling with data: A data visualization guide for business professionals. Wiley.
- Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2021). Forecasting: Principles and practice (3rd ed.). OTexts.
- Patel, H., & Dave, C. (2019). Applications of K-means clustering algorithm: A review. International Journal of Computer Science and Mobile Computing, 8(5), 182–191.
- Järvenpää, A.-M. (2021). Industrial symbiosis, circular economy and Industry 4.0. Polish Academy of Sciences Publications, 69–76.
- Yeo, Z., Low, J. S. C., & Tan, P. S. (2020). Tools for promoting industrial symbiosis: A systematic review. Waste and Resources Action Programme (WRAP) / University of Warwick.
- Mittelstadt, B. (2019). Principles of artificial intelligence ethics: A guide for practitioners. Oxford Internet Institute.

4.6.2 Empfohlen

Für eine tiefere Lernerfahrung kann auch die folgende Materialsammlung verwendet werden:

- Géron, A. (2019). Hands-on machine learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow (2nd ed.). O'Reilly Media.
- Flach, P. (2012). Machine learning: The art and science of algorithms that make sense of data. Cambridge University Press.
- Jain, A. K. (2010). Data clustering: 50 years beyond K-means. Pattern Recognition Letters, 31(8), 651–666.
- Chandola, V., Banerjee, A., & Kumar, V. (2009). Anomaly detection: A survey. ACM Computing Surveys, 41(3), 1–58.
- Machine learning-assisted industrial symbiosis: Testing the ability of word vectors to estimate similarity for material substitutions - Davis - 2022 - Journal of Industrial Ecology
- Bin, S., Yeo, Z., Low, J. S. C., Koh, D., Kurle, D., Cerdas, F., & Hermann, C. (2015). A big data analytics approach to develop industrial symbioses in large cities. Procedia CIRP, 29, 450–455.

5. Kurze Syllabus-Vorlage – Berufsbildung (EQR5)

Titel des Moduls: Blockchain-Technologien, um transparente und sichere Tracking- und Zertifizierungssysteme für Material- und Energieflüsse zu schaffen

EQR-Niveau: 5

ECVET-Gutschriften: 3 ECVET

Gesamtarbeitslast (Stunden): 75

- Kontaktzeiten (Inputs, Seminare, Workshops, etc.). 45-50 Stunden
- Geführtes Selbststudium: 10-15 Stunden
- Projektarbeit: 10-15 Stunden

Liefernde Einrichtung: PRIOS KOMPETANSE AS (PRIOS), Norwegen.

105

5.1 Modulübersicht

Dieses Modul stellt den praktischen Einsatz von Blockchain-Technologien zur Unterstützung der transparenten Rückverfolgbarkeit in zirkulären und industriellen Symbiose-Wertschöpfungsketten vor. Es bietet den Lernenden ein klares, operatives Verständnis dafür, wie berechtigte Blockchain-Systeme Daten auf Chargenebene aufzeichnen, die Dokumentation sichern und überprüfbare Nachweise für Audits, Zertifizierungen und die Zusammenarbeit zwischen mehreren Stakeholdern liefern.

Das Modul konzentriert sich auf die Blockchain-fähigen Rückverfolgbarkeitskompetenzen, die in der digitalen IS-Praxis erforderlich sind: Eingabe und Aktualisierung von Chargeninformationen, Anhänge von Belegen, Generierung von QR-Codes, Überprüfung von Ledgereinträgen und Erläuterung der Ergebnisse der Rückverfolgbarkeit gegenüber Partnern oder Prüfern. Die Teilnehmer untersuchen, wie Blockchain das Vertrauen in den Ressourcenaustausch erhöht, digitale Produktpässe (DPPs) unterstützt und Informationslücken in symbiotischen Netzwerken verringert. Das Modul befasst sich auch mit ethischen und Governance-Überlegungen, einschließlich des verantwortungsvollen Umgangs mit Daten und der Grenzen der Blockchain, wenn Quelldaten unzuverlässig oder unvollständig sind.

Dieses Modul baut auf früheren Berufsbildungstrainings in industrieller Symbiose und digitalen Werkzeugen auf und bereitet die Lernenden auf nachfolgende Module mit Umweltmanagementsystemen und Betriebsoptimierung vor. Es sind keine technischen Vorkenntnisse erforderlich; Eine grundlegende Vertrautheit mit industriellen Prozessen oder Dokumentationspraktiken ist hilfreich, aber nicht obligatorisch.

5.2 Lernergebnisse (LOs)

▪ *Wissen. Die Studierenden werden:*

1. Die grundlegenden Prinzipien der Blockchain verstehen, die für die industrielle Symbiose relevant sind, einschließlich verteilter Ledger, autorisierter Netzwerke, Blöcke, Transaktionen, Hashes und der Rolle der Unveränderlichkeit bei der Datenintegrität (LO1).
2. Wissen, wie Blockchain die transparente Rückverfolgbarkeit in kreislaufforientierten und symbiotischen Wertschöpfungsketten unterstützt, einschließlich der Aufzeichnung auf Chargenebene, der digitalen Zertifizierung und der Verknüpfung mit digitalen Produktpässen (DPPs) und der Nachhaltigkeitsberichterstattung (LO2),
3. Die Struktur und den Zweck von genehmigten Blockchain-Systemen verstehen (z.B. Hyperledger), einschließlich Teilnehmern, Assets, Transaktionen und Zugriffsrechten (LO3),
4. Bei der Aufzeichnung und Weitergabe von Rückverfolgbarkeitsdaten auf ethische, Governance- und Datenschutzerwägungen zu achten, einschließlich Risiken, Einschränkungen und der operativen Bedeutung von „Datenintegrität“ (*Canon: Ethik, Daten-Governance, Bekämpfung von Greenwashing* (LO4),
5. Die Arten von Dokumenten und Daten zu kennen, die typischerweise mit Blockchain-Datensätzen verbunden sind (z.B. Batch-IDs, Standort, Zeitstempel, Zertifikate, Lieferscheine) und ihre Rolle bei der Unterstützung von Audits und Stakeholder-Vertrauen (LO5).

106

▪ *Fähigkeiten. Studierende können:*

6. Rückverfolgbarkeitsdatensätzen in einer autorisierten Blockchain-Umgebung, korrekte Eingabe von Batchdaten, Metadaten und unterstützenden Dokumenten erstellen und aktualisieren (LO6),
7. QR-Codes, die mit Blockchain-Einträgen verknüpft sind, generieren und verwenden, um die korrekte Funktionalität zum Abrufen von Rückverfolgbarkeitsinformationen (LO7) sicherzustellen,
8. Durch eine Hyperledger-basierte Schnittstelle oder Low-Code-Umgebung navigieren, um einfache Geschäftsnetzwerke gemäß definierten Verfahren (LO8) bereitzustellen, zu testen und zu verifizieren.
9. Die Richtigkeit von Blockchain-Einträgen überprüfen, einschließlich der Vollständigkeit der Aufzeichnungen, der Hash-Bestätigung, des Dokumentanhangs und der Konsistenz mit Betriebsdaten (LO9),
10. Blockchainbasierte Rückverfolgbarkeitsausgaben interpretieren, Lücken oder Inkonsistenzen identifizieren und bewerten, was der Blockchain-Datensatz tut und was nicht (LO10),

11. Klare schriftliche oder mündliche Erklärungen zu Rückverfolgbarkeitsworkflows für KMU-Stakeholder erstellen, die zeigen, wie Blockchain Transparenz, Zertifizierung und Vertrauen unterstützt (LO11),

▪ **Kompetenzen (Autonomie & Verantwortung).** Studierende können:

12. Einen Blockchain-Rückverfolgbarkeitsworkflow innerhalb eines KMU- oder Industriesymbiosekontexts nach etablierten Governance- und Datenmanagementregeln unabhängig betreiben (LO12),
13. Die Verantwortung für die Datenintegrität bei der Eingabe oder Änderung von Rückverfolgbarkeitsinformationen übernehmen, Genauigkeit, Vollständigkeit und ordnungsgemäßer Dokumentation gewährleisten (LO13),
14. Ethischer und verantwortungsvoller Praktiken beim Umgang mit sensiblen oder vertraulichen Daten in Rückverfolgbarkeitsaufzeichnungen unter Anerkennung von Grenzen und Einschränkungen anwenden (LO14),
15. Blockchain-basierte Evidenz transparent an Partner, Auditoren oder IS-Mitarbeiter kommunizieren, Vertrauensbildung unterstützen und Fehlinterpretationen oder Greenwashing verhindern (LO15),
16. Bewerten wann Blockchain ein geeignetes Werkzeug für einen Rückverfolgbarkeitsbedarf ist, basierend auf Transparenzanforderungen, Multi-Stakeholder-Komplexität, Audit-Anforderungen und verfügbaren Alternativen (LO16).

5.3 Indikativer Lernplan / Lieferplan

A/A	Referat/Abschnitt Titel	Sitzungstyp	Thema / Aktivität	Vorgesehene LOs	Erforderliche Literatur / Materialien	Empfohlene Methoden
1	Grundlagen & Rückverfolgbarkeit Kontext	Input & Vorführung	Konzept: Verteilte Ledger, Blöcke, Hashes und das Konzept der "Unveränderlichkeit". Kontext: Wie die Rückverfolgbarkeit die Kreislaufwirtschaft (digitale Produktpässe) und das Vertrauen in den symbiotischen Austausch unterstützt. Demo: Navigieren in einer autorisierten Ledger-Schnittstelle (Ansicht von Teilnehmern und Assets).	LO1, LO2, LO3, LO8	Antonopoulos & Wood (2018) – Basics; Europäische Kommission (2022) – ESPR- Kontext.	Interaktive Vorlesung; Fallanalyse (zirkuläre Lieferketten); Strukturierte Beobachtung der Schnittstelle.
2	Schreiben an das Ledger: Dateneingabe & Dokumentation	Werkstatt / Labor	Datenstruktur: Verstehen von Batch-Metadaten (IDs, Zeitstempel) im Vergleich zu angehängten Beweismitteln (PDFs, Zertifikate). Maßnahme: Praktische Praxis, neue Rückverfolgbarkeitsaufzeichnungen in eine Sandbox-Umgebung einzugeben. Qualität: Sicherstellung der Vollständigkeit, bevor der Datensatz "versiegelt" wird.	LO5, LO6, LO12 und LO13	GS1 (2022) – Rückverfolgbar- keitsrahmen & Metadaten; Hyperledger Sandbox- Werkzeuge.	Hands-on- Labor; Mikroübungen (Füllung von Feldern); Instructor- unterstützte Praxis.
3	Das Ledger lesen: Verifizierung & Abruf	Werkstatt / Labor	Überprüfung: Verwendung von Prüfsummen/Hashes zur Überprüfung der Datenintegrität; Identifizieren von Lücken oder manipulierten Aufzeichnungen. Abruf: Generierung von QR-Codes, die mit Ledgereinträgen verknüpft sind; Testen der Benutzererfahrung (Scannen, um die Provenienz anzuzeigen).	LO7, LO9 und LO10	GS1 Digital Link (2020), Antonopoulos & Holz – Hashing/Integrität.	Praktischer Workshop (QR- Generierung); Peer- Überprüfung (Prüfung der Einträge des jeweils anderen).

A/A	Referat/Abschnitt Titel	Sitzungstyp	Thema / Aktivität	Vorgesehene LOs	Erforderliche Literatur / Materialien	Empfohlene Methoden
4	Governance, Ethik & Strategische Entscheidungen	Seminar & Gruppenarbeit	Strategie: "Wann sollte man Blockchain einsetzen?" (Entscheidungskriterien: Vertrauen, Komplexität, Prüfungsbedarf). Ethik: Verwaltung sensibler Daten, Datenschutz und Vermeidung von "Greenwashing" (Überforderung auf der Grundlage schwacher Quelldaten). Governance: Wer hat die Erlaubnis zu schreiben/lesen?	LO4, LO14, LO15 und LO16	WEF (2018) Jenseits des Hypes; Francisco & Swanson (2018) – Transparenzrisiken.	Entscheidungsmapping (Blockchain vs. Datenbank); Reflektierende Diskussion über Greenwashing.
5	Integriertes Rückverfolgbarkeitsprojekt & Bewertung	Projektarbeit & Bewertung	Projekt: Erstellen eines vollständigen Lebenszyklusdatensatzes (Eintrag + Doc-Anhang + QR-Code) für ein bestimmtes IS-Szenario. Bewertung: Präsentation des Workflows und mündliche Verteidigung in Bezug auf Datenintegrität und Systembeschränkungen.	LO6, LO9, LO11, LO13 und LO16	Kurzbeschreibung des Projekts; Bewertungsrubrik.	Betreute Projektklinik; Abschließende Präsentation & Mündliche Prüfung.

5.4 Lehr-und Lernmethoden

Dieses Modul verwendet einen Blended-Learning-Ansatz, der synchrone Aktivitäten (Vorlesungen, Workshops, Labore, Seminare, Projektkliniken) mit asynchronen Materialien kombiniert, die die Lernenden selbstständig erkunden können. Diese Kombination unterstützt sowohl die Echtzeit-Beratung während praktischer Sitzungen als auch die selbstgesteuerte Konsolidierung von Konzepten, Workflows und Interpretationsfähigkeiten.

Zu den Lehrmethoden gehören interaktive Vorträge zur Einführung wichtiger Blockchain- und Rückverfolgbarkeitskonzepte, Seminare zur Untersuchung ethischer und Governance-Fragen und fallbasierte Sitzungen zur Verortung der Rückverfolgbarkeit in zirkulären und industriellen Symbiose-Wertschöpfungsketten. Workshops und Hands-on-Labs bilden den Kern des Moduls und bieten strukturierte Möglichkeiten, die Erstellung von Ledgereinträgen, das Anhängen von Dokumentation, das Generieren von QR-Codes und die Überprüfung der Datenintegrität in einer autorisierten Blockchain-Umgebung zu üben. Geführte Analysen und szenariobasierte Übungen helfen den Lernenden, Blockchain-Ausgaben zu interpretieren und ein Urteil darüber zu entwickeln, wann Blockchain für bestimmte Rückverfolgbarkeitsanforderungen geeignet ist oder nicht.

Während des gesamten Moduls wird Wert auf aktives Lernen, Genauigkeit und Verantwortung gelegt. In praktischen Sitzungen müssen die Lernenden mit echten Dokumentationsformaten arbeiten, die Regeln der Datenverwaltung befolgen und ihre eigenen Ergebnisse auf Konsistenz testen. Gruppendiskussionen und mündliche Erklärungen stärken die Kommunikationsfähigkeit, während projektbasiertes Arbeiten die Kompetenzentwicklung bei der Entscheidungsfindung, der Dokumentationsqualität und der ethischen Nutzung von Rückverfolgbarkeitsdaten unterstützt. Diese Methoden stellen gemeinsam sicher, dass die Lernenden die operativen Fähigkeiten entwickeln, die von EQF5 SymbioTech Managern erwartet werden, mit dem Vertrauen, Rückverfolgbarkeitstools verantwortungsvoll in industriellen Kontexten anzuwenden.

110

5.5 Bewertungsmethoden & Evidenz

Die Bewertung in diesem Modul kombiniert formative und summative Komponenten, um das Wissen, die angewandten Fähigkeiten und die Kompetenzen der Lernenden in der Blockchain-gestützten Rückverfolgbarkeit zu bewerten. Formative Bewertungen sind im gesamten Modul integriert, um kontinuierliches Feedback zu geben und den Fortschritt vom konzeptionellen Verständnis bis zum unabhängigen Betrieb von Rückverfolgbarkeitsworkflows zu unterstützen.

Formative Bewertung

- Kurze praktische Übungen in Workshops und Laboren (Erstellen von Einträgen, Anhängen von Dokumenten, Verifizieren von Daten, Navigieren zur Berechtigungs-Blockchain-Schnittstelle, Auffinden von Datensatzelementen).
- Teilnahme an Seminaren und Gruppendiskussionen zu Ethik, Governance und Entscheidungsfindung.
- Geführte Analyseaufgaben konzentrierten sich auf die Interpretation von Blockchain-Ausgaben und die Identifizierung unvollständiger oder inkonsistenter Datensätze.

- Kurze reflektierende Hinweise zu Einschränkungen, Datenintegrität oder ethischen Erwägungen.

Diese prägenden Elemente helfen den Lernenden, die Verfahrensgenauigkeit zu konsolidieren, die Dolmetschfähigkeiten zu stärken und sich auf das Abschlussprojekt vorzubereiten.

Summative Beurteilung

Bei der summativen Bewertung handelt es sich um ein Einzelprojekt, das aus vier Komponenten besteht:

1. Rückverfolgbarkeitsaufgabe (Ledgereintrag + Dokumentation + QR)

Die Lernenden müssen einen vollständigen Rückverfolgbarkeitsdatensatz in der genehmigten Blockchain-Umgebung erstellen oder aktualisieren, einschließlich genauer Metadaten, geeigneter Belege und eines funktionierenden QR-Links.

2. Verifizierung & Integritätsprüfung

Die Lernenden überprüfen ihre eigenen Aufzeichnungen, identifizieren potenzielle Probleme und dokumentieren Korrekturen oder Einschränkungen.

3. Kurze schriftliche Kurzfassung (Beweisinterpretation)

Eine kurze Erklärung, was der Blockchain-Datensatz bestätigt, was er nicht bestätigt und wie er die Transparenz für die Stakeholder unterstützt.

4. Präsentation & mündliche Diskussion

Kurze Präsentation des endgültigen Protokolls, gefolgt von einer mündlichen Prüfung zu getroffenen Entscheidungen, aufgetretenen Einschränkungen, Überprüfungsergebnissen und ethischen Erwägungen (z. B. Datensensitivität, Risiko einer Überforderung).

Gewichtung

- *Formative Komponenten:* 30% (Workshops, Labs, Reflexionsaufgaben, Teilnahme)
- *Summatives Projekt:* 70%
 - Ledger-Aufgabe + Dokumentationsintegrität: 40%
 - Schriftliche Kurzfassung (Interpretation und Einschränkungen): 10%
 - Präsentation & mündliche Diskussion: 20%

Bewertungskriterien

- Genauigkeit und Vollständigkeit der Ledgereingabe und Metadaten.
- Korrekte Verwendung von Belegen und QR-Verknüpfung.
- Qualität der Verifizierung und Integritätsprüfung (Erkennung von Lücken oder Einschränkungen).

- Klarheit und Korrektheit bei der Interpretation dessen, was der Blockchain-Datensatz zeigt.
- Ethisches Bewusstsein und verantwortungsvoller Umgang mit sensiblen oder unvollständigen Daten.
- Kommunikationsfähigkeiten und die Fähigkeit, Entscheidungen Nicht-Experten zu erklären.
- Gesamtautonomie, Zuverlässigkeit und Einhaltung der Governance-Regeln.

Diese Bewertungsmethoden spiegeln den EQR5-Schwerpunkt auf angewandter Kompetenz, verantwortungsvoller Entscheidungsfindung und klarer Kommunikation wider, um sicherzustellen, dass Lernende Blockchain-fähige Rückverfolgbarkeitsworkflows unabhängig innerhalb industrieller Symbiosekontexte betreiben können.

5.6 Bibliographie & Tools

5.6.1 Bibliographie

European Commission. (2022). Ecodesign for Sustainable Products Regulation (ESPR): Overview. https://single-market-economy.ec.europa.eu/sustainability/ecodesign-sustainable-products-regulation_en.

Antonopoulos, A. M., & Wood, G. (2018). *Mastering blockchain: Distributed ledger technology, decentralization, and smart contracts explained* (2nd ed.). O'Reilly Media. <https://learning.oreilly.com/library/view/mastering-blockchain-2nd/9781788839044/>

World Economic Forum. (2020). *Blockchain deployment toolkit: A guide for enterprise adoption*. <https://widgets.weforum.org/blockchain-toolkit/index.html>

Francisco, K., & Swanson, D. (2018). The supply chain has no clothes: Technology adoption of blockchain for supply chain transparency. *Logistics*, 2(1), 2. <https://doi.org/10.3390/logistics2010002>

GS1. (2022). *Global traceability standard: Overview*. <https://www.gs1.org/standards/traceability>

GS1. (2020). *GS1 Digital Link: Connecting physical products to digital information*. <https://www.gs1.org/standards/gsl-digital-link>

World Economic Forum. (2018). *Is blockchain the right tool for your business? Key questions to ask*. <https://www.weforum.org/stories/2018/04/questions-blockchain-toolkit-right-for-business>

World Economic Forum. (2018). *Blockchain beyond the hype: A practical framework for business leaders*. <https://www.weforum.org/publications/blockchain-beyond-the-hype/>

Deloitte. (n.d.). *Using blockchain to drive supply chain transparency and innovation*. <https://www.deloitte.com/us/en/services/consulting/articles/blockchain-supply-chain-innovation.html>

Hyperledger Foundation. (2022). *Hyperledger Fabric: Architecture, concepts, and components*. <https://hyperledger-fabric.readthedocs.io/en/latest/architecture.html>

5.6.2 Tools & Plattformen

Hyperledger Foundation Labs (sandbox): <https://labs.hyperledger.org>

Hyperledger Fabric Test Network: https://hyperledger-fabric.readthedocs.io/en/latest/test_network.html

QR code generator (open source): <https://qrcode-monkey.com>

SHA-256 checksum calculator: https://emn178.github.io/online-tools/sha256_checksum.html

6. Kurze Syllabus-Vorlage – Berufsbildung (EQR5)

Titel des Moduls: Symbiotische Energieeffizienz-/Managementtechnologien und -modelle

EQR-Niveau: 5

ECVET-Gutschriften: 3 ECVET

Gesamtarbeitslast (Stunden): 50-75 Stunden

- Sprechstunden (Vorträge, Labore, Seminare, Workshops, etc.): 30-45 Stunden
- Geführtes Selbststudium: 10-15 Stunden
- Projektarbeit: 10-15 Stunden

Liefernde Einrichtung: SLOVENSKA INOVACNA A ENERGETICKA AGENTURA (SIEA), (SIEA), Slowakei

114

6.1 Modulübersicht

Dieses Modul richtet sich speziell an SymbioTech-Manager, die umfassendes, praktisches Fachwissen im Umgang mit symbiotischen Energiesystemen in Industrie- und Fertigungsumgebungen im Einklang mit der EU-Energieeffizienzrichtlinie (EED) 2023/1791 und den nationalen Energie- und Klimaplänen (NECP 2021-2030) suchen. Es bietet eine eingehende Untersuchung der wichtigsten EMS-Frameworks, mit besonderem Schwerpunkt auf ISO 50001, die international anerkannte Standards für die Energieeffizienz und Compliance in symbiotischen industriellen Netzwerken unterstützt.

Die Teilnehmer erhalten ein solides Verständnis der grundlegenden Prinzipien und Anforderungen dieser Energierahmen, die es ihnen ermöglichen, effektive Energiemanagementpraktiken kompetent zu entwerfen, umzusetzen und aufrechtzuerhalten. Das Programm untersucht gründlich jede Komponente symbiotischer Energiesysteme innerhalb des EMS, wie die auf industrielle Symbiose zugeschnittene Formulierung von Energiepolitik, energiebezogene Compliance-Audits, Energierisikomanagement und Mechanismen zur kontinuierlichen Verbesserung. Besonderes Augenmerk wird darauf gelegt, dass diese Systeme nicht nur konform, sondern auch strategisch auf die Prinzipien der Kreislaufwirtschaft und der industriellen Symbiose ausgerichtet sind, wodurch Ressourceneffizienz, Abfallminimierung und symbiotische branchenübergreifende Zusammenarbeit gefördert werden. Darüber hinaus lernen SymbioTech-Manager, die Abfallbewirtschaftungshierarchie in der Praxis zu verstehen und umzusetzen, wobei der

Schwerpunkt auf der Vermeidung, Wiederverwendung und dem Recycling von industriellen Nebenprodukten, insbesondere energieverbrauchsrelevanten Abfällen, liegt. Die Manager führen Energiebilanzen durch und kartieren Rohstoffeinträge- und -ausgänge durch Materialflussanalyse (MFA), um Energieabfälle zu identifizieren, die im Rahmen der industriellen Symbiose als Ressource für andere Prozesse dienen können. In Bezug auf das zirkuläre Produktdesign werden SymbioTech-Manager verstehen, wie Prozessumgestaltungen, die von Energiewerkzeugen geprägt sind, die Produktion von nicht recycelbaren Materialien zu Beginn des Produktionszyklus reduzieren.

Die Manager werden sich mit fortschrittlichen praktischen Instrumenten und Methoden für die Energieverträglichkeitsprüfung beschäftigen – wie z. B. Pinch-Analyse, Wärmebildgebung und einfache energiebezogene Messungen – und lernen, diese Daten systematisch zu interpretieren, um strategische Entscheidungen zur Verbesserung der Energieeffizienz zu treffen. SymbioTech-Manager werden die Grundlagen der Pinch-Analyse beherrschen, um thermische Integrationsnetzwerke in symbiotischen Unternehmen zu entwerfen - die Verknüpfung der überschüssigen Abwärme eines Unternehmens mit den Prozessanforderungen eines anderen über gemeinsame Austauscherkaskaden - und damit eine strategische Führung in der industriellen Symbiose zu ermöglichen. Die Schulung umfasst die Festlegung von Energiezielen, die Festlegung von Leistungsindikatoren und die Entwicklung von Berichterstattungsinstrumenten. Das Modul umfasst auch Techniken zur Durchführung interner und externer Energiemanagement-Audits, um sicherzustellen, dass Organisationen alle Anforderungen der ISO 50001 erfüllen.

Die Workshops werden als interaktive Sitzungen das konzeptionelle Verständnis vertiefen, während Simulationen praktische Szenarien für die Anwendung von Energieaudits und Umsetzungsfähigkeiten bieten – wie die Verwendung von Wärmebilddaten für teambasierte Entscheidungen. Dies unterstützt SymbioTech-Manager dabei, die Komplexität der Integration symbiotischer Energiesysteme in bestehende Organisationsprozesse zu bewältigen und greifbare Verbesserungen der Umweltleistung voranzutreiben.

Während des gesamten Moduls wird der Schwerpunkt auf die Förderung von Führungsqualitäten im symbiotischen Energiemanagement gelegt, wodurch SymbioTech-Manager in die Lage versetzt werden, eine kontinuierliche Energieverantwortung in ihren Organisationen zu fördern. Am Ende des Kurses werden die Teilnehmer in die Lage versetzt, Energieeffizienzprojekte zu leiten, die nicht nur internationalen Standards wie ISO 50001 entsprechen, sondern auch einen sinnvollen Beitrag zu nachhaltigen industriellen Praktiken und kollaborativem Energiemanagement und EMS in industriellen Netzwerken leisten.

6.2 Lernergebnisse (LOs)

Die angestrebten Lernergebnisse sind in die drei EQR-Bereiche unterteilt:

- **Wissen.** Die Studierenden werden:

1. die Kernprinzipien der Energieeffizienz und der Energieverschwendung verstehen, einschließlich Konzepten wie Abwärmerückgewinnung, Systemoptimierung, Abfallbewirtschaftungshierarchie, Materialflussanalyse (MFA) für die Kartierung von

Ressourcen innerhalb eines Unternehmens und zirkuläres Produktdesign, um den Produktaustausch zwischen Industriepartnern zu ermöglichen (LO1),

2. sich mit den Grundlagen der Pinch-Analyse (heiße/kalte Ströme, Prisepunkt) als Methode zur Verbesserung der Integration thermischer Energie vertraut machen – sie intern für die Prozesseffizienz und extern unternehmensübergreifend anwenden, indem die überschüssige Abwärme eines Unternehmens als Input für den Heizbedarf eines anderen Unternehmens (LO2) verknüpft wird,
3. die Schlüsselkomponenten der ISO 50001-Normen erkennen, die Energiemanagementsysteme in industriellen Umgebungen (LO3) leiten.

▪ **Fähigkeiten. Studierende können:**

4. einfache energiebezogene Messungen (Temperatur, Leistungsmessungen) an Industriemaschinen mit einfachen Werkzeugen (LO4) durchführen,
5. Geräte wie Wärmebildkameras verwenden, um Wärmeverlustzonen zu identifizieren und unterstützende Daten zu sammeln. Die Verwendung von Wärmebildkameras bietet eine praktische Erfahrung, die SymbioTech-Manager benötigen, um Möglichkeiten für branchenübergreifendes Teilen (LO5) zu identifizieren.
6. Checklisten und einführende Pinch-Analyse-Tools anwenden, um Energieverbrauchsmuster zu bewerten, Ineffizienzen zu ermitteln und geeignete technische Anpassungen vorzuschlagen (z. B. Isolierung, Rückgewinnungssysteme, Prozessverbesserungen) (LO6),
7. Feststellungen klar dokumentieren und Empfehlungen in einem Korrekturmaßnahmenplan (LO7) strukturieren.

▪ **Kompetenzen (Autonomie & Verantwortung). Studierende können:**

8. sicher und aufmerksam in industriellen Umgebungen unter Einhaltung etablierter Betriebsprotokolle arbeiten, insbesondere beim Umgang mit heißen Oberflächen, bei der Arbeit mit elektrischen Systemen oder beim Betrieb beweglicher Ausrüstung (LO8),
9. Initiativen zur Ermittlung von Energieverlustpunkten und zur Ausarbeitung von Empfehlungen ergreifen und gleichzeitig anerkennen, wie wichtig es ist, mit Ingenieurteams zusammenzuarbeiten, um die Umsetzung zu rechtfertigen (LO9),
10. klare und systematische Aufzeichnungen über Energiebeobachtungen führen, um die Rückverfolgbarkeit und Zuverlässigkeit für Folge- oder Auditzwecke zu gewährleisten (LO10).

6.3 Indikativer Lernplan / Lieferplan

Woche	Referat/Abschnitt Titel	Sitzungstyp	Thema / Aktivität	Vorgesehene LOs	Erforderliche Literatur / Materialien	Empfohlene Methoden
1	Bootcamp- Training vor Ort (Face to Face)	Vortrag / Workshop / E-Learning	Grundlagen der Energieeffizienz, echte Beispiele für Energieeinsparungen.	LO1, LO2	Branca et al. (2022), Kemp et al. (2020), Energieeffizienzrichtlinie 2023/1791	Verwendung von Wärmebildkameras und Sensoren; Lernende üben, Wärmeverluste von ausgewählten Geräten zu identifizieren; Pinch Analysis Übungen.
2	Mentored E- Learning und Workplace Taks	Seminar / E-Learning	Energiemanagement, Energiebilanzen, Abfallbewirtschaftungshierarchie, Makrofinanzhilfe, kreislauforientiertes Produktdesign, Techniken zur Abfallvermeidung, Berechnung des Energieverbrauchs (Fallstudien)	LO1, LO3, LO4, LO5, LO6 und LO7	Europäischer Grüner Deal, „Fit für 55“, Energieeffizienzrichtlinie 2023/1791, ISO 50001 (Energiemanagementsysteme)	Simulierte Fallstudien, Selbsttests, Durchführung eines Mini- Energieaudits.
3, 4	Klinik für Endbewertung	Vortrag / Workshop / E-Learning	Energieabfallkarte zu Energieverlusten, Korrekturmaßnahmenplan zu Verbesserungsmaßnahmen.	LO1, LO8, LO9 und LO10	Cervo et al. (2020), Fraccascia et al. (2020)	Selbstlernen, Q&A Sitzungen, Analyse Verteidigung.

6.4 Wichtige Tools und Ressourcen

- **Wärmebildkamera und Sensoren** – Wird während der Bootcamp-Schulung vor Ort und anderer Projektarbeiten verwendet, um Wärmeverluste in Geräten oder Prozessen zu erkennen und zu dokumentieren.
- **Checklisten zur Energieeffizienz** – Auf der Grundlage von **ISO 50001** helfen diese Instrumente den Lernenden, Prozesse systematisch zu inspizieren und häufige Ursachen für Energieeffizienzinneffizienz (z. B. ungenutzte Maschinen, fehlende Isolierung) zu ermitteln.

6.5 Lehr-und Lernmethoden

- *Lernansatz*

Für dieses Modul wird ein hybrider Lernansatz verfolgt. Mit anderen Worten, es wird sowohl synchrones als auch asynchrones Lernen verwendet. Insbesondere durch synchrones Lernen sammeln sich Trainer und Manager virtuell zur gleichen Zeit und am gleichen Ort (in einem digitalen Klassenzimmer) und interagieren in Echtzeit. Auf der anderen Seite können Manager auf der Grundlage asynchronen Lernens auf Materialien zugreifen, die auf einer digitalen Plattform verfügbar sein werden (von Trainern hochgeladen). Diese Materialien (z. B. aufgezeichnete Vorträge, Präsentationen, Word-/PDF-Dateien, Abbildungen, Videos usw.) beschreiben theoretische Fragen und praktische Fallstudien. So können Manager über längere Zeiträume mit jedem Material in ihrem eigenen Tempo interagieren.

- *Schlüssellehrmethoden*

Während des gesamten Moduls werden mehrere wichtige Lehrmethoden verwendet, wie interaktive Vorträge mit geführter Diskussion, Fallstudien, Seminare, Experten-Webinare, Workshops und praktische Labore. Themen im Zusammenhang mit industrieller Symbiose (IS), Kreislaufwirtschaft (CE) und Nachhaltigkeit werden sich in den oben genannten Lehrmethoden widerspiegeln. Zu den wichtigsten Ressourcen für die Module gehören eine Wärmebildkamera & Ampere; Sensoren, die während des Bootcamp-Trainings vor Ort in Woche 1 verwendet werden, um Wärmeverluste in Geräten oder Prozessen zu erkennen und zu dokumentieren, sowie eine Energieeffizienz-Checkliste.

- *Ansätze und Methoden zur Unterstützung des aktiven Lernens und der praktischen Anwendung von Wissen.*

Der Ansatz des synchronen Lernens ist gut geeignet, um ein sofortiges Engagement von Trainern und Managern mit einem schnelleren Informationsaustausch zu schaffen und so dazu beizutragen, ein Gemeinschaftsgefühl aufzubauen und Missverständnisse zu klären. Darüber hinaus ist der asynchrone Lernansatz flexibler. Es gibt Managern mehr Zeit, Material zu erforschen und sich mit ihm zu beschäftigen.

Darüber hinaus vermitteln die wichtigsten Lehrmethoden (wie Vorlesungen) theoretisches Wissen über IS für ein umfassendes Verständnis der IS-Prinzipien, -Elemente und -Praktiken. Dieses Wissen und die vielen Praxisbeispiele der praxisorientierten Lehrmethoden (z.B. IS-Fallstudien) legen den Grundstein für einen SymbioTech Manager.

Experten-Webinare und -Seminare werden weiter dazu beitragen, das theoretische und praktische Wissen über IS zu verbessern. Teamarbeit, die durch Lehrmethoden wie Workshops, Gruppenarbeiten und Projekte gefördert wird, macht den SymbioTech-Manager in der Lage, erfolgreich mit Stakeholdern zusammenzuarbeiten und effektive IS-Netzwerke zu entwickeln.

6.6 Bewertungsmethoden & Evidenz

Die Bewertung und Bewertung für das Modul SymbioTech Managers ist darauf ausgelegt, sowohl das theoretische Verständnis als auch die praktische Anwendung von Energiesymbiosekonzepten in industriellen Netzwerken zu messen. Manager werden durch eine Kombination von Einzelaufgaben bewertet, wie technische Berichte zur Analyse von Energieeffizienzverbesserungen anhand von realen Daten und Gruppenprojekte, die die Entwicklung und Präsentation maßgeschneiderter Energiemanagementlösungen erfordern. Die Teilnahme an Fallstudiendiskussionen, Workshops und Problemlösungssitzungen wird durch strukturierte Teambeobachtung zur kontinuierlichen Bewertung beitragen, indem kritisches Denken und Soft Skills wie Führung, Zusammenarbeit, Kommunikation und Anpassungsfähigkeit in Gruppeneinstellungen bewertet werden. Darüber hinaus werden reflektierende Essays über Gastvorträge und Feldbesuche oder virtuelle Touren die Lernenden ermutigen, Brancheneinblicke mit akademischem Wissen zu verbinden. Dieser gemischte Evaluierungsansatz stellt sicher, dass die Lernenden messbare Kompetenzen im Management innovativer, nachhaltiger Energiesysteme in realen industriellen Kontexten erwerben.

Die Teilnehmer haben die Möglichkeit, an Gastvorträgen und Branchengesprächen (Sessions unter der Leitung von Experten aus dem Energiesektor, die die neuesten Technologierichtlinien und Markttrends hervorheben) und Vor-Ort-Besuchen oder virtuellen Führungen teilzunehmen. Vor-Ort-Besuche sind im Rahmen des Kurses völlig optional und beinhalten den Besuch von Industriestandorten, die Energiesymbiose praktizieren, um Technologieanwendungen und Managementpraktiken aus erster Hand zu beobachten.

119

Bewertungskomponenten:

Ergebnisse der Energieaudits:

- Energieabfallkarte (z. B. Diagramm, Tabelle oder kommentiertes Wärmebild), die Zonen des Energieverlusts zeigt.
- Korrekturmaßnahmenplan, in dem vorgeschlagene Verbesserungen mit Begründung dargelegt werden (z. B. Wärmedämmung, Wärmetauscher, Prozessabschaltungen).

Mündliche Verteidigung (Q&A):

- Die Lernenden erläutern ihre Energieergebnisse, beschreiben die verwendeten Werkzeuge und beantworten Fragen zu Energieeffizienzstrategien und Auditierungsmethoden.

Vorlage von Beweismitteln:

- Ein Mini-Audit-Paket mit Beobachtungsprotokollen, Diagrammen und Aktionsblättern vervollständigen.
 - Bewertung anhand einer 20-Punkte-Rubrik mit Rückmeldungen zur technischen Genauigkeit, zum Sicherheitsbewusstsein und zur Qualität der Empfehlungen.

6.7 Bibliographie & Werkzeuge

6.7.1 Erforderlich

Branca T., Colla V., Fornai B., Petrucciani A., Pistelli M., Faraci E., Cirilli F., Schröder A. (2022). Current state of Industrial Symbiosis and Energy Efficiency in the European energy intensive sectors, *Matériaux & Techniques* 109 (5-6).

Cervo H., Ferrasse J.-H., Descales B. (2020). Blueprint: A methodology facilitating data exchanges to enhance the detection of industrial symbiosis opportunities–Application to a refinery, *Chem. Eng. Sci.* 211.

Fraccascia L., Yazdanpanah V., van Capelleveen G. & Yazan D.M. (2020). Energy-based industrial symbiosis: a literature review for circular energy transition, *Volume 23*, 4791–4825.

He K., Wang L. (2017). A review of energy use and energy-efficient technologies for the iron and steel industry, *Renew. Sustain. Energy Rev.* 70, 1022-1039.

Malinauskaite J., Jouhara H., Ahmad L., Milani M., Montorsi L., Venturelli M. (2020). Optimizing the Efficiency of Resource Exchange in Industrial Symbiosis (IS). *Responsible Consumption and Production*, 1–12, *Energy*, Volume 172, 255–269.

Malinauskaite J., Jouhara H., Ahmad L. (2019). Energy efficiency in industry: EU and national policies in Italy and the UK, *Energy* 172, 255–269.

Curtin Joseph, Atanasiu, B., & Bowie Randall. (2014). *EU Energy Law. V. 7, energy efficiency in the European Union*. Claeys & Casteels.

Kemp, I. C., & Lim, J. S. (2020). *Pinch analysis for energy and Carbon Footprint Reduction: User guide to process integration for the efficient use of Energy*. Butterworth-Heinemann.

120

6.7.2 Empfohlen

Capehart, B. L., Turner, W. C., & Kennedy, W. J. (2020). *Guide to Energy Management*. River Publishers.

Curtin Joseph, Atanasiu, B., & Bowie Randall. (2014). *EU Energy Law. V. 7, energy efficiency in the European Union*. Claeys & Casteels.

Sancho, Lasheras M. (2024). *Analysing the Determinants of Energy Efficiency Improvement in European Firms: The Role of Regulatory Landscapes and Organizational Capabilities*. Sciences Pro Paris.

Al-Shemmeri, T. (2013). *Energy audits: A workbook for energy management in buildings*. Wiley.

7. Kurze Syllabus-Vorlage – Berufsbildung (EQR5)

Titel des Moduls: Umweltmanagementsysteme (EMS)

EQR-Niveau: 5

ECVET-Gutschriften: 2-3 ECVET

Gesamtarbeitslast (Stunden): 50-75 Stunden

- Sprechstunden (Vorträge, Labore, Seminare, Workshops, etc.): 30-45 Stunden
- Geführtes Selbststudium: 10-15 Stunden
- Projektarbeit: 10-15 Stunden

Liefernde Einrichtung: VSB - TECHNISCHE UNIVERSITÄT VON OSTRAVA (VSB - TUO), Tschechien.

121

7.1 Modulübersicht

Dieses Modul führt die Studierenden in die Struktur, Implementierung und Bewertung von Umweltmanagementsystemen (EMS) ein, mit besonderem Schwerpunkt auf den ISO 14001- und EMAS-Frameworks. Durch praktische Aktivitäten, Fallanalysen und simulierte Audits lernen die Teilnehmer, Umweltprüfungen durchzuführen, Ziele und Indikatoren festzulegen, betriebliche Kontrollen durchzuführen und die Einhaltung von Vorschriften sicherzustellen.

Aufbauend auf den in den Modulen 1-6 des SymbioTech-Pfads gewonnenen Kenntnissen zielt dieses Modul darauf ab, angewandte EMS-Funktionen für industrielle Symbiose-Einstellungen zu entwickeln. Es bereitet die Lernenden darauf vor, KMU oder Cluster zu einer verbesserten Umweltleistung, regulatorischen Ausrichtung und langfristigen Nachhaltigkeitsstrategien zu führen.

Das Modul richtet sich an Berufsbildungsstudenten, Geschäftsleiter, Berater und Moderatoren, die sich mit ressourcenschonender Innovation beschäftigen. Ein allgemeines Verständnis von Nachhaltigkeit ist hilfreich, aber nicht erforderlich.

7.2 Lernergebnisse (LOs)

Die angestrebten Lernergebnisse sind in die drei EQR-Bereiche unterteilt:

▪ **Wissen.** *Die Studierenden werden:*

1. Die strategische Rolle des EMS verstehen: erklären, wie Umweltmanagement wirtschaftliche, soziale und ökologische Bedürfnisse innerhalb einer Organisation (LO1) ausgleicht.
2. EMS-Frameworks unterscheiden: Unterscheidung zwischen den wichtigsten Normen, insbesondere ISO 14001 und EMAS, und ihren Umsetzungsschritten (LO2),
3. Das EMS mit umfassenderen Zielen verbinden: Anerkennung der Verbindungen zwischen dem Umweltmanagementsystem, der Industriesymbiose, der Kreislaufwirtschaft und der EU-Klimaneutralitätspolitik (LO3).

▪ **Fähigkeiten.** *Studierende können:*

4. Umweltprüfungen durchführen: Durchführung einer ersten Umweltanalyse zur Ermittlung wesentlicher Aspekte und Auswirkungen einer Organisation (LO4),
5. EMS-Komponenten entwickeln: Entwurf umweltpolitischer Maßnahmen, Festlegung messbarer Ziele und Festlegung zentraler Leistungsindikatoren (KPI) (LO5),
6. Umweltberichten erstellen: Erstellung transparenter Umwelterklärungen in Übereinstimmung mit Berichtsstandards (z. B. CSRD-Grundlagen) (LO6).

122

▪ **Kompetenzen (Autonomie & Verantwortung).** *Die Studierenden sind in der Lage:*

7. Die EMS-Umsetzung zu koordinieren: Leitung der Planung und Durchführung von EMS-Projekten in KMU oder Industrieclustern (LO7),
8. Compliance &-Audits zu verwalten: Sicherstellung der Übereinstimmung mit Umweltvorschriften und Vorbereitung einer Organisation auf interne oder externe Audits (LO8),
9. Die Einbeziehung der Interessenträger zu fördern: Umweltleistung effektiv an Regulierungsbehörden, Partner und die Öffentlichkeit zu kommunizieren (LO9).

7.3 Indikativer Lernplan / Lieferplan

A/A	Referat/Abschnitt Titel	Sitzungstyp	Thema / Aktivität	Vorgesehene LOs	Erforderliche Literatur / Materialien	Empfohlene Methoden
1	Einführung in Umweltmanagementsysteme (EMS) und zur Umweltzertifizierung	Vortrag + Seminar / E-Learning	EMS als Instrument zur Abwägung ökologischer und wirtschaftlicher Bedürfnisse. Vorteile der Zertifizierung (Markt, Regulierung, Betrieb).	LO1, LO3	Tinsley (2015), Watson M., Emery A. (2004), Dentsch M.P. (2016), McKeiver C., Gadenne D. (2005), Hui et al. (2001); Ferenhof et al. (2014), Daddi T., Iraldo F., Testa F. (2015), Sheldon und Yoxon (2012).	Interaktiver Vortrag mit geführter Diskussion. Seminar mit forschungsbasiertem Lernen (RBL)
2	EMAS: System zur Prüfung des Umweltmanagements - Planungsphase	Vortrag + Seminar / E-Learning	Einführung in die EMAS-Struktur und "Schritte zu EMAS". Management-Engagement und Durchführung der ersten Umweltprüfung.	LO2, LO4	EMAS-Benutzerhandbuch (2023) EMAS-Verordnung (2009) Sheldon C. und Yoxon M. (2012)	Interaktiver Vortrag. Seminarbasierte Einführung in die Planung.
3	EMAS: Festlegung der Umweltpolitik und des Umweltprogramms (1) - Einrichtung und Umsetzung von EMAS	Workshop / E-Learning	Festlegung von Umweltzielen, -zielen und -maßnahmen. Ressourcen, Zuständigkeiten, Überprüfung der Einhaltung der Rechtsvorschriften und Prüfungsvorbereitung.	LO4, LO5, LO7, LO8	EMAS-Benutzerhandbuch (2023) EMAS-Verordnung (2009)	Gruppenprojekt Teil 1: Festlegung von Zielen und Maßnahmen. Überprüfung der Einhaltung der Vorschriften.

A/A	Referat/Abschnitt Titel	Sitzungstyp	Thema / Aktivität	Vorgesehene LOs	Erforderliche Literatur / Materialien	Empfohlene Methoden
4	Umwelterklärung mit EMAS	Workshop / E-Learning	Anforderungen an die Umwelterklärung und Kernkennzahlen. Einhaltung der Vorschriften für die Nachhaltigkeitsberichterstattung (ESRS, CSRD).	LO3, LO6, LO9	EMAS-Benutzerhandbuch (2023) EMAS-Verordnung (2009) Campos et al. (2015) ESRS: E1 (Klimawandel), E2 (Verschmutzung), E3 (Wasser- und Meeresressourcen), E4 (Biodiversität und Ökosysteme), E5 (Ressourcennutzung und Kreislaufwirtschaft)	Gruppenprojekt Teil 2: Ausarbeitung und Verfeinerung des Berichts.
5	EMAS-Konformität mit ISO 14001:2015 Projektbewertung	Seminar / E-Learning Bewertung	Vergleich von EMAS und ISO 14001; Ermittlung von Synergien. Vorstellung des EMS-Portfolios.	LO1 – LO9	ISO 14001:2015, ISO 14001 Schlüsselvorteile, EMAS-Verordnung (2009), Dentsch M.P. (2016) Salim H.K et al. (2018), Campos et al. (2015), Oliveira et al. (2016), Camilleri M.A. (2022)	Brainstorming: Compliance-Mapping. Präsentation von Gruppenprojekten (Politik, Überprüfung, Bericht).

7.4 Lehr-und Lernmethoden

▪ *Lernansatz*

Für dieses Modul kann ein hybrider Lernansatz gewählt werden. Mit anderen Worten, sowohl synchrones als auch asynchrones Lernen kann verwendet werden. Insbesondere durch synchrones Lernen sammeln sich Trainer und Lernende virtuell zur gleichen Zeit und am gleichen Ort (in einem digitalen Klassenzimmer) und interagieren in Echtzeit. Auf der anderen Seite können die Lernenden auf der Grundlage von asynchronem Lernen auf Materialien zugreifen, die auf einer digitalen Plattform verfügbar sein werden (von Trainern hochgeladen). Diese Materialien (z. B. aufgezeichnete Vorträge, Präsentationen, Word-/PDF-Dateien, Abbildungen, Videos usw.) beschreiben theoretische Fragen und praktische Fallstudien. So können die Lernenden über längere Zeiträume mit jedem Material in ihrem eigenen Tempo interagieren.

▪ *Schlüssellehrmethoden*

Während des gesamten Moduls werden mehrere wichtige Lehrmethoden verwendet. Für theoretische und konzeptionelle Einblicke bietet dieser Kurs interaktive Vorträge mit geführten Diskussionen und Seminaren unter Verwendung von Elementen des Brainstormings oder des forschungsbasierten Lernens. Für praktische Aspekte (wie EMAS-Implementierungsaspekte) bietet dieses Modul Workshops an, um den Teilnehmern die Zusammenarbeit bei der Projektentwicklung zu ermöglichen.

▪ *Ansätze und Methoden zur Unterstützung des aktiven Lernens und der praktischen Anwendung von Wissen.*

Der Ansatz des synchronen Lernens ist gut geeignet, um ein sofortiges Engagement von Trainern und Lernenden und einen schnelleren Informationsaustausch zu schaffen und so dazu beizutragen, ein Gemeinschaftsgefühl aufzubauen und Missverständnisse zu klären. Darüber hinaus ist der asynchrone Lernansatz flexibler. Es ermöglicht den Lernenden mehr Zeit, Material zu erforschen und sich mit ihm zu beschäftigen, und ermöglicht den Zugang zu einem breiteren Spektrum von Lernenden.

Darüber hinaus vermitteln die wichtigsten Lehrmethoden (wie Vorlesungen) das theoretische Wissen über IS für ein umfassendes Verständnis der IS-Prinzipien, -Elemente und -Praktiken. Dieses Wissen und die vielen Praxisbeispiele, die durch die praxisorientierten Lehrmethoden (wie IS-Fallstudien, Hands-on-Labs) vermittelt werden, legen den Grundstein für HEI-Studenten und Business Manager als IS-Manager. Experten-Webinare und -Seminare werden weiter dazu beitragen, das theoretische und praktische Wissen über IS zu verbessern. Teamarbeit, die durch Lehrmethoden wie Workshops, Gruppenarbeiten und Projekte gefördert wird, macht den IS-Manager in der Lage, erfolgreich mit Stakeholdern zusammenzuarbeiten und effektive IS-Netzwerke zu entwickeln.

125

7.5 Bewertungsmethoden & Evidenz

Das Modul verwendet eine gemischte Bewertungsstrategie, die die aktive Beteiligung und das Engagement der Lernenden, die Ergebnisse von Gruppenprojekten und die schriftliche Prüfung

kombiniert. Mit diesen Methoden werden die allgemeinen Kenntnisse der Teilnehmer über Umweltmanagementsysteme sowie die Fähigkeiten und Kompetenzen bei der praktischen Umsetzung des Umweltmanagementsystems am Beispiel von EMAS bewertet.

Bewertungskomponenten:

- *Partizipation & Engagement (Gewicht 20%):* Aktiver Beitrag zu Diskussionen, Seminaren und Workshop-Aktivitäten.
- *EMS-Praxisportfolio (Gruppenprojekt) (Gewicht 80%):* Die Lernenden werden in Gruppen arbeiten, um eine umfassende EMS-Simulation für eine ausgewählte Einheit zu entwickeln. Die Note ist auf vier kumulative Ausgänge verteilt, um einen kontinuierlichen Aufwand zu gewährleisten:
 - *Umweltpolitik & Ziele (20%):* Ausarbeitung der strategischen Ausrichtung und messbarer Ziele.
 - *Compliance & Bewertung (20%):* Durchführung der Erstprüfung und der Prüfung der Einhaltung der Rechtsvorschriften.
 - *Abschließende Umwelterklärung/Bericht (30 %):* Synthese von Daten in einem abschließenden öffentlichen Bericht (einschließlich KPIs).
 - *Nachbesprechung und Reflexion (10 %):* Leistungsüberprüfung und Reflexionsdiskussion

7.6 Bibliographie & Werkzeuge

7.6.1 Erforderlich

Dentch, M. P. (2016). The ISO 14001:2015 Implementation Handbook: Using the Process Approach to Build an Environmental Management System. Milwaukee: ASQ Quality Press.

Daddi, T., Iraldo, F., & Testa, F. (2015). Environmental Certification for Organisations and Products: Management approaches and operational tools. New York: Routledge.

European Commission. (2023). EMAS User's Guide. Commission Decision (EU) 2023/2463. [Online]. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dec/2023/2463/oj/eng>

European Parliament and Council. (2009). Regulation (EC) No 1221/2009 (EMAS Regulation). [Online]. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2009/1221/oj/eng>

European Commission. (2023). European Sustainability Reporting Standards (ESRS). Delegated Regulation (EU) 2023/2772.

ISO. (2015). ISO 14001:2015 Environmental management systems – Requirements with guidance for use.

Sheldon, C., & Yoxon, M. (2012). Environmental Management Systems: A step-by-step guide to implementation and maintenance (3rd ed.). New York: Earthscan / Routledge.

Tinsley, S. (2014). Environmental Management in a Low Carbon Economy. New York: Routledge.

7.6.2 Empfohlen

Camilleri M.A. (2022) The rationale for ISO 14001 certification: A systematic review and a cost–benefit analysis, *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 29(4): 1067-1083, <https://doi.org/10.1002/csr.2254>

Campos L., Heizen D.A., Verdinelli M.A., Miguel P.A. (2015) Environmental performance indicators: a study on ISO 14001 certified companies, *Journal of Cleaner Production*, 99: 286-296 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.03.019>

Ferenhof H.A, Vignochi L., Selig P.M., Lezana A.G., Campos L. (2014) Environmental management systems in small and medium-sized enterprises: an analysis and systematic review, *Journal of Cleaner Production*, 74: 44-53, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.03.027>

Hui I.K., Chan A.H.S., Pun K.F. (2001), A study of the Environmental Management System implementation practices, *Journal of Cleaner Production*, 9(3) 269-276, [https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(00\)00061-5](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(00)00061-5)

McKeiver C., Gadenne D. (2005) Environmental Management Systems in Small and Medium Businesses, *International Small Business Journal: Researching Entrepreneurship*, 23(5) <https://doi.org/10.1177/0266242605055910>

Oliveira J.A., Oliveira O.J, Ometto A.R., Ferraudo A.S. Salgado M.H. (2016), Environmental Management System ISO 14001 factors for promoting the adoption of Cleaner Production practices, *Journal of Cleaner Production*, 133: 1384-1394, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.013>

Salim H.K, Padfield R., Hansen S.B., Mohamed S.E., Yuzir A., Syayuti K., Tham M.H., Papargyropoulou E. (2018), Global trends in environmental management system and ISO14001 research, *Journal of Cleaner Production*, 170: 645-653, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.017>

Watson M., Emery A. (2004) Environmental management and auditing systems: The reality of environmental self-regulation, *Managerial Auditing Journal* 19 (7): 916–928, <https://doi.org/10.1108/02686900410549439>

link: <https://symbiotech-project.eu/symbiotech-d31-training-modules-for-hei-andvet-students>