

20.11.2025

EXCEL4HOUSING4.0

Projektnummer: 101194



D.2.2 – Bericht zum Stand der Technik
Analyse

Fördervereinbarung Nr.	101194014		
Projektkürzel	EXCEL4HOUSING4.0		
Projekttitel	EXCEL4HOUSING4.0 Energieeffizienz und nachhaltiges Wohnen		
Art der Maßnahme	ERASMUS-Pauschalzuschüsse		
Thema der Ausschreibung	ERASMUS-EDU-2024-PEX-COVE		
Projektstart	03.02.2025	Projektende	31.01.2029
Projektkoordinatorin	Sonia Degroote		
Projekt-Website	https://excel4housing.eu/		
Arbeitspaket	WP2: Bestandsaufnahme des Arbeitsmarktes, Ermittlung des Qualifikationsbedarfs und Analyse des aktuellen Stands der Technik in den Bereichen Energieeffizienz und nachhaltiges Wohnen.		
WP-Leiterin	AKMI		
Art des Ergebnisses Verbreitungsstufe	R: Dokument, Bericht SPU – Öffentlich		
Fälligkeitsdatum	31. September 2025		
Einreichungsdatum des Ergebnisses	00. Januar 2026		
Version	V1.0 Entwurf		
Prüfer	wird noch bekannt gegeben		

Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung	4
2. Einleitung und Methodik	6
2.1. Projektkontext	6
2.2. Ziele von Aufgabe 2.2	7
2.3. Überblick über die Methodik	7
3. Analyse von Markttrends und -treibern	9
3.1. Aktuelle Bautätigkeit: Zusammenfassung der Sanierungsraten und Trends bei der Neubautätigkeit in den teilnehmenden Ländern.	9
3.2. Wichtige Markttreiber: Analyse der gemeinsamen Faktoren, die den ökologischen Wandel vorantreiben (oder behindern) (z. B. öffentliche Fördermittel, wirtschaftlicher Druck, Nachfrage nach NZEB/ZEB).	10
4. Regulatorisches Umfeld und Compliance-Risiken	12
4.1. Der EU-Rechtsrahmen: Überblick über die für den Sektor maßgeblichen Richtlinien (EPBD, „Renovation Wave“, ETS2, Ökodesign).	12
4.2. Nationale Umsetzung und Auswirkungen: Konsolidierte Analyse der Art und Weise, wie die Länder die Rechtsvorschriften umsetzen, sowie der spezifischen regulatorischen Risiken bei Nichteinhaltung auf nationaler Ebene.	13
4.3. Finanzberichterstattung (Taxonomie & CSRD): Zusammenfassung des aktuellen Stands hinsichtlich der Berichtspflichten und ihrer Auswirkungen auf die Finanzierung und den Vermögenswert (der „Brown Discount“).	16
5. Aktuelles Qualifikationsökosystem und Lücken	18
5.1. Bestehende Qualifikationen: Zusammenfassung der aktuellen Berufsbildungs- und Hochschulprogramme im Bereich Energieeffizienz.	18
5.2. Ermittlung kritischer Qualifikationslücken: Zusammenfassende Ergebnisse zu den gravierendsten Wissens- und Kompetenzdefiziten, kategorisiert nach Berufsprofilen.	19
5.3. Hindernisse für die Weiterqualifizierung: Analyse häufiger Hindernisse für eine effektive Weiterbildung.	20
6. Digitalisierung und Integration der Kreislaufwirtschaft	22
6.1. Stand der digitalen Transformation: Bewertung der Akzeptanzraten wichtiger digitaler Werkzeuge in den Ländern des Konsortiums.	22
6.2. Praktiken der Kreislaufwirtschaft: Zusammenfassung der Umsetzung von Ökobilanzen (LCA), der Verwendung von Materialpässen und der Prinzipien des demontagefreundlichen Designs.	23
7. Schlussfolgerungen und Empfehlungen	26
7.1. Zusammenfassung der wichtigsten Erkenntnisse: Abschließende Schlussfolgerung, in der die wichtigsten Herausforderungen und festgestellten systemischen Qualifikationsdefizite	

Technik	
zusammengefasst werden	26
7.2. Empfehlungen für WP4: Klare, umsetzbare Empfehlungen als Grundlage für die Entwicklung des neuen Berufsbildungslehrplans	27
8. Literaturverzeichnis	29
9. Anhänge	31
Anhang 1: Nationaler Bericht zum aktuellen Stand der Technik – Belgien	31
Anhang 2: Nationaler Bericht zum Stand der Technik – Kroatien	45
Anhang 3: Nationaler Bericht zum Stand der Technik – Finnland	62
Anhang 4: Nationaler Bericht zum Stand der Technik – Deutschland	70
Anhang 5: Nationaler Bericht zum Stand der Technik – Griechenland	76
Anhang 6: Nationaler Bericht zum Stand der Technik – Italien	90
Anhang 7: Nationaler Bericht zum Stand der Technik – Polen	105
Anhang 8: Nationaler Bericht zum Stand der Technik – Portugal	135
Anhang 9: Nationaler Bericht zum Stand der Technik – Spanien	146
Anhang 10: Nationaler Bericht zum Stand der Technik – Schweden	161
Anhang 11: Nationaler Bericht zum Stand der Technik – Ukraine	173
Verzeichnis der Abkürzungen und Akronyme	180

1. Zusammenfassung

Die D2.2-Stand-der-Technik-Analyse dient als Grundlagenforschung für das Projekt EXCEL4Housing 4.0 und erfasst die aktuellen Trends, regulatorischen Anforderungen und systemischen Qualifikationsdefizite im gesamten europäischen Bausektor. Die zentrale Erkenntnis lautet: Während die Europäische Union einen soliden Rechtsrahmen für die grüne Wende geschaffen hat (Neufassung der EPBD, EU-Taxonomie, CSRD), wird die Fähigkeit des Sektors, diesen Wandel umzusetzen – die Umsetzungskapazität –, durch eine sich beschleunigende und vielschichtige Qualifikationslücke erheblich eingeschränkt.

Methodischer Hinweis zu den Daten aus der Ukraine: Während die Kennzahlen für die EU-Mitgliedstaaten in erster Linie auf Eurostat und den nationalen Energieplänen basieren, stammen die Daten für die Ukraine aus aktuellen nationalen Statistiken (2024–2025) und internationalen Wiederaufbauberichten. Diese Zahlen spiegeln den Umfang der abgeschlossenen Arbeiten und den dringenden Wiederaufbaubedarf wider, der sich in seiner zyklischen Natur von den in der EU-27 üblicherweise beobachteten Sanierungsraten unterscheiden kann.

Wichtigste Ergebnisse nach Abschnitten

Markttrends (siehe Kapitel 3): Der Markt verlagert sich vom traditionellen, konjunkturabhängigen Neubau hin zu einem verbindlichen, politisch vorangetriebenen Schwerpunkt auf tiefgreifende Sanierungen. Während sich die Neubautätigkeit in reifen Volkswirtschaften (z. B. Deutschland und Schweden) aufgrund makroökonomischer Faktoren verlangsamt hat, ist die Sanierungsnachfrage robust und nicht konjunkturabhängig, unterstützt durch die Aufbau- und Resilienzpläne (RRPs) in Ländern wie Spanien und Portugal.

Ein Sonderfall innerhalb des Konsortiums ist **die Ukraine**, wo der Markt durch massive Bemühungen um einen „grünen Wiederaufbau“ nach großflächigen Kriegsschäden geprägt ist. Im Gegensatz zu den reifen EU-Märkten, die mit einem Einbruch bei den Neubauten konfrontiert sind, verzeichnete die Ukraine im Jahr 2024 einen deutlichen **Anstieg** der Bautätigkeit um **23,5 %**. Dieser Anstieg wird durch den dringenden Wiederaufbau der Wohn- und technischen Infrastruktur angetrieben, der schrittweise an die EU-Standards für Energieeffizienz und Klimaschutz angepasst wird, um langfristige Nachhaltigkeit zu gewährleisten.

Regulatorisches Umfeld und Risiken (siehe Kapitel 4): Die Einhaltung der Vorschriften ist unverzichtbar, wobei die Strafen von regulatorischen Risiken bis hin zu erheblichen finanziellen Risiken durch den „Brown Discount“ reichen. Die größte Gefahr für das Erreichen der Ziele ist nicht das Fehlen von Rechtsvorschriften, sondern der Mangel an qualifiziertem Personal. Schweden ist bei diesem Wandel bereits führend, indem es Whole-Life-Carbon-Erklärungen (WLC) vorschreibt und Planer dazu zwingt, die Ökobilanz (LCA) unverzüglich in ihre Praxis zu integrieren.

Technik

Qualifikations- und Wissenslücken (siehe Kapitel 5): Der Fachkräftemangel ist systemisch und betrifft sowohl technische als auch leitende Positionen:

- **Technische Lücken (Berufsbildungsniveau):** Die kritischste Lücke ist die mangelnde Präzision bei der Luftdichtheit und der Installation integrierter Energiesysteme. Dieses technische Versagen führt direkt zu den Leistungslücken, die vor Ort in Berichten aus Griechenland, Kroatien und der Ukraine festgestellt wurden, wo das rasante Tempo des Wiederaufbaus von Wohngebäuden den Bedarf an spezialisierten Installateuren für hocheffiziente Gebäudehüllen weiter verschärft.
- **Strategische Lücken (Hochschul-/Führungsebene):** Es besteht ein gravierender Mangel an Kompetenz bei der Anwendung der Lebenszyklusanalyse (LCA) in der Planung sowie ein kritisches Defizit an Fähigkeiten im Zusammenhang mit ESG- und EU-Taxonomie-Datenmanagement. Diese digital-finanziellen Kompetenzen sind unerlässlich für Vermögensverwalter in Ländern wie Italien und Deutschland, die überprüfbare Daten für die CSRD-Berichterstattung aufbereiten müssen, sowie für Projektmanager in der Ukraine, die Wiederaufbauprojekte an internationale Standards für grüne Finanzierung anpassen.

Digitalisierung und Kreislaufwirtschaft (siehe Kapitel 6): BIM ist zwar ein notwendiges Werkzeug (das in Spanien und Finnland zunehmend auch im Sanierungsbereich eingesetzt wird), doch sein volles Potenzial für Nachhaltigkeitsmodellierung und Datennutzung (Digital Twins) bleibt weitgehend ungenutzt. Die Kreislaufwirtschaft wird durch logistische und technische Hindernisse gebremst, was den Bedarf an Kompetenzen in den Bereichen Rücknahmelogistik und Materialzertifizierung unterstreicht (ein Schwerpunktbereich in Belgien).

Strategische Empfehlungen für WP4 (siehe Kapitel 7)

Um den festgestellten Qualifikationsmangel zu beheben, muss der EXCEL4Housing 4.0-Lehrplan (WP4) einen Ansatz verfolgen, der auf gezielte, überprüfbare Kompetenzen ausgerichtet ist:

1. **Schulungen zur systemischen Integration:** Schulungsmodule, die sich auf die Schnittstellen zwischen verschiedenen Systemen (z. B. HLK und Gebäudehülle) konzentrieren und direkt auf die Leistungslücke abzielen, sollten Priorität erhalten.
2. **Zertifizierte Mikro-Qualifikationen:** Entwicklung flexibler, kurzfristiger Schulungseinheiten für risikoreiche, wirkungsvolle Kompetenzen (z. B. Techniken zur luftdichten Abdichtung), um eine schnelle Weiterqualifizierung innerhalb der zeitlichen und finanziellen Rahmenbedingungen von KMU zu ermöglichen.
3. **Digitale Compliance:** Schulungen zum Einsatz von BIM/Digital Twins für die Datenextraktion und die WLC-Berechnung verbindlich vorschreiben und damit neue Profile für datengesteuerte Compliance-Manager schaffen.
4. **Ausbildung der Ausbilder:** Sofortige Umsetzung eines speziellen Programms zur Weiterbildung von Berufsbildungsausbildern, die den entscheidenden Engpass bei der Skalierung des neuen Lehrplans darstellen. In diesem Zusammenhang dient die ukrainische Initiative „#100 Workshops“

Technik

als strategischer Maßstab für die rasche Modernisierung der Ausbildungsinfrastruktur und der Kapazitäten der Ausbilder in Umgebungen mit hohem Druck.

5. **Krisenresiliente Berufsbildungsmodelle:** Die ukrainische Initiative „**#100 Workshops**“ sollte als Maßstab für die rasche Modernisierung der Ausbildungsinfrastruktur genutzt werden, um den dringenden Bedarf an energieeffizienten Sanierungen in Umgebungen mit hohem Druck zu decken.

Die erfolgreiche Umsetzung dieser Empfehlungen ist entscheidend, um sicherzustellen, dass die europäischen Arbeitskräfte über die erforderlichen Kompetenzen verfügen, um das Ziel der emissionsfreien Gebäude bis 2050 zu erreichen.

2. Einleitung und Methodik

Dieses Kapitel stellt den grundlegenden Kontext des EXCEL4HOUSING4.0-Projekts vor und erläutert die Methodik, die zur Erstellung dieses Berichts zur Stand-der-Technik-Analyse (D2.2) angewendet wurde.

Es beschreibt detailliert die spezifischen Ziele des Projekts und der Aufgabe 2.2, deren Schwerpunkt auf der Erfassung von Markttrends und der Identifizierung bewährter Verfahren liegt. Darüber hinaus wird der angewandte systematische Forschungsansatz beschrieben, der strukturierte Sekundärforschung auf europäischer Ebene mit der Synthese nationaler Daten kombiniert, die von den Konsortialpartnern zusammengestellt wurden. Dies gewährleistet eine solide und geografisch vielfältige Faktengrundlage, auf der die Entwicklung des Projektlehrplans aufbaut.

2.1. Projektkontext

Der vorliegende Bericht D2.2 „Stand der Technik im Bereich Energieeffizienz und nachhaltiger Wohnungsbau“ ist das grundlegende Ergebnis des Arbeitspakets 2 (WP2) des EXCEL4HOUSING 4.0-Projekts. Als Erasmus+-Partnerschaft für Exzellenz (Projekt-Nr. 101194014) befasst sich das Projekt direkt mit der Qualifikationslücke im europäischen Bausektor, die geschlossen werden muss, um die in der Neufassung der EPBD und der übergeordneten „Renovation Wave“-Strategie festgelegten Ziele für emissionsfreie Gebäude (Zero-Emission Building, ZEB) zu erreichen.

EXCEL4HOUSING4.0 ist ein transnationales Erasmus+-Zentrum für berufliche Exzellenz, dessen Schwerpunkt darauf liegt, den Bau- und Wohnungssektor zu befähigen, die grüne und digitale Wende zu bewältigen. Das Projekt schafft ein starkes Netzwerk aus Anbietern beruflicher Bildung, Wissenschaft, Industrie und Behörden, um gemeinsam Lösungen für den neu entstehenden Qualifikationsbedarf in den Bereichen Energieeffizienz, grüne Bautechnologien und nachhaltiges Wohnen zu entwickeln. Mit einem Multi-Cluster-Ansatz zielt das Projekt darauf ab, grenzüberschreitende Innovationen zu fördern, branchenrelevante Ausbildungsprogramme zu entwickeln, die Zusammenarbeit zwischen Wirtschaft und Bildung zu stärken und durch Steuerungs- und Finanzierungsmechanismen langfristige Nachhaltigkeit zu gewährleisten. Die Initiative unterstützt die Umsetzung des Europäischen Grünen Deals und der „Twin Transition“-Strategien im Bausektor.

Die spezifischen Ziele lauten wie folgt:

- Entwicklung grenzüberschreitender Ausbildungs- und Kapazitätsaufbauprogramme
 - → Gemeinsame Entwicklung innovativer Ausbildungsprogramme mit Schwerpunkt auf grünen, digitalen und kreislaufwirtschaftlichen Kompetenzen für nachhaltiges Wohnen und Energieeffizienz.
- Aufbau strategischer Partnerschaften zwischen beruflicher Bildung, Hochschulen und Industrie
 - → Förderung der Zusammenarbeit zwischen Bildungseinrichtungen, KMU und führenden Unternehmen der Branche, um die Relevanz und Anwendbarkeit der Ausbildungsprogramme sicherzustellen.
- Förderung von Kompetenzen im Bereich intelligentes und umweltfreundliches Bauen
 - → Lernende, Arbeitnehmer und Lehrkräfte mit dem Wissen und den Werkzeugen

Technik

ausstatten, die für die Dekarbonisierung und Digitalisierung des Wohnungssektors erforderlich sind.

- Förderung inklusiver und flexibler Wege zur Weiterqualifizierung und Umschulung
 - → Lernangebote für Jugendliche, Erwachsene und unterrepräsentierte Gruppen im Einklang mit den Zielen des lebenslangen Lernens maßschneidern.
- Schaffung eines nachhaltigen Finanzierungs- und Steuerungsmodells
 - → Gewährleistung der langfristigen Nachhaltigkeit und der politischen Ausrichtung der beruflichen Bildung im Bereich der Finanzierung von Energieeffizienzmaßnahmen und des umweltfreundlichen Bauens.
- Beitrag zu den Zielen des EU-Green Deal und der Kreislaufwirtschaft
 - → Die Ausbildungsergebnisse durch eine systemische Transformation der beruflichen Bildung an die ökologischen und sozialen Nachhaltigkeitsziele der EU anpassen.

Das Arbeitspaket 2 (WP2) mit dem Titel „Arbeitsmarktkartierung, Bewertung des Qualifikationsbedarfs und Analyse des aktuellen Stands der Technik“ dient der Erstellung einer soliden, evidenzbasierten Ausgangsbasis. Diese Ausgangsbasis ist entscheidend, um sicherzustellen, dass die in WP4 entwickelten Lehrpläne für die berufliche Bildung (VET) wirklich nachfrageorientiert sind, für die „Housing 4.0“-Agenda (Digitalisierung und Kreislaufwirtschaft) relevant sind und die in Kapitel 4 beschriebenen Compliance-Risiken mindern können.

Dies wird durch die Erfassung von Arbeitsmarkttrends (T2.1), die Analyse des aktuellen Stands der Technik und die Sammlung bewährter Verfahren (T2.2) sowie die Definition von Lernbedürfnissen und Berufsprofilen (T2.3) erreicht.

2.2. Ziele der Aufgabe 2.2

Die Aufgabe 2.2 mit dem Titel „Stand der Technik im Bereich Energieeffizienz und nachhaltiger Wohnungsbau sowie Ermittlung bewährter Verfahren in der beruflichen Bildung (Unterricht, Methoden und Instrumente)“ wird vom CEEC geleitet.

Das Hauptziel von T2.2 besteht darin, **eine solide, evidenzbasierte Grundlage zu schaffen**, die die Entwicklung zukunftsorientierter, nachfrageorientierter Ausbildungsprogramme im Arbeitspaket 4 unterstützt.

Dies wird durch zwei zentrale Ergebnisse erreicht:

- **Der Bericht zum aktuellen Stand der Technik (D2.2)**, der nationale Trends, regulatorische Auswirkungen und bestehende Berufsbildungsqualifikationen zu einem zusammenfassenden europäischen Überblick bündelt. Das vorrangige Ziel besteht darin, die akutesten, systemischen Qualifikations- und Wissenslücken zu identifizieren, die eine wirksame Einhaltung der Vorschriften verhindern.
- **Das Kompendium bewährter Verfahren (D2.3)** dient dazu, innovative Lehrmethoden, Instrumente und Lehrpläne in der beruflichen Bildung zu identifizieren und vorzustellen, die die identifizierten Qualifikationslücken erfolgreich schließen und Modelle für die Umsetzung im Arbeitspaket 4 liefern.

2.3. Methodischer Überblick

Der Bericht D2.2 ist das Ergebnis eines strukturierten, zweistufigen methodischen Ansatzes, der konsortialweit umgesetzt wurde und Konsistenz sowie länderübergreifende Nachvollziehbarkeit gewährleistet.

Phase 1: Sekundärforschung und erste Datenerhebung

In dieser Phase wurden Primärdaten von den nationalen Partnern erhoben, wobei ein strenger methodischer Rahmen und eine Eignungsscheckliste als Leitfaden dienten:

- **Nationale Beiträge:** Der Bericht fasst Daten aus 11 nationalen „State-of-the-Art“-Berichten zusammen, die von den folgenden Partnern und Ländern eingereicht wurden: Belgien, Kroatien, Finnland, Deutschland, Griechenland, Italien, Polen, Portugal, Spanien, Schweden und die Ukraine.
- **Datenschwerpunkt:** Jeder nationale Bericht musste spezifische Analysepunkte zu fünf Kernbereichen enthalten: Markttrends, Umsetzung von Rechtsvorschriften (EPBD, CSRD), Stand der beruflichen Bildung, Digitalisierung und Kreislaufwirtschaft, um sicherzustellen, dass alle wichtigen Themenbereiche für die Zusammenführung abgedeckt waren.
- **Glaubwürdigkeit der Quellen:** Alle nationalen Berichte wurden unter Verwendung von mindestens zehn aktuellen (ab 2018), relevanten und glaubwürdigen Quellen erstellt, darunter nationale Statistiken, politische Dokumente und maßgebliche EU-Veröffentlichungen. Dadurch wird sichergestellt, dass die in Kapitel 3 und Kapitel 4 dargestellte Zusammenfassung auf verifizierten, länderspezifischen Daten basiert.

Phase 2: Interne Validierung und Synthese

Die Länderberichte dienten als Ausgangsbasis für die von CEEC geleitete zentrale Synthese. In dieser Phase wurden Qualität und Konsistenz sichergestellt:

- **Interne Überprüfung:** Alle Länderberichte durchliefen innerhalb des Konsortiums einen Peer-Review-Prozess, um die Ergebnisse zu validieren und die Übereinstimmung mit dem Gesamtumfang des Projekts sicherzustellen.
- **Der geografische Umfang deckt ein breites Spektrum an Märkten ab:** von reifen Volkswirtschaften mit etablierten Sanierungs-Pipelines (z. B. Deutschland und Schweden) über südeuropäische Kontexte (Griechenland und Portugal) bis hin zu **osteuropäischen Wiederaufbaukontexten (Ukraine)**. Diese Vielfalt ermöglicht eine länderübergreifende Analyse, wie unterschiedliche regulatorische und wirtschaftliche Faktoren die Nachfrage nach grünen Kompetenzen beeinflussen.
- **Zusammenführung:** In der abschließenden Phase erfolgte eine vergleichende Analyse aller 11 Länder, um systemische und spezifische Qualifikationsdefizite zu identifizieren (siehe Kapitel 5). Direkte Verweise auf spezifische nationale Kontexte (z. B. das schwedische WLC-Mandat oder den griechischen Fokus auf Förderprogramme) werden im gesamten Dokument beibehalten, um eine hohe Rückverfolgbarkeit zwischen den zusammengefassten europäischen Ergebnissen und ihren nationalen Quellen zu gewährleisten.

Der Aufbau dieses Berichts orientiert sich an der vorläufigen Gliederung und fasst die von 24 Partnern in 11 Ländern zusammengetragenen Daten zusammen.

Um die Vergleichbarkeit zu gewährleisten, werden die nationalen Daten im Rahmen der Methodik soweit möglich an EU-Standards (wie EPBD und EED) angeglichen. Im Falle der Ukraine, die sich derzeit im Prozess einer vollständigen regulatorischen Harmonisierung mit der EU befindet, bezieht die Analyse Daten aus

Technik

nationalen Sanierungsplänen und aktuellen Infrastrukturberichten (2024) ein und bietet so eine zukunftsorientierte Perspektive auf ihre Integration in den europäischen Rahmen für nachhaltiges Wohnen.

3. Analyse von Markttrends und -treibern

[Platzhalter: In diesem Abschnitt werden die nationalen Beiträge zu den Markttrends zusammengefasst. (Ungefähre Textlänge: 8–10 Seiten)]

3.1. Aktuelle Bautätigkeit: Zusammenfassung der Sanierungsraten und Trends bei der Neubautätigkeit in den teilnehmenden Ländern.

Der europäische Bausektor ist zwar von grundlegender Bedeutung für die grüne Wende, zeigt jedoch hinsichtlich der aktuellen Aktivität ein äußerst heterogenes Bild, das weitgehend von der nationalen Wirtschaftspolitik und makroökonomischen Faktoren bestimmt wird.

In den Ländern des Konsortiums ist die Entwicklung nach wie vor stark gespalten: Der Sanierungsbereich ist im Allgemeinen stabil oder wächst (angetrieben durch staatliche Anreize), während der Neubaubereich mit erheblichen Gegenwinden zu kämpfen hat.

Die Lage im Bausektor der Partnerländer ist uneinheitlich. Während in reifen Märkten wie Deutschland und Schweden die Zahl der Baugenehmigungen für Wohngebäude aufgrund wirtschaftlicher Belastungen zurückgegangen ist, verzeichnen andere Länder wie Griechenland, Portugal und die Ukraine weiterhin eine lebhaftere Entwicklung. In letzteren verlagert sich der Schwerpunkt zunehmend auf den Wiederaufbau und die Sanierung von Wohngebäuden, oft angetrieben durch nationale Konjunkturprogramme, die neben langfristiger Nachhaltigkeit auch den unmittelbaren Wohnbedarf in den Vordergrund stellen.

Trends im Neubau: Mehrere zentrale europäische Märkte, darunter Deutschland, Schweden und Finnland, melden für die Jahre 2024 und 2025 einen erwarteten Einbruch oder eine Verlangsamung im **Wohnungsneubau**. Dieser Rückgang ist in erster Linie auf die hohe Inflation, steigende Energie- und Materialkosten sowie erhöhte Zinssätze zurückzuführen, die die Finanzierungsmodelle der Bauträger und die Verbrauchernachfrage stark beeinträchtigt haben. Umgekehrt verzeichneten Länder wie Polen und Italien in jüngster Zeit eine stabile Entwicklung oder sogar Wachstum, oft gestützt durch starke staatliche Konjunkturmaßnahmen, die die Marktabkühlung vorübergehend ausgeglichen haben.

Die Notwendigkeit von Sanierungen: Im Mittelpunkt der aktuellen Aktivitäten in allen teilnehmenden Ländern – von Kroatien (angetrieben durch den Wiederaufbau nach dem Erdbeben und Energieeffizienzzielen) bis hin zu Portugal und Spanien (unter Nutzung nationaler Konjunkturprogramme) – steht die Notwendigkeit von Gebäudesanierungen.

- Die „**Renovation Wave**“ und die neugefasste Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD) dienen als entscheidende Marktanker. Nationale Programme (z. B. „Exoikonomo“ in Griechenland, „Renolution“ in den belgischen Regionen) konzentrieren sich stark auf tiefgreifende oder schrittweise Verbesserungen der Energieeffizienz, um den bestehenden Gebäudebestand an die Standards für Niedrigstenergiegebäude (NZEB) oder emissionsfreie Gebäude (ZEB) anzupassen.
- In **Kroatien** liegt der Schwerpunkt auf zwei Aspekten: der Erreichung verbindlicher Energieeffizienzstandards und der Integration von Erdbebensicherheit in die Sanierungsmaßnahmen.

Technik

- In **Italien** wurde das Volumen zwar durch den „Superbonus“ drastisch gesteigert, doch verlagert sich der Markt nun hin zu langfristigen, nachweisbaren Energieeinsparungen im Einklang mit der EU-Taxonomie.

Fazit zur Marktaktivität: Während das aktuelle wirtschaftliche Umfeld unmittelbare Herausforderungen mit sich bringt – insbesondere einen spürbaren Rückgang bei Neubauprojekten aufgrund kurzfristiger makroökonomischer Faktoren wie steigender Zinsen und Inflation –, bleiben die langfristigen Aussichten für spezialisierte Dienstleistungen im Bereich der umfassenden Sanierung außergewöhnlich stark und konjunkturunabhängig.

Diese robuste Nachfrage wird in erster Linie von zwei entscheidenden, miteinander verknüpften Faktoren angetrieben, die über typische Konjunkturzyklen hinausgehen:

1. **Politische Vorgaben:** Nationale und regionale Politik konzentriert sich zunehmend auf Energieeffizienz, Dekarbonisierung und die Widerstandsfähigkeit des Gebäudebestands als Kernkomponenten nachhaltigen Wachstums. Finanzielle Anreize und gezielte öffentliche Fördermittel sorgen für einen stetigen Projektfluss.
2. **Regulatorischer Druck aus Brüssel:** Der Rechtsrahmen der Europäischen Union, insbesondere die Richtlinien zur Energieeffizienz von Gebäuden (EPBD) und die allgemeinen Klimaneutralitätsziele („Fit for 55“), schreibt klare und zunehmend strengere verbindliche Anforderungen an die energetische Sanierung und Modernisierung bestehender Gebäude vor. Dieses regulatorische Umfeld wirkt als starker, unvermeidbarer Katalysator für Investitionen in die umfassende Gebäudesanierung.

Folglich ist das gesamte Konsortium, das sich auf umfassende Lösungen für die tiefgreifende Sanierung spezialisiert hat, gut positioniert, um von einer strukturellen, nachhaltigen und durch Vorschriften gestützten Nachfrage zu profitieren, die weitgehend unabhängig von den vorübergehenden Schwankungen im Neubau-Sektor ist. Diese strategische Positionierung gewährleistet eine stabile Geschäftsprognose und bestätigt die Ausrichtung auf spezialisierte, energieeffiziente Gebäudesanierungen.

3.2. Wichtige Markttreiber: Analyse der gemeinsamen Kräfte, die den ökologischen Wandel vorantreiben (oder behindern) (z. B. öffentliche Fördermittel, wirtschaftlicher Druck, Nachfrage nach NZEB/ZEB).

Der Wandel hin zu „Housing 4.0“ wird durch ein starkes Zusammenspiel aus regulatorischen Vorgaben und sich wandelnden Marktdynamiken vorangetrieben.

Der regulatorische Druck (Top-down): In allen nationalen Berichten sind die EU-Gesetzgebungsinitiativen die wichtigsten Treiber. Diese schreiben Veränderungen vor, indem sie Mindestleistungsstandards festlegen und nachhaltige Investitionen definieren:

- **Neufassung der EPBD und ZEB-Standards:** Dies ist der direkteste Treiber für die technischen Fachkräfte. Der Übergang zu ZEB bei Neubauten und die Anforderungen an Mindeststandards für die Energieeffizienz (MEPS) für den Bestandsbau erzwingen rasche Veränderungen in den Planungs- und Baupraktiken (zitiert von Deutschland, Belgien und Schweden).

Technik

- **EU-Taxonomie für nachhaltige Finanzen:** Diese Verordnung beeinflusst Investitionsentscheidungen und verschafft „grünen“ Vermögenswerten (die technische Auswahlkriterien erfüllen) finanzielle Vorteile. Dieser Treiber ist besonders bedeutsam für große Bauträger und institutionelle Investoren in reifen Märkten (z. B. Schweden, Italien).
- **Richtlinie zur Nachhaltigkeitsberichterstattung von Unternehmen (CSRD) & ETS2:** Hierbei handelt es sich um aufkommende Treiber, die die Nachfrage nach Daten und nachweisbaren Leistungen erheblich steigern werden. Große Bauunternehmen und Wohnungsanbieter müssen in Kürze über ihre Umweltauswirkungen berichten, was digitale Tools und hochspezialisierte Kompetenzen im Bereich der Berichterstattung erfordert.

Die finanziellen und wirtschaftlichen Impulse (Bottom-up): Während Vorschriften die Ziele vorgeben, sorgen finanzielle Mechanismen für den unmittelbaren Anreiz zur Steigerung des Volumens:

- **Nationale Förder- und Wiederaufbaupläne:** Durch die nationalen Wiederaufbau- und Resilienzpläne (RRPs) finanzierte Programme sind der dominierende kurzfristige Treiber für das Sanierungsvolumen (Portugal, Spanien, Griechenland). Diese Fördermittel schaffen eine stabile Auftragsbasis für **Anbieter von beruflicher Bildung**.
- **Nachfrage nach Dekarbonisierung:** In fortgeschrittenen Märkten, insbesondere in **Schweden und Deutschland**, steigt die Nachfrage von privaten Auftraggebern, öffentlichen Einrichtungen und Investoren nach zertifizierten, kohlenstoffarmen oder emissionsfreien Gebäuden, was Innovationen bei Materialien und Technologien vorantreibt.
- **Digitalisierung:** Der Bedarf an besserer Projektkoordination, Qualitätskontrolle und Lebenszyklusdaten treibt die Einführung von Building Information Modelling (BIM) und Digital Twins voran (Finnland, Kroatien, Spanien). Dieser digitale Wandel entwickelt sich zu einem impliziten Markttreiber für Kompetenzen.

Der Übergang zu „Housing 4.0“ wird von einer starken, dualen Dynamik angetrieben. Diese Kraft, die verbindliche Top-down-Vorschriften mit Bottom-up-Druck seitens der Finanzwelt und der Verbraucher – wie beispielsweise die Rahmenbedingungen für einen grünen Wiederaufbau in der Ukraine – verbindet, schützt den Sektor der umfassenden Sanierung vor der kurzfristigen wirtschaftlichen Instabilität, von der der Neubau betroffen ist.

Im Zentrum der Top-down-Initiative stehen die Gesetzgebungsinitiativen der EU: die Neufassung der Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD), die verbindliche Ziele für emissionsfreie Gebäude (ZEB) und Mindeststandards für die Gesamtenergieeffizienz (MEPS) festlegt; sowie die EU-Taxonomie für nachhaltige Finanzierungen, die Kapital aktiv in Richtung geprüfter grüner Vermögenswerte lenkt und Nachhaltigkeit damit zu einer finanziellen Voraussetzung statt zu einer technischen Option macht.

Dieses regulatorische Umfeld macht die Nichteinhaltung von Vorschriften rasch zu einem erheblichen finanziellen Risiko (dem „Brown-Discount“). Gleichzeitig wird die Nachfrage von unten durch wesentliche finanzielle und wirtschaftliche Impulse angetrieben, vor allem durch nationale Finanzierungs- und Wiederaufbaupläne (RRPs), die in den Ländern des Konsortiums (z. B. in Spanien, Portugal, Griechenland und der Ukraine) für einen stetigen Nachschub an geförderten Tiefsanierungsprojekten sorgen.

Darüber hinaus beschleunigt in fortgeschrittenen Märkten wie Schweden und Deutschland die steigende Nachfrage nach zertifizierten kohlenstoffarmen und emissionsfreien Gebäuden seitens öffentlicher und privater Investoren die Innovation bei Materialien und Design.

Technik

Schließlich macht die Notwendigkeit einer verbesserten Qualitätskontrolle und Datenüberprüfung, die durch die bevorstehenden Berichtspflichten der CSRD vorangetrieben wird, den Einsatz digitaler Werkzeuge – insbesondere BIM für Energie und Lebenszyklusanalysen (LCA) – zu einem impliziten, unvermeidbaren Markttreiber für Kompetenz entlang der gesamten Wertschöpfungskette.

4. Regulatorisches Umfeld und Compliance-Risiken

4.1. Der EU-Rechtsrahmen: Überblick über die wichtigsten Richtlinien mit Auswirkungen auf die Branche (EPBD, „Renovation Wave“, ETS2, Ökodesign).

Die Landschaft der nationalen Bautätigkeit wird grundlegend von drei miteinander verflochtenen, einflussreichen EU-Verordnungen geprägt und geregelt.

Diese Rechtsakte – die Neufassung **der Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden** (EPBD), die **EU-Taxonomie für nachhaltige Finanzen** und die **Richtlinie zur Nachhaltigkeitsberichterstattung von Unternehmen** (CSRD) – legen die unverhandelbaren, absoluten Mindeststandards und Berichtspflichten fest.

Neufassung der Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD)

Die Neufassung der EPBD ist die zentrale Verordnung, die sich ausdrücklich auf die Energieeffizienz des Gebäudebestands der EU konzentriert. Ihr vorrangiges Ziel ist es, bis 2050 einen hoch energieeffizienten und dekarbonisierten Gebäudebestand zu erreichen, indem die kosteneffiziente Umwandlung bestehender Gebäude in Niedrigstenergiegebäude (NZEBS) und schließlich in emissionsfreie Gebäude (ZEBs) erleichtert wird.

- **Wichtigste Bestimmungen:** Die Richtlinie schreibt nationale langfristige Sanierungsstrategien vor, legt Mindeststandards für die Energieeffizienz (MEPS) für Nichtwohngebäude und zunehmend auch für Wohngebäude fest und fördert den Einsatz von Gebäudeautomations- und Steuerungssystemen.
- **Auswirkungen auf das Bauwesen:** Diese Richtlinie wirkt sich unmittelbar auf Planungsvorgaben, die Materialauswahl (z. B. Dämmung, Verglasung), Anforderungen an Heiz- und Kühlsysteme sowie den Einsatz von Technologien für erneuerbare Energien vor Ort aus. Die Einhaltung der Vorschriften ist für die Erteilung von Baugenehmigungen und die Marktfähigkeit unerlässlich.

EU-Taxonomie für nachhaltige Finanzen

Die EU-Taxonomie ist ein Klassifizierungssystem, das eine Liste umweltverträglicher wirtschaftlicher Aktivitäten festlegt. Sie bietet Unternehmen, Investoren und politischen Entscheidungsträgern eine fundierte, wissenschaftlich fundierte Definition dessen, was als „grün“ gilt, und zielt insbesondere darauf ab, nachhaltige Investitionen zu fördern und Greenwashing zu verhindern.

- **Relevanz für das Bauwesen:** Aktivitäten im Bausektor, wie der Neubau von Gebäuden, Sanierungen und die Installation von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien, müssen nachweislich wesentlich zu einem der sechs Umweltziele (z. B. Klimaschutz/Anpassung an den Klimawandel) beitragen, ohne eines der anderen Ziele erheblich zu beeinträchtigen (Prinzip „Do No Significant Harm“ oder DNSH-Prinzip).
- **Auswirkungen auf die Finanzierung:** Damit Bauprojekte als „nachhaltig“ eingestuft werden und

Technik

grüne Finanzmittel erhalten können, müssen sie den in der Taxonomie festgelegten detaillierten technischen Prüfkriterien entsprechen, die alles von der Standortwahl über die Materialbeschaffung bis hin zur Energieeffizienz beeinflussen.

Richtlinie zur Nachhaltigkeitsberichterstattung von Unternehmen (CSRD)

Die CSRD verschärft die Vorschriften bezüglich der sozialen und ökologischen Informationen, über die große Unternehmen berichten müssen, erheblich. Sie ersetzt die **Richtlinie zur nichtfinanziellen Berichterstattung** (NFRD) und zielt darauf ab, sicherzustellen, dass Unternehmen angemessene Informationen über die Nachhaltigkeitsrisiken und -chancen, denen sie ausgesetzt sind, sowie über ihre Auswirkungen auf Mensch und Umwelt öffentlich offenlegen.

- **Relevanz für Bauunternehmen:** Bauunternehmen, Bauträger und damit verbundene Finanzinstitute, die in den Anwendungsbereich der CSRD fallen, sind verpflichtet, unter Verwendung der Europäischen Nachhaltigkeitsberichterstattungsstandards (ESRS) detailliert über ihre Nachhaltigkeitsleistung zu berichten.
- **Auswirkungen auf den Betrieb und die Lieferkette:** Diese Berichtspflicht zwingt die Bauindustrie dazu, Kennzahlen in Bezug auf Energieverbrauch, Treibhausgasemissionen (Scope 1, 2 und 3, insbesondere einschließlich des in Materialien enthaltenen Kohlenstoffs), Abfallaufkommen und Sorgfaltspflichten in der Lieferkette sorgfältig zu erfassen und offenzulegen. Die Richtlinie integriert die Anforderungen der EPBD und der EU-Taxonomie in die obligatorische Unternehmensberichterstattung und verknüpft damit Bautätigkeiten direkt mit finanzieller Rechenschaftspflicht und Markttransparenz.

Diese drei Vorschriften wirken daher zusammen: Die EPBD legt die technischen Leistungsziele fest, die EU-Taxonomie definiert, was als nachhaltige Investition gilt, und die CSRD schreibt die Berichterstattung und Transparenz vor, wodurch die Nachhaltigkeitsleistung in die allgemeine Unternehmensstrategie und die Finanzmärkte integriert wird.

Zusammen bilden sie den unverzichtbaren regulatorischen Rahmen, an dem alle neuen und sanierten Bauvorhaben in den EU-Mitgliedstaaten gemessen und durchgeführt werden müssen.

Richtlinien zu Ökodesign und Energieverbrauchskennzeichnung

Diese Richtlinien sind entscheidend dafür, dass die in einem Gebäude installierten technischen Komponenten mit den von der EPBD festgelegten übergeordneten Energieeffizienzzielen im Einklang stehen.

Die Ökodesign-Richtlinie legt verbindliche Mindestleistungsstandards für energieverbrauchsrelevante Produkte (z. B. Heizkessel, Wärmepumpen, Lüftungsanlagen, Warmwasserbereiter) fest, die auf den EU-Markt gebracht werden, und sorgt so dafür, dass die am wenigsten effizienten Produkte vom Markt genommen werden.

Gleichzeitig liefert die Energieverbrauchskennzeichnungsrichtlinie Verbrauchern und Fachleuten klare, vergleichbare Informationen über den Energieverbrauch dieser Produkte. Zusammen bewirken sie, dass Hersteller zu Innovationen gedrängt werden, wodurch sichergestellt wird, dass die bei Sanierungen und Neubauten eingesetzten Systeme – insbesondere diejenigen, die im Schwerpunkt „integrierte Systeme“ dieses Berichts behandelt werden – den Anforderungen entsprechen.

4.2. Nationale Umsetzung und Auswirkungen: Konsolidierte Analyse der Art und Weise, wie die Länder die Rechtsvorschriften umsetzen, sowie der spezifischen regulatorischen Risiken bei Nichteinhaltung auf nationaler Ebene.

Die Umsetzung der EU-Rechtsvorschriften in nationales Recht zeigt innerhalb des Konsortiums unterschiedliche Ambitionsniveaus und Komplexitätsgrade. Der Schwerpunkt aller Partner liegt auf der **Umsetzung der Neufassung der EPBD**, insbesondere auf dem Übergang zu emissionsfreien Gebäuden (ZEB) und der Anwendung von Mindeststandards für die Energieeffizienz (MEPS).

Die Umsetzung der EU-Rechtsvorschriften in nationales Recht stellt für die Konsortialpartner ein komplexes und vielfältiges Bild dar, das die Unterschiede in den bestehenden Rechtsrahmen und nationalen Prioritäten widerspiegelt.

Der wichtigste und für alle Partner gleichermaßen zentrale Schwerpunkt ist die gewissenhafte **Umsetzung der Neufassung der Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD)**, insbesondere der ehrgeizige Übergang zu emissionsfreien Gebäuden (ZEB) und die praktische Anwendung der Mindeststandards für die Gesamtenergieeffizienz (MEPS).

Diese Umsetzung ist mit erheblichen rechtlichen und technischen Herausforderungen verbunden, darunter die Aktualisierung nationaler Bauvorschriften, die Entwicklung neuer Berechnungsmethoden für die Energieeffizienz sowie die Schaffung wirksamer Durchsetzungsmechanismen. Darüber hinaus muss die Umsetzung die Einbindung erneuerbarer Energiequellen, die Anforderungen an Gebäude-Sanierungspässe und den Ausstieg aus fossilen Brennstoffen in Heiz- und Kühlsystemen berücksichtigen, um den Zielen der EU zur Klimaneutralität gerecht zu werden.

Die innerhalb des Konsortiums festgestellten Unterschiede betreffen das Tempo der Umsetzung, die spezifischen Schwellenwerte für ZEB und MEPS sowie die Fördermechanismen, die eingesetzt werden, um den Bausektor bei diesem Übergang zu unterstützen.

Land	Wichtigstes Rechtsinstrument	Schwerpunkt und Stand der Umsetzung
Deutschland	Gebäudeenergiegesetz (GEG)	Das GEG festigt die Energieeffizienz. Starker Fokus auf den Ausstieg aus Öl- und Gasheizungen sowie die Integration erneuerbarer Energien. Die Herausforderung liegt in der Koordination von Fachkräften, um die erforderlichen Qualitätsstandards zu erfüllen.
Schweden	Gesetz über die nationale Klimadeklaration	Bereits hohe Standards. Der Schwerpunkt liegt auf CO ₂ -Bilanz-Erklärungen über den gesamten Lebenszyklus (WLC) (ab 2022 für Neubauten verpflichtend). Der regulatorische Fokus liegt nun auf Kreislaufwirtschaft und Lebenszyklusanalyse (LCA).
Belgien	Stark regionalisierte Rahmenbedingungen	Die Einhaltung der Vorschriften wird in Flandern, Wallonien und Brüssel unterschiedlich gehandhabt. Brüssel strebt an, dass alle Wohngebäude bis 2030 über

Technik

		einen Energieausweis verfügen, was den Druck auf groß angelegte, schrittweise Sanierungen erhöht.
Spanien	Nationale Bauverordnung (CTE) & RRP	Nutzung des Aufbau- und Resilienzplans (RRP) für groß angelegte Sanierungsprogramme. Der regulatorische Schwerpunkt liegt auf der Sicherstellung einer qualitativ hochwertigen Ausführung dieser geförderten Arbeiten und der Angleichung der technischen Kompetenzen.
Kroatien	Nationale Sanierungsstrategie	Starker Fokus auf den Wiederaufbau nach Erdbeben und die Nutzung von EU-Mitteln für umfassende energetische Sanierungen. Die Einhaltung der Vorschriften wird im Rahmen öffentlich finanzierter Projekte genau überwacht.
Griechenland	Nationaler Aktionsplan (Electra, Exoikonomo)	Die Einhaltung der Vorgaben wird durch öffentliche finanzielle Anreize (Zuschüsse) vorangetrieben, die NZEB-Standards durchsetzen. Eine zentrale Herausforderung besteht darin, ein einheitliches Qualitätsmanagement vor Ort sicherzustellen.
Polen	Nationale ZEB-Standards	Der Schwerpunkt liegt auf der Durchsetzung von ZEB-Standards für alle Neubauten und der Festlegung nationaler Ziele für die umfassende Sanierung des bestehenden Gebäudebestands.
Finnland	EU-Richtlinie zur Energieeffizienz (EU/2023/1791)	Dies bildet die Grundlage für Finnland zur Ausarbeitung einer Aktualisierung der geltenden nationalen Vorschriften und Anforderungen zur Berechnung der Energieeffizienz bei Neubauten und Sanierungen.
Portugal	Nationaler Energie- und Klimaplan 2021–2030 (PNEC 2030)	Im Einklang mit dem Europäischen Grünen Deal und dem Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft (CEAP). Der Markt festigt seine Position: Mehr als 30 % der im Jahr 2024 genehmigten neuen Wohnbauprojekte wurden unter den Leitgesichtspunkten Nachhaltigkeit und Energieeffizienz konzipiert (Confidencial Imobiliário, 2025).
Italien	Criteri Ambientali Minimi, CAM	Der Sektor orientiert sich an einem umfassenden Rahmenwerk sowohl auf europäischer als auch auf nationaler Ebene, das ehrgeizige Ziele für Nachhaltigkeit, Energieeffizienz und Digitalisierung festlegt. Dabei handelt es sich um nationale verbindliche Anforderungen an Nachhaltigkeit und Kreislaufwirtschaft bei öffentlichen Beschaffungsprojekten.
Ukraine	Gesetz zur Energieeffizienz; Nationaler Wiederaufbauplan	Anpassung an den EU-Green Deal und an Energieeffizienzstandards für den Wiederaufbau.

Tabelle 1. Liste der Länder – Wichtige Regulierungsinstrumente

Das primäre Compliance-Risiko: In allen nationalen Berichten herrscht Einigkeit darüber, dass das Hauptrisiko für die Einhaltung der Vorschriften nicht in der Gesetzgebungskapazität, sondern in der Umsetzungskapazität liegt. Das von der „Renovation Wave“ geforderte Tempo und Volumen in Verbindung mit der technischen Komplexität der ZEB-Standards offenbart einen kritischen Mangel **an qualifizierten Arbeitskräften** (z. B. Installateure, Bauleiter, spezialisierte Planer) **sowohl hinsichtlich der Anzahl als auch der Kompetenz**. Dies wirkt sich direkt auf die Fähigkeit aus, Fristen einzuhalten und nachweisbare Leistungskennzahlen zu erreichen.

Als konkretes Beispiel führt **die föderale Struktur Belgiens** zu unterschiedlichen, sich jedoch ergänzenden Umsetzungswegen in den drei Regionen:

- **Wallonien:** Hat die Umsetzung der EPBD schrittweise verschärft und seit 2021 alle Neubauten an die Standards für Niedrigstenergiegebäude (NZEB) angepasst.
- **Flandern:** Führt eine „Sanierungspflicht“ ein, die Käufer von Wohngebäuden mit schlechter Energieeffizienz (EPC-Klasse E/F) verpflichtet, diese innerhalb von fünf Jahren auf die Energieeffizienzklasse D zu sanieren.
- **Region Brüssel-Hauptstadt:** Treibt ihre RENOLUTION-Strategie (2021–2030) voran, die finanzielle Prämien und technische Unterstützung zur Erreichung von Energie- und Kreislaufwirtschaftszielen vorsieht.

Wichtigste Auswirkungen und Herausforderungen

- **Zersplitterung:** Das dezentrale Modell ermöglicht zwar eine regionale Anpassung, stellt jedoch eine Herausforderung für die nationale Koordination und die Entwicklung einheitlicher Ausbildungsstandards für die Arbeitskräfte im Baugewerbe dar.
- **Sanierungsquote:** Die an die EPBD angepassten Ziele erfordern eine Vervierfachung der Sanierungsquote in Belgien, um die Energiestandards für 2050 zu erfüllen, wodurch die Sanierung zum entscheidenden „Wachstumsmotor“ des Sektors wird.
- **Qualifikationsengpass:** Der Bericht betont, dass ein Fachkräftemangel (insbesondere in den Bereichen digitales BIM/LCA und Kreislaufwirtschaft) das „engste Glied“ darstellt, das angegangen werden muss, um sicherzustellen, dass die durch politische Maßnahmen induzierte Nachfrage die Ausführungskapazitäten nicht übersteigt.

4.3. Finanzberichterstattung (Taxonomie & CSRD): Zusammenfassung des aktuellen Stands hinsichtlich der Berichtspflichten und ihrer Auswirkungen auf die Finanzmärkte und den Vermögenswert (der „Brown Discount“).

Die Einführung der EU-Taxonomie und die bevorstehenden Anforderungen der CSRD definieren die Anforderungen an das Datenmanagement und die Berichterstattung neu und üben erheblichen Druck auf Führungskräfte und Finanzverantwortliche im Bau- und Wohnungswesen aus.

- **Die EU-Taxonomie als Investitionsstandard:** Die Taxonomie hat sich europaweit zum Maßstab für grüne Finanzierungen entwickelt. Partner berichten, dass große Bauträger und Finanzinstitute zunehmend auf technische Experten angewiesen sind, die nachweisen können, dass Sanierungs- oder Neubauprojekte die technischen Prüfkriterien (z. B. verifizierte Energieeffizienz,

Technik

WLC-Berechnung) erfüllen, um Zugang zu vergünstigten Krediten zu erhalten oder Investoren zu gewinnen.

- **Datenanforderungen der CSRD:** Die CSRD wird große Unternehmen dazu verpflichten, über ihre Nachhaltigkeitsleistung zu berichten, einschließlich überprüfbarer Kennzahlen zu Energieverbrauch, CO₂-Emissionen und Ressourcenverbrauch. Dies schafft einen neuen, entscheidenden Bedarf an Kompetenzen in folgenden Bereichen:
 - **Datenerfassung und -management:** Implementierung digitaler Systeme (BIM, Digital Twins, Smart Meter), um Leistungsdaten über den gesamten Lebenszyklus einer Anlage hinweg genau zu erfassen, zu verifizieren und zu prüfen.
 - **Integrierte Berichterstattung:** Die Fähigkeit, technische Umweltleistungsdaten mit Finanzberichtssystemen zu verknüpfen.

Dieser Wandel bestätigt, dass sich die Qualifikationslücke nicht mehr nur auf technische Berufe beschränkt, sondern sich tief in Management-, Finanz- und digitale Informationsfunktionen erstreckt.

Die bevorstehende Richtlinie zur Nachhaltigkeitsberichterstattung von Unternehmen (Corporate Sustainability Reporting Directive, CSRD) stellt einen grundlegenden Wandel in der Unternehmensverantwortung und -transparenz dar, insbesondere für große Unternehmen, die im Geltungsbereich der EU tätig sind. Diese Verordnung wird ein neues Maß an Detailgenauigkeit und Strenge bei der Berichterstattung über die Nachhaltigkeitsleistung vorschreiben und damit über freiwillige Offenlegungen hinausgehen, hin zu durchsetzbaren, standardisierten Kennzahlen.

Im Zentrum dieses Wandels steht ein beispielloser, entscheidender Bedarf an überprüfbaren, qualitativ hochwertigen Daten in zahlreichen Bereichen der Umwelt, Soziales und Unternehmensführung (ESG).

Diese Richtlinie verpflichtet Unternehmen ausdrücklich zur Berichterstattung über ein umfassendes Spektrum quantifizierbarer und überprüfbarer Kennzahlen, wobei der Schwerpunkt insbesondere auf Umweltleistungsindikatoren liegt, wie zum Beispiel:

- **Energieverbrauch:** Detaillierte Aufschlüsselungen des Energieverbrauchs nach Energiequellen (erneuerbare vs. nicht erneuerbare Energien) sowie nach Aktivitäten oder Standorten, was ein ausgeklügeltes Management und eine Aggregation der Zählerdaten erfordert.
- **CO₂-Emissionen:** Umfassende Berichterstattung über alle drei Bereiche (Scope 1: direkte Emissionen; Scope 2: indirekte Emissionen aus bezogener Energie; und Scope 3: alle anderen indirekten Emissionen entlang der gesamten Wertschöpfungskette), was komplexe Methoden zur Datenerfassung und Berechnung in der Lieferkette erfordert.
- **Ressourcenverbrauch:** Überprüfbare Daten zum Verbrauch kritischer Ressourcen, darunter Wasser (Entnahme, Verbrauch und Einleitung) und Materialien, sowie zur Abfallaufkommen und zu Recyclingquoten, was die Notwendigkeit robuster Umweltmanagementsysteme unterstreicht.

Dieser strenge Berichtsrahmen schafft einen neuen, entscheidenden Bedarf an Kompetenzen, die die Lücke zwischen technischem Betrieb, Finanzberichterstattung und Nachhaltigkeitsstrategie schließen können. Die erforderlichen Kompetenzen sind hochspezialisiert und funktionsübergreifend und konzentrieren sich auf:

1. **ESG-Datenmanagement und -Governance:** Fachwissen in der Konzeption, Implementierung und Wartung der IT-Infrastruktur, Datenbanken und Governance-Rahmenwerke, die für die Erfassung, Validierung und Sicherung großer Mengen nichtfinanzieller Daten erforderlich sind.
2. **Nachhaltigkeitsbilanzierung und -prüfung:** Fachkräfte, die in der Lage sind, die strengen Anforderungen der Finanzbuchhaltung auf Nachhaltigkeitskennzahlen anzuwenden, um sicherzustellen, dass die Daten prüfbar, konsistent und mit den Europäischen Standards für

Technik

Nachhaltigkeitsberichterstattung (ESRS) konform sind, und die Vorbereitungen für die vorgeschriebene externe Prüfung zu treffen.

3. **Modellierung und Analyse von Klimarisiken:** Kompetenzen zur Interpretation klimabezogener physischer Risiken und Übergangsrisiken, zu deren Integration in die Unternehmensfinanzplanung sowie zur Nutzung von Daten zur Modellierung verschiedener Klimaszenarien (z. B. gemäß den TCFD-Empfehlungen).
4. **Abbildung der Wertschöpfungskette und Erfassung von Scope-3-Daten:** Die Fähigkeit, Emissionen und Auswirkungen entlang komplexer, globaler Lieferketten nachzuverfolgen und zu quantifizieren, was häufig eine enge Zusammenarbeit mit Lieferanten und den Einsatz fortschrittlicher Analysemethoden erfordert.

5. Aktuelles Kompetenzökosystem und Lücken

Dieses Kapitel, ein wesentlicher Bestandteil des Arbeitsergebnisses D2.2, bietet eine umfassende Zusammenfassung und Analyse der aktuellen Lage in den Schwerpunktbereichen des Projekts in allen Konsortialländern. Der Kern dieser Analyse basiert auf den detaillierten Ergebnissen der von jedem Partner eingereichten „State-of-the-Art-Länderberichte“.

Diese Zusammenfassung verfolgt drei Hauptziele:

1. **Überprüfung bestehender Qualifikationsrahmen:** Systematische Untersuchung und Vergleich der nationalen Qualifikationsrahmen, Bildungsprogramme und beruflichen Zertifizierungssysteme, die derzeit im Energiesektor der Konsortialländer bestehen, einschließlich der derzeit in Partnerländern wie der Ukraine laufenden Angleichungsprozesse. Diese vergleichende Überprüfung zielt darauf ab, gemeinsame Strukturen, spezifische nationale Merkmale sowie Bereiche mit potenziellem Angleichungspotenzial oder Abweichungen zu identifizieren.
2. **Ermittlung von Qualifikations- und Wissenslücken:** Ermittlung der dringendsten und kritischsten Qualifikations- und Wissensdefizite, die derzeit Innovation, Wachstum und einen effektiven Wandel der Arbeitskräfte in den jeweiligen nationalen Energiemärkten behindern. Dazu gehören technische, übergreifende (Soft Skills) und regulatorische Kompetenzen, die für die Energiewende unerlässlich sind.
3. **Umriss der wichtigsten Hindernisse für die Weiterqualifizierung:** Diagnose und Dokumentation der wesentlichen systemischen, institutionellen und praktischen Hindernisse, die eine effektive und flächendeckende Umsetzung notwendiger Weiterqualifizierungs- und Umschulungsinitiativen verhindern. Zu diesen Hindernissen können der Mangel an geeigneter Ausbildungsinfrastruktur, unzureichende Finanzierung, veraltete Lehrpläne oder Widerstand gegen Veränderungen gehören.

Die in diesem Kapitel vorgestellten zusammengefassten Erkenntnisse und fundierten Ergebnisse dienen als entscheidende und unverzichtbare Evidenzbasis, die **die strategische Ausrichtung** für die Entwicklung von Lehrplänen und Ausbildungsinhalten im nachfolgenden Arbeitspaket 4 (WP4): **Lehrplan- und Ausbildungsentwicklung direkt beeinflussen und vorgeben** wird.

5.1. Bestehende Qualifikationen: Zusammenfassung der aktuellen Berufsbildungs- und Hochschulprogramme im Bereich Energieeffizienz.

Die aktuelle Bildungslandschaft in Europa ist stark fragmentiert, was unterschiedliche Grade der Integration zwischen den Systemen der beruflichen Bildung (VET) und der Hochschulbildung (HE) widerspiegelt. Während die meisten Länder über grundlegende Qualifikationen im Bauwesen verfügen, ist die Integration spezialisierter grüner und digitaler Kompetenzen nach wie vor uneinheitlich.

Die aktuelle Bildungslandschaft in Europa ist durch eine erhebliche Fragmentierung gekennzeichnet, die eine direkte Folge der unterschiedlichen Grade der Integration und Zusammenarbeit zwischen den Systemen der beruflichen Bildung (VET) und der Hochschulbildung (HE) in den verschiedenen Mitgliedstaaten ist.

Diese mangelnde Harmonisierung führt zu Uneinheitlichkeiten bei der Anerkennung und Übertragbarkeit

Technik

von Qualifikationen, was sich auf die Arbeitskräftemobilität und die Einheitlichkeit beruflicher Standards in ganz Europa auswirkt.

Insbesondere im Bausektor sind grundlegende und traditionelle Qualifikationen zwar in den meisten europäischen Ländern, einschließlich der Ukraine, allgemein gut etabliert und anerkannt, doch besteht eine entscheidende Lücke hinsichtlich der systematischen Integration spezialisierter Kompetenzen, die für eine moderne, nachhaltige und digitalisierte Branche unerlässlich sind. Die Einbeziehung grüner Kompetenzen – wie Energieeffizienz, nachhaltiges Materialmanagement, Lebenszyklusbewertung und Techniken für Niedrigstenergiegebäude (NZEB) – ist nach wie vor sehr uneinheitlich.

Ebenso variiert die Integration digitaler Kompetenzen – darunter Building Information Modeling (BIM), intelligente Bautechnologien, Datenanalyse und Automatisierung – in Tiefe und Breite erheblich von einem nationalen Lehrplan zum anderen. Diese Diskrepanz verhindert die rasche Weiterqualifizierung der Arbeitskräfte, die erforderlich ist, um die ehrgeizigen ökologischen und technologischen Ziele der Europäischen Union zu erreichen, wie beispielsweise den Green Deal und den Übergang zu Industrie 4.0 im Bauwesen.

- **Resilienz des Berufsbildungssystems:** Berufsbildungseinrichtungen sind nach wie vor die wichtigste Quelle für technische, praxisbezogene Kompetenzen. Die Geschwindigkeit der Lehrplanentwicklung hinkt jedoch oft hinter der technologischen Entwicklung und den strengen Anforderungen der EPBD- und ZEB-Standards hinterher.
- **Schwerpunkt Hochschulbildung:** Universitäten vermitteln in der Regel solide theoretische Grundlagen in den Bereichen nachhaltiges Design, Energieeffizienz und Lebenszyklusbewertung (LCA). Die Herausforderung besteht darin, dieses theoretische Wissen in praktische, baustellenspezifische Kompetenzen umzusetzen, die für die Umsetzung und Qualitätskontrolle erforderlich sind.
- **Bedarf an interdisziplinären Kompetenzen:** Alle Länder berichten von einem Bedarf an Qualifikationen, die traditionelle Fachgrenzen überwinden und Energieeffizienz mit digitalen Werkzeugen (BIM, intelligente Überwachung) sowie den Prinzipien der Kreislaufwirtschaft verbinden. Bestehende Qualifikationen sind oft zu eng gefasst oder veraltet.

5.2. Ermittlung kritischer Qualifikationslücken: Zusammengefasste Ergebnisse zu den gravierendsten Wissens- und Kompetenzdefiziten, kategorisiert nach Berufsprofilen.

Der anhaltende und allgegenwärtige Charakter der Qualifikationslücke stellt eine systemische Herausforderung dar, die die gesamte Wertschöpfungskette im Bauwesen durchdringt – von der ersten Planung und Konzeption über den Bau, den Betrieb und die Instandhaltung bis hin zum späteren Rückbau oder zur Sanierung.

Dieser kritische Mangel beschränkt sich nicht auf einen einzelnen Handwerks- oder Berufsbereich, sondern betrifft eine Vielzahl von Akteuren, darunter Architekten, Ingenieure, Bauarbeiter,

Technik

Facility-Manager und politische Entscheidungsträger.

Umfassende Berichte und Branchenanalysen haben immer wieder konkrete, quantifizierbare Defizite hinsichtlich des Wissens, der Fachkompetenz und der praktischen Erfahrung der derzeitigen Arbeitskräfte aufgezeigt. Diese Mängel beeinträchtigen direkt und erheblich die Fähigkeit verschiedener Länder und Regionen – **von EU-Mitgliedstaaten bis hin zu Wiederaufbaukontexten wie der Ukraine** –, ehrgeizige Ziele im Bereich „Zero Emission Building“ (ZEB) und „Whole Life Carbon“ (WLC) erfolgreich zu erreichen.

So herrscht beispielsweise ein weit verbreiteter Mangel an fundiertem Verständnis in Bezug auf fortschrittliche Energiemodellierung, passive Entwurfsstrategien, die Komplexität der Integration erneuerbarer Energiequellen (wie Solar-PV und Wärmepumpen) sowie die strengen Anforderungen an Luftdichtheit und die Vermeidung von Wärmebrücken.

Darüber hinaus sind die notwendigen Kompetenzen zur genauen Berechnung, Minimierung und Steuerung des grauen CO₂ über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes hinweg – was für die WLC-Ziele von zentraler Bedeutung ist – bei wichtigen Entscheidungsträgern und Umsetzern oft nur unzureichend entwickelt oder fehlen gänzlich. Ohne eine abgestimmte und wirksame Strategie zur Schließung dieser systemischen Qualifikationslücke wird der Übergang zu einer wirklich nachhaltigen und dekarbonisierten bebauten Umwelt weiterhin stark eingeschränkt bleiben.

Lücken nach Berufsgruppen:

- **Bauarbeiter und Installateure (Berufsbildungsniveau):**
 - **Luftdichtheit und Wärmebrücken:** Dies ist eine allgemeine und kritische Lücke. Eine mangelnde Präzision bei der Installation von Dämmungen, Fenstern und Lüftungssystemen führt direkt zu Leistungslücken und zur Nichteinhaltung der NZEB-Standards.
 - **Integrierte Systeme:** Installateuren fehlen oft die Fähigkeiten zur Installation und Inbetriebnahme integrierter Heizungs-, Lüftungs- und erneuerbarer Energiesysteme (z. B. Wärmepumpen, PV-Integration), die auf digitale Steuerungen angewiesen sind.
 - **Qualitätsmanagement:** Ein Mangel an praktischen, messbaren Fähigkeiten im Zusammenhang mit der Baustellenabnahme und den Übergabeverfahren.
- **Ingenieure, Architekten und Planer (HE-Ebene):**
 - **Ökobilanz (LCA):** Obwohl theoretisch bekannt, fehlt die praktische Anwendung von Ökobilanz und Lebenszykluskostenrechnung (LCC) bei Planungsentscheidungen. Der Fokus liegt nach wie vor stark auf dem Betriebsenergieverbrauch und weniger auf dem grauen CO₂ und der Materialbeschaffung.
 - **BIM für Nachhaltigkeit:** Es fehlt die Fähigkeit, BIM nicht nur für die geometrische Modellierung, sondern auch für die Energiemodellierung, Kollisionserkennung und die Festlegung nachhaltiger Materialien zu nutzen.
 - **Planung umfassender Sanierungen:** Es mangelt an Fachwissen zur Planung komplexer, phasenweiser umfassender Sanierungen, die sowohl historische Bauwerke als auch den Komfort der Nutzer berücksichtigen.
- **Führungs-, Finanz- und Datenrollen:**
 - **ESG- und Taxonomie-Berichterstattung:** Fachleuten aus den Bereichen Finanzen, Immobilien und Vermögensverwaltung fehlt das technische Verständnis, um

Technik

- Vermögenswerte korrekt anhand der EU-Taxonomie-Kriterien zu bewerten und überprüfbare Daten für die CSRD-Berichterstattung aufzubereiten.
- **Datenmanagement:** Erforderliche Kompetenzen zur Verwaltung und Nutzung von Gebäudeleistungsdaten aus intelligenten Zählern, Sensoren und Digital Twins für vorausschauende Instandhaltung und nachweisbare Compliance.

5.3. Hindernisse bei der Weiterqualifizierung: Analyse häufiger Hindernisse für eine effektive Weiterbildung.

Selbst dort, wo Schulungsprogramme existieren, verhindern systemische Hindernisse eine effektive und skalierbare Weiterqualifizierung:

- **Verfügbarkeit und Relevanz von Schulungen:** Eine häufige Herausforderung besteht darin, dass bestehende Berufsbildungsprogramme zu lang, zu theoretisch oder mit veralteten Methoden gestaltet sind (z. B. ohne praxisorientiertes Lernen oder digitale Labore).
- **Kosten und Zeitaufwand:** Für KMU (kleine und mittlere Unternehmen) – die den Bausektor dominieren – stellen die Kosten für die Freistellung von Mitarbeitern für Schulungen und der Zeitmangel während laufender Projekte unüberwindbare Hindernisse dar. In der Ukraine wird dies zusätzlich durch die unmittelbare Priorität des Wiederaufbaus beschädigter Wohngebäude verschärft, was oft wenig Spielraum für traditionelle, langfristige Schulungsprogramme lässt.
- **Kapazitäten der Ausbilder:** Ein entscheidender Engpass ist der Mangel an qualifizierten Ausbildern, die über das erforderliche Fachwissen zu modernsten ZEB-Technologien, BIM-Tools und den Prinzipien der Kreislaufwirtschaft verfügen. Die Ausbilder selbst benötigen umfangreiche Umschulungsmaßnahmen.
- **Fehlende Zertifizierung und Standardisierung:** Das Fehlen standardisierter, leicht erkennbarer Zertifizierungen für grüne/digitale Kompetenzen (wie z. B. Micro-Credentials) erschwert es Arbeitgebern, den Ausbildungsergebnissen zu vertrauen und diese mit Lohnzuschlägen zu verknüpfen.

Die erfolgreiche Umsetzung dieser Empfehlungen ist entscheidend, um sicherzustellen, dass die europäischen Arbeitskräfte über die erforderlichen Kompetenzen verfügen, um das Ziel der emissionsfreien Gebäude bis 2050 zu erreichen und die regulatorischen Ambitionen effektiv in nachweisbare Leistungen vor Ort umzusetzen.

Diese D2.2-Analyse dient somit als wesentliche, evidenzbasierte Grundlage für das Projekt EXCEL4Housing 4.0 und bestätigt die strategische Bedeutung der anschließenden Entwicklung von Berufsbildungslehrplänen in Arbeitspaket 4 (WP4), um die nachhaltige Zukunft des Sektors zu sichern.

6. Digitalisierung und Integration der Kreislaufwirtschaft

Der ökologische Wandel ist untrennbar mit dem digitalen Wandel verbunden. Das Erreichen der Netto-Null-Ziele im Wohnungsbau erfordert grundlegende Veränderungen nicht nur bei Materialien und Energiesystemen, sondern auch beim Datenmanagement, bei der Planung und bei den Bauprozessen. Dieses Kapitel bewertet den aktuellen Stand der Digitalisierung (Housing 4.0) und die Umsetzung der Prinzipien der Kreislaufwirtschaft (CE) in den Partnerländern.

6.1. Stand der digitalen Transformation: Bewertung der Akzeptanzraten wichtiger digitaler Werkzeuge in den Ländern des Konsortiums.

Die Digitalisierung wird allgemein als entscheidender Faktor für die Gewährleistung einer nachweisbaren Energieeffizienz und die Optimierung komplexer Sanierungsprozesse anerkannt. Der Reifegrad der Umsetzung variiert jedoch innerhalb des Konsortiums erheblich.

A. Einführung von Building Information Modelling (BIM)

BIM ist das etablierteste digitale Werkzeug zur Förderung von Integration und Datenaustausch, doch beschränkt sich seine Nutzung häufig auf die geometrische Modellierung und nicht auf fortgeschrittene Nachhaltigkeitsfunktionen. Im Kontext der Ukraine wird BIM zunehmend als unverzichtbares Werkzeug für die transparente und effiziente Verwaltung groß angelegter Wiederaufbauprojekte im Wohnungsbau anerkannt, da es die Nachverfolgung von Materialien und der Energieeffizienz bereits ab der Entwurfsphase erleichtert.

- **Reife Märkte:** Länder wie Finnland und Schweden weisen einen höheren Reifegrad auf; dort wird BIM bei öffentlichen Projekten zunehmend vorgeschrieben und für die Koordination komplexer Projekte genutzt.
- **Aufkommende Verbreitung:** In Regionen wie Spanien weitet sich der Einsatz von BIM über den Neubau hinaus auf Sanierungsprojekte aus und wird insbesondere für die Energiemodellierung, die Kollisionserkennung und die Validierung von Leistungsanforderungen genutzt.
- **Kompetenzlücke:** Trotz der Bemühungen zur Einführung stellt **Kroatien** fest, dass BIM zwar als wichtiger Treiber identifiziert wird, seine breite und kompetente Nutzung sich jedoch noch in einem frühen Stadium befindet. Dies wird durch den Mangel an qualifiziertem Personal eingeschränkt, das in der Lage ist, BIM für Energiesimulationen und nachhaltige Spezifikationen einzusetzen.

B. Digitale Zwillinge und Datenmanagement

Das Konzept der digitalen Zwillinge – virtuelle Nachbildungen von Gebäuden, die mit Echtzeitdaten gespeist werden – gilt als Zukunft des Anlagenmanagements und der Konformitätsprüfung, ist jedoch nach wie vor eher ein Innovationsschwerpunkt als gängige Praxis.

- **Strategische Initiativen:** In Deutschland hat die Regierung einen „Fahrplan für digitales Planen und Bauen“ aufgestellt, der die Digitalisierung als Kernstrategie zur Bewältigung der Komplexität und zur Verbesserung der Qualitätskontrolle im Rahmen der Sanierungswelle positioniert. In ähnlicher Weise hebt Italien strategische Partnerschaften mit der Privatwirtschaft hervor, die die Einführung von Digital Twins beschleunigen, um

die Berichterstattung über Effizienz und Nachhaltigkeit zu unterstützen.

- **Lücke bei den Leistungsdaten:** Ein wesentlicher Mangel in fast allen Ländern ist der Mangel an Kompetenzen **im Bereich der Daten-Governance** – also der Fähigkeit, Leistungsdaten von intelligenten Zählern und Sensoren zu erfassen, zu verwalten und zu nutzen, um die Lücke zwischen der geplanten und der tatsächlichen Energieeffizienz zu schließen. Diese Kompetenz ist entscheidend für die Erfüllung der Berichtsanforderungen der CSRD und der Taxonomie.

6.2. Praktiken der Kreislaufwirtschaft: Zusammenfassung der Umsetzung von Ökobilanzen (LCA), der Verwendung von Materialpässen und der Prinzipien des demontagefreundlichen Designs.

Der Übergang von einem konventionellen linearen Wirtschaftsmodell – das einem „Take-Make-Dispose“-Ansatz folgt – zu einem grundlegend kreislaforientierten Modell ist nicht nur eine Option, sondern eine entscheidende Notwendigkeit für die moderne Bauwirtschaft.

Dieser Wandel, bei dem die Wiederverwendung von Materialien, Ressourceneffizienz, Abfallreduzierung und eine strenge Ökobilanz (LCA) im Vordergrund stehen, ist die wirksamste strategische Antwort auf die Verringerung des enormen und nicht nachhaltigen ökologischen Fußabdrucks der Branche.

Die Umweltauswirkungen der Bauindustrie sind bekanntermaßen erheblich und lassen sich vor allem auf zwei Hauptprobleme zurückführen:

1. **Abfallaufkommen:** Die Branche gehört weltweit zu den größten Abfallverursachern, darunter Bauschutt, ungenutzte Materialien und Verpackungen. Dieses erhebliche Volumen belastet die Deponiekapazitäten enorm und stellt einen massiven Verlust an grauer Energie und wertvollen Ressourcen dar, die andernfalls in der Wirtschaft verbleiben könnten.
2. **Eingebetteter Kohlenstoff:** Die Herstellung, der Transport und die Verarbeitung von Baustoffen (wie Zement, Stahl und Zuschlagstoffe) sind äußerst energieintensiv und setzen beträchtliche Mengen an Treibhausgasen frei. Dieser „eingebettete Kohlenstoff“ macht einen erheblichen Teil der gesamten Klimaauswirkungen des Sektors aus und erfordert Strategien, um entweder die Kohlenstoffintensität der Produktion zu senken oder – im Idealfall – den Bedarf an neuer Primärmaterialproduktion durch Wiederverwendung und Recycling zu beseitigen.

Ein Kreislaufmodell geht diese Herausforderungen direkt an, indem es Prinzipien integriert, die die Langlebigkeit von Materialien verlängern und Ressourcenkreisläufe schließen. Durch die verbindliche Vorschrift zur Wiederverwendung von wiedergewonnenen Bauteilen – eine Praxis, die in der Ukraine im Hinblick auf das Recycling von Bauschutt aus kriegsbeschädigten Bauwerken von großer Bedeutung ist –, die Förderung der Verwendung von recycelten Materialien und die Planung von Gebäuden, die auf Rückbau statt auf Abriss ausgelegt sind, kann die Branche ihren Bedarf an neuen Rohstoffen drastisch senken und gleichzeitig das Abfallaufkommen minimieren. Darüber hinaus ermöglicht der Einsatz von Instrumenten zur Ökobilanz (Life Cycle Assessment, LCA) den Akteuren, die Umweltleistung von Materialien und Gebäudeentwürfen über ihre gesamte Lebensdauer hinweg ganzheitlich zu messen – von der „Wiege bis zur Bahre“ oder im Idealfall von der „Wiege zur Wiege“ –, wodurch sichergestellt wird, dass die Entscheidungsfindung im Sinne echter Nachhaltigkeit optimiert wird.

Technik

A. Whole-Life Carbon (WLC) und Ökobilanz

WLC entwickelt sich zur ultimativen Messgröße und erweitert den Fokus vom Betriebsenergieverbrauch auf den in Materialien und Bauprozessen gebundenen Kohlenstoff.

- **Regulatorische Vorreiterrolle:** Schweden ist der Vorreiter, wo das nationale Klimadeklarationsgesetz seit 2022 Whole-Life-Carbon-Erklärungen für Neubauten vorschreibt. Dieser regulatorische Schritt zwingt Planer unmittelbar dazu, Instrumente der Ökobilanz (LCA) bereits in der frühen Planungsphase zu integrieren, was sich direkt auf die Materialauswahl und -beschaffung auswirkt.
- **Wachsendes Bewusstsein:** In anderen Ländern, darunter Portugal und Spanien, gewinnt die Ökobilanz zunehmend an Bedeutung in politischen Diskussionen und Pilotprojekten, oft im Zusammenhang mit umweltorientierter öffentlicher Beschaffung und nationalen Strategien zur Kreislaufwirtschaft.

B. Materialwiederverwendung und Abfallwirtschaft

Der Übergang zur Materialwiederverwendung und zum „Design for Disassembly“ (DfD) bleibt der logistisch anspruchsvollste Aspekt und erfordert radikale Veränderungen in den Lieferketten und rechtlichen Rahmenbedingungen.

- **Pilotinitiativen:** In Belgien unterstützen regionale Behörden aktiv den Übergang zur Kreislaufwirtschaft. So verweist beispielsweise die Region Brüssel-Hauptstadt auf den Einsatz von Instrumenten wie dem **TOTEM-Tool** zur Bewertung der Umweltbelastung von Materialien und fördert den Kreislauf wiederverwerteter Bauelemente durch Projekte wie FCRBE. Die TOTEM-Plattform (Tool for Optimising the Total Environmental impact of Materials) fungiert als Belgiens Referenzumgebung für LCA-Entscheidungshilfen und wurde im Rahmen einer interregionalen und föderalen Zusammenarbeit entwickelt. TOTEM integriert Umweltproduktdeklarationen (EPDs) und kuratierte generische Datensätze, um vergleichende Planungsentscheidungen auf Gebäude- und Bauteilebene zu ermöglichen; es wird zunehmend in der öffentlichen Beschaffung und in Fortbildungsangeboten herangezogen (FCRBE, 2021). Die Nutzerbasis – rund 4.400 registrierte Nutzer, darunter etwa 600 geschulte Architekten – deutet auf eine zunehmende Professionalisierung der Ökobilanzpraxis hin, auch wenn die Anwendung noch lange nicht flächendeckend ist (FCRBE, 2021).
- In **der Ukraine** konzentrieren sich die aktuellen Bemühungen auf die Entwicklung regionaler Cluster zur Aufbereitung von mineralischen Bauabfällen mit dem Ziel, recycelte Zuschlagstoffe wieder in die Herstellung neuer Bauteile für Wohnblöcke zu integrieren.
- **Konkrete Lösungen: Polen** verzeichnet technische Fortschritte in Nischenbereichen, insbesondere im nachhaltigen Wassermanagement, wobei der Schwerpunkt auf der Nutzung von Regenwassernutzungs- und Grauwassersystemen liegt, die den betrieblichen Ressourcenbedarf senken.
- **Italien** verweist auf die zunehmende Bedeutung nachhaltiger, kohlenstoffarmer Materialien, insbesondere des Holzbaus, als zentralen Bestandteil seiner Kreislaufwirtschafts-Roadmap. Der italienische Bericht betont die zunehmende Bedeutung nachhaltiger, kohlenstoffarmer Materialien, insbesondere von Holz.
- **Lücke:** Die entscheidende Qualifikationslücke besteht hier im Mangel an Fachwissen in den Bereichen Rücknahmelogistik, Überprüfung der Materialqualität und der Schaffung rechtlicher Rahmenbedingungen (Verträge), die den Transfer und die Wiederverwendung zertifizierter wiedergewonnener Materialien erleichtern.

Im Falle **Polens** ist es wichtig, einen Plan zu entwickeln, der die Rentabilität der Projekte berücksichtigt. Aufbereitetes Wasser wird häufig zur Bewässerung genutzt, und in Polen ist der durchschnittliche Bedarf an Bewässerungswasser im Vergleich zum übrigen Europa relativ gering.

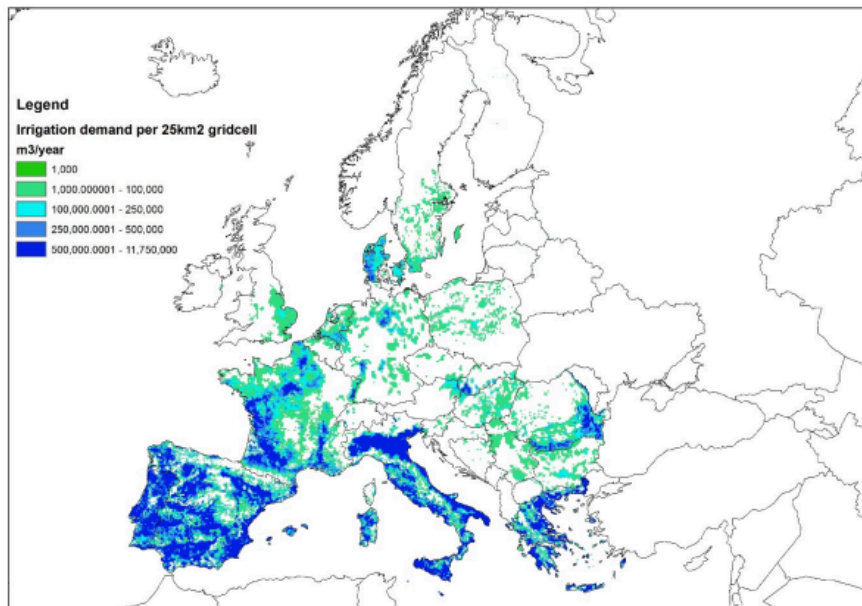


Abbildung 1. Durchschnittlicher Wasserbedarf für die Bewässerung, berechnet mit EPIC¹

Vor diesem Hintergrund erließ der Infrastrukturminister am 22. Juni 2023 einen Beschluss, das Staatsgebiet des Landes vom Anwendungsbereich der Verordnung (EU) 2020/741 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Mai 2020 über Mindestanforderungen an die Wasserwiederverwendung auszunehmen.

Gemäß diesem Beschluss wird die Wiederverwendung von Wasser zur Bewässerung in der Landwirtschaft in den Gebieten von neun Flussgebieten in **Polen** nicht zum Einsatz kommen. Als Grund wurde das Kriterium der Wirtschaftlichkeit unter Berücksichtigung aller Kosten – sowohl Umwelt- als auch Ressourcenkosten – angeführt; es wurde nachgewiesen, dass alternative Lösungen in diesem Fall optimaler wären.²

:Der italienische Bericht, wie im Abschnitt „Konkrete Lösungen“ erwähnt, unterstreicht die wachsende Bedeutung nachhaltiger, kohlenstoffarmer Materialien mit besonderem Fokus auf Holz und hebt dabei folgende Kernpunkte hervor:

- **Holz als zentrales Kreislaufmaterial:** Holz wird als „Kreislaufmaterial par excellence“ beschrieben,

¹ Pistocchi, A., Aloe, A., Dorati, C., Sanz, L. A., Bouraoui, F., Gawlik, B., Grizzetti, B., Pastori, M., Vigiak, O. (2017) *Das Potenzial der Wasserwiederverwendung für die landwirtschaftliche Bewässerung in der EU: eine hydroökonomische Analyse*, Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, Luxemburg, Gemeinsame Forschungsstelle, EUR 28980 EN
<https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC109870>

² Beschluss des Ministers für Infrastruktur vom 22. Juni 2023 über den Ausschluss des Landes vom Anwendungsbereich der Verordnung (EU) 2020/741 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Mai 2020 über Mindestanforderungen an die Wasserwiederverwendung

Technik

da es von Natur aus erneuerbar, zu 100 % recycelbar und in der Lage ist, Kohlendioxid zu speichern, was für die Eindämmung des Klimawandels von entscheidender Bedeutung ist.

- **Zunehmender Einsatz von Holzwerkstoffen:** Es gibt einen wachsenden Trend zur Nutzung von Holzbausystemen wie Brettsperrholz (CLT) und Furnierschichtholz (LVL) in der nachhaltigen Bauweise.
- **Marktposition:** Italien rangiert als drittgrößter europäischer Produzent von Holzhäusern (mit 3.602 im Jahr 2022 errichteten neuen Wohneinheiten), was auf ein stetiges Wachstum hinweist, das durch das Nachhaltigkeitsbewusstsein vorangetrieben wird.
- **Zertifizierung und Qualität:** Zertifizierungssysteme wie ARCA (Architettura Comfort Ambiente) und ReMade in Italy® spielen eine entscheidende Rolle bei der Festlegung von Standards für Qualität, Langlebigkeit und Nachhaltigkeit und unterstützen die Entwicklung eines strukturierten Marktes für den Holzbau.
- **Vorzeigeprojekte:** Konkrete Beispiele für herausragende Leistungen im Holzbau, wie der Stadtteil „Ex Marangoni“ in Rovereto (ein 9-stöckiges CLT-Gebäude mit hoher Energieeffizienz und Kreislaufwirtschaft) und das „Trentino Social Housing Building“ in Trient (ein ARCA-zertifiziertes Holzgebäude), veranschaulichen den Einsatz dieser Materialien in groß angelegten, leistungsstarken Projekten.

7. Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Die in allen Ländern des Konsortiums – einschließlich des einzigartigen Wiederaufbaukontexts der Ukraine – durchgeführte Bestandsaufnahme zeigt einen nahezu universellen Konsens: Der **europäische Bausektor befindet sich an einem entscheidenden Wendepunkt, der durch hohe regulatorische Ambitionen und erhebliche, tief verwurzelte Herausforderungen bei der Umsetzung gekennzeichnet ist**. Diese duale Realität prägt das aktuelle Umfeld.

Einerseits ist die Grundlage für die grüne Wende durch einen soliden Rechtsrahmen der Europäischen Union fest verankert. Wichtige Instrumente wie die Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD), die EU-Taxonomie und die Richtlinie zur Nachhaltigkeitsberichterstattung von Unternehmen (CSRD) sorgen gemeinsam für die notwendige Triebkraft und setzen ehrgeizige Ziele für Energieeffizienz, Dekarbonisierung und die Offenlegung nachhaltiger Investitionen. Diese Vorschriften sollen Investitionen lenken, Sanierungswellen beschleunigen und einen systemischen Wandel entlang der gesamten Wertschöpfungskette vorantreiben, wodurch der Übergang von einer linearen zu einer kreislauforientierten, klimaneutralen bebauten Umwelt zwingend erforderlich wird.

Andererseits wird die derzeitige Fähigkeit der Branche, diesen unverzichtbaren Wandel umzusetzen, nachweislich durch eine weit verbreitete und systemische Fachkräfte- und Kapazitätskrise behindert. Dieses Defizit ist vielschichtig: Es umfasst einen Mangel an qualifiziertem Personal über den gesamten Lebenszyklus von Gebäuden hinweg – von Architekten und Ingenieuren, die auf umfassende Sanierungen spezialisiert sind, bis hin zu zertifizierten Installateuren und Bauarbeitern vor Ort, die in modernen, hocheffizienten Technologien geschult sind. Darüber hinaus geht die Krise über einen bloßen Arbeitskräftemangel hinaus und umfasst auch ein Defizit an digitaler Kompetenz, an Fähigkeiten im integrierten Lieferkettenmanagement sowie an den finanziellen und administrativen Kapazitäten innerhalb öffentlicher und privater Einrichtungen, die erforderlich sind, um komplexe regulatorische Anforderungen zu bewältigen und groß angelegte Finanzierungen zu sichern. Ohne dringende, koordinierte Maßnahmen zur Beseitigung dieser Kapazitätsengpässe laufen die im EU-Rahmenwerk festgelegten ehrgeizigen Ziele Gefahr, unerreichbar zu werden, was zu einer erheblichen Kluft zwischen politischer Absicht und der Realität vor Ort führen würde.

7.1. Zusammenfassung: Abschließende Schlussfolgerung, die die wichtigsten Herausforderungen und festgestellten systemischen Qualifikationsdefizite zusammenfasst

Die zentrale Erkenntnis dieses D2.2-Berichts ist die Diskrepanz zwischen den hochgesteckten regulatorischen Anforderungen und den Umsetzungskapazitäten vor Ort.

A. Unumgängliche regulatorische Vorgaben

Der Markt wird nicht mehr ausschließlich von Kosten oder der Verbrauchernachfrage bestimmt, sondern von unverhandelbaren gesetzlichen Vorgaben:

- a. **Standards für emissionsfreie Gebäude (Zero-Emission Building, ZEB):** Diese Standards erfordern einen umfassenden Ansatz hinsichtlich der Gebäudeperformance und verlangen integrierte Systeme sowie nachweisbare Luftdichtheit, insbesondere in Märkten wie

Technik

Deutschland, Polen und der Ukraine, wo die Angleichung an die ZEB-Standards zu einem Eckpfeiler der nationalen Konjunkturprogramme wird. Der Nationale Gebäudesanierungsplan (NBRP) Deutschlands legt detaillierte Ziele und politische Maßnahmen fest, um den Übergang zu einem emissionsfreien Gebäudebestand bis 2050 zu unterstützen.

- b. **Finanzielle Compliance:** Die EU-Taxonomie und die CSRD haben Nachhaltigkeit erfolgreich von einem technischen Thema zu einem finanziellen Risiko erhoben. Dies erfordert neue Kompetenzen in der Unternehmensberichterstattung und im Management überprüfbarer Daten für Vermögensinhaber und Finanzierer, was insbesondere in Märkten mit starken Finanzsektoren wie Schweden und Italien zu beobachten ist.

B. Der systemische Kompetenzengpass

Die Analyse bestätigt einen kritischen und weit verbreiteten Fachkräftemangel, der sich in zweierlei Hinsicht äußert:

1. **Lücke bei der technischen Präzision:** Der dringendste technische Mangel ist der Mangel an Kompetenzen bei der Installation und Inbetriebnahme integrierter Systeme sowie bei der Erreichung hoher Standards hinsichtlich Luftdichtheit und der Vermeidung von Wärmebrücken. Versäumnisse in diesen Bereichen führen direkt zur Leistungslücke (Unterschied zwischen geplantem und tatsächlichem Energieverbrauch), was die Einhaltung der ZEB-Vorgaben in Ländern wie Griechenland, Kroatien und der Ukraine untergräbt, wo der Umfang der Sanierungsprojekte diese Lücke für die langfristige städtische Resilienz noch kritischer macht.
2. **Defizit bei der digitalen/kreislaufwirtschaftlichen Strategie:** Entlang der gesamten Wertschöpfungskette fehlen die notwendigen Kompetenzen, um den Wandel zu bewältigen. Dazu gehören der kompetente Einsatz von BIM für LCA- und WLC-Berechnungen (entscheidend in Schweden) sowie die Fähigkeit, komplexe Rücknahmelogistik und Materialzertifizierungen zu bewältigen, die für ein Kreislaufwirtschaftsmodell erforderlich sind.

C. Hindernisse für eine rasche Qualifizierung

Der Wandel wird durch Trägheit im Bildungswesen behindert: Bestehende Lehrpläne in der beruflichen Bildung werden oft zu langsam aktualisiert, und aufgrund von Kosten- und Zeitbeschränkungen ist die Weiterbildung für die überwiegend in KMU beschäftigte Belegschaft unzugänglich (wie von Portugal und Deutschland angeführt). Die begrenzte Kapazität von Ausbildern in modernen, interdisziplinären Fächern stellt einen entscheidenden Engpass für den Ausbau von Kompetenzen dar.

Die zentrale Erkenntnis dieses Berichts ist die tiefgreifende und gefährliche Kluft zwischen den ehrgeizigen gesetzlichen Vorgaben der EU für eine grüne und digitale Wende – vorangetrieben durch die EPBD, die EU-Taxonomie und die CSRD – und der allgemeinen, systemischen Fähigkeit des Bausektors, diese Anforderungen vor Ort umzusetzen.

Dieses Umsetzungsdefizit lässt sich auf einen doppelten Qualifikationsengpass zurückführen: erstens auf eine kritische **Lücke in der technischen Präzision** bei Fachkräften mit Berufsausbildung in den Bereichen integrierte Energiesysteme, Luftdichtheit und Wärmebrücken, die unmittelbar die Energieeffizienzlücke

Technik

verursacht; und zweitens eine **digitale/kreislaufwirtschaftliche Strategielücke** bei Fachkräften im Hochschulbereich und in Führungspositionen, die durch mangelnde Kompetenz im Umgang mit digitalen Werkzeugen (BIM/LCA) zur Berechnung der Lebenszyklus-CO₂-Bilanz (WLC) und zur Erstellung überprüfbarer Leistungsdaten für die vorgeschriebene Finanzberichterstattung gekennzeichnet ist.

Die Herausforderung wird durch Trägheit im Bildungswesen verschärft, darunter veraltete Lehrpläne in der beruflichen Bildung und ein kritischer Mangel an qualifizierten Ausbildern, was die schnelle Weiterqualifizierung behindert, die zur Einhaltung der unverhandelbaren gesetzlichen Fristen erforderlich ist.

7.2. Empfehlungen für WP4: Klare, umsetzbare Empfehlungen als Grundlage für die Entwicklung des neuen Berufsbildungslehrplans

Auf der Grundlage einer Zusammenfassung der Markttrends, regulatorischen Anforderungen und kritischen Qualifikationsdefizite werden die folgenden Empfehlungen für die Konzeption und Umsetzung des neuen Berufsbildungslehrplans im Rahmen von WP4 vorgelegt:

Auf der Grundlage einer umfassenden Synthese und einer gründlichen Analyse der aktuellen Markttrends in den Bereichen Energie und Nachhaltigkeit, des vorherrschenden regulatorischen Drucks sowie der identifizierten kritischen Qualifikationsdefizite innerhalb der bestehenden Belegschaft werden die folgenden detaillierten, strategischen Empfehlungen vorgelegt.

Diese Empfehlungen sollen als Grundlage und Leitfaden für die Entwicklung, Strukturierung und Umsetzung des neuen Lehrplans für die berufliche Bildung (VET) dienen, der ein zentrales Ergebnis des Arbeitspakets 4 (WP4) sein wird.

Empfehlung 1: Priorisierung integrierter Kompetenzen auf Systemebene

Der Lehrplan muss sich von der Ausbildung isolierter Facharbeiter hin zur Ausbildung von Fachkräften verlagern, die in der Lage sind, Systeme zu integrieren.

- **Schwerpunkt:** Die Ausbildung sollte sich auf die Schnittstellen zwischen den Systemen konzentrieren (z. B. die Integration von Dämmung mit mechanischer Lüftung und erneuerbaren Energien).
- **Zielgruppe:** Installateure, Bauleiter und Planprüfer müssen hinsichtlich der Auswirkungen ihrer Arbeit auf die Gesamtleistung des Gebäudes geschult werden (z. B. der direkte Zusammenhang zwischen einer fehlerhaften Abdichtung und der EPC-Bewertung).

Empfehlung 2: Digitalisierung zur Einhaltung von Vorschriften und zur Datennutzung verankern

Digitale Kompetenz muss verpflichtend sein, wobei der Schwerpunkt von „BIM für Zeichnungen“ auf „BIM für die Einhaltung von Vorschriften“ verlagert werden muss.

- **Maßnahme:** Entwicklung von Modulen zu BIM für Energie- und Ökobilanz-Simulationen, um Planungsentscheidungen zu untermauern.
- **Neues Profil:** Schaffung eines klaren Lernpfads für ESG-/Taxonomie-Datenmanager – Fachleute, die eine Brücke zwischen den technischen Leistungsdaten aus digitalen Zwillingen und den

rechtlichen/finanziellen Berichtspflichten der CSRD schlagen können.

Empfehlung 3: Entwicklung zertifizierter Mikro-Zertifikate für dringende Weiterqualifizierung

Um Zeit- und Kostenbarrieren zu überwinden, muss das Projekt kurze, flexible und zertifizierte Schulungseinheiten entwickeln.

- **Schwerpunkt:** Ausrichtung der Mikro-Zertifizierungen auf risikoreiche und wirkungsvolle Aufgaben wie: Luftdichtheitsprüfungen und Abdichtungstechniken, Installation und Inbetriebnahme von Wärmepumpen sowie Beschaffung von WLC-Materialien.
- **Modell:** Ein modularer, flexibler Lernansatz sollte genutzt werden, der es den Beschäftigten ermöglicht, schnell und ohne langfristige Verpflichtung eine Zertifizierung zu erwerben (z. B. die im belgischen Bericht erwähnte „Learning Unit“-Struktur).

Empfehlung 4: Ein „Training-of-Trainers“-Programm initiieren

Der dringendste Engpass ist die Kapazität der Ausbilder. Der Lehrplan von WP4 muss getestet und eingeführt werden, indem zunächst die Ausbilder geschult werden, die die Inhalte auf nationaler Ebene vermitteln werden.

- **Zielgruppe 1:** Ausbilder in der beruflichen Bildung in den Bereichen Energie und Bauwesen.
- **Zielgruppe 2:** Ausbilder aus Industrieclustern und Berufsverbänden (z. B. diejenigen, die mit der „Fundación Laboral de la Construcción“ in Spanien zusammenarbeiten, oder die beruflichen Netzwerke, die an der Initiative „#100 Workshops“ in der Ukraine beteiligt sind).

Empfehlung 5: Nutzung von Living Labs und arbeitsbasiertem Lernen (WBL)

Die Wirksamkeit von Schulungen in komplexen Bereichen (wie der umfassenden Sanierung) ist gering, wenn sie ausschließlich theoretisch durchgeführt werden.

- **Methodik:** Die Ausbildung muss praxisorientiert sein und „Living Labs“ oder Demonstrationsumgebungen nutzen (z. B. wie im finnischen Ansatz beschrieben und in den spezialisierten Ausbildungszentren, die derzeit in der Ukraine modernisiert werden), die reale Baustellenbedingungen für die Qualitätskontrolle und die Installation integrierter Systeme simulieren.
- **Zertifizierung:** Die Zertifizierung sollte auf dem praktischen Nachweis von Kompetenzen in einem WBL-Umfeld beruhen und nicht auf rein theoretischen Prüfungen.

8. Literaturverzeichnis

Die nachstehende Literaturliste enthält eine Auswahl maßgeblicher Quellen, auf die im gesamten D2.2-Bericht Bezug genommen wird, und stützt sich auf EU-Strategiepapiere, nationale Rechtsvorschriften sowie renommierte Berichte von Konsortialpartnern, Branchenverbänden und Forschungseinrichtungen.

Zitierweise: Europäische Kommission (EK)

Titel: Richtlinie (EU) 2018/844 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Mai 2018 zur Änderung der Richtlinie 2010/31/EU über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und der Richtlinie

Technik

2012/27/EU zur Energieeffizienz.

Quelle/Herausgeber: Amtsblatt der Europäischen Union

Datum: 2018

Zitierweise: Europäische Kommission (EK)

Titel: Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Neufassung) (EPBD-Neufassung).

Quelle/Herausgeber: Europäische Kommission, COM/2021/802 endgültig

Datum: 2021

Zitierweise: Europäische Kommission (EK)

Titel: Taxonomie-Verordnung (Verordnung (EU) 2020/852) und delegierte Rechtsakte zur Eindämmung des Klimawandels und zur Anpassung an dessen Folgen.

Quelle/Herausgeber: Amtsblatt der Europäischen Union

Datum: 2020/2021

Zitierweise: Europäisches Parlament und Rat

Titel: Richtlinie zur Nachhaltigkeitsberichterstattung von Unternehmen (CSRD) (Richtlinie (EU) 2022/2464).

Quelle/Herausgeber: Amtsblatt der Europäischen Union

Datum: 2022

Quellenangabe: Generaldirektion Energie der Europäischen Kommission

Titel: Die Sanierungswelle für Europa – Unsere Gebäude umweltfreundlicher gestalten, Arbeitsplätze schaffen, Lebensqualität verbessern.

Quelle/Herausgeber: Europäische Kommission, COM/2020/662 endgültig

Datum: 2020

Zitierweise: Eurostat

Titel: Energieeffizienz von Gebäuden: Bautätigkeit und Sanierungsquoten.

Quelle/Herausgeber: Statistische Berichte

Datum: Laufend (neueste verfügbare Daten für 2024/2025)

Quellenangabe: FCRBE (Förderung des Umlaufs von wiederverwerteten Bauelementen)

Titel: Analyse von Materialpässen und Kreislaufwirtschafts-Tools (TOTEM-Tool-Referenz).

Technik

Quelle/Herausgeber: FCRBE-Projektdokumentation (Interreg NWE)

Datum: 2021

Zitierweise: Confidencial Imobiliário (Portugal)

Titel: Marktanalyse: Nachhaltigkeit und Energieeffizienz bei neuen Wohnbauprojekten (1. Quartal 2025).

Quelle/Herausgeber: Branchenbericht (zitiert vom portugiesischen Partner)

Datum: 2025

Zitierweise: Schwedische Behörde für Wohnungswesen, Bauwesen und Raumordnung (Boverket)

Titel: Umsetzung und Leitlinien zum Gesetz über die nationale Klimadeklaration.

Quelle/Herausgeber: Rechtsrahmen und Umsetzungsleitlinien

Datum: 2022

Zitierweise: Generaldirektion Forschung und Innovation (JRC)

Titel: Kompetenzen für den ökologischen Wandel: Herausforderungen und Chancen im Bausektor.

Quelle/Herausgeber: Bericht der Europäischen Kommission, Gemeinsame Forschungsstelle (JRC)

Datum: 2023

Quellenangabe: Nationale Berichte (Konsortialpartner)

Titel: Aktuelle nationale Berichte für EXCEL4HOUSING 4.0 (Zusammenstellung von **11 nationalen Berichten** aus Belgien, Kroatien, Finnland, Deutschland, Griechenland, Italien, Polen, Portugal, Spanien und Schweden).

Quelle/Herausgeber: Interne Arbeitsergebnisse des EXCEL4HOUSING 4.0-Projekts

Datum: 2025

9. Anhänge

Anhang 1: Nationaler Bericht zum Stand der Technik – Belgien

BERICHT ÜBER DEN AKTUELLEN STAND DER TECHNIK

Belgien

Technik

- Einleitung

Dieser Bericht liefert eine Analyse des aktuellen Stands der Dinge im belgischen Bausektor mit Schwerpunkt auf energieeffizientem Wohnen, nachhaltigem Bauen, Digitalisierung (Housing 4.0) und Kreislaufwirtschaft und untersucht den daraus resultierenden Qualifikationsbedarf, sich wandelnde Kompetenzanforderungen sowie neu entstehende Berufsprofile. Die Analyse soll als Grundlage für das Arbeitspaket 4 (WP4) dienen, indem sie Implikationen für Berufsbildungslehrpläne, Weiterbildungswege und die Zertifizierung von Qualifikationen aufzeigt.

Methodisch folgt die Studie den Richtlinien für Sekundärforschung von EXCEL4HOUSING4.0 und wendet eine Eignungsscheckliste an, um sicherzustellen, dass die Quellen aktuell (ab 2018), relevant (Nachhaltigkeit, Digitalisierung, Innovationen in der beruflichen Bildung, Arbeitsmarkttrends), glaubwürdig (peer-reviewte Arbeiten, nationale Statistiken oder maßgebliche politische Dokumente) und für die Verbreitung zugänglich sind. Es wurden mindestens zehn nationale Quellen einbezogen (siehe Anhang), ergänzt durch aktuelle EU-Rechtsvorschriften sowie anerkannte statistische und politische Veröffentlichungen.

Die Untersuchung ist wie folgt aufgebaut: Zunächst ordnen wir Belgien in den europäischen Transformationskontext ein, der durch die Neufassung der Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD, 2024), die „Renovation Wave“ und die EU-Taxonomie geprägt ist (Europäische Kommission, 2020; Europäische Kommission, 2024; Europäische Union, 2024). Zweitens analysieren wir die mehrstufige Regulierungsarchitektur Belgiens und beleuchten dabei das Zusammenspiel zwischen föderalen Zuständigkeiten und regionalen Rahmenbedingungen in Flandern, Wallonien und der Region Brüssel-Hauptstadt (Öffentlicher Dienst der Wallonischen Region, 2024; Brüssel Umwelt, 2025). Drittens bewerten wir die Marktdynamik und stellen dabei den Druck im Neubau den Chancen in den Bereichen Sanierung und Infrastruktur gegenüber (FIEC, 2025; ING Economics, 2024). Viertens fassen wir die Auswirkungen der grünen und digitalen Transformation auf Qualifikationen und Beschäftigung zusammen (FPS Gesundheit et al., 2023). Schließlich entwickeln wir berufsbildungsorientierte Empfehlungen zu digitalen und zirkulären Kompetenzen, Beschaffungsinstrumenten und Living-Lab-Partnerschaften (BBRI & BIM4D, 2024; FCRBE, 2021; Vlaamse Overheid, o. J.).

- Zusammenfassung der Analyse

Europäischer politischer Rahmen. Auf Gebäude entfallen rund 40 % des Endenergieverbrauchs der EU und 36 % der Treibhausgasemissionen, wodurch die bebaute Umwelt im Mittelpunkt des Ziels der EU steht, bis 2050 klimaneutral zu werden (Europäische Kommission, 2024). Die EPBD (Neufassung 2024) schreibt nationale Sanierungspläne, Mindeststandards für die Energieeffizienz und groß angelegte Maßnahmen zur Qualifizierung vor; zusammen mit der „Renovation Wave“ und der EU-Taxonomie entsteht so eine kohärente regulatorisch-finanzielle Architektur, die sich in nationale und regionale Programme niederschlägt (Europäische Kommission, 2020; Europäische Union, 2024).

Belgisches Regulierungsumfeld. Belgiens föderal-regionale Regierungsstruktur führt zu unterschiedlichen, sich jedoch ergänzenden Umsetzungswegen. Wallonien hat die EPB-Vorschriften verschärft (2013/2017/2019) und Neubauprojekte seit 2021 an NZEB-Standards angepasst (Öffentlicher Dienst der Wallonischen Region, 2024). Flandern verbindet Verpflichtungen mit Marktsignalen durch die Sanierungsverpflichtung (Energieausweis E/F nach dem Kauf → innerhalb von fünf Jahren auf D) für Wohngebäude – und analoge Vorschriften für Nichtwohngebäude (Vlaamse Overheid, o. J.). Die Region Brüssel-Hauptstadt treibt die RENOLUTION-Agenda voran und kombiniert Energie- und Kreislaufwirtschaftsziele mit finanziellen Prämien und technischer Unterstützung (Brussels Environment,

Technik

2025; Urban.brussels, 2022). Die Fragmentierung ermöglicht eine maßgeschneiderte Politik, erschwert jedoch die nationale Harmonisierung von Qualifikationen und die Angleichung der Beschaffungsverfahren (FPS Gesundheit et al., 2023).

Marktdynamik. Der Sektor beschäftigt über 600.000 Arbeitnehmer und mobilisierte im Jahr 2024 rund 41 Mrd. € (FIEC, 2025). Der Neubau von Wohngebäuden ging angesichts höherer Zinssätze und Inputkosten zurück; Renovierungen und Infrastrukturmaßnahmen nahmen hingegen zu, angetrieben durch politische Anreize und hohe Energiepreise (FIEC, 2025; ING Economics, 2024). Da etwa 85 % der Wohnungen die Standards für 2050 nicht erfüllen, müssen sich die Renovierungsraten in etwa vervierfachen, was eine anhaltende Nachfrage nach Dienstleistungen zur Energieeffizienz und entsprechenden Kapazitäten zur Leistungserbringung impliziert (ING Economics, 2024).

Digitalisierung (Housing 4.0). Die Einführung von BIM erfolgt auf freiwilliger Basis und konzentriert sich auf größere Auftraggeber/Projekte; die Akzeptanz bei KMU wird durch Kosten, Standards und Unsicherheiten hinsichtlich der Kapitalrendite gebremst (BBRI & BIM4D, 2024). TOTEM verankert die LCA-Praxis in Belgien und wird zunehmend bei Ausschreibungen und in der Ausbildung herangezogen; gezielte Mikroanreize (z. B. die TOTEM-Prämie in Brüssel) können die Einführung vorantreiben (FCRBE, 2021; Renolution.brussels, o. J.). Der Wandel von einer dokumentenorientierten hin zu einer datenorientierten Projektabwicklung erhöht die Nachfrage nach BIM-/LCA-Kompetenz in allen Funktionen (BBRI & BIM4D, 2024).

Kreislaufwirtschaft. „Circular Flanders“ und „Circular Wallonia“ institutionalisieren Pilotprojekte, Lernnetzwerke und Maßnahmen entlang der Wertschöpfungskette (Verband der Bauwirtschaft & OVAM, 2021; Wallonische Regierung, 2021). Praktiken wie „Design-for-Disassembly“, selektiver Rückbau, Wiederverwendungslogistik und Materialpässe reifen heran, wobei das FCRBE die Wiederverwendung gemäß EN 15804/EN 15978 in Arbeitsabläufe zur Folgenabschätzung integriert (FCRBE, 2021). Markthemmnisse bestehen weiterhin (Normen, Haftung, Rücknahmelogistik), doch die Preisvolatilität seit 2022 stärkt die wirtschaftlichen Argumente für die Wiederverwendung (ING Economics, 2024; FIEC, 2025).

Beschäftigung und Qualifikationen. Die Nettoauswirkungen auf die Beschäftigung bis 2030 sind leicht positiv ($\approx 1\text{--}1,7\%$), jedoch je nach Berufsgruppe sehr ungleich verteilt (FPS Health et al., 2023). Die Nachfrage nach hybriden Berufsbildern wächst – z. B. Sanierungs-Koordinatoren (BIM-LCA), BIM-Manager, LCA-Spezialisten, Rückbauplaner –, während traditionelle Berufsbilder eine digitale und kreislaufwirtschaftliche Weiterqualifizierung erfordern (BBRI & BIM4D, 2024; FPS Health et al., 2023). Der entscheidende Engpass ist die Qualifikation der Arbeitskräfte und nicht die reine Anzahl der Arbeitsplätze.

Bereichsübergreifende Chance. Der Zusammenhang zwischen BIM, LCA und Beschaffung ist der wirksamste Hebel: Mit EPD-/Kreislaufwirtschafts-Attributen und TOTEM-Schwellenwerten angereicherte BIM-Objekte können kohlenstoffarme, kreislaufwirtschaftliche Entscheidungen lenken und einen Rückverfolgbarkeitskreislauf für die Berichterstattung gemäß der EU-Taxonomie schaffen (BBRI & BIM4D, 2024; Europäische Kommission, 2020; FCRBE, 2021).

Auswirkungen auf WP4. Zu den vorrangigen Maßnahmen gehören:

- die Verankerung von BIM-LCA-Kompetenzen als Grundlage in der beruflichen Bildung;

Technik

- | | | |
|--|---|------------|
| <ul style="list-style-type: none"> • Aufbau • die Operationalisierung von Living Labs im Rahmen von Pilotprojekten zum Green Deal und zur RENOLUTION; • die Harmonisierung von Kompetenzrahmen über Regionen hinweg; und • Nutzung des öffentlichen Beschaffungswesens zur Belohnung nachweisbarer digitaler und kreislaufwirtschaftlicher Kompetenzen (BBRI & BIM4D, 2024; Vlaamse Overheid, o. J.; Brussels Environment, 2025; FPS Health et al., 2023). | <p>stapelbarer</p> <p>Mikro-Zertifikate</p> | <p>für</p> |
|--|---|------------|

1. Einleitung

Der vorliegende Bericht enthält eine aktuelle Analyse des belgischen Bausektors mit Schwerpunkt auf energieeffizientem Wohnen, nachhaltigem Bauen, Digitalisierung und Kreislaufwirtschaft. Zudem **werden** die sich wandelnde Landschaft der Qualifikationen, die Anforderungen an die Fachkompetenzen sowie neu entstehende Berufsprofile **beleuchtet**.

Die Analyse stützt sich auf eine strukturierte Sekundärrecherche gemäß den *EXCEL4HOUSING4.0*-Richtlinien und verwendet eine Checkliste mit Eignungskriterien, um sicherzustellen, dass die Quellen:

- aktuell (2018 oder später);
- relevant sind (und Themen wie Nachhaltigkeit, Digitalisierung, Innovation in der beruflichen Bildung, Arbeitsmarkttrends und Berufsbilder abdecken);
- glaubwürdig sind (Peer-Review-Studien, nationale Statistiken oder maßgebliche politische Dokumente); und
- für die Verbreitung im Rahmen des Arbeitspakets 4 (WP4) des Projekts zugänglich sind.

Es wurden mindestens zehn nationale Quellen ausgewählt (siehe Anhang), und die Ergebnisse wurden zu einem Bericht zusammengefasst, der den regulatorischen Rahmen, die Marktdynamik, technologische Innovationen, Initiativen zur Kreislaufwirtschaft sowie übergreifende Möglichkeiten zur Modernisierung der beruflichen Bildung untersucht.

Technik

2. Allgemeiner Kontext: Der europäische Bausektor und die Energiewende

Gebäude sind für etwa 40 % des Energieverbrauchs der Europäischen Union (EU) und für 36 % der Treibhausgasemissionen verantwortlich (Europäische Kommission, 2024). Folglich hat die EU die Dekarbonisierung von Gebäuden als Eckpfeiler ihres Ziels der Klimaneutralität bis 2050 priorisiert.

Die überarbeitete Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD, 2024) führt wesentliche Änderungen ein und verpflichtet die Mitgliedstaaten, nationale Sanierungspläne zu verabschieden, Mindeststandards für die Gesamtenergieeffizienz umzusetzen und eine groß angelegte Ausbildung von Fachkräften sicherzustellen (Europäische Kommission, 2024). Diese Reformen sind im Europäischen Grünen Deal (2019), der Strategie „Renovation Wave“ (2020) und der EU-Taxonomie für nachhaltige Finanzen (2021) verankert, die zusammen einen kohärenten regulatorischen und finanziellen Rahmen für eine grünere bebaute Umwelt bilden (Europäische Kommission, 2021).

Für Belgien sind die Auswirkungen angesichts seiner föderalen Regierungsstruktur besonders komplex, da Flandern, Wallonien und die Region Brüssel-Hauptstadt jeweils für die Umsetzung der EPBD-Umsetzungsmaßnahmen und der damit verbundenen Bauvorschriften zuständig sind (Öffentlicher Dienst der Wallonischen Region, 2020).

3. Politischer und regulatorischer Rahmen in Belgien

Belgiens Rechtsrahmen für nachhaltiges Bauen wird nicht nur von der Klima- und Energiepolitik der Europäischen Union geprägt, sondern auch von der föderalen Regierungsstruktur des Landes, die den drei Regionen – Flandern, Wallonien und der Region Brüssel-Hauptstadt – erhebliche Zuständigkeiten für die Energie- und Baupolitik überträgt. Dieses dezentrale Modell führt zu einer fragmentierten Rechtslandschaft, in der die Regionalregierungen EU-Richtlinien auslegen und in ihre eigenen, spezifischen Bauvorschriften und Förderprogramme umsetzen.

Die Region Wallonien hat ihre Umsetzung der Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD) in den Jahren 2013, 2017 und 2019 schrittweise überarbeitet und dabei die Anforderungen an die Energieeffizienz sowohl für öffentliche als auch für private Gebäude schrittweise verschärft (Öffentlicher Dienst der Region Wallonien, 2020). Mit diesen Überarbeitungen wurde die Verpflichtung eingeführt, dass Baugenehmigungen eine vorläufige und eine endgültige Energieeffizienzbescheinigung enthalten müssen, während akkreditierte Sachverständige Schulungen absolvieren und Prüfungen bestehen mussten, um ihre berufliche Zertifizierung aufrechtzuerhalten. Die Verschärfung der Vorschriften für öffentliche Gebäude im Jahr 2019 und die Aktualisierung von 2021, die für alle Neubauten gilt, haben Wallonien an die EU-Standards für Niedrigstenergiegebäude (NZEB) angeglichen und markieren einen entscheidenden Schritt hin zu höheren Leistungsschwellenwerten (Öffentlicher Dienst der Wallonischen Region, 2020).

Flandern hat einen etwas ehrgeizigeren Kurs eingeschlagen und gesetzliche Verpflichtungen mit finanziellen Anreizen für Sanierungen verknüpft. Die 2022 eingeführte „Sanierungspflicht“ verpflichtet Käufer von Wohngebäuden mit schlechter Energieeffizienz (Energieausweis der Kategorie E oder F), innerhalb von fünf Jahren eine energetische Sanierung durchzuführen, wodurch der Wohnungsmarkt direkt für Klimaziele mobilisiert wird (Flämische Regierung, 2022). Die Region Brüssel-Hauptstadt hat

Technik

unterdessen einen Rahmen verabschiedet, der sich auf ihre „Renolution“-Strategie (2021–2030) stützt, die darauf abzielt, bis 2030 100.000 Gebäude zu sanieren, und sowohl Haushalten als auch KMU finanzielle Prämien und technische Unterstützung gewährt (Brussels Environment, 2021).

Diese regulatorischen Unterschiede verdeutlichen sowohl die Stärken als auch die Schwächen des belgischen föderalen Modells. Einerseits können die Regionen Maßnahmen an ihre sozioökonomischen und wohnungswirtschaftlichen Gegebenheiten anpassen. Andererseits stellt die Fragmentierung eine Herausforderung für die nationale Koordination dar, insbesondere bei der Entwicklung einheitlicher Ausbildungsstandards für die Arbeitskräfte im Baugewerbe (FPS Gesundheit & Partner, 2023).

Auf europäischer Ebene sind die regionalen Rahmenbedingungen Belgiens in umfassendere EU-Politiken eingebettet, insbesondere in die „Renovation Wave“-Strategie, die darauf abzielt, die jährliche Sanierungsrate bis 2030 zu verdoppeln, sowie in die EU-Taxonomie-Verordnung, die großen Unternehmen und Finanzinstituten Nachhaltigkeitsangaben vorschreibt (Europäische Kommission, 2021). Diese Instrumente dienen als Triebkräfte für grüne Finanzierung, die Integration von Lebenszyklusanalysen und Investitionen in die Weiterqualifizierung der Arbeitskräfte, wodurch regionale Verpflichtungen gestärkt und Belgien auf den Dekarbonisierungspfad der EU bis 2050 ausgerichtet wird.

4. Marktdynamik und wichtige Trends in Belgien

Der Bausektor in Belgien stellt einen Eckpfeiler der nationalen Wirtschaft dar: Er beschäftigt über 600.000 Arbeitnehmer und mobilisiert im Jahr 2024 Investitionen in Höhe von rund 41 Milliarden Euro (FIEC, 2025). Dennoch steht der Sektor vor einem Paradigmenwechsel, der durch den kombinierten Druck von makroökonomischer Instabilität, klimapolitischen Verpflichtungen und demografischem Wohnungsbedarf vorangetrieben wird.

Auf der Nachfrageseite ist der Neubau von Wohnimmobilien in eine Phase des Rückgangs eingetreten. Steigende Zinsen, höhere Baukosten und anhaltende Preissteigerungen bei Rohstoffen (insbesondere Zement, Ziegel und Stahl) haben zu einem Rückgang bei den Baugenehmigungen und einem Rückgang der Neubautätigkeit im Wohnungsbau um rund 7 % im Jahr 2023 beigetragen (FIEC, 2025). Gleichzeitig haben die Insolvenzen in der Branche Rekordwerte erreicht, was die Anfälligkeit der KMU widerspiegelt, die das belgische Bauökosystem dominieren (ING, 2024).

Im Gegensatz dazu verzeichnen die Segmente Renovierung und Infrastruktur ein Wachstum. Dieses Wachstum ist größtenteils auf politische Instrumente wie die flämische Renovierungspflicht und finanzielle Förderungen im Rahmen der Brüsseler „Renolution“-Strategie zurückzuführen, die Investitionen der Haushalte in energieeffiziente Modernisierungen ankurbeln (Flämische Regierung, 2022; Brüssel Umwelt, 2021). Zudem schufen die hohen Energiepreise infolge der Energiekrise von 2022–2023 starke Anreize für Hausbesitzer, ihren Verbrauch durch Dämmmaßnahmen, Wärmepumpen und Photovoltaikanlagen zu senken (ING, 2024).

Die langfristige strukturelle Herausforderung ist gewaltig: Rund 85 % der belgischen Wohngebäude erfüllen die Energiestandards für 2050 nicht, was bedeutet, dass sich die derzeitige Sanierungsrate vervierfachen muss, wenn Belgien die EU-Ziele einhalten will (ING, 2024). Diese Zahl unterstreicht nicht

Technik

nur das Ausmaß des erforderlichen technischen Wandels, sondern auch die Arbeitskräftemangel- und Qualifikationsengpässe, mit denen der Sektor beim Ausbau der Sanierungskapazitäten konfrontiert sein wird.

Zudem ist der belgische Bauproduktmarkt von widersprüchlichen Trends geprägt: Während die Nachfrage nach Renovierungen steigt, bestehen weiterhin finanzielle und operative Hindernisse. Bauunternehmen sehen sich mit höheren Inputpreisen, einer begrenzten Verfügbarkeit nachhaltiger Materialien und einer zunehmenden Komplexität bei der Projektabwicklung aufgrund digitaler und kreislaufwirtschaftlicher Anforderungen konfrontiert (FIEC, 2025). Somit steht die Branche an einem Scheideweg, an dem die politikgetriebene Nachfrage auf marktbedingte Einschränkungen trifft, was ein volatiles, aber chancenreiches Umfeld schafft.

5. Auswirkungen der grünen und digitalen Transformation auf die Beschäftigung

Die beiden Transformationen – die grüne Wende hin zur Klimaneutralität und die digitale Transformation, die durch „Housing 4.0“-Technologien vorangetrieben wird – haben tiefgreifende Auswirkungen auf den belgischen Arbeitsmarkt im Baugewerbe.

Der föderale Bericht zur klimaneutralen Wende prognostiziert bis 2030 einen moderaten Nettobeschäftigungszuwachs von 1–1,7 %, was etwa 13.000–22.000 Arbeitsplätzen entspricht (FPS Health & Partners, 2023). Hinter dieser Gesamtzahl verbergen sich jedoch erhebliche Unterschiede zwischen den einzelnen Branchen und Berufen. Der Bericht unterscheidet drei Kategorien von Auswirkungen auf den Arbeitsmarkt:

- **Entstehende Berufsbilder:** Es entstehen neue Berufe, die in direktem Zusammenhang mit der Energiewende stehen, darunter Koordinatoren für umfassende energetische Sanierungen, BIM-Manager und Spezialisten für Lebenszyklusanalysen. Diese Tätigkeiten sind wissensintensiv und erfordern interdisziplinäres Fachwissen an der Schnittstelle von technischen, digitalen und ökologischen Kompetenzen (FPS Health & Partners, 2023).
- **Bestehende Arbeitsplätze, die neue grüne Kompetenzen erfordern:** Traditionelle Berufe im Bauwesen, wie Architekten, Ingenieure, Elektriker und HLK-Techniker, durchlaufen einen Kompetenzwandel. Diese Fachkräfte müssen Energieeffizienzstandards, digitale Modellierung und Praktiken der Kreislaufwirtschaft in ihre Arbeitsabläufe integrieren, was sowohl eine Reform der Erstausbildung als auch eine kontinuierliche berufliche Weiterbildung erfordert (BBRI & BIM4D, 2024).
- **Weitgehend unbeeinflusste Arbeitsplätze:** Ein Teil des Arbeitsmarktes – wie beispielsweise administrative und nicht-technische Supportfunktionen – bleibt relativ unberührt vom Wandel, auch wenn die Digitalisierung dennoch die Arbeitsorganisation und -effizienz beeinflussen kann (FPS Health & Partners, 2023).

Technik

Die übergeordnete Herausforderung ist nicht die Quantität der Arbeitsplätze, sondern die Qualität und der Inhalt der Arbeit. Das Zusammentreffen der Megatrends „grün“ und „digital“ beschleunigt die Polarisierung des Arbeitsmarktes: Hochqualifizierte Fachkräfte profitieren von der Nachfrage nach Fachwissen, während mittelqualifizierte Arbeitskräfte Gefahr laufen, verdrängt zu werden, sofern sie nicht durch lebenslanges Lernen und Weiterbildungswege unterstützt werden (FPS Health & Partners, 2023).

Dieser Wandel hat erhebliche Auswirkungen auf das belgische Berufsbildungs- und Hochschulsystem. Um Engpässe zu vermeiden, muss Belgien flexible, modulare Lehrpläne entwickeln, die eine schnelle Umschulung ermöglichen, insbesondere in den Bereichen Sanierungstechniken, BIM-basierte Planung, Integration von Energiespeichern und selektiver Rückbau. Ohne diese Reformen besteht die Gefahr, dass der Arbeitsmarkt den sich bis 2050 vervierfachenden Sanierungsbedarf nicht decken kann, was nicht nur zu einem wirtschaftlichen Defizit, sondern auch zu einer Lücke bei der Einhaltung der EU-Klimaziele führen würde (ING, 2024; Europäische Kommission, 2024).

6. Thematische Analyse des aktuellen Stands der Technik

6.1 Digitalisierung im Bauwesen (Wohnen 4.0)

Schlüsseltechnologien und Infrastrukturen

Die Digitalisierung in Belgien konzentriert sich auf Building Information Modelling (BIM), Ökosysteme zur Lebenszyklusanalyse (LCA) (insbesondere TOTEM) und eine wachsende Zahl von Plattformen für intelligentes Design und Anlagenmanagement (BBRI & BIM4D, 2024; FCRBE, 2021). BIM ist nach wie vor freiwillig und kommt vor allem bei großen und komplexen Projekten zum Einsatz – öffentlichen Einrichtungen, Infrastruktur und Mehrgrundstücksprojekten –, bei denen Koordination, Kollisionserkennung und Kostenkontrolle einen klaren Return on Investment erzielen (BBRI & BIM4D, 2024). Öffentliche Auftraggeber verlangen gelegentlich bereits in der Ausschreibungsphase BIM, doch mangels nationaler Vorschriften, Standards oder Fördermittel verläuft die Verbreitung in KMU ungleichmäßig und langsam (BBRI & BIM4D, 2024).

Die TOTEM-Plattform (Tool for Optimising the Total Environmental impact of Materials) fungiert als Belgiens Referenzumgebung für die Entscheidungsunterstützung im Bereich der Ökobilanz (LCA) und wurde im Rahmen einer interregionalen und föderalen Zusammenarbeit entwickelt. TOTEM integriert Umweltproduktdeklarationen (EPDs) und kuratierte generische Datensätze, um vergleichende Planungsentscheidungen auf Gebäude- und Komponentenebene zu ermöglichen; es wird zunehmend in der öffentlichen Auftragsvergabe und in Fortbildungsangeboten herangezogen (FCRBE, 2021). Die Nutzerbasis – ca. 4.400 registrierte Nutzer, darunter ca. 600 geschulte Architekten – deutet auf eine zunehmende Professionalisierung der Ökobilanzpraxis hin, auch wenn die Anwendung noch lange nicht flächendeckend ist (FCRBE, 2021).

Es entsteht eine ergänzende digitale Ebene rund um Compliance-Tools (z. B. EPB- oder EPB-ähnliche Software), Materialdatenbanken und Beschaffungsprüfprogramme, die politische Ziele (NZEB, Kreislaufwirtschaftskriterien) in messbare Planungsvorgaben umsetzen. Wenn diese Tools mit BIM-Umgebungen (IFC-basierter Datenaustausch) und mit den Wirkungsmodellen von TOTEM zusammenwirken, bilden sie einen prototypischen „digitalen Faden“, der die Phasen Planung → Entwurf → Beschaffung → Bau → Betrieb → Lebensende umfasst (BBRI & BIM4D, 2024; FCRBE, 2021).

Einführungsmuster, Hindernisse und Rahmenbedingungen

Technik

Die Verbreitung digitaler Bautechnologien in Belgien zeigt einen dualen Markt:

- Vorreiter – große Bauunternehmen, multidisziplinäre Ingenieurbüros und öffentliche Bauherren – nutzen BIM für die 4D/5D-Terminplanung, Kostenkontrolle und das Risikomanagement und knüpfen zunehmend an LCA-Arbeitsabläufe für eine kohlenstoffarme Planung an (BBRI & BIM4D, 2024).
- Nachzügler – KMU und Fachhandwerker – nennen die Kosten für Software und Schulungen, die ungewisse Nachfrage seitens der Auftraggeber, uneinheitliche Standards und einen undurchsichtigen ROI als Hindernisse für die Einführung (BBRI & BIM4D, 2024).

Politische Mikroanreize (z. B. die Brüsseler TOTEM-Prämie von bis zu 200 € pro Wohneinheit bei Planungsstudien für Sanierungen) zeigen, dass gezielte Signale die Einführung dort fördern können, wo Kapitalengpässe bestehen (VB Interreg, 2021). Ohne verbindliche Vorgaben hängt die Verbreitung jedoch weiterhin von den Anforderungen der Auftraggeber, der Koordination in der Lieferkette und der Verfügbarkeit von qualifiziertem Personal ab (BBRI & BIM4D, 2024).

Arbeitsmarkt und Berufsbilder

Die Digitalisierung gestaltet die Berufsklassifikationen neu. Die Nachfrage nach BIM-Koordinatoren, BIM-Managern, digitalen Bauleitern, Informationserstellern/-prüfern, LCA-Spezialisten und Digital-Twin-Ingenieuren steigt, die eine Brücke zwischen Datenmodellierung, Bauphysik und Beschaffung schlagen können (BBRI & BIM4D, 2024). Parallel dazu erfordern traditionelle Rollen (Architekten, Bauleiter, Baukostenplaner) zunehmend Datenkompetenz, die Fähigkeit zur Modellauswertung sowie Kenntnisse in der Interpretation von Ökobilanzen (FPS Health & Partners, 2023; BBRI & BIM4D, 2024). Das Ergebnis ist ein Wandel von einer dokumentenzentrierten hin zu einer datenzentrierten Projektabwicklung, was Auswirkungen auf Kompetenzrahmen, Weiterbildungswege und Bewertungsmodalitäten in der beruflichen Bildung und im Hochschulwesen hat (FPS Health & Partners, 2023).

Systemische Lücken

Es bestehen weiterhin drei strukturelle Lücken:

- Standards und Interoperabilität: Nicht verbindliches BIM und heterogene Datenschemata behindern die Wiederverwendung von Modellen über Projektphasen und Regionen hinweg (BBRI & BIM4D, 2024).
- Nachweis des ROI für KMU: Begrenzte belgienspezifische Kosten-Nutzen-Nachweise für kleine Unternehmen bremsen Investitionen (BBRI & BIM4D, 2024).
- Nachwuchsförderung: Der Mangel an Ausbildern für BIM/LCA und Mentoren am Arbeitsplatz schränkt den Ausbau digitaler Kompetenzen ein (FPS Gesundheit & Partner, 2023).

Technik

6.2 Kreislaufwirtschaft und nachhaltige Baumaterialien

Politische Rahmenbedingungen und kollektives Handeln

Belgien sticht als EU-Vorreiter im Bereich des zirkulären Bauwesens hervor, und zwar durch „Circular Flanders“ und „Circular Wallonia“, die jeweils strategische Agenden mit praxisorientierten Koalitionen verbinden (Verband der Bauwirtschaft & OVAM, 2021; Wallonische Regierung, 2021).

- „Circular Flanders“ koordiniert eine strategische Agenda bis 2061, die auf zehn Arbeitssträngen und fortlaufenden Aktionsprogrammen basiert, an denen Unternehmen, Kommunen und Wissensinstitutionen beteiligt sind (Verband der Bauwirtschaft & OVAM, 2021). Der „Green Deal Circular Construction“ vereint über 300 Unterzeichner, um Pilotprojekte durchzuführen, Daten auszutauschen und kreislaufwirtschaftliche Praktiken zu etablieren (Vlaamse Overheid, 2022).
- „Circular Wallonia“ (2021) stuft das Bauwesen als vorrangige Wertschöpfungskette ein und setzt Projektausschreibungen (z. B. 600.000 € im Jahr 2021) sowie Arbeitsgruppen ein, die industrielle Symbiose, selektiven Rückbau und Wiederaufbereitung fördern (Wallonische Regierung, 2021).

Praktiken, Instrumente und Standards

Zu den Kreislaufpraktiken gehören zunehmend demontagefreundliches Design, selektiver Rückbau, die Wiederverwendung von Bauteilen, Materialpässe und hochwertiges Recycling, wobei TOTEM das LCA-Grundgerüst für die vergleichende Bewertung von Designvarianten und Materialien bereitstellt (FCRBE, 2021). Das FCRBE-Projekt war entscheidend für die Operationalisierung der Wiederverwendung, die Erfassung von Marktakteuren für wiederaufbereitete Komponenten und die Darstellung, wie Kreislaufindikatoren gemäß EN 15804 und EN 15978 in Wirkungsinstrumente integriert werden können (FCRBE, 2021).

Marktentwicklung und Engpässe

Der belgische Kreislaufbaumarkt gewinnt durch Pilotprojekte im öffentlichen Beschaffungswesen, regionale Prämien und Wissensnetzwerke zunehmend an Bedeutung, doch bestehen weiterhin Reibungspunkte: zweckmäßige Normen für wiederverwertete Bauteile, Haftungs- und Gewährleistungsrahmen, Qualitätsklassifizierung sowie Logistik für Rückflusströme (Verband der Bauwirtschaft & OVAM, 2021). Kostendruck und Störungen in der Lieferkette seit 2022 haben paradoxerweise die wirtschaftlichen Argumente für die Wiederverwendung gestärkt – da Preisschwankungen die Materialkreislaufwirtschaft zu einer Strategie zur Risikoabsicherung machen (ING, 2024; FIEC, 2025).

Qualifikationen und Professionalisierung

Die Kreislaufwirtschaft treibt die Nachfrage nach Fachkräften für Wiederverwendungslogistik, Materialprüfern, Managern für kreislaforientierte Beschaffung, Rückbauplanern und Beratern für Ökobilanzierung und kreislaforientiertes Design voran (FPS Health & Partners, 2023). Bauteams benötigen Kompetenzen in den Bereichen selektiver Rückbau, Kontaminationsbewertung und

Technik

Dokumentation für Materialpässe, während Planer reversible Details und ein bestandsorientiertes Design integrieren müssen (FPS Health & Partners, 2023; FCRBE, 2021).

7. Übergreifende Analyse und Chancen

Konvergenz von Digitalisierung und Kreislaufwirtschaft

Der vielversprechendste Ansatz ist die Kopplung von BIM und Ökobilanz – mit TOTEM als Wirkungsmotor –, um demontagefreundliches Design, Materialpässe und kreislaforientierte Beschaffung in großem Maßstab zu ermöglichen (BBRI & BIM4D, 2024; FCRBE, 2021). Mit EPD-Attributen, Wiederverwendbarkeitskennzeichnungen und End-of-Life-Szenarien angereicherte BIM-Objekte lassen sich zu Wirkungs-Dashboards auf Projektebene zusammenführen, die während der Planung und Ausschreibung kohlenstoffarme, kreislaufwirtschaftliche Entscheidungen lenken (BBRI & BIM4D, 2024). Dies schafft einen Rückverfolgbarkeitskreislauf über den gesamten Lebenszyklus der Anlage hinweg und erleichtert die Qualitätssicherung sowie die Berichterstattung auf Finanzniveau gemäß der EU-Taxonomie (Europäische Kommission, 2021).

Anhaltende Hindernisse

- Die regionale Zersplitterung der Rechtsvorschriften erschwert die nationale Angleichung digitaler und kreislaufwirtschaftlicher Anforderungen sowie von Qualifikationsstandards (FPS Health & Partners, 2023).
- Schwache Preissignale: Externalitäten (CO₂, Abfall) werden nach wie vor unzureichend bepreist, sodass „grüne“ Aufschläge ohne gezielte Anreize weiterhin ein Hindernis darstellen (FIEC, 2025).
- Der Fachkräftemangel in den Bereichen BIM, Ökobilanz (LCA) und Kreislaufwirtschaft ist der entscheidende Engpass für die Umsetzungskapazität (FPS Health & Partners, 2023).
- Finanzierungs- und Evidenzlücken bei KMU: Vielen kleineren Unternehmen fehlen Investitionskapital, Zeit und der Nachweis der Rentabilität für Investitionen in Digitalisierung und Kreislaufwirtschaft (BBRI & BIM4D, 2024).

Hebel zur Chancenerschließung

Zu den vorrangigen Hebeln gehören ergebnisorientierte öffentliche Auftragsvergabe (Einbindung von BIM-/LCA-Ergebnissen, Wiederverwendungszielen und TOTEM-Schwellenwerten), Mikroanreize für KMU (Gutscheine für Software, Schulungen und Coaching) sowie interregionale Kompetenzrahmen, die die Anerkennung von Qualifikationen in ganz Belgien vereinheitlichen (VB Interreg, 2021; FPS Health & Partners, 2023). Parallel dazu können „Pilot-to-Policy“-Pipelines – formelle Mechanismen, die Green-Deal-Pilotprojekte in kodifizierte Standards und Leitlinien umsetzen – den Kreislauf von der Evidenz zur Umsetzung verkürzen (Vlaamse Overheid, 2022; Verband der Bauwirtschaft & OVAM, 2021).

Makroökonomische Gegenwinde

Technik

Hohe Zinssätze, gestiegene Materialpreise und Schwankungen bei den Inputkosten setzen die Margen weiterhin unter Druck, insbesondere im Neubau, während der Sanierungsbereich nach wie vor der Wachstumsmotor bleibt (ING, 2024; FIEC, 2025). Ohne einen Ausbau der Fachkräfte und eine Reform des Beschaffungswesens besteht die Gefahr, dass die politisch induzierte Nachfrage die Ausführungskapazitäten übersteigt und damit die an der EPBD ausgerichteten Sanierungsziele untergräbt (FPS Gesundheit & Partner, 2023).

8. Innovationschancen in der beruflichen Bildung für nachhaltiges Bauen

Lehrplanarchitektur und Pädagogik

– Digitaler Kern (BIM-LCA-Kompetenz)

Datenkompetenz und modellbasierte Zusammenarbeit als grundlegende Lernergebnisse in der gesamten baufachlichen Berufsbildung verankern. Stufenweises Lernen als: Grundlagen (2D→3D-Kompetenz, IFC-Grundlagen, Lesen/Auswerten von Modellen), Praxis (Modellkoordination, Mengenermittlung, 4D/5D-Grundlagen) und Wirkung (LCA mit TOTEM, EPD-Interpretation, Entwurfsabwägungen) (BBRI & BIM4D, 2024; FCRBE, 2021).

– Kompetenzen im Bereich Kreislaufwirtschaft

Integration von selektivem Rückbau, reversibler Detailplanung, Materialpässen, Wiederverwendungslogistik und kreislaforientierter Beschaffung in Module, die atelierbasiertes Entwerfen mit Praxiseinheiten verbinden (Begutachtung bestehender Gebäude, Planung der Rückgewinnung von Bauteilen) (FCRBE, 2021; Verband der Bauwirtschaft & OVAM, 2021).

– Spezialisierungen im Bereich energetische Sanierung

Entwicklung stapelbarer Mikro-Zertifizierungen für NZEB-Sanierungen, BIPV, Wärmepumpen, Gebäudeautomation, Protokolle zur Luftdichtheit und Dämmung sowie Inbetriebnahme – abgestimmt auf die prognostizierte Vervierfachung der Sanierungsraten zur Erreichung der Ziele für 2050 (ING, 2024; FPS Health & Partners, 2023).

– Interdisziplinäre „hybride“ Profile

Schaffung von Ausbildungswegen für den Digital Construction Manager (Kreislaufwirtschaft), den Retrofit-Koordinator (BIM-LCA) und den Bauleiter (selektiver Rückbau), die technische, digitale und ökologische Kompetenzen miteinander verbinden und praxisorientiertes Lernen mit betreuter reflektierender Praxis umfassen (FPS Health & Partners, 2023).

Umsetzungsmodelle und systemische Rahmenbedingungen

- Living Labs und Pilotprojekte: Formalisierung von Partnerschaften mit „Green Deal Circular Construction“ und „Circular Wallonia“, damit Lernende unter Aufsicht reale Projekte umsetzen,

Technik

LCA-Daten erheben und Arbeitsabläufe zur Wiederverwendung testen können (Vlaamse Overheid, 2022; Wallonische Regierung, 2021).

- Anreize mit Schwerpunkt auf KMU: Bereitstellung von Weiterbildungsgutscheinen, Coaching am Arbeitsplatz und Leihlizenzen für Software, die an messbare Meilensteine bei der Einführung geknüpft sind (VB Interreg, 2021).
- Bewertung und Anerkennung: Kompetenzrahmen über Regionen hinweg angleichen; BIM-/LCA-Mikrozertifikate bei der Vorqualifizierung im öffentlichen Beschaffungswesen anerkennen, um den Wert auf dem Arbeitsmarkt zu stärken (FPS Gesundheit & Partner, 2023).
- Kapazitäten der Ausbilder: Finanzierung von „Train-the-Trainer“-Programmen zu den Themen BIM, Ökobilanz und Kreislaufwirtschaft; gemeinsame Entwicklung offener Lehrmaterialien (Datensätze, Beispielmuster, EPD-Bibliotheken) mit Buildwise/BBRI und regionalen Behörden (BBRI & BIM4D, 2024; FCRBE, 2021).

9. Schlussfolgerungen und Empfehlungen für WP4

Der belgische Bausektor durchläuft derzeit einen doppelten Wandel: Dekarbonisierung durch groß angelegte Sanierungen und Innovation durch digitale und kreislaufwirtschaftliche Methoden. Der Schwerpunkt des Wachstums verlagert sich entscheidend vom Neubau hin zur Sanierung, angetrieben durch regionale Verpflichtungen und die EU-Politik (FIEC, 2025; ING, 2024). BIM ist in KMU nach wie vor freiwillig und uneinheitlich verbreitet, doch TOTEM etabliert sich zunehmend als nationale LCA-Referenz und wird immer stärker in die Beschaffung und Ausbildung integriert (BBRI & BIM4D, 2024; FCRBE, 2021). Strategien zur Kreislaufwirtschaft in Flandern und Wallonien zeigen eine anhaltende Dynamik und institutionalisieren Wege vom Pilotprojekt zur Praxis (Verband der Bauwirtschaft & OVAM, 2021; Wallonische Regierung, 2021). Die entscheidende Einschränkung sind die Qualifikationen – insbesondere im digitalen (BIM/LCA) und kreislaufwirtschaftlichen Bereich –, die rasch ausgebaut werden müssen, um den Anforderungen der EPBD-konformen Sanierung gerecht zu werden (FPS Gesundheit & Partner, 2023).

Strategische Implikationen für WP4 (Lehrplan- und Programmgestaltung)

- a. Digitale und ökologische Kompetenz als Grundlage etablieren: Die Beherrschung von BIM und LCA sowie Kenntnisse in EPD und TOTEM als zentrale Lernergebnisse in allen Bauausbildungsgängen behandeln (BBRI & BIM4D, 2024; FCRBE, 2021).
- b. Modulare, stapelbare Bildungswege für hybride Rollen (z. B. Sanierungs-Koordinator (BIM-LCA)) schaffen, die eine schnelle Umschulung und berufliche Weiterbildung ermöglichen (FPS Health & Partners, 2023).
- c. Living Labs einbinden: Die berufliche Bildung an Pilotprojekte des „Green Deal“ und von „Circular Wallonia“ knüpfen, mit Lernverträgen, die Datenerfassung und Reflexion festlegen (Vlaamse Overheid, 2022; Wallonische Regierung, 2021).

Technik

- d. Harmonisierung der Qualifikationen überregional: Gemeinsame Entwicklung gemeinsamer Kompetenzstandards und Taxonomien für Mikro-Zertifikate, um die Fragmentierung zu verringern und die Arbeitskräftemobilität zu fördern (FPS Health & Partners, 2023).
- e. Beschaffung zur Förderung von Kompetenzen nutzen: Öffentliche Auftraggeber dazu ermutigen, BIM-/LCA-Kompetenzen zu honorieren (Vorqualifikationen, Vergabekriterien), um klare Marktsignale für die Inanspruchnahme von Fortbildungen zu setzen (Europäische Kommission, 2021; BBRI & BIM4D, 2024).
- f. KMU direkt unterstützen: Lehrpläne mit Gutscheinen, Coaching und Zugang zu Tools kombinieren; Ergebnisse messen (z. B. erste durchgeführte BIM-Koordination, erste abgeschlossene TOTEM-Studie) (VB Interreg, 2021).

● Literaturverzeichnis

Belgischer Föderaler Öffentlicher Dienst für Gesundheit, Sicherheit der Lebensmittelkette und Umwelt; Climact; KU Leuven (HIVA); & ULiège (LENTIC). (2023). Auswirkungen der Klimawende auf Beschäftigung, Qualifikationen und Weiterbildung in Belgien (Abschlussbericht).

<https://climat.be/doc/just-transition-jobs-2023-final-report.pdf>

BIM4D-Konsortium; Buildwise/BBRI et al. (2024). A2.1 – Aktueller Stand der BIM-Anwendungen: Nationaler Bericht – Belgien (und Partner).

<https://bim4d.eu/wp-content/uploads/2024/07/BIM4D-A2.1-Final-report.pdf>

Brussels Environment (Bruxelles Environnement). (23. Mai 2025). Le CoBrACE: Vorstellung der Vorschriften (einschließlich Folien zur Renovation-Übersicht 2030–2050).

<https://environnement.brussels/media/18493/download?inline=>

Brussels Environment (Bruxelles Environnement). (o. J.). RENOLUTION: Eine Strategie zur Sanierung des Brüsseler Gebäudebestands (Ziel: 100 kWh/m²/Jahr bis 2050).

<https://environnement.brussels/citoyen/nos-actions/plans-et-politiques-regionales/renolution-un-e-strategie-pour-renover-le-bati-bruxellois>

Buildings Performance Institute Europe (BPIE). (1. Mai 2025). Umsetzung der EPBD: Ein Leitfaden zur Umsetzung der EPBD (Leitfaden).

<https://www.bpie.eu/wp-content/uploads/2025/05/BPIEs-Guide-to-EPBD-Implementation-final-version.pdf>

EIONET/ETC CE (Europäisches Themenzentrum für Kreislaufwirtschaft und Ressourcennutzung). (2023). Länderprofil zur Kreislaufwirtschaft – Belgien (ETC CE-Bericht 2022/5).

https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-ce/products/etc-ce-products/etc-ce-report-5-2022-country-profiles-on-circular-economy/belgium-ce-country-profile-2022_for-publication.pdf

Technik

Europäische Kommission. (14. Oktober 2020). Eine Sanierungswelle für Europa – Unsere Gebäude umweltfreundlicher gestalten, Arbeitsplätze schaffen, Lebensqualität verbessern (COM(2020) 662). https://energy.ec.europa.eu/system/files/2020-10/eu_renovation_wave_strategy_0.pdf

Europäische Kommission. (2024). Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD) – Übersichtsseite.

https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-performance-buildings/energy-performance-buildings-directive_en

Europäische Kommission. (o. J.). Nationale Gebäudesanierungspläne (Artikel 3 der EPBD).

https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-performance-buildings/national-building-renovation-plans_en

Europäische Kommission – GD Energie. (o. J.). „Renovation Wave“ – Ziele und Maßnahmen.

https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-performance-buildings/renovation-wave_en

Europäische Kommission – GD FISMA. (o. J.). EU-Taxonomie für nachhaltige Aktivitäten (Übersichtsportal).

https://finance.ec.europa.eu/sustainable-finance/tools-and-standards/eu-taxonomy-sustainable-activities_en

Europäisches Parlament. (24. Juni 2025). Energieeinsparung: Maßnahmen der EU zur Senkung des Energieverbrauchs (Faktenseite; Gebäude = 40 % Energie, 36 % Treibhausgasemissionen).

<https://www.europarl.europa.eu/topics/en/article/20221128STO58002/energy-saving-eu-action-to-reduce-energy-consumption>

Europäische Union. (2020). Verordnung (EU) 2020/852 zur Schaffung eines Rahmens zur Erleichterung nachhaltiger Investitionen (EU-Taxonomie). EUR-Lex.

<https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2020/852/oj/eng>

Europäische Union. (2024). Richtlinie (EU) 2024/1275 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Neufassung). EUR-Lex. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2024/1275/oj/eng>

FCRBE-Konsortium (Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements); Rotor; Buildwise/BBRI; Bruxelles Environnement; u. a. (Nov. 2021). Wiederverwendung in Instrumenten zur Umweltverträglichkeitsprüfung: Ein prospektiver Bericht.

https://vb.nweurope.eu/media/15802/reuse_in_environmental_impact_assessment_tools_2021.pdf

FIEC – Europäischer Verband der Bauwirtschaft. (2025). FIEC-Statistikbericht 2025 – Kapitel Belgien. <https://fiec-statistical-report.eu/belgium>

FIEC – Europäischer Verband der Bauwirtschaft. (2025). FIEC-Statistikbericht 2025 (68. Auflage, digital). <https://fiec-statistical-report.eu/>

Flämische Regierung (Vlaanderen.be). (o. J.). Sanierungsverpflichtung für Wohngebäude (EPC-Label E/F → auf D innerhalb von 5 Jahren).

Technik

<https://www.vlaanderen.be/en/moving-housing-and-energy/renovation-obligation-for-residential-buildings>

ING Economics – van Sante, M. (15. Februar 2024). Dem belgischen Bausektor steht ein schwierigeres Jahr bevor. ING Think.

<https://think.ing.com/articles/belgian-construction-sector-grew-in-2023-but-2024-promises-to-be-a-tougher-year/>

Interreg Nordwesteuropa (NWE). (November 2021). FCRBE – Wiederverwendung in Instrumenten zur Umweltverträglichkeitsprüfung (Projektseite).

<https://vb.nweurope.eu/projects/project-search/fcrbe-facilitating-the-circulation-of-reclaimed-building-elements-in-northwestern-europe/>

Öffentlicher Dienst der Wallonischen Region – Abteilung für Energie und nachhaltiges Bauen. (11. September 2024). Umsetzung der EPBD in Belgien – Wallonische Region (Eintrag im Länderbericht).

https://confluence.external-share.com/content/18675/ca_epbd_v_database_2020_%28public%29/1861813055/2208497815

Renolution.brussels (Region Brüssel-Hauptstadt). (o. J.). Studie zu Baumaterialien (TOTEM) – RENOLUTION-Prämie (200 € pro Wohneinheit).

<https://renolution.brussels/fr/aidesfinancieres/a3-services-et-etudes-etude-materiaux-de-construction-totem>

The Brussels Times. (2. Februar 2024). Alle Brüsseler Wohnungen müssen bis 2030 über einen Energieausweis verfügen.

<https://www.brusselstimes.com/904626/all-brussels-homes-must-have-energy-performance-certificate-by-2030>

Urban.brussels. (2022). RENOLUTION-Zuschüsse für Sanierung und Energie (Zusammenlegung von Energie- und Sanierungszuschüssen). <https://urban.brussels/en/pages/primers-renolution>

Vlaamse Overheid (Regierung von Flandern). (o. J.). Sanierungsverpflichtung für Nichtwohngebäude (Mindestmaßnahmen/Energieeffizienzlabel innerhalb von 5 Jahren nach Verkauf).

<https://www.vlaanderen.be/en/moving-housing-and-energy/renovation-obligation-for-non-residential-buildings>

Anhang 2: Nationaler Bericht zum Stand der Technik – Kroatien



BERICHT ZUM STAND DER TECHNIK

KROATIEN

● Einleitung

Ziel dieses Berichts ist es, eine Analyse des aktuellen Stands der Energieeffizienz und des nachhaltigen Wohnungsbaus in Kroatien zu liefern, wobei der Schwerpunkt darauf liegt, wie die grüne und digitale Wende die Bauindustrie und die damit verbundenen Systeme der beruflichen Bildung (VET) verändern.

Konkret verfolgt dieser nationale Beitrag folgende Ziele:

- aktuelle Praktiken, Strategien und Innovationen im Bereich des nachhaltigen Wohnungsbaus zu identifizieren, wobei ein besonderer Schwerpunkt auf der Digitalisierung (Housing 4.0) und den Prinzipien der Kreislaufwirtschaft liegt;
- aufzuzeigen, wie sich diese Innovationen mit Bildung und Ausbildung überschneiden, insbesondere im Rahmen der beruflichen Bildung und des lebenslangen Lernens;
- Arbeitsmarkttrends und Qualifikationsanforderungen hervorzuheben, die sich aus den beiden Wandlungsprozessen ergeben;
- evidenzbasierte Erkenntnisse und Empfehlungen zu liefern, die in den im Rahmen des Arbeitspakets 4 (WP4) des EXCEL4HOUSING4.0-Projekts entwickelten Lehrplan und das Rahmenwerk zur Weiterqualifizierung einfließen sollen.

Die Analyse folgt der Methodik der Sekundärforschung von EXCEL4HOUSING4.0 und wendet die Checkliste für Eignungskriterien an, um sicherzustellen, dass die Quellen:

- aktuell sind (veröffentlicht im Jahr 2018 oder später);
- relevant sind und sich mit Nachhaltigkeit, Digitalisierung, Innovation, beruflicher Bildung sowie Arbeitsmarkttrends befassen;
- glaubwürdig sind, darunter politische Dokumente, nationale Strategien, EU-Veröffentlichungen, wissenschaftliche Studien oder statistische Berichte;
- zugänglich und für die Verbreitung im Rahmen des Projekts geeignet sind.

Es wurden mindestens zehn nationale und europäische Quellen herangezogen, ergänzt durch Expertenmeinungen und Daten aus laufenden öffentlichen und EU-finanzierten Initiativen in Kroatien.

Der Bericht ist wie folgt aufgebaut:

- Der allgemeine Kontext beschreibt den europäischen und kroatischen politischen und regulatorischen Rahmen, die Marktdynamik sowie die Auswirkungen der beiden Transformationen.
- Die thematische Analyse befasst sich mit der Digitalisierung (Wohnen 4.0), der Kreislaufwirtschaft und neuen Berufsbildern.
- Der abschließende Abschnitt enthält Schlussfolgerungen und Empfehlungen für die berufliche Bildung und bietet Anregungen für die Gestaltung von Lehrplänen und zukünftige Maßnahmen zum Kapazitätsaufbau im Arbeitspaket 4.

● Zusammenfassung der Analyse

Der kroatische Bausektor durchläuft einen schrittweisen, aber entscheidenden Wandel, der durch die beiden Übergänge – den ökologischen und den digitalen – geprägt ist. Wie im Rest der Europäischen Union entfallen in Kroatien rund 40 % des gesamten Energieverbrauchs und über 35 % der Treibhausgasemissionen auf Gebäude, wodurch die bebaute Umwelt im Mittelpunkt der nationalen

Technik

Dekarbonisierungsbemühungen steht.

Im Einklang mit dem Europäischen Grünen Deal, der „Renovation Wave“ und der neugefassten Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD, 2024) hat Kroatien einen umfassenden regulatorischen und strategischen Rahmen verabschiedet, der auf eine groß angelegte Sanierung, Dekarbonisierung und Widerstandsfähigkeit des nationalen Gebäudebestands abzielt. Der Nationale Energie- und Klimaplan (NECP 2021–2030) und die Langfristige Strategie für die Gebäudesanierung (2020) legen ehrgeizige Ziele fest, um die Quote der umfassenden Sanierungen zu erhöhen, Niedrigstenergiegebäude (nZEB) zu fördern und den Einsatz erneuerbarer Energien im Wohnungsbau auszuweiten.

Mehrere ergänzende Programme unterstützen diese Ziele, darunter das Programm zur energetischen Sanierung von Gebäuden des öffentlichen Sektors (2021–2030) und der Nationale Aufbau- und Resilienzplan (NRRP), der erhebliche EU-Mittel in energieeffiziente Sanierungen, grüne Infrastruktur und nachhaltigen Wohnungsbau lenkt. Die Wiederaufbaumaßnahmen nach dem Erdbeben in Zagreb und der Region Sisak–Moslavina haben die Investitionen in widerstandsfähiges und energieeffizientes Bauen weiter beschleunigt.

Gleichzeitig fördert die kroatische Strategie für die Kreislaufwirtschaft (2022–2030) die Wiederverwendung von Bau- und Abbruchabfällen und unterstützt Pilotinitiativen für kreislaforientiertes Bauen. In Verbindung mit dem bevorstehenden Fahrplan zur BIM-Einführung signalisieren diese Maßnahmen den schrittweisen Übergang des Landes hin zu „Housing 4.0“ – einem Baumodell, das Nachhaltigkeit, Digitalisierung und Innovation miteinander verbindet.

Trotz dieser Fortschritte bestehen weiterhin mehrere strukturelle Herausforderungen. Die Sanierungsraten liegen nach wie vor unter dem EU-Durchschnitt, und der Gebäudebestand, der zu über 80 % vor 1990 errichtet wurde, erfordert erhebliche Modernisierungen, um die Klimaziele für 2050 zu erreichen. Auf dem Arbeitsmarkt herrscht ein akuter Mangel an Fachkräften, insbesondere an Technikern und Bauarbeitern, die in den Bereichen energetische Sanierung, digitale Werkzeuge und nachhaltige Materialien geschult sind. Obwohl die Nachfrage nach solchen Profilen steigt, sind die Berufsbildungsprogramme nur teilweise auf die sich abzeichnenden Bedürfnisse abgestimmt. Kontinuierliche berufliche Weiterbildung, modulare Kurzurse und Mikro-Zertifikate sind daher unerlässlich, um die Lücke zwischen politischen Zielen und den Kapazitäten der Arbeitskräfte zu schließen.

Kroatiens Innovationslandschaft im Bauwesen befindet sich noch im Aufbau, zeigt jedoch ermutigende Anzeichen. Universitäten, Berufskammern und Behörden erproben in öffentlichen Projekten BIM-basierte Energiemodellierung, digitale Sanierungsüberwachung und kreislaforientiertes Materialmanagement. Diese Beispiele verdeutlichen das Potenzial, digitale Werkzeuge mit Nachhaltigkeitszielen zu verknüpfen, und liefern damit Anhaltspunkte für künftige Lehrpläne und berufliche Standards.

Insgesamt spiegelt der aktuelle Stand in Kroatien einen Sektor im Wandel wider: Politische Rahmenbedingungen sind weitgehend vorhanden, die Investitionen steigen und das Bewusstsein für grüne und digitale Kompetenzen wächst. Die verbleibenden Hindernisse – fragmentierte Umsetzung, begrenzte Datenintegration und unzureichende Ausbildungsinfrastruktur – unterstreichen die Notwendigkeit einer stärkeren Koordination zwischen staatlichen Stellen, Bildungseinrichtungen und der Industrie.

Für das Projekt EXCEL4HOUSING4.0 verdeutlichen die Erfahrungen Kroatiens sowohl das Potenzial als auch die Dringlichkeit, eine neue Generation von Baufachkräften heranzubilden, die für digitalisierte, kreislaufwirtschaftliche und energieeffiziente Baupraktiken gerüstet sind.

● Orientierender Überblick

3.1 Einleitung

In diesem Abschnitt werden der analytische Rahmen und die Hauptthemen vorgestellt, die im kroatischen Stand-der-Technik-Bericht untersucht wurden, wobei die im Rahmen der Aufgabe 2.2 des EXCEL4HOUSING4.0-Projekts definierte Methodik zugrunde gelegt wird.

Ziel der Analyse ist es, die aktuelle Situation, die wichtigsten Trends und Innovationsmuster im kroatischen Bausektor zu beschreiben, wobei der Schwerpunkt auf Energieeffizienz, nachhaltigem Wohnen und der beruflichen Bildung (VET) liegt.

Die Untersuchung kombiniert Sekundärrecherchen, eine Bestandsaufnahme der Politik und Erkenntnisse von Interessengruppen, wobei Quellen verwendet werden, die nach 2018 veröffentlicht und anhand der Checkliste für Förderkriterien des Projekts validiert wurden. Besonderes Augenmerk wurde auf folgende Punkte gelegt:

- a. die Angleichung des kroatischen Bau- und Wohnungssektors an Strategien auf EU-Ebene (EPBD, Europäischer Green Deal, Sanierungswelle, EU-Taxonomie);
- b. die Schnittstelle zwischen Digitalisierung und den Prinzipien der Kreislaufwirtschaft in der Baupraxis;
- c. die Entwicklung von Kompetenzen, Qualifikationen und Berufsprofilen, die durch die beiden Übergänge vorangetrieben wird; sowie
- d. die Ermittlung von Innovationsmöglichkeiten in der beruflichen Bildung im Einklang mit künftigen Kompetenzrahmen für grüne und digitale Kompetenzen.

3.2 Allgemeiner Kontext: Der europäische Bausektor und die Energiewende

3.2.1 Politischer und regulatorischer Rahmen

Der europäische politische Rahmen für den Bausektor wird durch den Europäischen Grünen Deal (2019), die Strategie „Renovation Wave“ (2020), die EU-Taxonomie für nachhaltige Finanzierungen (2021) und die Neufassung der Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD, 2024) geprägt. Zusammen bilden diese Instrumente das rechtliche und finanzielle Rückgrat für die Verwirklichung eines klimaneutralen Gebäudebestands bis 2050. Sie verpflichten die Mitgliedstaaten, nationale Gebäudesanierungspläne zu erstellen, Mindeststandards für die Energieeffizienz einzuführen und eine groß angelegte Weiterqualifizierung der Arbeitskräfte in den Bereichen grüne und digitale Kompetenzen sicherzustellen.

Der nationale regulatorische und strategische Rahmen Kroatiens steht in vollem Einklang mit diesen EU-Prioritäten und umfasst mehrere Schlüsselinstrumente:

- Nationaler Energie- und Klimaplan (NECP 2021–2030) – legt nationale Ziele für die Reduzierung der Treibhausgasemissionen um 36–41 % bis 2030 und die Erreichung eines Anteils erneuerbarer Energien von 32 % fest, wobei der Gebäudesektor als vorrangiger Bereich für Dekarbonisierung und Energieeinsparungen anerkannt wird.
- Langfristige Strategie zur Sanierung des nationalen Gebäudebestands (2020) – definiert einen Fahrplan für die umfassende Sanierung und den Übergang zu Niedrigstenergiegebäuden (nZEB) mit Meilensteinen für die Jahre 2030, 2040 und 2050.

Technik

- Programm zur energetischen Sanierung öffentlicher Gebäude (2021–2030) – fördert die systematische Sanierung öffentlicher Einrichtungen durch Zuschüsse und technische Unterstützung aus dem Fonds für Umweltschutz und Energieeffizienz (FZOEU).
- Nationaler Aufbau- und Resilienzplan (NRRP, 2021–2026) – finanziert groß angelegte Sanierungsprojekte, die Integration erneuerbarer Energien und die digitale Transformation von Bauprozessen, wobei über 200 Millionen Euro für baubezogene Maßnahmen bereitgestellt werden.
- Strategie zur Entwicklung der Kreislaufwirtschaft in Kroatien (2022–2030) – fördert die Abfallvermeidung, das Recycling von Bau- und Abbruchabfällen sowie die Einführung von Kreislaufprinzipien in der Gebäudeplanung und im Materialmanagement.
- Programm zum Wiederaufbau nach Erdbeben – verbindet die Erdbebensicherung mit Maßnahmen zur Energieeffizienzsteigerung und zum Ausbau erneuerbarer Energien und veranschaulicht damit, wie Resilienz- und Nachhaltigkeitsziele in der Praxis zusammengeführt werden können.

Diese Rahmenwerke zeigen insgesamt das starke politische Engagement Kroatiens für die Dekarbonisierung seines Gebäudebestands und die Verbesserung der Ressourceneffizienz. Die Umsetzung erfolgt jedoch nach wie vor fragmentiert: Kommunalbehörden sehen sich häufig mit administrativen und technischen Hindernissen konfrontiert, und der Einsatz digitaler Werkzeuge (z. B. BIM, Ökobilanz, Materialpässe) im öffentlichen Beschaffungswesen und bei der Bauaufsicht ist nach wie vor begrenzt.

3.2.2 Allgemeine Marktdynamik und wichtige Trends im Bauwesen

Der kroatische Bausektor trägt rund 5 % zum nationalen BIP bei und beschäftigt etwa 120.000 Menschen. In den letzten zehn Jahren hat sich der Sektor nach der Krise von 2008 stetig erholt, wobei das Wachstum durch EU-finanzierte Sanierungsprogramme und den Wiederaufbau nach Erdbeben angekurbelt wurde.

Zu den wichtigsten Trends, die den Markt prägen, gehören:

- Steigende Nachfrage nach Sanierungen – angetrieben durch EU-Ziele, hohe Energiepreise und einen alternden Gebäudebestand (über 80 % wurden vor 1990 erbaut).
- Investitionen in grüne und intelligente Gebäude – gewerbliche und private Bauträger integrieren zunehmend nZEB-Standards, Energiemanagementsysteme und intelligente Steuerungen.
- Steigendes Interesse an nachhaltigen Materialien und kreislauffähigem Design – im Rahmen der EU-Zusammenarbeit (z. B. Interreg- und Horizon-Projekte) entstehen Projekte, die sich mit recycelten Zuschlagstoffen, Holzkonstruktionen und modularer Vorfertigung befassen.
- Zunehmende Digitalisierung – Die Einführung von BIM befindet sich noch in den Anfängen, breitet sich jedoch bei öffentlichen Ausschreibungen und Ingenieurbüros aus; Universitäten und Ingenieurkammern fördern aktiv die BIM-Ausbildung.
- Fachkräftemangel – Arbeitgeber stehen vor anhaltenden Herausforderungen bei der Rekrutierung von Fachkräften, insbesondere von Sanierungsspezialisten, Energieauditoren und Technikern mit Kenntnissen im Umgang mit digitalen Werkzeugen.

Trotz positiver Investitionstrends sieht sich die Branche mit Hindernissen konfrontiert, die mit hohen Materialkosten, langwierigen Genehmigungsverfahren und unzureichenden digitalen Kapazitäten bei KMU

Technik

zusammenhängen. Diese Faktoren schränken das Tempo der Sanierungen und die Skalierbarkeit umweltfreundlicher Bauweisen ein.

3.2.3 Auswirkungen der ökologischen und digitalen Wende auf den Bausektor insgesamt

Die grüne Wende gestaltet die Wertschöpfungskette der Branche neu, indem sie den Schwerpunkt auf umfassende energetische Sanierungen, die Integration erneuerbarer Energien und kohlenstoffarme Materialien legt. Finanzielle Unterstützung durch das NRRP und den FZOEU hat Investitionen in Photovoltaikanlagen, Wärmepumpen und die Verbesserung der Gebäudehülle beschleunigt und gleichzeitig Innovationen im Bereich des Gebäudeenergiemanagements und der Leistungsüberwachung angeregt.

Parallel dazu führt die digitale Wende, oft als „Housing 4.0“ bezeichnet, BIM, digitale Zwillinge und IoT-gestützte Energieüberwachungssysteme ein. Diese Technologien verändern schrittweise das Projektmanagement, die Kostenschätzung und den Gebäudebetrieb. Universitäten, die REGEA und die Fakultät für Architektur erproben aktiv BIM-Arbeitsabläufe für die Sanierungsplanung, und im öffentlichen Beschaffungswesen entstehen Pilotprojekte.

Zusammen führen diese Veränderungen zur Entstehung neuer Berufsbilder und verändern die Anforderungen an die Qualifikationen. Berufe wie BIM-Koordinatoren, Energie-Sanierungsleiter und Nachhaltigkeitsberater werden zunehmend benötigt. Die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit der Branche wird davon abhängen, wie schnell die Berufsbildungs- und Hochschulsysteme digitale und ökologische Kompetenzrahmen (wie ESCO, GreenComp und DigComp) in die Ausbildungswege integrieren.

3.3.1 Digitalisierung im Bauwesen (Wohnen 4.0)

Wichtige digitale Technologien

Die Digitalisierung im kroatischen Bausektor schreitet stetig voran, angetrieben durch die Notwendigkeit, die Produktivität zu steigern, Kosten zu senken und die EU-Anforderungen an eine energieeffiziente und transparente Projektabwicklung zu erfüllen. Zu den wichtigsten digitalen Technologien, die auf den Markt kommen, gehören:

- Building Information Modelling (BIM) – wird zunehmend von großen Ingenieur- und Planungsunternehmen für die Projektkoordination, 3D-Modellierung und Kostenschätzung eingesetzt. Obwohl BIM bei öffentlichen Ausschreibungen noch nicht vorgeschrieben ist, fördern mehrere Institutionen, darunter die Fakultät für Architektur und die Kroatianische Kammer der Bauingenieure, aktiv dessen Integration durch Schulungen und Pilotprojekte.
- Digitale Zwillinge und intelligente Gebäudesysteme – befinden sich noch in einem frühen Stadium und werden vor allem in Forschungs- oder Pilotprojekten zur Gebäudesanierung demonstriert; diese Systeme ermöglichen die Echtzeitüberwachung der Energieeffizienz und die vorausschauende Instandhaltung.

Technik

- Internet der Dinge (IoT) und KI-Anwendungen – werden im Energiemanagement für öffentliche Gebäude und bei der Sanierung von Wohngebäuden getestet und ermöglichen eine datengestützte Entscheidungsfindung sowie die Automatisierung von HLK-Systemen.
- Ökobilanz (LCA) und Materialpässe – neue Instrumente zur Nachhaltigkeitsbewertung, die von Universitäten und regionalen Energieagenturen zur Bewertung der Umweltauswirkungen von Sanierungsszenarien eingesetzt werden.

Einführung und Auswirkungen auf Bauprozesse und den Gebäudebetrieb

Zwar ist die großflächige Einführung von BIM und digitalen Werkzeugen noch begrenzt, doch haben Early Adopters bereits greifbare Vorteile bei der Projektkoordination, der Qualitätskontrolle und der Kostentransparenz aufgezeigt. Die Integration von BIM in Sanierungsprojekte ermöglicht eine verbesserte Materialberechnung, Energiesimulation und den Vergleich verschiedener Szenarien.

Der Einsatz digitaler Werkzeuge verändert auch die Betriebsphase von Gebäuden: Öffentliche Einrichtungen, die im Rahmen von EU-finanzierten Programmen saniert werden, beginnen damit, Überwachungssysteme für den Energieverbrauch und den Raumkomfort zu integrieren. Es wird erwartet, dass diese Datensätze im Laufe der Zeit in die Sanierungsplanung und Instandhaltungsstrategien auf kommunaler und nationaler Ebene einfließen werden.

Allerdings bestehen nach wie vor erhebliche Hindernisse. KMU, die den kroatischen Bausektor dominieren, verfügen oft nicht über die finanziellen und personellen Kapazitäten, um in Software, Schulungen und Datenmanagementsysteme zu investieren. Das Fehlen einer nationalen BIM-Vorgabe oder standardisierter Richtlinien schränkt die Interoperabilität ein und verlangsamt die Verbreitung. Darüber hinaus wird die Digitalisierung nach wie vor eher als optionales Effizienzinstrument denn als strategische Notwendigkeit wahrgenommen.

Aktuelle Qualifikationen und neu entstehende Berufsbilder

Allmählich entstehen neue Berufsbilder, die die zunehmende Konvergenz zwischen Bauwesen, IT und Energiemanagement widerspiegeln. Zu den gefragtesten Profilen gehören:

- BIM-Koordinator / BIM-Manager – verantwortlich für die Integration von Planungsdaten, die Sicherstellung der Modellgenauigkeit und die Steuerung der interdisziplinären Zusammenarbeit.
- Spezialist für Energie und Gebäudeleistung – mit Fachkenntnissen in Datenanalyse, Simulationswerkzeugen und der Optimierung von HLK- und erneuerbaren Energiesystemen.
- Techniker für digitales Bauen – vereint Kenntnisse in CAD/BIM-Tools, Vermessungstechnologien und digitalen Arbeitsabläufen vor Ort.
- Energiemanager für Gebäude – verantwortlich für die Überwachung und Optimierung der Gebäudeeffizienz durch IoT und datengesteuerte Steuerung.

Technik

Kroatiens Berufsbildungs- und Hochschuleinrichtungen beginnen, auf diese Trends einzugehen, doch das Angebot an praxisorientierten, interdisziplinären Ausbildungsgängen ist nach wie vor begrenzt. Weiterbildungsinitiativen unter der Leitung von Berufsverbänden und regionalen Energieagenturen spielen eine wichtige ergänzende Rolle.

Relevante Markttrends

Die Digitalisierung des Bauwesens in Kroatien ist eng mit den Förderbedingungen der EU und der wachsenden Nachfrage nach nachvollziehbaren, messbaren und nachhaltigen Projektergebnissen verbunden. Es wird erwartet, dass der öffentliche Sektor durch Pilotausschreibungen, die BIM-Ergebnisse und die Überwachung der Energieeffizienz vorsehen, eine Vorreiterrolle bei der Einführung einnehmen wird.

Mit dem Ausbau der Investitionen in grüne und intelligente Gebäude werden digitale Kompetenzen auf allen beruflichen Ebenen unverzichtbar werden – von Planern und Bauunternehmern bis hin zu Bauleitern und Wartungspersonal.

3.3.2 Kreislaufwirtschaft und nachhaltige Baumaterialien

Grundsätze und Praktiken

Die Kreislaufwirtschaft hat in Kroatien durch die Strategie zur Entwicklung der Kreislaufwirtschaft (2022–2030) und den dazugehörigen Aktionsplan strategische Bedeutung erlangt, in denen Bau- und Abbruchabfälle als vorrangige Wertschöpfungskette identifiziert werden. Zu den wichtigsten Leitprinzipien für den Sektor gehören:

- Demontage- und Wiederverwendungsfähigkeit – Förderung modularer Systeme und Bauteile, die demontiert und wiederverwendet werden können;
- Materialsubstitution – Ersatz von kohlenstoffintensiven Materialien (Zement, Stahl) durch biobasierte und kohlenstoffarme Alternativen wie Holz, recycelte Zuschlagstoffe und ökologische Dämmstoffe;
- Selektiver Rückbau und Abfallwirtschaft – Steigerung der Verwertungsquoten von Bau- und Abbruchabfällen durch bessere Sortierung, Recycling und Zertifizierung von Sekundärrohstoffen;
- Lebenszyklusdenken (LCA) – Einbeziehung der Umweltverträglichkeitsprüfung über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes hinweg.

Regionale und lokale Initiativen zeigen, wie kreislaforientiertes Design in die Praxis umgesetzt werden kann. Kommunen, insbesondere Zagreb und Karlovac, haben Aufklärungskampagnen und Machbarkeitsstudien zum kreislaforientierten Bauen und zur Wiederverwendung von Abbruchmaterialien gestartet.

Technik

Nachhaltige Materialien und ihre Anwendung in Gebäuden

In Kroatien nimmt die Verwendung von recycelten und nachhaltigen Materialien langsam zu. Zu den bemerkenswerten Beispielen gehören:

- Die Verwendung von recycelten Zuschlagstoffen im Straßenbau und bei öffentlichen Infrastrukturprojekten, unterstützt durch das Ministerium für Wirtschaft und nachhaltige Entwicklung.
- Pilotanwendungen von Brettsperrholz (CLT) und anderen biobasierten Materialien in öffentlichen Gebäuden.
- Demonstration vorgefertigter Fassadensysteme, die Dämm- und Belüftungsmodule kombinieren, um schnelle und umweltfreundliche Sanierungen zu ermöglichen.
- Projekte zur Bewertung des CO₂-Fußabdrucks und der grauen Energie der bei Sanierungen verwendeten Materialien.

Die Ausweitung dieser Praktiken steht jedoch vor Herausforderungen: fehlende nationale Standards für Sekundärmaterialien, eine begrenzte Recycling-Infrastruktur und konservative Beschaffungspraktiken. Zertifizierungssysteme für Kreislaufprodukte befinden sich in der Entwicklung, sind jedoch noch nicht weit verbreitet.

Aktuelle Qualifikationen und neue Berufsbilder

Der Wandel hin zum kreislaforientierten Bauen erfordert neue Kompetenzen, wie zum Beispiel:

- Abbruchleiter/Wiederverwendungskordinator – Leitung des selektiven Rückbaus und der Materialrückgewinnung;
- Ingenieur für kreislaforientiertes Design – Integration von Materialpässen und Lebenszyklusanalysen in die Planung;
- Spezialist für nachhaltige Materialien – Bewertung der Materialleistung und von Umweltindikatoren;
- Beauftragter für kreislaforientierte Beschaffung – verantwortlich für die Einbindung von Kreislaufkriterien in öffentliche Ausschreibungen.

Diese Rollen sind im kroatischen Kontext weitgehend neu und existieren derzeit nur als Pilotprofile im Rahmen von Forschungs- oder EU-finanzierten Projekten. Ihre Einbindung in nationale Qualifikationsrahmen wird für eine breite Akzeptanz von entscheidender Bedeutung sein.

Relevante Markttrends

Das Kreislaufbauwesen in Kroatien wird in erster Linie durch EU-finanzierte Pilotprojekte und öffentliche

Technik

Ausschreibungen vorangetrieben, die Nachhaltigkeitskriterien enthalten. Steigende Baukosten und Materialengpässe seit 2022 haben das Interesse an Wiederverwendung, Modularität und der Beschaffung lokaler Materialien erhöht.

Dennoch verläuft die Marktakzeptanz aufgrund begrenzter finanzieller Anreize, mangelnden Bewusstseins bei KMU und unzureichender Integration von Themen der Kreislaufwirtschaft in die berufliche Bildung weiterhin schleppend. Die Stärkung der Zusammenarbeit zwischen politischen Entscheidungsträgern, Einrichtungen der beruflichen Bildung und dem privaten Sektor wird entscheidend sein, um diese Lücke zu schließen.

3.4 Übergreifende Analyse und Chancen

Im kroatischen Bausektor vollzieht sich eine zunehmende Konvergenz zwischen digitaler Transformation und Praktiken der Kreislaufwirtschaft, die die Grundlage für einen systemischen Wandel hin zu nachhaltigen, datengesteuerten und ressourceneffizienten Bauprozessen bildet. Während diese beiden Bereiche oft getrennt behandelt werden, stellt ihre Integration eine zentrale Chance dar, um sowohl in der Politik als auch in der Praxis ein höheres Leistungsniveau, mehr Transparenz und mehr Innovation zu erreichen.

Zusammenhänge und Synergien zwischen den Themenbereichen

Die Schnittstelle zwischen BIM, Ökobilanz (LCA) und kreislaforientiertem Bauen birgt für Kroatien besonderes Potenzial.

- BIM-basierte Planungsabläufe können Umwelt- und Materialdaten einbinden, was eine Bewertung der Lebenszyklusleistung ermöglicht und eine umweltorientierte öffentliche Beschaffung unterstützt.
- Die Integration von Ökobilanz (LCA) bietet eine messbare Grundlage für die Entscheidungsfindung und ermöglicht es Projektplanern, die graue Energie, den CO₂-Fußabdruck und das Potenzial zur Wiederverwendung von Materialien zu vergleichen.
- Materialpässe, die sich zwar noch in der Pilotphase befinden, können digitale Planungswerkzeuge mit Abfallmanagementsystemen verknüpfen und so die Rückverfolgbarkeit von Materialien über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes hinweg erleichtern.
- Die Integration von IoT-Technologien mit Kreislaufprinzipien kann zudem eine intelligente Überwachung des Energieverbrauchs und der Materialflüsse ermöglichen und so den Kreislauf zwischen Planung, Betrieb und Wiederverwendung schließen.

Solche Synergien schaffen nicht nur Chancen für ökologische Vorteile, sondern auch für neue Geschäftsmodelle, darunter dienstleistungsorientiertes Bauen, das Leasing von Materialien und digitale Plattformen für den Austausch von Sekundärrohstoffen. Kroatische regionale Energieagenturen, Universitäten und Kommunalverwaltungen sind gut aufgestellt, um diese Ansätze durch Pilotinitiativen zu demonstrieren, die Digitalisierung, energetische Sanierung und Prinzipien der Kreislaufwirtschaft miteinander verbinden.

Technik

Gemeinsame Herausforderungen und Hindernisse

Trotz einer starken politischen Ausrichtung an den EU-Rahmenbedingungen steht Kroatien vor mehreren strukturellen Herausforderungen, die das volle Potenzial der digitalen und kreislaufwirtschaftlichen Transformation im Bauwesen einschränken:

- Zersplitterung der Rechtsvorschriften – Kreislaufwirtschaft im Bauwesen und Digitalisierung werden in getrennten Strategien behandelt, wobei die Abstimmung zwischen Ministerien und regionalen Behörden nur in begrenztem Umfang stattfindet.
- Unzureichende Standardisierung – Das Fehlen nationaler BIM-Standards und unklare Zertifizierungsverfahren für Sekundärmaterialien beeinträchtigen das Vertrauen des Marktes und die Interoperabilität.
- Qualifikations- und Kapazitätslücken – Den Arbeitskräften fehlen integrierte digitale und ökologische Kompetenzen; in den Lehrplänen der beruflichen Bildung werden Nachhaltigkeit und Technologie oft als getrennte Bereiche behandelt.
- Finanzielle und technische Hindernisse für KMU – Kleinere Unternehmen haben Schwierigkeiten, Finanzmittel für Software, Schulungen und neue Ausrüstung zu erhalten, und es fehlt ihnen oft an qualifiziertem Personal für die Steuerung digitaler Prozesse.
- Geringes Bewusstsein und kultureller Widerstand – Bauunternehmen verhalten sich weiterhin risikoscheu und geben kurzfristigen Kosteneinsparungen Vorrang vor langfristigen Innovationsvorteilen.

Diese Herausforderungen unterstreichen die Bedeutung der Schaffung kohärenter Rahmenbedingungen für die Anerkennung von Kompetenzen, die sektorübergreifende Zusammenarbeit und die kontinuierliche berufliche Weiterentwicklung.

Innovationschancen in der beruflichen Bildung für nachhaltiges Bauen

Der Übergang zu einem nachhaltigen und digitalisierten Bauwesen in Kroatien liefert starke Argumente für eine Reform der beruflichen Bildung. Die folgenden Chancen erweisen sich als besonders relevant:

- g. Integration digitaler und umweltbezogener Module – Einbettung von Themen wie BIM, Ökobilanz (LCA) und Kreislaufwirtschaft in die Berufsbildungsprogramme für Bauwesen, Architektur und Technik.
- h. Modulare Mikro-Zertifikate – Entwicklung kurzer, stapelbarer Lerneinheiten, die sowohl für Lernende als auch für Fachkräfte flexible Wege zur Weiterqualifizierung bieten.

Technik

- i. Praxisorientiertes Lernen und „Living Labs“ – Förderung von Partnerschaften zwischen Schulen, lokalen Behörden und der Industrie, um Lernenden die Möglichkeit zu geben, praktische Erfahrungen in realen Sanierungs- und digitalen Überwachungsprojekten zu sammeln.
- j. Fächerübergreifender Unterricht – Kombination von technischen, digitalen und Nachhaltigkeitskompetenzen durch Lehrkräfte, die für die Vermittlung hybrider Lernergebnisse geschult sind.
- k. Anerkennung und Standardisierung neuer Berufsbilder – wie z. B. BIM-Koordinator, Techniker für digitales Bauen, Ingenieur für kreislaforientiertes Design oder Leiter für energetische Sanierungen –, um die Übereinstimmung mit dem kroatischen Qualifikationsrahmen (CROQF) sicherzustellen.
- l. Öffentliche Auftragsvergabe als Motor für den Qualifikationsbedarf – Einbeziehung von BIM- und Kreislaufwirtschaftsanforderungen in Ausschreibungen, um die Nachfrage nach ausgebildeten Fachkräften anzukurbeln und die Zusammenarbeit zwischen Ausbildungsanbietern und Arbeitgebern zu fördern.

Zusammenfassend liegt Kroatiens übergreifende Chance darin, politische Ambitionen mit praktischen Bildungsreformen zu verknüpfen. Die Schaffung klarer Kompetenzrahmen, der Ausbau digitaler und kreislaufwirtschaftlicher Ausbildungsmöglichkeiten sowie die Stärkung der Zusammenarbeit zwischen dem öffentlichen und dem privaten Sektor werden entscheidend sein für den Aufbau einer qualifizierten Arbeitskräftebasis, die in der Lage ist, den ökologischen und digitalen Wandel des Landes voranzutreiben.

3.5 Schlussfolgerungen und Empfehlungen für WP4

Die kroatische Bestandsanalyse bestätigt, dass sich der Bausektor des Landes in einer entscheidenden Phase des Wandels befindet, in der politische Ausrichtung, Investitionsdynamik und aufkommende Innovationen eine solide Grundlage für die Förderung sowohl der grünen als auch der digitalen Transformation bilden. Das volle Potenzial dieser Reformen hängt jedoch vom Aufbau einer qualifizierten, anpassungsfähigen und digital kompetenten Belegschaft ab.

Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse

- Politische und regulatorische Ausrichtung – Kroatien hat einen soliden politischen Rahmen im Einklang mit den EU-Zielen (Green Deal, EPBD, Sanierungswelle, Strategie für die Kreislaufwirtschaft) entwickelt, doch die praktische Umsetzung und die interministerielle Koordination müssen weiter gestärkt werden.
- Markt- und Investitionstrends – Sanierungs- und Wiederaufbaumaßnahmen, die durch die Programme NRRP und FZOEU unterstützt werden, treiben die Nachfrage nach nachhaltigen Baulösungen voran. Hohe Materialpreise, eine begrenzte Recycling-Infrastruktur und administrative Engpässe behindern jedoch weiterhin schnellere Fortschritte.
- Digitalisierung und Innovation – BIM und damit verbundene Technologien gewinnen durch Pilotprojekte an Bedeutung, doch ihre Verbreitung in KMU ist nach wie vor begrenzt. Das Fehlen nationaler Standards und strukturierter Ausbildungswege verzögert die großflächige Einführung.

Technik

- Kreislaufwirtschaft im Bauwesen – Das Bewusstsein für die Prinzipien der Kreislaufwirtschaft wächst, doch ihre praktische Anwendung wird durch eine geringe Marktnachfrage, begrenztes technisches Fachwissen und einen Mangel an zertifizierten Sekundärmaterialien eingeschränkt.
- Qualifikations- und Arbeitsmarktlücken – Der Mangel an Fachkräften, insbesondere an solchen mit integrierten digitalen und ökologischen Kompetenzen, ist eines der drängendsten Hindernisse für die Erreichung der Sanierungs- und Dekarbonisierungsziele.

Strategische Erkenntnisse für die Gestaltung von Lehrplänen und Ausbildungsprogrammen (WP4)

Die Ergebnisse unterstreichen die Notwendigkeit eines systemischen, zukunftsorientierten Ansatzes zur Modernisierung der beruflichen Bildung in Kroatien, bei dem Digitalisierung, Nachhaltigkeit und Innovation auf allen Ausbildungsstufen verankert sind. Für WP4 werden folgende strategische Leitlinien vorgeschlagen:

- Integration von ökologischer und digitaler Kompetenz als Kernkompetenzen
Einführung von BIM-, LCA- und Kreislaufwirtschaftsmodulen als Standardkomponenten in die Lehrpläne der baubezogenen beruflichen Bildung, wobei die Abstimmung mit den EU-Kompetenzrahmen (ESCO, GreenComp, DigComp) sichergestellt wird.
- Entwicklung modularer und stapelbarer Ausbildungswege
Entwicklung kurzer, flexibler Kurse und Mikro-Zertifikate, die eine schnelle Weiterqualifizierung für Fachkräfte in den Bereichen Sanierung, Energiemanagement und nachhaltige Materialien ermöglichen.
- Förderung von Living Labs und praxisnahen Lernumgebungen
Schulen, Hochschulen und Kommunalverwaltungen mit laufenden Sanierungsprojekten vernetzen, damit Studierende praktische Erfahrungen mit BIM-Tools, digitaler Überwachung und Techniken des Kreislaufbaus sammeln können.
- Stärkung der Kompetenzen von Lehrkräften und Ausbildern
Richten Sie in Zusammenarbeit mit Universitäten, Berufsverbänden und Energieagenturen „Train-the-Trainer“-Programme ein, um eine einheitliche Vermittlung von Kompetenzen in den Bereichen Umwelt und Digitalisierung sicherzustellen.
- Die Zusammenarbeit mit der Industrie und den Behörden verbessern
Partnerschaften zwischen Berufsbildungseinrichtungen, Kommunen und privaten Unternehmen durch gemeinsame Pilotprojekte und Praktika fördern und die Ausbildungsergebnisse an die Bedürfnisse des Arbeitsmarktes anpassen.
- Öffentliche Auftragsvergabe als politisches Instrument nutzen
Auftraggeber dazu ermutigen, kompetenzbasierte Kriterien (BIM-Nutzung, Nachhaltigkeitsindikatoren, Ökobilanzberichterstattung) in Ausschreibungen aufzunehmen und so eine direkte Nachfrage nach neu ausgebildeten Fachkräften zu schaffen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der kroatische Bausektor über ein erhebliches Potenzial verfügt, sich zu einem nationalen Vorzeigebispiel für nachhaltige, kreislaufwirtschaftliche und digitalisierte

Technik

Baupraktiken zu entwickeln. Der Wandel hängt nun weniger von neuen politischen Maßnahmen ab als vielmehr vom Humankapital, das in der Lage ist, diese umzusetzen. Durch die Verankerung innovationsorientierten Lernens in der beruflichen Bildung kann Kroatien eine widerstandsfähige Belegschaft aufbauen, die sowohl die nationalen Klimaziele als auch die übergeordneten europäischen Ziele der Initiative EXCEL4HOUSING4.0 unterstützt.

Literaturverzeichnis

Europäische Kommission. (2019). *Der Europäische Grüne Deal* (COM/2019/640 final). Brüssel: Europäische Kommission. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52019DC0640>

Europäische Kommission. (2020). *Eine Sanierungswelle für Europa – Unsere Gebäude umweltfreundlicher gestalten, Arbeitsplätze schaffen, Lebensqualität verbessern* (COM/2020/662 final). Brüssel: Europäische Kommission.

https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-performance-buildings/renovation-wave_en

Europäische Kommission. (2021). *EU-Taxonomie für nachhaltige Tätigkeiten*. Brüssel: Europäische Kommission.

https://finance.ec.europa.eu/sustainable-finance/tools-and-standards/eu-taxonomy-sustainable-activities_en

Europäische Union. (2024). *Richtlinie (EU) 2024/1275 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Neufassung)*. Amtsblatt der Europäischen Union. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2024/1275/oj>

Europäische Kommission. (2024). *Umsetzung der Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD) – Überblick*. Brüssel: Generaldirektion Energie.

https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-performance-buildings_en

Ministerium für Raumordnung, Bauwesen und Staatsvermögen (MPGI). (2020). *Langfristige Strategie zur Sanierung des nationalen Gebäudebestands der Republik Kroatien bis 2050*. Zagreb: Regierung der Republik Kroatien. <https://mpgi.gov.hr>

Ministerium für Wirtschaft und nachhaltige Entwicklung (MINGOR). (2021). *Nationaler Energie- und Klimaplan (NECP) der Republik Kroatien 2021–2030*. Zagreb: Regierung der Republik Kroatien. <https://mingor.gov.hr>

Ministerium für Raumordnung, Bauwesen und Staatsvermögen (MPGI). (2021). *Programm zur energetischen Sanierung von Gebäuden des öffentlichen Sektors 2021–2030*. Zagreb: Regierung der Republik Kroatien.

Fonds für Umweltschutz und Energieeffizienz (FZOEU). (2023). *Jahresbericht über Energiesanierungsprogramme in Kroatien 2022–2023*. Zagreb: FZOEU. <https://www.fzoeu.hr>

Technik

Regierung der Republik Kroatien. (2021). *Nationaler Aufbau- und Resilienzplan 2021–2026 (NRRP)*. Zagreb: Regierung der Republik Kroatien. <https://planoporavka.gov.hr>

Ministerium für Wirtschaft und nachhaltige Entwicklung (MINGOR). (2022). *Strategie zur Entwicklung der Kreislaufwirtschaft der Republik Kroatien 2022–2030*. Zagreb: Regierung der Republik Kroatien.

Kroatisches Statistikamt (CBS). (2024). *Baustatistik: Baugenehmigungen, Beschäftigung und Investitionen im Bausektor, Bericht 2023*. Zagreb: CBS. <https://www.dzs.hr>

Kroatische Ingenieurkammer (HKIG). (2023). *BIM-Einführung und Digitalisierung im kroatischen Bausektor – Policy Brief*. Zagreb: HKIG.

Regionale Energieagentur Nordwestkroatien (REGEA). (2024). *Energieeffizienz und Digitalisierung bei der Gebäudesanierung: Pilotmaßnahmen und gewonnene Erkenntnisse*. Zagreb: REGEA.

Europäischer Verband der Bauwirtschaft (FIEC). (2025). *Statistikbericht 2025 – Kapitel Kroatien*. Brüssel: FIEC. <https://fiec-statistical-report.eu>

Fakultät für Architektur, Universität Zagreb. (2023). *Innovative Ansätze für nachhaltiges Wohnen und Bildung in Kroatien*. Zagreb: Universität Zagreb.

Anhänge

Anhang 1 – Nationale Bibliografie

Die folgende Liste enthält alle nationalen und regionalen Quellen, die bei der Erstellung der kroatischen Stand-der-Technik-Analyse herangezogen wurden. Jedes Dokument wurde gemäß der in der T2.2-Methodik bereitgestellten Checkliste für Zulassungskriterien geprüft und validiert. Die ausgewählten Referenzen repräsentieren Kroatiens wichtigste politische, regulatorische, statistische und forschungsbezogene Rahmenbedingungen, die für Energieeffizienz, nachhaltiges Wohnen, Digitalisierung, Kreislaufwirtschaft und Kompetenzentwicklung im Bausektor relevant sind.

- 1 Langfristige Strategie zur Sanierung des nationalen Gebäudebestands der Republik Kroatien bis 2050 (2020) – Ministerium für Raumordnung, Bauwesen und Staatsvermögen (MPGI).
Diese Strategie definiert Kroatiens Fahrplan für die umfassende Sanierung und den Übergang zu Niedrigstenergiegebäuden (nZEB) und legt Meilensteine für die Jahre 2030, 2040 und 2050 fest.
- 2 Nationaler Energie- und Klimaplan (NECP) 2021–2030 (2021) – Ministerium für Wirtschaft und nachhaltige Entwicklung (MINGOR).
Legt nationale Ziele für die Reduzierung von Treibhausgasen und die Nutzung erneuerbarer Energien fest und hebt den Gebäudesektor als Priorität für Energieeinsparungen und Emissionsminderungen hervor.
- 3 Programm zur energetischen Sanierung öffentlicher Gebäude 2021–2030 (2021) – MPGI und Fonds für Umweltschutz und Energieeffizienz (FZOEU).
Enthält Umsetzungsmaßnahmen und Finanzierungsmechanismen für die systematische Sanierung öffentlicher Gebäude.
- 4 Nationaler Aufbau- und Resilienzplan (NRRP) 2021–2026 (2021) – Regierung der Republik Kroatien.
Leitet EU-Mittel in die energieeffiziente Sanierung, die Erdbebensicherung, die Integration

Technik

erneuerbarer Energien und die Digitalisierung des Bausektors.

- 5 Strategie zur Entwicklung der Kreislaufwirtschaft 2022–2030 (2022) – Ministerium für Wirtschaft und nachhaltige Entwicklung (MINGOR).
Führt Grundsätze für Abfallvermeidung, Wiederverwendung und Recycling im Bauwesen ein und definiert Bau- und Abbruchabfälle als vorrangigen Materialstrom.
- 6 Jahresbericht über energetische Sanierungsprogramme in Kroatien 2022–2023 (2023) – Fonds für Umweltschutz und Energieeffizienz (FZOEU).
Fasst die Ergebnisse nationaler und EU-finanzierter Sanierungsprogramme, die erzielten Energieeinsparungen und die gewonnenen Erkenntnisse zusammen.
- 7 Baustatistik: Baugenehmigungen, Beschäftigung und Investitionen im Bausektor, Bericht 2023 (2024) – Kroatisches Statistikamt (CBS).
Liefert die neuesten Daten zur Branchenentwicklung, zur Beschäftigung und zu Investitionstrends.
- 8 BIM-Einführung und Digitalisierung im kroatischen Bausektor – Policy Brief (2023) – Kroatische Ingenieurkammer (HKIG).
Analysiert den aktuellen Stand der BIM-Einführung und die Herausforderungen der digitalen Transformation in der kroatischen Bauindustrie.
- 9 Energieeffizienz und Digitalisierung bei der Gebäudesanierung: Pilotmaßnahmen und gewonnene Erkenntnisse (2024) – Regionale Energieagentur Nordwestkroatien (REGEA).
Stellt Pilotprojekte vor, die Digitalisierung und energetische Sanierungsmaßnahmen in öffentlichen Gebäuden miteinander verbinden.
- 10 Innovative Ansätze für nachhaltiges Wohnen und Bildung in Kroatien (2023) – Fakultät für Architektur, Universität Zagreb.
Präsentiert akademische Perspektiven und praktische Modelle zur Integration von Nachhaltigkeit und Innovation in die Bildungs- und Wohnungsplanung.

Anhang 2 – Verwendete Vorlagen und methodische Instrumente

Die Erstellung des kroatischen Berichts zum Stand der Technik erfolgte nach der im Rahmen der Aufgabe 2.2 des von CEEC koordinierten Projekts EXCEL4HOUSING4.0 entwickelten Methodik. Die folgenden Vorlagen und Instrumente wurden verwendet, um Konsistenz, Vergleichbarkeit und Qualität der Beiträge aller Partner zu gewährleisten.

1. Checkliste für Zulassungskriterien (Stand der Technik)

Alle Quellen auf nationaler und EU-Ebene wurden anhand der folgenden Kriterien überprüft:

- Veröffentlicht im Jahr 2018 oder später;
- Relevant für mindestens eines der Projektthemen: Energieeffizienz, nachhaltiges Wohnen, Innovationen in der beruflichen Bildung, Digitalisierung oder Kreislaufwirtschaft;
- Veröffentlicht von einer glaubwürdigen und überprüfbaren Quelle wie einer Regierungsbehörde, einem Forschungsinstitut, einer EU-Institution oder einem Berufsverband;
- Enthält Daten oder Analysen, die direkt auf den kroatischen Bau- und Berufsbildungssektor anwendbar sind;

Technik

- Zitiert gemäß den APA-Zitierregeln.

2. Sekundärforschung und Zusammenstellungsprozess

Die Phase der Sekundärrecherche umfasste:

- die systematische Ermittlung von für Kroatien relevanten Quellen auf nationaler und EU-Ebene;
- Überprüfung der politischen Rahmenbedingungen, statistischer Daten und Pilotprojekte;
- Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse in einer strukturierten Liste, die die wesentlichen Erkenntnisse, deren Relevanz und die Auswirkungen auf das Arbeitspaket 4 zusammenfasst;
- Überprüfung und Abgleich der Daten zwischen offiziellen Veröffentlichungen und aktuellen Projektberichten;
- Zusammenfassung der Ergebnisse in thematische Abschnitte (Digitalisierung, Kreislaufwirtschaft, Markttrends und Qualifikationen).

3. Verwendete Tools und Vorlagen

Die folgenden Werkzeuge und Vorlagen wurden im Verlauf des Prozesses verwendet:

- Checkliste für Förderkriterien – T2.2 (Stand der Technik)
- Vorlage zur Erstellung einer Liste für die Sekundärrecherche (Excel)
- Vorlage zur nationalen Zusammenstellung des Stands der Technik (Word)
- EXCEL4HOUSING4.0 Aufgabe 2.2 Methodikdokument (CEEC, 2025)

4. Validierung und Qualitätssicherung

Der Berichtsentwurf wurde intern von REGEA und der Fakultät für Architektur der Universität Zagreb geprüft, bevor er dem WP2-Leiter vorgelegt wurde. Alle Ergebnisse wurden auf Relevanz, Genauigkeit und Übereinstimmung mit dem europäischen Rahmenwerk und den Projektzielen überprüft.

Ende des nationalen Beitrags – Kroatien

Dieser nationale Bericht wurde gemeinsam von der Regionalen Energie- und Klimaagentur Nordwestkroatiens (REGEA) und der Fakultät für Architektur der Universität Zagreb im Rahmen der Aufgabe 2.2 – Analyse des aktuellen Stands der Technik und Erfassung bewährter Verfahren – des Projekts EXCEL4HOUSING4.0 erstellt.

Der Beitrag spiegelt den aktuellen Stand, die Herausforderungen und die Chancen Kroatiens bei der Förderung von Energieeffizienz, nachhaltigem Wohnen, Digitalisierung und Kreislaufwirtschaft im Bauwesen im Kontext der nationalen beruflichen Bildung und des Arbeitsmarktes wider. Er liefert evidenzbasierte Erkenntnisse, die direkt in die Entwicklung von Lehrplänen, Ausbildungsmodulen und Maßnahmen zum Kapazitätsaufbau im Rahmen des Arbeitspakets 4 (WP4) einfließen werden.

Alle Informationen wurden gemäß den methodischen Leitlinien von T2.2 zusammengestellt und anhand der Förderfähigkeits- und Qualitätssicherungskriterien des Projekts validiert.

● Literaturverzeichnis

Europäische und internationale Quellen

- Europäische Kommission. (2019). *Der Europäische Grüne Deal* (COM/2019/640 final). Brüssel: Europäische Kommission.
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52019DC0640>
- Europäische Kommission. (2020). *Eine Sanierungswelle für Europa – Unsere Gebäude umweltfreundlicher gestalten, Arbeitsplätze schaffen, Lebensqualität verbessern* (COM/2020/662 final). Brüssel: Europäische Kommission.
https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-performance-buildings/renovation-wave_en
- Europäische Kommission. (2021). *EU-Taxonomie für nachhaltige Tätigkeiten*. Brüssel: Europäische Kommission.
https://finance.ec.europa.eu/sustainable-finance/tools-and-standards/eu-taxonomy-sustainable-activities_en
- Europäische Union. (2024). *Richtlinie (EU) 2024/1275 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Neufassung)*. Amtsblatt der Europäischen Union.
<https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2024/1275/oj>
- Europäische Kommission. (2024). *Umsetzung der Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD) – Überblick*. Brüssel: Generaldirektion Energie.
https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-performance-buildings_en
- Europäischer Verband der Bauwirtschaft (FIEC). (2025). *Statistischer Bericht 2025 – Kapitel Kroatien*. Brüssel: FIEC. <https://fiec-statistical-report.eu>

Nationale Strategien und Strategiepapiere (Kroatien)

- Ministerium für Raumordnung, Bauwesen und Staatsvermögen (MPGI). (2020). *Langfristige Strategie zur Sanierung des nationalen Gebäudebestands der Republik Kroatien bis 2050*. Zagreb: Regierung der Republik Kroatien. <https://mpgi.gov.hr>
- Ministerium für Wirtschaft und nachhaltige Entwicklung (MINGOR). (2021). *Nationaler Energie- und Klimaplan (NECP) der Republik Kroatien 2021–2030*. Zagreb: Regierung der Republik Kroatien. <https://mingor.gov.hr>
- Ministerium für Raumordnung, Bauwesen und Staatsvermögen (MPGI). (2021). *Programm zur energetischen Sanierung von Gebäuden des öffentlichen Sektors 2021–2030*. Zagreb: Regierung der Republik Kroatien.
- Regierung der Republik Kroatien. (2021). *Nationaler Aufbau- und Resilienzplan 2021–2026 (NRRP)*. Zagreb: Regierung der Republik Kroatien. <https://planoporavka.gov.hr>

Technik

- Ministerium für Wirtschaft und nachhaltige Entwicklung (MINGOR). (2022). *Strategie zur Entwicklung der Kreislaufwirtschaft der Republik Kroatien 2022–2030*. Zagreb: Regierung der Republik Kroatien. <https://mingor.gov.hr>
- Ministerium für Raumordnung, Bauwesen und Staatsvermögen (MPGI). (2023). *Programm zur energetischen Sanierung von Wohngebäuden 2023–2030*. Zagreb: MPGI.

Statistische, sektorale und analytische Berichte

- Kroatisches Statistikamt (CBS). (2024). *Baustatistik: Baugenehmigungen, Beschäftigung und Investitionen im Bausektor, Bericht 2023*. Zagreb: CBS. <https://www.dzs.hr>
- Fonds für Umweltschutz und Energieeffizienz (FZOEU). (2023). *Jahresbericht über energetische Sanierungsprogramme in Kroatien 2022–2023*. Zagreb: FZOEU. <https://www.fzoeu.hr>
- Kroatische Ingenieurkammer (HKIG). (2023). *BIM-Einführung und Digitalisierung im kroatischen Bausektor – Policy Brief*. Zagreb: HKIG.
- Regionale Energieagentur Nordwestkroatien (REGEA). (2024). *Energieeffizienz und Digitalisierung bei der Gebäudesanierung: Pilotmaßnahmen und gewonnene Erkenntnisse*. Zagreb: REGEA.
- Fakultät für Architektur, Universität Zagreb. (2023). *Innovative Ansätze für nachhaltiges Wohnen und Bildung in Kroatien*. Zagreb: Universität Zagreb.
- Ministerium für Wissenschaft und Bildung (MZO). (2022). *Nationaler Plan zur Entwicklung des Bildungssystems 2022–2027*. Zagreb: MZO. <https://mzo.gov.hr>
- Europäische Stiftung für Berufsbildung (ETF). (2023). *Grüne Kompetenzen und Bereitschaft des Berufsbildungssystems in Südosteuropa: Länderprofil – Kroatien*. Turin: ETF. <https://www.etf.europa.eu>

Literaturhinweise zu wissenschaftlichen und projektbezogenen Quellen

- REGEA, Universität Zagreb und Stadt Karlovac. (2023). *Pilotstudien zu energieeffizienten und kreislaufwirtschaftlichen Sanierungsmodellen in öffentlichen Gebäuden*. Zagreb: REGEA.
- Gelo, T., & Pečur, I. (2022). *Die Rolle von BIM und Energiesimulationstools bei der Sanierung von Wohngebäuden in Kroatien*. *Energy Reports*, 8(6), 2481–2492. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.06.041>
- Europäische Umweltagentur (EEA). (2023). *Europas Gebäude im Zeitalter der grünen Wende: Länderspezifische Trends und Perspektiven – Kroatien*. Kopenhagen: EEA. <https://www.eea.europa.eu>
- OECD. (2024). *Kompetenzen für den grünen Wandel und Arbeitsmarktreife: Politiküberblick Kroatien*. Paris: OECD Publishing. <https://www.oecd.org>

Anhang 3: Nationaler Bericht zum Stand der Technik – Finnland



Co-funded by the
European Union

BERICHT ZUM STAND DER TECHNIK

FINNLAND

● Einleitung

Dieser Bericht erfasst die politischen Triebkräfte, die Marktdynamik und die technologischen Trends im finnischen Bausektor und untersucht deren Auswirkungen auf Qualifikationen, Arbeitsplätze und die berufliche Bildung. Ziel ist es, zu verstehen, wie die grüne und die digitale Wende in der Praxis umgesetzt werden können. Anhand einer strukturierten Sekundärforschung wurde die Analyse mit detaillierten Fallstudien zu schwedischen und finnischen intelligenten und nachhaltigen Städten kombiniert, wobei die Vorreiterrolle Finnlands bei der Digitalisierung und bei Praktiken des kreislaforientierten Bauens hervorgehoben wurde. Die Ergebnisse wurden anschließend in konkrete Chancen für die berufliche Bildung übersetzt, wobei der Schwerpunkt auf der Gestaltung von Lehrplänen, Mikro-Zertifikaten und Living-Lab-Ansätzen lag. Auf diese Weise schlägt die Analyse eine Brücke zwischen europäischen regulatorischen und marktbezogenen Entwicklungen und nationalen Best-Practice-Beispielen und zeigt auf, wie die berufliche Bildung die Arbeitskräfte mit den Kompetenzen ausstatten kann, die erforderlich sind, um die klimatischen und digitalen Ambitionen des Sektors zu verwirklichen.

● Zusammenfassung der Analyse

Sowohl bei den Anbietern beruflicher Bildung als auch in den Städten gibt es mehrere Initiativen, die interdisziplinär daran arbeiten, die Herausforderungen und Hindernisse im Zusammenhang mit nachhaltigem, energieeffizientem Wohnen anzugehen. Städte können bei diesem Wandel eine Vorreiterrolle übernehmen, um die Hindernisse und Herausforderungen zu überwinden. Der Bericht liefert praktische Beispiele dafür, wie verschiedene Städte dies umgesetzt haben.

● Indikativer Überblick

Einleitung

Diese „State-of-the-Art“-Analyse zielt darauf ab, ein Verständnis der beruflichen und fachlichen Situation hinsichtlich Qualifikationen in den Bereichen Kreislaufwirtschaft, Digitalisierung und Nachhaltigkeit zu vermitteln, wobei der Fokus zukunftsorientiert auf Innovation und Markttrends liegt. Der Bericht basiert auf Sekundärforschung, einschließlich einer Analyse von Rechtsvorschriften und Forschungsberichten zu Nachhaltigkeitsfragen und -entwicklungen sowie praktischer Beispiele aus intelligenten und nachhaltigen Städten in Schweden und Finnland, die innovative Prozesse zur Förderung nachhaltigen Wohnens in den drei Themenbereichen eingeführt haben.

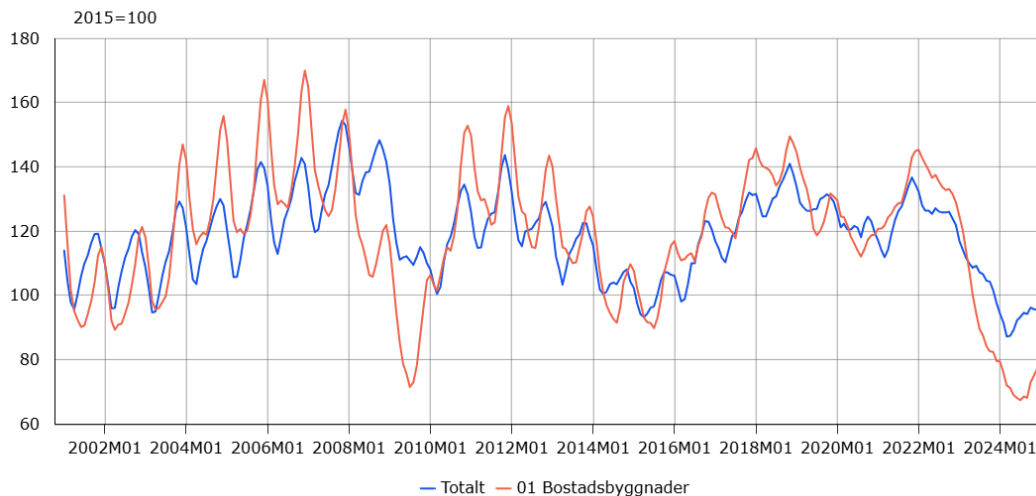
Allgemeiner Kontext: Finnischer Bausektor und Energiewende

- Auf der Grundlage der EU-Richtlinie zur Energieeffizienz (EU/2023/1791) bereitet Finnland eine Aktualisierung der geltenden Vorschriften und Anforderungen hinsichtlich der Berechnung der Energieeffizienz sowohl bei Neubauten als auch bei Sanierungen vor (Umweltministerium, o. J.).

Technik

- Das neue Baugesetz (751/2023) enthält Anforderungen an die Qualifikationen von Planern und Bauleitern, die Digitalisierung der Verwaltung von Baugenehmigungen (Gesetz über das Datensystem für die bebaute Umwelt 431/2023) sowie die Berechnung des CO₂-Fußabdrucks für alle größeren Neubauten.
- Die allgemeine Marktdynamik ist schwach, mit einem dreijährigen Rückgang im Bauwesen und bei Wohnungsneubauten (Rakennusteollisuus 2025). Siehe auch die nachstehende Grafik.

Volymindex för nybyggnad (2015=100) 2001M01-2024M12
Indextal



Källa: Statistikcentralen, byggnads- och bostadsproduktion

- Der NATSPEC-Bericht 2025 stellt fest, dass Hochschulen derzeit BIM-Ausbildung für Studierende verschiedener Fachrichtungen anbieten.
- Das Bauen mit Holz steht in Finnland schon seit langem auf der Tagesordnung, doch in den letzten Jahren hat sich der Fokus auf Hochhäuser und CLT als Mittel zur Förderung einer klimafreundlichen Bauweise verlagert. Trotz der Förderung hat dies jedoch keine großen Auswirkungen gezeigt. Dies ist zum Teil auf die Rezession auf den Baumärkten zurückzuführen. Die Ausbildung wurde ausgebaut, und es besteht heute ein besseres Verständnis für Probleme und Lösungen (Heino 2011).

Thematische Analyse des aktuellen Stands der Technik

Digitalisierung im Bauwesen (Housing 4.0)

- Building Information Modeling (**BIM**) wird von den meisten großen Bauträgern, Bauunternehmen sowie Architektur- und Ingenieurbüros eingesetzt (NATSPEC 2025). Building Smart Finland (BsF) überarbeitet derzeit in Zusammenarbeit mit Unternehmen und BuildingSmart International die bestehenden BIM-Empfehlungen (YTV2012) aus dem Jahr 2012 mit dem Ziel, Anwendungsfälle zu standardisieren (BuildingSmartFinland o. J.). BuildingSmart Finland (BsF) bereitet eine Vorstudie zur Entwicklung eines Qualifikationsrahmens für BIM-Kompetenzen in Anlehnung an internationale Zertifizierungsmodelle für Fachleute vor (BuildingSmart Finland, o. J.).

- **KI für Energie und Betrieb** – Finnische und schwedische Städte unterstützen und erproben aktiv den Einsatz von KI, um den Energieverbrauch zu optimieren, Kosten zu senken und die Raumluftqualität zu verbessern. Einer der ersten öffentlichen Gebäudeeigentümer, der diese Technologie einführte, war SISAB in Stockholm, das im Jahr 2020 SOLIDA einführte. SISAB befindet sich vollständig im Besitz der Stadt Stockholm und besitzt sowie betreibt alle öffentlichen Schulen und Kindertagesstätten in Stockholm. SISAB ging Partnerschaften mit einem großen Unternehmen (Schneider Electric) sowie kleinen Unternehmen wie Init und Myrspoven ein. SOLIDA nutzt Echtzeitdaten und prädiktive Algorithmen, um das Raumklima und den Energieverbrauch kontinuierlich zu optimieren. Tausende von Temperatur- und CO₂-Sensoren liefern Daten an das System und ermöglichen so eine intelligente Steuerung rund um die Uhr. Von der Leitstelle der SISAB aus überwachen Experten nun mehr als 600 Schulen, bearbeiten täglich 200 Alarme und unterstützen Wartungsteams in der gesamten Stadt. Das Problem bei dieser Art von System ist die Anbieterabhängigkeit: Wenn der Gebäudeeigentümer das Gebäudeautomationssystem auf einen anderen Anbieter umstellen möchte, gehen die Daten verloren. Ein weiteres Hindernis besteht darin, dass zunächst alle Gebäudeautomationssysteme aufgerüstet werden müssen, bevor KI eingeführt werden kann. Um diese Probleme zu lösen, setzte die Stadt Jakobstad innovative neue Technologie ein, mit der sowohl die Herstellerabhängigkeit als auch die Aufrüstungsproblematik umgangen wurden. Das Unternehmen Nobody Engineering installierte seine IoT-Roboter in bestehenden Gebäuden mit Automationssystemen verschiedener Hersteller und aus unterschiedlichen Epochen (von den späten 1980er Jahren bis in die 2020er Jahre). Der IoT-Roboter erfasst die Daten rund um die Uhr und speichert sie in einer unabhängigen Datenebene. Alle Daten sind Eigentum der Stadt, die entscheiden kann, welche Unternehmen KI-basierte Mehrwertdienste für die Stadt erbringen dürfen. Im Fall von Jakobstad erbrachte das Unternehmen Lassila & Tikanoja dieselbe Art von Dienstleistung wie Inet und Myrspoven in Stockholm. Die wesentlichen Unterschiede zwischen den Fällen SISAB und Jakobstad waren:
 - die Einführungszeit in Jakobstad war sehr kurz
 - die Investitionskosten sind deutlich geringer
 - die Amortisationszeit war sehr kurz
 - die Stadt ist Eigentümerin aller Daten und kann den Dienstleister sehr einfach wechseln, ohne dass historische Daten verloren gehen
- **Digitale Zwillinge vom Stadtteil bis zum Gebäude** – Die Metropolia University of Applied Sciences in Helsinki hat ein neues, mehrjähriges Kooperationsprojekt mit dem Titel „Smart Buildings in Smart Communities“ ins Leben gerufen, dessen Ziel es ist, das Fachwissen im Bereich der intelligenten Stromnutzung und Gebäudetechnik von der Ebene einzelner Immobilien auf die Ebene ganzer Häuserblocks auszubauen – unter Nutzung der Möglichkeiten von künstlicher

Intelligenz, Digitalisierung und kollaborativem Lernen. Das Projekt knüpft an die Ergebnisse des von 2020 bis 2024 durchgeführten Projekts „Real Estate Information and IoT Solutions Management“ an und wird von STEK ry finanziert. Ziel ist es, den Smart Campus in Myllypuro zu einer noch vielseitigeren F&E- und Lernumgebung auszubauen und gemeinsam mit Unternehmen und Forschungsnetzwerken neue Lösungen für Gebäudeschnittstellen, Energieeffizienz und Datennutzung zu entwickeln. Der mit dem „Smart Building Gold“-Zertifikat ausgezeichnete Myllypuro-Campus wird zu einer generischen F&E- und Lernplattform für datengestützte intelligente Lösungen in Gebäuden ausgebaut. Der Campus hat sein Potenzial als Lernumgebung bereits unter Beweis gestellt, und in laufenden sowie zukünftigen Projekten werden seine Lösungen in Wohn-, Hotel- und Krankenhausumgebungen zum Einsatz kommen. Der Schwerpunkt des Projekts liegt auf der Entwicklung KI-basierter Lösungen für Elektro- und Gebäudetechnik, digitalen Zwillingen von Gebäuden und Datenvisualisierung, dem Technologietransfer durch Bildungs- und Lernlösungen sowie der Zusammenarbeit mit Unternehmen, Bildungseinrichtungen und internationalen Netzwerken.

Kreislaufwirtschaft und nachhaltige Baumaterialien

- Die bebaute Umwelt in Finnland ist relativ jung: Nur etwa 4 % der Gebäude wurden vor 1920 errichtet, und durchschnittlich etwa 40 % stammen aus der Zeit vor etwa 50 Jahren (Finlands officiella statistik 2024). Laut Huuhka & Lahdensivu (2014) waren etwa 80 % aller abgerissenen Gebäude weniger als 60 Jahre alt.
- Seit 1994 enthält die Bauordnung eine Vorgabe zur Nachhaltigkeit. Bautätigkeiten sollen „Voraussetzungen für ein günstiges Lebensumfeld schaffen und eine ökologisch, wirtschaftlich, sozial und kulturell nachhaltige Entwicklung fördern“ (Gesetz zur Änderung des Baugesetzes von 1994).
- Im Jahr 2022 initiierte das Umweltministerium eine Studie zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und der Lebensdauer von Gebäuden mit dem Ziel, Lebenszyklusaspekte in den Bauprozessen zu systematisieren (Hakaste, H., Häkkinen, T., Lahdensivu, J. und Saarimaa, S. 2024). Bislang liegen noch keine gesetzgeberischen Ergebnisse aus diesem Prozess vor.
- Eine aktuelle Prozessinnovation in Finnland ist das Konzept der *Projektallianzen* (Allianssimalli) (Hietajärvi 2017; RT 103239 und RT 103199, 2020). Anstelle eines schrittweisen Prozesses, bei dem jede Phase begrenzt ist und alle Phasen auf Ausschreibungen und Wettbewerb basieren, werden die Projekte als integrative Vorhaben initiiert, bei denen Zeit für die Suche nach optimalen Lösungen und die Optimierung von Planung und Bau aufgewendet wird (Saarinen 2020). Dies schafft mehr Raum für die Bewertung von Lösungen und führt zu einem ganzheitlichen Ansatz, anstatt dass jede Partei ihre Bemühungen individuell auf die Ziele des

Technik

Auftraggebers ausgerichtet. Dies soll eine ganzheitliche Problemlösung und Innovation fördern (Hietajärvi 2017; Ahlbäck 2020). Dieses Modell wird bei Großprojekten eingesetzt, bei denen der reibungslose Einsatz digitaler Zusammenarbeit wichtig ist und alle Beteiligten an der Festlegung von Zielen und Vorgaben beteiligt sind, unter anderem auch im Hinblick auf Nachhaltigkeit (ebenda).

- Die Städte Stockholm und Vaasa haben Prozesse und Methoden initiiert, um Bauunternehmen beim Bau von CO₂-armen Gebäuden anzuleiten und zu unterstützen. In beiden Städten besteht der Ausgangspunkt darin, den CO₂-Fußabdruck eines Standardgebäudes zu berechnen und anschließend Möglichkeiten zur Verringerung dieses Fußabdrucks zu ermitteln. Interessanterweise ergab die Berechnung eines Plusenergie-Mehrfamilienhauses einen höheren CO₂-Fußabdruck als bei einem Standard-Mehrfamilienhaus. Der Grund dafür war, dass sowohl auf dem Dach als auch an den Wänden des Gebäudes zahlreiche Photovoltaikanlagen installiert waren. Alle diese Photovoltaikanlagen wurden mit Energie aus Kohlekraftwerken im Ausland hergestellt. In Vaasa wurde das Tool „One-Click-LCA“ als Methode definiert, mit der der CO₂-Fußabdruck des Gebäudes bewertet werden sollte. Die Stadt setzte sich das Ziel, dass alle Neubauten in einem Grünflächengebiet in Ravilaakso einen um 40 % geringeren CO₂-Fußabdruck aufweisen müssen als Standardgebäude in Finnland. Zu diesem Zweck erhielten Bauunternehmen die Möglichkeit, an einer Vortragsreihe teilzunehmen, die sich sowohl mit der Nutzung des Berechnungstools als auch mit verschiedenen Möglichkeiten zur Reduzierung des CO₂-Fußabdrucks eines Neubaus befasste.
- Im Projekt „GrowSmarter“ (siehe Best-Practice-Beispiel) wurde ein saniertes 13-stöckiges Gebäude mit einem vergleichbaren Neubau verglichen, und die Berechnungen ergaben, dass das sanierte und modernisierte Gebäude einen um 70 % geringeren CO₂-Fußabdruck aufwies als ein gleichwertiger Neubau.
- Die berufliche Bildung verfügt über Lehrpläne der Regierung und von GreenComp 2022
- Die Rektorenkonferenz der finnischen Fachhochschulen (Arene ry) hat gemeinsam mit dem Verband der Berufsbildungsanbieter (AMKE ry) einen Prozess initiiert, um bis 2030 klimaneutral zu werden (Arene ry 2021).

• Übergreifende Analyse und Chancen

- In schwedischen und finnischen Städten gibt es zahlreiche Initiativen, um den Bau nachhaltigerer und energieeffizienterer Gebäude zu steuern und zu fördern. Zu diesen Initiativen gehört der Einsatz von IoT-Plattformen und KI, um den Energieverbrauch und die Kosten zu senken sowie das Raumklima zu verbessern.

Technik

- Die Initiative der Stadt Jakobstad in Finnland, Echtzeitdaten aus ihren Gebäuden in einer unabhängigen Datenebene zu erfassen und zu speichern und diese Daten im Rahmen einer gesonderten Vereinbarung an die Universität Vaasa weiterzugeben, bietet Forschern die Möglichkeit, ohne Kosten für die Datenerhebung Zugang zu Big Data zu erhalten.
 - Die Praxisbeispiele und Initiativen in Stockholm, Vaasa und Jakobstad verdeutlichen die Zusammenhänge und Synergien zwischen den drei Themenbereichen.
 - Viele der Herausforderungen und Hindernisse, mit denen Vorreiterstädte wie Stockholm konfrontiert waren, sind in verschiedenen europäischen Regionen weit verbreitet (z. B. politischer, finanzieller und kompetenzbezogener Natur).
 - Es gibt zahlreiche Innovationsmöglichkeiten, wenn Städte ihre Gebäudedaten für Universitäten und Start-ups öffnen, wobei die Hindernisse darin bestehen: a) im Zugang zu Echtzeitdaten und b) in den hohen Kosten für die Installation eigener Tools zur Datenerfassung. In Jakobstad erhielten sowohl Start-ups als auch etablierte Unternehmen eingeschränkten Zugang zu Daten aus der unabhängigen Datenebene, um neue Dienste zu entwickeln und zu testen, die sowohl die Kosten als auch den Energieverbrauch bestehender Gebäude senken sollen. „
 - BIM wird an Hochschulen weit verbreitet gelehrt, doch die aktuelle Entwicklung im Bereich der KI scheint auf rasche Veränderungen in den Arbeitspraktiken und den Bedarf an Umschulungen hinzudeuten, sowohl in der Ausbildung junger Menschen als auch im Rahmen der Weiterbildung für diejenigen, die bereits über Berufserfahrung verfügen.
- **Schlussfolgerungen und Empfehlungen für WP4**
 - Städte, die CO₂-Neutralität anstreben, können eine wichtige Rolle bei der Förderung des Baus nachhaltiger Gebäude spielen:
 - indem sie Echtzeitdaten aus ihren Gebäuden in einer unabhängigen Datenebene sammeln, wo diese nach Vereinbarung mit externen Akteuren (Schulen, Forschungsinstituten, öffentlichen Organisationen, Start-ups usw.) geteilt werden können
 - durch die Entwicklung von Methoden zur Berechnung des CO₂-Fußabdrucks von Gebäuden
 - indem sie Schulungen für Bauunternehmen zu nachhaltigen Technologien, Datenerfassung, Tools zur Berechnung des CO₂-Fußabdrucks usw. anbieten
 - indem sie sowohl sanierte als auch neue Gebäude testen und vorführen, in denen innovative Lösungen zur Reduzierung des Energieverbrauchs und der Klimaauswirkungen umgesetzt wurden (siehe Best-Practice-Beispiel „GrowSmarter“)
 - Ausgehend von der Annahme, dass KI die Arbeitsweisen verändern wird, erscheint es angebracht, Lehren und Lernen neu zu überdenken. Die entscheidenden Veränderungen scheinen in einem zunehmenden Bedarf an der Überwachung von Ergebnissen, der

Technik

sicherer Umgang mit KI-Tools und deren Management in einem multidisziplinären Kontext sowie in einem geringeren Arbeitsaufwand bei Routineaufgaben und Detailarbeiten zu liegen. Der Schwerpunkt der Kompetenzentwicklung muss sich von der derzeitigen Hochschulausbildung, ergänzt durch längere anfängliche Praktika am Arbeitsplatz, hin zur Schaffung einer Bereitschaft für das Management und Verständnis von Prozessen, Risiken und miteinander verknüpften interdisziplinären Produktionsabläufen verlagern.

- Ein *generatives Designstudio* könnte eine geeignete Lernumgebung für Architektur- und Ingenieurstudierende darstellen, als Ausbildungsrahmen für Studierende im höheren Semester, in dem sie die Betreuung von Abschlussprojekten erlernen. Dies kann als eine Neugestaltung des finnischen Best-Practice-Beispiels im Bereich der Digitalisierung betrachtet werden.
- Für das Baustellenmanagement ist ein ähnliches generatives Studio denkbar, jedoch mit einem *spielerischen Ansatz*, das als Simulationsmodell den Fortschritt eines Bauprozesses veranschaulicht.
- In beiden Fällen ist es möglich, *Nachhaltigkeitsaspekte* sowie *die berufliche Ausbildung* parallel zur Ausbildung von Architektur- und Ingenieurstudierenden *zu integrieren*. Dies lässt sich im Zusammenhang mit dem finnischen Best-Practice-Beispiel „*Teknikhuset*“ als praxisorientiertes Umfeld betrachten, das sowohl Simulationen als auch Anpassungen und Umrüstungen entsprechend neu entstehender Technologien ermöglicht.

● Literaturverzeichnis

Ahlbäck, L. (2020). *Der unvermeidliche Wandel in der Baubranche*, in: *Allianssiraportti – IPT-Modelle öffnen die Tür zum Lean-Bauwesen*. Helsinki: Vison.

Arene ry (2021). *Fachhochschulen und berufsbildende Schulen stärken gemeinsam ihren Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung – Grundlage der Zusammenarbeit ist der von den Fachhochschulen entwickelte CO₂-Fußabdruck-Rechner*. Abgerufen am 2.10.2025 von <https://arene.fi/ajankohtaista>

Richtlinie (EU) 2023/1791 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. September 2023 über Energieeffizienz und zur Änderung der Verordnung (EU) 2023/955 (Neufassung). Amtsblatt der Europäischen Union, L 231, 1–111. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2023/1791/oj>

BuildingSmart Finland (YTV2012). *Allgemeine Anforderungen an Gebäudedatenmodelle YTV2012*. Abgerufen am 30. September 2025 von <https://www.old.buildingsmart.fi/yleiset-tietomallivaatimukset-ytv/>

BuildingSmart Finland (o. J.). *Vision des Projektprogramms*. Abgerufen am 30. September 2025 von <https://buildingsmart.fi>

Technik

Baugesetz (751/2023). Finnische Gesetzessammlung.

<https://finlex.fi/sv/lagstiftning/forfattningssamling/2023/751>

Offizielle Statistik Finnlands (2025): Bau- und Wohnungsbau. Helsinki: Statistikzentrale.

Offizielle Statistik Finnlands (2024): 116g – Gebäude nach Nutzungszweck und Baujahr. Helsinki: Statistikzentrale.

Hakaste, H., Häkkinen, T., Lahdensivu, J. und Saarimaa, S. (2024). *Lebenszykluseigenschaften zur Förderung der Langlebigkeit von Gebäuden. Beständigkeit, Flexibilität und Wiederverwendbarkeit als Instrumente der Kreislaufwirtschaft.* Helsinki: Umweltministerium.

Heino, P. (2011). *Fachwissen und Fachkräfte im Holzbau: eine nationale Bestandsaufnahme.* Joensuu: Prognoseeinheit der Forstwirtschaft.

Hietajärvi, A-M. (2017). *Kompetenzen für das Management von Projektallianzen.* Oulu: Acta Universitatis Ouluensis.

Huuhka, S., & Lahdensivu, J. (2014). Statistische und geografische Untersuchung zu abgerissenen Gebäuden. *Building Research & Information*, 44(1), 73–96.

<https://doi.org/10.1080/09613218.2014.980101>

Gesetz zur Änderung des Baugesetzes (1994). Finnische Gesetzessammlung.

<https://www.finlex.fi/sv/lagstiftning/forfattningssamling/1994/469>

Gesetz über das Datensystem für die bebaute Umwelt (431/2023). Finnische Gesetzessammlung.

<https://www.finlex.fi/sv/lagstiftning/forfattningssamling/431/2023>

Metropolia Living Lab Environment.

<https://www.metropolia.fi/fi/metropoliasta/ajankohtaista/uutiset/alykampus-kaytannonlaheisten-oppimiskokemusten-ja-monipuolisen-tki-yhteistyon-mahdollistajana>

Umweltministerium (o. J.). *Überarbeitung der Richtlinie über die Energieeffizienz von Gebäuden.* Abgerufen am 30. September 2025 von <https://ym.fi>

Rakennusteollisuus (2025). *Konjunkturbericht. Herbst 2025.* Abgerufen am 30. September 2025 von <https://rt.fi>

RT 103199 (2023). *Allgemeine Vertragsbedingungen der Allianz.* Abgerufen am 2.10.2025 von <https://kortistot.rakennustieto.fi>

RT 103239 (2020). *Das Allianzmodell als Projektdurchführungsform. Allgemeiner Überblick über das Allianzmodell.* Abgerufen am 2.10.2025 von <https://kortistot.rakennustieto.fi>

Saarinen, J. (2020). *IPT-Modelle öffnen die Tür zum Lean-Bauwesen*, in: *Allianzbericht – IPT-Modelle öffnen die Tür zum Lean-Bauwesen.* Helsinki: Vison.

Anhang 4: Nationaler Bericht zum Stand der Technik – Deutschland



BERICHT ZUM STAND DER TECHNIK

Deutschland

● Einleitung

Dieser Bericht bietet einen umfassenden Überblick über den aktuellen Stand der Technik im deutschen Bausektor und konzentriert sich dabei auf die Energiewende, die Digitalisierung, die Kreislaufwirtschaft und nachhaltige Baumaterialien. Die Methodik kombiniert Sekundärforschung, die Analyse von politischen Dokumenten, Marktberichten und wissenschaftlicher Literatur, um aktuelle Trends, Herausforderungen und Chancen zusammenzufassen, die für die berufliche Bildung und das Projekt EXCEL4HOUSING4.0 relevant sind.

● Zusammenfassung der Analyse

Im breiteren europäischen politischen Rahmen wird die Bauwirtschaft von einer Reihe von Initiativen beeinflusst, die auf Klimaneutralität und Energieeffizienz abzielen. Der Europäische Grüne Deal setzt das übergeordnete Ziel, Europa bis 2050 zum ersten klimaneutralen Kontinent zu machen, wobei die Strategie „Renovation Wave“ speziell auf die Verbesserung der Energieeffizienz von Gebäuden in den Mitgliedstaaten abzielt. Die EU-Taxonomie fördert zudem nachhaltige Investitionen, indem sie Kriterien für ökologisch nachhaltige wirtschaftliche Aktivitäten definiert. Ergänzt werden diese Maßnahmen durch die überarbeitete Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD, 2024), die ambitionierte Standards für emissionsfreie Gebäude und den schrittweisen Ausstieg aus fossilen Brennstoffen festlegt.

In Deutschland wird das regulatorische Umfeld durch das Gebäudeenergiegesetz (GEG) geprägt, das die Anforderungen an Energieeffizienz und erneuerbare Energien für neue und bestehende Gebäude bündelt. Jüngste Änderungen gewährleisten die Angleichung an die EU-Ziele und bekräftigen das Bekenntnis zur Dekarbonisierung der bebauten Umwelt. Der Nationale Gebäudesanierungsplan (NBRP) legt detaillierte Meilensteine für die Jahre 2030, 2040 und 2050 fest, einschließlich politischer Maßnahmen und Investitionsbedarfe zur Unterstützung des Übergangs zu einem emissionsfreien Gebäudebestand. Diese Rahmenbedingungen treiben gemeinsam Innovation, Investitionen und Anpassung innerhalb der deutschen Bauwirtschaft voran und positionieren diese an der Spitze der nachhaltigen Entwicklung in Europa.

● Orientierender Überblick

Allgemeiner Kontext: Europäischer Bausektor und Energiewende

Politisches und regulatorisches Umfeld

- Deutschland setzt die überarbeitete Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD, 2024) um, die bis 2030 emissionsfreie Standards für Neubauten und bis 2040 den Ausstieg aus fossilen Brennstoffen vorschreibt. Das nationale Gebäudeenergiegesetz (GEG) integriert Anforderungen an Energieeffizienz und erneuerbare Energien und wurde kürzlich an die EU-Ziele angepasst.
- Der Europäische Green Deal, die Sanierungswelle und die EU-Taxonomie treiben Investitionen und regulatorische Veränderungen voran, wobei der Schwerpunkt auf der Dekarbonisierung des Gebäudebestands und der Förderung nachhaltiger Finanzierung liegt.

Technik

- Deutschlands Nationaler Gebäudesanierungsplan (NBRP) legt detaillierte Ziele für die Jahre 2030, 2040 und 2050 fest, einschließlich Strategien, Maßnahmen und Investitionsbedarfen zur Erreichung eines emissionsfreien Gebäudebestands.

Allgemeine Marktdynamik und wichtige Trends im Bauwesen

- Der deutsche Bauproduktmarkt hatte im Jahr 2024 ein Volumen von 267,7 Mrd. USD und wird bis 2034 voraussichtlich 458,3 Mrd. USD erreichen, bei einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate (CAGR) von 5,6 %. Das Wachstum wird durch öffentliche Infrastrukturinvestitionen, die Nachfrage nach Wohnraum und Nachhaltigkeitsinitiativen angetrieben.
- Renovierungen und Sanierungen dominieren die Aktivitäten, da Eigentümer ihre Gebäude modernisieren, um die EU-Energievorschriften zu erfüllen. Modulares Bauen und Digitalisierung gewinnen als Antworten auf Arbeitskräftemangel und Kostendruck zunehmend an Bedeutung
- Die Branche konzentriert sich zunehmend auf energieeffiziente Gebäude, umweltfreundliche Materialien und innovative Bautechniken, wobei der Privatsektor stark eingebunden ist.

Auswirkungen der grünen und digitalen Transformation auf den Bausektor insgesamt

- Die grüne Wende beschleunigt die Nachfrage nach energieeffizienten Sanierungen, nachhaltigen Materialien und Kreislaufwirtschaftspraktiken. Die digitale Wende verändert Entwurf, Planung und Bauwesen durch Technologien wie BIM, KI und IoT.
- Beide Wandlungsprozesse schaffen neue Berufsbilder und Anforderungen an die Weiterbildung, bringen aber auch Herausforderungen in Bezug auf regulatorische Komplexität, Investitionen und die Anpassung der Arbeitskräfte mit sich.

Thematische Analyse des aktuellen Stands der Technik

Digitalisierung im Bauwesen (Wohnen 4.0)

- **Wichtige digitale Technologien:**
 - Building Information Modelling (BIM) ist mittlerweile Standard im öffentlichen Beschaffungswesen und wird in großem Umfang für Planung, Koordination und Lebenszyklusmanagement eingesetzt.
 - Digitale Zwillinge, KI und das Internet der Dinge (IoT) werden zunehmend für die Echtzeitüberwachung, vorausschauende Instandhaltung und das Energiemanagement eingesetzt.
- **Einführung und Auswirkungen:**
 - Die Digitalisierung steigert die Produktivität, reduziert Fehler und ermöglicht neue Geschäftsmodelle. Zu den Hindernissen zählen jedoch hohe Vorlaufkosten, mangelnde Standardisierung und Fachkräftemangel.
 - Die Bundesregierung hat einen Fahrplan für digitales Planen und Bauen auf den Weg gebracht, um BIM als bundesweiten Standard zu etablieren.
- **Aktuelle Qualifikationen und neue Berufsbilder:**

Technik

- Die Nachfrage nach BIM-Managern, Koordinatoren für digitales Bauen, Datenanalysten sowie Spezialisten für KI und IoT im Gebäudebereich steigt.
- Die Lehrpläne der beruflichen Bildung werden um digitale Kompetenzen erweitert, doch bei fortgeschrittenen digitalen Fähigkeiten bestehen weiterhin Lücken.

– **Markttrends:**

- Die digitale Transformation ist ein wesentlicher Treiber für Wettbewerbsfähigkeit und Nachhaltigkeit in der Branche. Es wird erwartet, dass cloudbasiertes BIM, digitale Zwillinge und KI bis 2030 zum Standard werden.
- Die EPBD-³ -Richtlinie (Neufassung von 2024) schreibt nationale Sanierungspläne, Mindeststandards für die Energieeffizienz und groß angelegte Qualifizierungsmaßnahmen vor; zusammen mit der „Renovation Wave“ und der EU-Taxonomie entsteht so eine kohärente regulatorisch-finanzielle Architektur, die sich auf nationale und regionale Programme auswirkt.
- Deutschlands Nationaler Gebäudesanierungsplan (NBRP) legt detaillierte Ziele für die Jahre 2030, 2040 und 2050 fest, einschließlich politischer Maßnahmen und des Investitionsbedarfs zur Unterstützung des Übergangs zu einem emissionsfreien Gebäudebestand.
- Die Sanierungsraten müssen sich in etwa vervierfachen, um die EU-Ziele zu erreichen, was eine anhaltende Nachfrage nach Dienstleistungen im Bereich der Energieeffizienz und entsprechenden Kapazitäten zur Erbringung dieser Leistungen impliziert.
- Die Branche beschäftigt über 2,6 Millionen Arbeitnehmer und mobilisierte im Jahr 2024 rund 400 Milliarden Euro, wobei die Segmente Sanierung und Infrastruktur aufgrund politischer Anreize und hoher Energiepreise wuchsen.
- Die Nettoauswirkungen auf die Beschäftigung bis 2030 sind leicht positiv, jedoch je nach Berufsbild sehr ungleichmäßig verteilt. Die Nachfrage nach hybriden Berufsbildern wie Sanierungs-Koordinatoren und BIM-Managern wächst, während traditionelle Berufe eine Weiterqualifizierung in den Bereichen Digitalisierung und Kreislaufwirtschaft erfordern.
- Der entscheidende Engpass ist eher die Qualifikation der Arbeitskräfte als die reine Zahl der Arbeitsplätze.
- Der Einsatz von BIM wird im öffentlichen Beschaffungswesen zunehmend zum Standard, doch die Akzeptanz bei KMU wird durch Kosten, Standards und Unsicherheiten hinsichtlich der Kapitalrendite gebremst.

³ Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden.

Technik

- o Der Wandel von einer dokumentenorientierten hin zu einer datenorientierten Projektabwicklung erhöht den Bedarf an BIM-/LCA-Kenntnissen in allen Funktionen und erfordert modulare Lehrpläne und aufeinander aufbauende Mikro-Zertifizierungen.
- o Deutschlands Markt für kreislaforientiertes Bauen gewinnt durch Pilotprojekte im öffentlichen Beschaffungswesen, regionale Prämien und Wissensnetzwerke an Dynamik, doch bestehen weiterhin Reibungspunkte: zweckgerechte Standards für wiederverwertete Bauteile, Haftungs- und Gewährleistungsrahmen sowie die Logistik für Rückflüsse.
- o Die Kreislaufwirtschaft beschleunigt die Nachfrage nach Logistikern für die Wiederverwendung, Materialprüfern, Managern für kreislaforientierte Beschaffung und Rückbauplanern.

Kreislaufwirtschaft & nachhaltige Baumaterialien

– Grundsätze und Praxis:

- o Deutschlands Nationale Strategie Kreislaufwirtschaft (NCES) fördert Wiederverwendung, Recycling und Abfallminimierung entlang der gesamten Wertschöpfungskette im Bauwesen.
- o Die Branche recycelt etwa 90 % der Bau- und Abbruchabfälle, doch ein Großteil davon wird eher „downcycelt“ als in hochwertigen Anwendungen wiederverwendet.
- o Modulares Bauen, Materialpässe und digitale Werkzeuge (z. B. BIM) unterstützen die Kreislaufwirtschaft.

– Nachhaltige Materialien:

- o Zunehmender Einsatz von recyceltem Beton, Holz und biobasierten Materialien. Urban Mining und Cradle-to-Cradle-Ansätze gewinnen an Bedeutung.

– Aktuelle Qualifikationen und neue Berufsbilder:

- o Zu den neuen Berufsbildern gehören Manager für kreislaforientiertes Bauen, Materialflussanalysten und Nachhaltigkeitsberater.
- o In der beruflichen Bildung und im Hochschulwesen werden Konzepte der Kreislaufwirtschaft bereits integriert, doch ist eine weitere Weiterentwicklung der Lehrpläne erforderlich.

– Markttrends:

- o Regulatorischer und marktbedingter Druck treiben die Einführung kreislaufwirtschaftlicher Praktiken voran. Die Digitalisierung ermöglicht eine bessere Nachverfolgung und Wiederverwendung von Materialien.

Übergreifende Analyse und Chancen

- **Zusammenhänge und Synergien:**
 - Digitalisierung und Kreislaufwirtschaft verstärken sich gegenseitig: Digitale Werkzeuge ermöglichen die Nachverfolgung von Materialien, Lebenszyklusanalysen und eine effiziente Ressourcennutzung.
 - Beide Bereiche erfordern eine Weiterqualifizierung und neue Qualifikationen, insbesondere im Bereich digitaler und ökologischer Kompetenzen.
- **Gemeinsame Herausforderungen und Hindernisse:**
 - Zu den vorrangigen Hebeln zählen ergebnisorientierte öffentliche Auftragsvergabe, Mikroanreize für KMU und interregionale Kompetenzrahmen, die die Anerkennung von Qualifikationen standardisieren.
 - Fachkräftemangel, insbesondere bei digitalen und grünen Kompetenzen.
 - Komplexe Rechtsvorschriften und uneinheitliche Standards.
 - Hohe Anfangsinvestitionskosten und langsame Einführung von Innovationen, insbesondere bei KMU.
 - Notwendigkeit einer besseren Zusammenarbeit zwischen Berufsbildungsanbietern, der Wirtschaft und politischen Entscheidungsträgern.
- **Innovationschancen in der beruflichen Bildung für nachhaltiges Bauen:**
 - „Living Labs“ und Pilotprojekte, die in die Politikgestaltung einfließen, können den Weg von der Evidenz zur Umsetzung verkürzen und die Innovation von Lehrplänen unterstützen.
 - Ausbau modularer, digitaler und umweltbezogener Kompetenzen in den Lehrplänen der beruflichen Bildung.
 - Verstärkter Einsatz digitaler Plattformen für Ausbildung und Weiterbildung.
 - Partnerschaften zwischen Berufsbildung, Wirtschaft und Forschung zur Erprobung neuer Ansätze (z. B. InnoVET, BuildSkills Academy).

Schlussfolgerungen und Empfehlungen für WP4

Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse

- Die deutsche Bauwirtschaft steht an der Spitze der ökologischen und digitalen Transformation, steht jedoch vor erheblichen Herausforderungen hinsichtlich der Qualifikationen der Arbeitskräfte, der Anpassung an regulatorische Rahmenbedingungen und der Einführung von Innovationen.
- Digitalisierung (BIM, digitale Zwillinge, KI) und Praktiken der Kreislaufwirtschaft verändern die Berufsprofile und den Ausbildungsbedarf.
- Es gibt starke politische und investitionsbezogene Impulse für nachhaltiges, energieeffizientes und kreislaforientiertes Bauen, doch bestehen weiterhin Umsetzungslücken, insbesondere in der beruflichen Bildung.

- Aktualisierung der Lehrpläne in der beruflichen Bildung zur Integration digitaler und grüner Kompetenzen, einschließlich BIM, KI, IoT und Prinzipien der Kreislaufwirtschaft.
- Partnerschaften zwischen Berufsbildungsanbietern, der Industrie und der Forschung fördern, um sicherzustellen, dass die Lehrpläne den aktuellen und zukünftigen Qualifikationsbedarf widerspiegeln.
- Modulare und flexible Ausbildungsformate fördern, einschließlich Online- und Blended-Learning.
- Unterstützung der Weiterqualifizierung und Umschulung bestehender Arbeitskräfte mit Schwerpunkt auf KMU und älteren Beschäftigten.
- Innovationen bei den Lehrmethoden fördern, einschließlich der Nutzung digitaler Plattformen und praxisorientierten, projektbasierten Lernens.

● Quellenangaben

- Solas Capital. (2024). Die Umsetzung der EPBD 2024: Deutschlands Weg zur Dekarbonisierung des Gebäudebestands. [Link\[solas.capital\]](#)
- Deutsche Energie-Agentur (dena). Das deutsche Gebäudeenergiegesetz und die EU-Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden. [Link \[dena.de\]](#)
- Clean Energy Wire. (2025). Deutsches Bauministerium will Lebenszyklusemissionen von Gebäuden begrenzen. [Link\[cleanenergywire.org\]](#)
- BUILD UP. (2025). Nationale Gebäudesanierungspläne im Rahmen der EPBD. [Link \[build-up.e....europa.eu\]](#)
- CA EPBD. Deutschland. [Link \[ca-epbd.eu\]](#)
- Construction Products Europe. (2019). Zentrale politische Initiativen der EU-Kommission – EU-Green Deal. [Link \[constructi...roducts.eu\]](#)
- GMI Insights. (2025). Marktvolumen des deutschen Baugewerbes, Trendbericht 2025–2034. [Link \[gminsights.com\]](#)
- Research and Markets. (2025). Prognosebericht zum deutschen Bauproduktmarkt 2025–2034. [Link \[globeenewsire.com\]](#)
- Business Wire. (2024). Bericht zur deutschen Bauindustrie 2024–2028. [Link \[businesswire.com\]](#)
- Mordor Intelligence. (2025). Marktvolumen und Trends im deutschen Wohnungsbau | 2030. [Link \[mordorinte...igence.com\]](#)
- Market Publishers. (2025). Chancen, Wachstumstreiber, Branchentrendanalyse und Prognose für den deutschen Bauproduktmarkt 2025–2034. [Link \[pdf.market...ishers.com\]](#)
- BUILD UP. (2025). Die Zukunft gestalten: Wie Digitalisierung und künstliche Intelligenz die Wettbewerbsfähigkeit im europäischen Bausektor neu gestalten. [Link \[build-up.e....europa.eu\]](#)
- BMVI. (2020). Roadmap für digitales Planen und Bauen. [Link \[bmv.de\]](#)
- EEA. (2024). Länderprofil zur Kreislaufwirtschaft 2024 – Deutschland. [Link \[eea.europa.eu\]](#)

Technik

- BMUV. (2024). Die Nationale Strategie für Kreislaufwirtschaft (NCES). [Link \[bundesumwe...sterium.de\]](#)
- RWTH Aachen. (2023). Kreislaufwirtschaft in der deutschen Bauwirtschaft. [Link \[publicatio...-aachen.de\]](#)
- BIBB. (2023). Nachhaltigkeit in der beruflichen Bildung. [Link \[bibb.de\]](#)

Anhang 5: Nationaler Bericht zum Stand der Technik – Griechenland



Co-funded by the
European Union

BERICHT ZUM STAND DER TECHNIK

Griechenland

● Einleitung

Dieser Bericht liefert eine Analyse des aktuellen Stands im griechischen Bausektor mit Schwerpunkt auf energieeffizientem Wohnen, nachhaltigem Bauen, Digitalisierung (Housing 4.0) und Kreislaufwirtschaft und untersucht den daraus resultierenden Qualifikationsbedarf, sich wandelnde Kompetenzanforderungen sowie neu entstehende Berufsbilder.

Methodisch folgt die Studie den Richtlinien für Sekundärforschung von EXCEL4HOUSING4.0 und wendet eine Eignungsscheckliste an, um sicherzustellen, dass die Quellen aktuell (ab 2018), relevant (Nachhaltigkeit, Digitalisierung, Innovationen in der beruflichen Bildung, Arbeitsmarkttrends), glaubwürdig (Peer-Review-Arbeiten, nationale Statistiken, maßgebliche politische Dokumente) und für die Verbreitung zugänglich sind.

Der Bericht ist wie folgt aufgebaut:

- Im allgemeinen Kontext werden der politische und regulatorische Rahmen in Europa und Kroatien, die Marktdynamik sowie die Auswirkungen der beiden Übergänge beschrieben.
- Die thematische Analyse befasst sich mit der Digitalisierung (Housing 4.0), der Kreislaufwirtschaft und neu entstehenden Berufsprofilen.
- Der abschließende Abschnitt enthält Schlussfolgerungen und Empfehlungen für die berufliche Bildung und liefert Anregungen für die Lehrplangestaltung sowie für künftige Maßnahmen zum Kapazitätsaufbau im Arbeitspaket 4.

● Zusammenfassung der Analyse

Der griechische Bausektor entwickelt sich aufgrund der Digitalisierung und der ökologischen Wende rasant weiter. Energieeffizienz, nachhaltige Gebäude und die Prinzipien der Kreislaufwirtschaft sind mittlerweile zentrale politische und marktbezogene Prioritäten. Öffentliche Programme wie „Electra“, „Exoikonomo“ und EU-finanzierte Initiativen beschleunigen energieeffiziente Sanierungen und die Einführung digitaler Technologien, was sowohl Chancen als auch Herausforderungen hinsichtlich der Qualifikationen der Arbeitskräfte mit sich bringt.

Der Bausektor trug im Jahr 2024 etwa 2,6 % zum griechischen BIP bei, gestützt durch öffentliche und private Investitionen in Höhe von über 14 Milliarden Euro. Die Beschäftigung im Baugewerbe erreichte im Jahr 2024 210.000 Beschäftigte, was einem Anstieg von 8,8 % gegenüber 2023 entspricht, obwohl der Fachkräftemangel im Bereich der mittelqualifizierten Arbeitskräfte weiterhin kritisch ist (IOBE, 2025).

Nationale Strategien konzentrieren sich auf die Wiederverwendung und das Recycling von Bau- und Abbruchabfällen. Es wird erwartet, dass die Beschäftigungsmöglichkeiten in den Bereichen Kreislaufbau, energetische Sanierung und Lebenszyklusanalysen (LCA) zunehmen werden. Berufe, die mittlere Qualifikationen erfordern, sind besonders stark vom Wandel hin zu digitalen Technologien und umweltfreundlichen Praktiken betroffen. Es besteht ein unmittelbarer Bedarf an praxisorientierten, modularen Programmen der beruflichen Bildung, die sich mit BIM, zirkulärem Design, Energieeffizienz und

Technik

dem Betrieb intelligenter Gebäude befassen. Kleine und mittlere Unternehmen (KMU) sowie kleinere Bauunternehmen benötigen Unterstützung, um Zugang zu Schulungen zu erhalten und innovative Methoden umzusetzen.

Griechenland orientiert sich an Initiativen der Europäischen Union wie der „Renovation Wave“, der Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD) und der EU-Taxonomie, die Nachhaltigkeit, Digitalisierung und Energieeffizienz in regulatorische Standards integrieren.

Nationale Initiativen wie der Nationale Resilienz- und Wiederaufbauplan zielen darauf ab, Gebäudesanierungen, die Integration erneuerbarer Energien und den Ausbau energieeffizienter öffentlicher Infrastruktur zu fördern.

● Indikativer Überblick

Einleitung

Diese Aufgabe zielt darauf ab, einen Überblick über aktuelle Praktiken und Innovationen im Bereich des nachhaltigen, digitalisierten und energieeffizienten Bauwesens in Griechenland zu geben, wobei der Schwerpunkt auf deren Integration in Ausbildungs-, Qualifizierungs- und Innovationsrahmen liegt. Konkret verfolgt der Bericht folgende Ziele:

1. nachhaltige Praktiken und Innovationen im Bausektor zu untersuchen, wobei der Schwerpunkt auf Digitalisierung („Housing 4.0“) und Ansätzen der Kreislaufwirtschaft liegt.
2. den Zusammenhang zwischen diesen Innovationen und der allgemeinen und beruflichen Bildung, insbesondere in der beruflichen Bildung (VET) und im lebenslangen Lernen, zu analysieren;
3. Aufkommende Markt- und Politiktrends zu identifizieren, die den Bedarf an neuen Kompetenzen und Qualifikationen beeinflussen.
4. Hervorzuheben, wie staatlich geförderte Initiativen Verbindungen zwischen Nachhaltigkeit, digitaler Transformation und der Entwicklung der Arbeitskräfte fördern.

Die Analyse erfolgte im Rahmen einer Sekundärforschung, bei der Literaturrecherche, Fallstudienanalyse und vergleichende Rahmenbedingungenuntersuchung kombiniert wurden, um die aktuelle Lage und die relevanten Bedürfnisse von Fachkräften im Bauwesen, politischen Entscheidungsträgern, Berufsbildungseinrichtungen und Endnutzern zu erfassen.

Allgemeiner Kontext: Der europäische Bausektor und die Energiewende

Der europäische Bausektor steht zwischen 2025 und 2026 vor einer Phase tiefgreifender struktureller Veränderungen, die durch die beiden parallelen Übergänge – die grüne und die digitale Transformation – vorangetrieben werden. Nach einer moderaten Erholung von der Konjunkturabschwächung der Vorjahre

Technik

wird das prognostizierte jährliche Wachstum von 2,1 % durch öffentliche Investitionen gestützt, die sich auf energieeffiziente Sanierungen, bezahlbaren Wohnraum und widerstandsfähige Infrastruktur konzentrieren.

Energieeffizienz entwickelt sich zu einer strategischen Priorität, wobei ein starker Schwerpunkt auf der Sanierung des bestehenden Gebäudebestands liegt, um den Verbrauch zu senken und die Energiearmut zu bekämpfen, von der weiterhin Millionen schutzbedürftiger Haushalte betroffen sind. Diese Maßnahmen verbessern nicht nur die thermische Leistung von Gebäuden, sondern stärken auch den sozialen Zusammenhalt und die städtische Resilienz.

Der ökologische Wandel stößt jedoch auf strukturelle Hindernisse, vor allem auf den Mangel an Fachkräften. Trotz der finanziellen Impulse durch europäische Fonds und nationale Maßnahmen hat die Branche Schwierigkeiten, Fachkräfte mit Spezialisierung auf Energieeffizienz, industrialisiertes Bauen und Digitalisierung zu gewinnen und zu halten. Dieser Mangel droht die Umsetzung wichtiger Projekte zu verzögern und unterstreicht den dringenden Bedarf an Berufsbildungsprogrammen und verbesserten Arbeitsbedingungen. Parallel dazu entwickeln sich technologische Innovationen wie modulares Bauen, umweltverträgliche Materialien und digitale Lösungen zu einem entscheidenden Hebel, um die Produktivität zu steigern und die Klimaziele der EU zu erreichen.

Die Beschäftigung im Baugewerbe in Griechenland erreichte im Jahr 2024 210.000 Beschäftigte, was einem Anstieg von 8,8 % gegenüber 2023 (+17.000 Beschäftigte) entspricht und einen Teil des gestiegenen Arbeitskräftebedarfs der Branche deckt. Im Bereich Architektur und Ingenieurwesen erreichte die Beschäftigung im Jahr 2024 90.000 Personen, was einen deutlichen Anstieg gegenüber 2020 (+21 %) darstellt. Laut der ELSTAT-Arbeitskräfteerhebung ist die Mehrheit der Beschäftigten im Baugewerbe in spezialisierten Bautätigkeiten tätig (106.000 Personen im Jahr 2024).

Politischer und regulatorischer Rahmen (z. B. EPBD, Europäischer Green Deal, „Renovation Wave“, EU-Taxonomie mit Bezug zum Bauwesen)

Die im Oktober 2020 ins Leben gerufene „Renovation Wave“-Strategie umreißt ein umfassendes Maßnahmenpaket, mit dem die jährliche Rate der energetischen Sanierungen in der gesamten Europäischen Union bis 2030 mehr als verdoppelt werden soll. Diese Initiative ist ein zentraler Pfeiler der umfassenderen Bemühungen der EU, Klimaneutralität zu erreichen und eine gerechte und nachhaltige Energiewende zu fördern.

Ein wesentlicher Bestandteil der Strategie ist die Überarbeitung der Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD), die einen grundlegenden Schritt zur Aktualisierung des bestehenden Rechtsrahmens darstellt. Die überarbeitete Richtlinie zielt darauf ab, die Gebäudepolitik an die höheren Klimaziele der EU und die wachsenden sozialen Bedürfnisse anzupassen und den Mitgliedstaaten gleichzeitig die erforderliche Flexibilität zu gewähren, um den unterschiedlichen Merkmalen der nationalen Gebäudebestände in ganz Europa gerecht zu werden. Durch diese Maßnahmen zielt die „Renovation Wave“ nicht nur darauf ab, die Energieeffizienz zu steigern und die

Technik

Treibhausgasemissionen zu senken, sondern auch die Energiearmut zu bekämpfen, den Wohnkomfort zu verbessern und die Wirtschaftstätigkeit im Bau- und Sanierungssektor anzukurbeln (CRES, 2023). Darüber hinaus ist „Level(s)“ ein freiwilliges Berichtsrahmenwerk zur Verbesserung der Nachhaltigkeit von Gebäuden. Es bietet einen gemeinsamen EU-Ansatz zur Bewertung der Umweltleistung in der bebauten Umwelt.

Der nationale regulatorische und strategische Rahmen Griechenlands steht in vollem Einklang mit diesen EU-Prioritäten und umfasst mehrere wichtige Instrumente:

Das nationale Klimagesetz Griechenlands: Es wurde im Mai 2022 verabschiedet und legt ein Klimaneutralitätsziel für 2050 sowie Zwischenziele fest, nämlich eine Reduzierung der Netto-Treibhausgasemissionen um 55 % bis 2030 und um 80 % bis 2040. Es führt sektorale Ziele und Maßnahmen ein und verpflichtet den Regierungsausschuss für Klimaneutralität zur Erstellung sektoraler CO₂-Budgets. Das Gesetz schreibt die Verabschiedung einer nationalen Klimaanpassungsstrategie, regionaler Anpassungspläne sowie kommunaler Emissionsminderungspläne vor.

Nationaler Energie- und Klimaplan (NECP 2021–2030): Der griechische NECP legt gesamtwirtschaftliche Ziele für 2030 fest (Treibhausgasreduktionen, erneuerbare Energien, Energieeffizienz) und behandelt den Gebäudesektor als Priorität für Dekarbonisierung und Einsparungen. Der NECP ist der nationale Fahrplan, der koordiniert, wie Griechenland zu den Klima- und Energiezielen auf EU-Ebene sowie zu Investitionen in erneuerbare Energien, Energieeffizienz und Netzresilienz beiträgt.

Langfristige Sanierungsstrategie für den nationalen Gebäudebestand (2021): Die langfristige Sanierungsstrategie Griechenlands (Ministerialbeschluss veröffentlicht 2021) definiert einen Weg zur Umgestaltung des nationalen Gebäudebestands hin zu nZEB / nahezu emissionsfreien Gebäuden bis 2050, legt Zwischenziele (2030/2040/2050) fest und mobilisiert öffentliche und private Finanzmittel für umfassende und schrittweise Sanierungen.

Programme zur energetischen Sanierung öffentlicher Gebäude (ELECTRA 2021–2030) – Griechenland führt gezielte Sanierungsprogramme für öffentliche Gebäude durch (z. B. das ELECTRA-Programm und spezifische Investitionen im Rahmen des NRRP), die Zuschüsse, technische Unterstützung und Förderkriterien kombinieren, um öffentliche Einrichtungen auf höhere Energieeffizienzklassen zu bringen und den Energieverbrauch im öffentlichen Gebäudebestand zu senken.

Nationaler Aufbau- und Resilienzplan – „Griechenland 2.0“ (NRRP, 2021–2026 und REPowerEU-Aktualisierung): Griechenlands NRRP stellt umfangreiche Mittel für Gebäudesanierungen, die Renovierung öffentlicher Gebäude, die Energieinfrastruktur und Genehmigungsreformen für erneuerbare Energien bereit. „Griechenland 2.0“ umfasst 105 Investitionen und 75 Reformen, die sich auf fünf Säulen stützen:

- Grüner Wandel
- Digitale Transformation
- Beschäftigung – Qualifikationen – Sozialer Zusammenhalt

Technik

- Private Investitionen und Transformation der Wirtschaft
- REPowerEU

Kreislaufwirtschaft & Abfall / Bau- und Abbruchabfälle (nationale Strategie / Aktionspläne 2020–2030):

Der nationale Aktionsplan Griechenlands zur Kreislaufwirtschaft und die damit verbundenen Rechtsinstrumente (nationale Abfallbewirtschaftungspläne und sektorale Maßnahmen) enthalten Ziele für Bau- und Abbruchabfälle (Vermeidung, Trennung an der Quelle, Recycling, Wiederverwendung) und fördern kreislaforientiertes Design und Materialmanagement im Bauwesen. Damit werden die Praktiken im Bauwesen direkt mit den Kreislaufwirtschaftszielen der EU verknüpft.

Allgemeine Marktdynamik und wichtige Trends im Bauwesen (z. B. Investitionen, Wachstumstreiber, Verbrauchernachfrage nach nachhaltigem Wohnen)

Der griechische Bausektor ist nach einem Jahrzehnt der wirtschaftlichen Rezession und dem anschließenden, durch EU-Mittel gestützten Aufschwung in eine Phase der stetigen Erholung und des strukturellen Wandels eingetreten. Im Jahr 2024 trug das Baugewerbe etwa 2,6 % zum griechischen BIP bei, wobei sich die Gesamtinvestitionen in öffentliche und private Projekte auf über 14 Milliarden Euro beliefen (ELSTAT, 2024).

Die Zahl der Unternehmen im gesamten Bausektor in Griechenland belief sich im Jahr 2020 auf 120.734, was einem Rückgang von 32,3 % seit 2010 entspricht. Dies war auf Rückgänge bei der Zahl der Unternehmen in den Teilsektoren verarbeitendes Gewerbe (–51,7 %), engeres Baugewerbe (–34,8 %) sowie Architektur- und Ingenieurdienstleistungen (–29,8 %) zurückzuführen, die einen Anstieg im Teilsektor Immobilienwirtschaft (+42,4 %) im Zeitraum 2010–2020 ausglich.

Parallel dazu verzeichnete der Volumenindex der Produktion im gesamten Bausektor im Zeitraum 2015–2020 einen Rückgang um 36,6 %. Dies war auf Rückgänge beim Volumenindex des Hochbaus (37,8 %) und des Tiefbaus (35,9 %) im gleichen Zeitraum zurückzuführen. Ebenso belief sich der Gesamtumsatz des gesamten Bausektors im Jahr 2018 auf 17,1 Mrd. EUR, was einem Rückgang von 25,3 % gegenüber 2010 entspricht. Im Jahr 2020 stieg er zudem auf 17,8 Mrd. EUR, was einem Anstieg von 4,2 % gegenüber 2018, aber einem Rückgang von 22,2 % gegenüber 2010 entspricht (ECO, 2020). Darüber hinaus verzeichnete laut ELSTAT im 2. Quartal 2025 der Produktionsindex im Baugewerbe (IPC) einen Anstieg von 7,2 % im Vergleich zum 2. Quartal 2024. Der IPC im 2. Quartal 2024 stieg um 15,5 % im Vergleich zum entsprechenden Index im 2. Quartal 2023. Der Produktionsindex im Baugewerbe (IPC) verzeichnete im 2. Quartal 2025 einen Anstieg von 44,0 % im Vergleich zum 1. Quartal 2025. Im 2. Quartal 2024 stieg der IPC um 29,3 % im Vergleich zum entsprechenden Index des 1. Quartals 2024. Der saisonbereinigte Produktionsindex im Baugewerbe verzeichnete im 2. Quartal 2025 einen Anstieg von 9,8 % im Vergleich zum 1. Quartal 2025.

Was die Beschäftigung betrifft, so waren im Jahr 2020 271.497 Personen im gesamten Bausektor beschäftigt, was einem Rückgang von 28,2 % seit 2010 entspricht. Dies war auf Rückgänge in den Teilsektoren verarbeitendes Gewerbe (42,4 %), engeres Baugewerbe (33,8 %) sowie Architektur- und

Technik

Ingenieurdienstleistungen (15,3 %) zurückzuführen, die einen Anstieg im Teilsektor Immobilienwirtschaft (+73,5 %) im Zeitraum 2010–2020 ausglich.

Die Zahl der Haushalte in Griechenland belief sich im Jahr 2020 auf 4,4 Millionen, was einem Wachstum von 0,8 % gegenüber dem Stand von 2010 entspricht.

Zudem trugen die seit 2011 kontinuierlich sinkenden Hypothekenzinsen (die 2020 2,0 % erreichten) in Verbindung mit der zunehmenden Urbanisierungsrate und steigenden Haushaltseinkommen zu einer starken Nachfrage nach Wohnraum bei, was die Immobilienpreise im Jahr 2020 in die Höhe trieb. Nach Angaben der Bank von Griechenland stiegen die Immobilienpreise in den städtischen Gebieten Griechenlands im Laufe des Jahres bis zum dritten Quartal 2020 um 3,4 %. Dies ist jedoch vergleichsweise geringer als im Vorjahr (8,5 %). Die jährliche Verlangsamung des Immobilienpreisanstiegs lässt sich auf die landesweit verhängten strengen Lockdown-Maßnahmen zur Eindämmung der COVID-19-Pandemie zurückführen. Die Auslandsnachfrage, die bislang der Motor des griechischen Immobilienmarktes gewesen war, ging zurück. Infolgedessen entfielen auf den Immobilienmarkt 25,3 % der gesamten ausländischen Direktinvestitionen (FDI) in Griechenland, gegenüber 32,3 % im Vorjahr. Um den Immobilienmarkt und den Bausektor anzukurbeln, führte die Regierung die Maßnahme zur Senkung der einheitlichen Grundsteuer (ENFIA) ein, um die Steuerlast zu verringern.⁴

Griechenlands Nationaler Aufbau- und Resilienzplan (NRRP), der die Bereitstellung von Mitteln in Höhe von 30,5 Mrd. EUR in Form von Zuschüssen und Darlehen vorsieht, umfasst Stadterneuerung, Investitionsprojekte und Sanierungspläne zur Verbesserung der Energieeffizienz von Wohngebäuden. Der Plan sieht die Unterstützung des ökologischen Wandels durch Investitionen in Höhe von 1,3 Mrd. EUR in die energieeffiziente Sanierung von mehr als 100.000 Wohnungen vor, darunter auch für Haushalte mit geringem Einkommen. Das Land wird 160,0 Millionen Euro in den Ausbau von 5G-Netzen, 1,3 Milliarden Euro in die digitale Transformation des öffentlichen Sektors und weitere 375,0 Millionen Euro in die Digitalisierung von Unternehmen investieren, um die Integration digitaler Technologien in KMU zu fördern. Darüber hinaus wird das Land gemäß dem Plan mehr als 500,0 Mio. EUR in die Förderung der digitalen Transformation des Bildungs- und Gesundheitssystems investieren, während fast 750,0 Mio. EUR in die digitale Weiterbildungs⁵ fließen werden.

Im Bereich des Nichtwohnungsbaus und der Infrastruktur befinden sich 118 Projekte in der griechischen Infrastruktur-Pipeline, die zwar in Arbeit, aber noch nicht finanziert sind. Diese Projekte haben einen Gesamtwert von 43,4 Milliarden Euro. Sie umfassen Energieprojekte, Eisenbahn- und Autobahnprojekte, touristische Infrastruktur sowie Projekte zur Abfallwirtschaft.

4

https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/construction/european-construction-observatory-eco/country-fact-sheets/greece_en

5

https://commission.europa.eu/business-economy-euro/economic-recovery/recovery-and-resilience-facility/country-pages/greeces-recovery-and-resilience-plan_en

Auswirkungen der grünen und digitalen Wende auf den Bausektor insgesamt

Energiearmut und Energieeffizienz sind die Hauptziele der Initiativen im Bausektor. Bis 2030 beabsichtigt Griechenland, die aktuellen Initiativen durch die Sanierung von 68.000 Wohngebäuden auszuweiten. Das Electra-Programm unterstützt Energieeffizienzverbesserungen an öffentlichen Gebäuden. Um den Energieverbrauch zu senken und Energiearmut zu bekämpfen, fördert Griechenland energieeffiziente Lösungen wie solarthermische Warmwasserbereiter. Das Land strebt an, Heizkessel mit fossilen Brennstoffen bis 2040 aus dem Verkehr zu ziehen.

Der Bedarf an neuen Kompetenzen zur Umsetzung der grünen und digitalen Wende wächst und könnte eine Chance für die künftige nachhaltige Wettbewerbsfähigkeit der Bauwirtschaft darstellen.

Thematische Analyse des aktuellen Stands der Technik

Digitalisierung im Bauwesen (Wohnen 4.0)

Wichtige digitale Technologien

Zu den wichtigsten digitalen Technologien, die auf den griechischen Markt drängen, gehören:

Building Information Modelling (BIM) – der Eckpfeiler der digitalen Transformation im griechischen Bauwesen. Das Ministerium für Infrastruktur und Verkehr hat die nationale BIM-Strategie und den Fahrplan (2024–2029) auf den Weg gebracht. Zwar ist BIM bei öffentlichen Ausschreibungen noch nicht verpflichtend, doch seine Einbindung in Pilotprojekte und die Planung öffentlicher Infrastruktur nimmt zu, unterstützt durch Universitäten und Berufsverbände.

Digitale Zwillinge werden im Rahmen von Pilotprojekten und Forschungsinitiativen in den Bereichen energetische Sanierung und öffentliche Infrastruktur eingeführt. Diese virtuellen Nachbildungen von Gebäuden ermöglichen eine Leistungsüberwachung in Echtzeit, vorausschauende Instandhaltung und datengestützte Entscheidungsfindung über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes hinweg. Technologien für digitale Zwillinge unterstützen Griechenlands Energiewende und Sanierungswelle und ermöglichen die Leistungsüberwachung von Gebäuden, die im Rahmen von NRRP-Programmen wie ELECTRA und „Energy Efficiency at Household“ modernisiert werden.

E-Genehmigungen & digitale Gebäudeidentität: Baugenehmigungen werden ausschließlich online über das „e-ΆΔΕΙΕΣ“-System der TEE erteilt; die elektronische/digitale Gebäudeidentität (E-ID) erstellt ein digitales Logbuch für jedes Gebäude (Baupläne, Energieausweis, Kataster-ID) und bildet damit die Grundlage für die Anlagendaten der digitalen Zwillinge.

Künstliche Intelligenz (KI) und Datenanalyse für das Energiemanagement: KI-Algorithmen werden zunehmend eingesetzt, um HLK-Anlagen, Beleuchtung und die Integration erneuerbarer Energien sowohl in Neubauten als auch in sanierten Gebäuden zu optimieren. Kommunen wie Athen,

Technik

Thessaloniki und Trikala testen KI-gestütztes Energiemanagement im Rahmen von Smart-City-Projekten, finanziert durch digitale Innovationsprogramme der EU.

Internet der Dinge (IoT) in Gebäuden: IoT-basierte Überwachungssysteme werden zunehmend in öffentliche Gebäude integriert, die im Rahmen der Initiativen NRRP und ELECTRA saniert werden, und unterstützen damit den allgemeinen Wandel Griechenlands hin zu einem intelligenten und effizienten Gebäudebetrieb.

Ökobilanz (LCA) und digitaler Materialpass: Zur Angleichung an den EU-Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft und die überarbeitete Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD) gewinnen LCA-Tools und Materialpässe in Griechenland zunehmend an Bedeutung. Forschungseinrichtungen (z. B. NTUA, CRES) und regionale Energieagenturen testen digitale Tools zur Bewertung des grauen CO₂, zur Beurteilung von Sanierungsoptionen und zur Förderung eines nachhaltigen Materialmanagements.

Einführung und Auswirkungen auf Bauprozesse und Gebäudebetrieb

Die nationale BIM-Strategie (2024–2029) ist ein wichtiger Schritt nach vorn. Obwohl BIM nicht verpflichtend ist, wird es zunehmend von großen Planungs- und Ingenieurbüros eingesetzt, insbesondere bei Infrastruktur-, energetischen Sanierungs- und öffentlichen Bauprojekten. Universitäten und Berufsverbände wie die Technische Kammer Griechenlands (TEE) und PEDMEDE bauen die Aus- und Weiterbildung im Bereich BIM aus. Die Mehrheit der griechischen Bauunternehmen, insbesondere KMU, stützt sich jedoch nach wie vor auf traditionelle 2D-CAD-Arbeitsabläufe mit begrenztem Datenaustausch und ohne integrierte Projektmanagement-Plattformen.

Digitale Werkzeuge wie BIM, Energiesimulationssoftware und Ökobilanzmodelle werden in Gebäudesanierungsprojekten im Rahmen von NRRP-Programmen wie „Electra“ und „Exoikonomo“ („Energie sparen zu Hause“) getestet, hauptsächlich für Energieaudits.

Einige Kommunen (Athen, Trikala, Thessaloniki, Ioannina) und öffentliche Einrichtungen haben eine IoT-basierte Energieüberwachung in öffentlichen Gebäuden eingeführt, meist im Rahmen von EU-Projekten oder Partnerschaften mit Forschungseinrichtungen. Daten von intelligenten Zählern und Sensoren werden zur Erfassung des Strom-, Heizungs- und Wasserverbrauchs genutzt und unterstützen die Berichterstattung zur Energieeffizienz.

Aktuelle Qualifikationen und sich abzeichnende Berufsbilder

Die Arbeitskräfte im griechischen Baugewerbe sind zwar sehr erfahren, aber eine alternde Belegschaft, wobei viele Fachkräfte nach konventionellen Methoden der Planung und Projektabwicklung ausgebildet wurden. Der Sektor wird nach wie vor von kleinen Betrieben dominiert, die nur begrenzt mit fortschrittlichen digitalen Werkzeugen wie BIM oder digitalen Zwillingen in Berührung kommen. Es besteht eine erhebliche Qualifikationslücke zwischen den Anforderungen der digitalen Transformation und den derzeitigen technischen Fähigkeiten der Arbeitskräfte, insbesondere in KMU.

Technik

Die zunehmende Digitalisierung und der Wandel hin zu einer stärker dienstleistungsorientierten Wirtschaft, auch im verarbeitenden Gewerbe, werden zu einem stärkeren Einsatz von Berufen auf höherem Qualifikationsniveau führen. Am anderen Ende des Spektrums scheinen Berufe auf niedrigerem Qualifikationsniveau, die die Produktion und den Dienstleistungssektor unterstützen, ebenso wie einige Berufe auf mittlerem Qualifikationsniveau abzunehmen. Die Stärke der meisten Berufe auf mittlerem Qualifikationsniveau, die in Griechenland ein hohes Qualifikationsniveau aufweisen, begrenzt die Gesamtauswirkungen auf Berufe mit mittlerer Qualifikation. Es wird erwartet, dass die Zahl der Beschäftigten im Baugewerbe und in verwandten Gewerben sowie der Beschäftigten in der Metallindustrie, im Maschinenbau und in verwandten Gewerben zurückgehen wird, was höchstwahrscheinlich auf die zunehmende Automatisierung in diesen Sektoren zurückzuführen ist (CEDEFOP, 2025).

Entstehende Berufsbilder beziehen sich überwiegend auf den intelligenten Gebäudebetrieb und Automatisierungstechnologien, einschließlich des Einsatzes von Sensoren, Steuerungssystemen und Gebäudemanagementsystemen (BMS) zur Echtzeitüberwachung und Optimierung der Energieeffizienz. : BIM-Koordinator/Manager, Techniker für digitales Bauen (CDE-Administrator), Gebäudedatenmodellierer, Energiedatenanalyst, IoT-Techniker, Berater für Renovierungsausweise. Die EU-Kompetenzleitlinien (CEDEFOP/UNESCO-UNEVOC) heben Mikroqualifikationen, Weiterqualifizierung und Lehrlingsausbildungen für den ökologischen und digitalen Wandel hervor.

Relevante Markttrends, die Angebot und Nachfrage prägen

Aus den Antworten der Bauunternehmen auf die vom IOBE im Auftrag der Europäischen Kommission monatlich durchgeführten Unternehmens- und Verbraucherumfragen geht hervor, dass der Arbeitskräftemangel als größtes Wachstumshemmnis im Jahr 2023 genannt wird. In Griechenland wird erwartet, dass das Angebot an gering- und mittelqualifizierten Arbeitskräften bis 2035 hinter der Nachfrage zurückbleiben wird, während das Angebot an hochqualifizierten Arbeitskräften die Nachfrage nach diesen Qualifikationen weitgehend decken dürfte. Der Arbeitskräftemangel ist daher derzeit die größte Sorge der Bauunternehmen; er hat seit 2022 sogar stark zugenommen, während gleichzeitig der Bedarf an neuen Kompetenzen zur Umsetzung der grünen und digitalen Wende wächst

Kreislaufwirtschaft und nachhaltige Baustoffe

Grundsätze und Praktiken (z. B. Wiederverwendung, Recycling, Abfallbewirtschaftungsstrategien)

Der Wirtschaftspolitische Rat der griechischen Regierung hat Anfang 2018 einen Nationalen Aktionsplan zur Kreislaufwirtschaft (CE) verabschiedet, um das Land auf den Weg zur langfristigen Umsetzung der CE-Grundsätze zu bringen. Dies unterstützt die Wirtschaftsstrategie Griechenlands in ihrem zentralen Bestreben, die Wirtschaft auf eine Weise zu ökologisieren, die Arbeitsplätze schafft – insbesondere für Frauen und Jugendliche – und ein langfristiges, gerechtes und inklusives Wachstum auf der Grundlage von

Technik

Ressourceneffizienz, Förderung von KMU, Innovation und Investitionen in neue Technologien sowie der Stärkung des Potenzials der „Sozialwirtschaft“ ermöglicht.

Darüber hinaus dient der „Nationale Energie- und Klimaplan“ (NECP) Griechenlands als strategischer Plan für Klima- und Energiefragen und enthält einen detaillierten Fahrplan zur Erreichung konkreter Energie- und Klimaziele bis 2030. Er skizziert und analysiert die Prioritäten und notwendigen politischen Maßnahmen in einem breiten Spektrum von Entwicklungs- und Wirtschaftsaktivitäten zum Wohle der griechischen Gesellschaft und etabliert sich damit als Referenzdokument für das nächste Jahrzehnt. Die Langfristige Strategie (LTS) für das Jahr 2050 ist ein Fahrplan für die Klima- und Energiepolitik des Landes, der darauf abzielt, bis 2050 Klimaneutralität zu erreichen. Diese Strategie beginnt im Jahr 2030 und bezieht die Ziele des NECP ein, wobei technologische Lösungen vorgeschlagen werden, die auf den heimischen Markt anwendbar sind. Sie zielt zudem auf Flexibilität in der Energiepolitik ab, um sich an technologische Fortschritte und Schwankungen im Energieverbrauch in den verschiedenen Wirtschaftssektoren nach 2030 anzupassen. Gemäß dem NECP liegt das nationale Ziel für den Anteil erneuerbarer Energiequellen (RES) am Endenergieverbrauch bei mindestens 35 % und übertrifft damit das europäische Ziel von 32 %.

Der Nationale Abfallwirtschaftsplan (2020–2030) und die Nationale Strategie für die Kreislaufwirtschaft (2022–2030) räumen Bau- und Abbruchmaterialien (C&D) als Schlüsselwertschöpfungsketten für Ressourceneffizienz und Abfallvermeidung Priorität ein. Die Nationale Strategie für die Kreislaufwirtschaft (2022–2030) identifiziert Bau- und Abbruchabfälle (CDW) als vorrangige Wertschöpfungskette zur Erreichung von Ressourceneffizienz, Abfallvermeidung und kohlenstoffarmem Wachstum. Der Wandel wird zudem durch den Nationalen Abfallwirtschaftsplan (2020–2030) und den Nationalen Aufbau- und Resilienzplan (Griechenland 2.0) unterstützt, die nachhaltige Baustoffe, selektiven Rückbau und die digitale Überwachung von Materialströmen fördern. Die Region Attika und die Stadt Athen führen in Zusammenarbeit mit Forschungseinrichtungen Pilotprojekte zum selektiven Rückbau und zur Wiederverwendung von Materialien im Rahmen von Stadterneuerungsprojekten durch.

Nachhaltige Baustoffe und ihre Anwendung in Gebäuden

Energieeffizienzprogramme wie „Exoikonomo“ und „Electra“ fördern den Einsatz umweltzertifizierter Dämmstoffe.

Mehrere Pilotprojekte im Rahmen des Aktionsplans für die Kreislaufwirtschaft (2021–2030) fördern die Wiederverwendung von Bau- und Abbruchabfällen (CDW) im Straßenbau und bei nichttragenden Betonanwendungen.

Griechische Forschungseinrichtungen wie die Nationale Technische Universität Athen (NTUA) und CERTH entwickeln nanoverstärkte Materialien, die die Oberflächenbeständigkeit, die Selbstreinigungseigenschaften und die UV-Beständigkeit verbessern. Diese Technologien werden im Rahmen von durch „Horizon Europe“ und das NRRP finanzierten Projekten bei der energetischen Sanierung von Gebäuden getestet.

Griechische Unternehmen wie FIBRAN, ALUMIL und Isomat führen umweltfreundliche Dämmstoffe, EPS-Recyclingsysteme und Aluminiumsysteme mit recycelten Anteilen ein, die der EU-Taxonomie und den EPD-Zertifizierungsstandards entsprechen. Diese unterstützen den Übergang zu den Leistungsanforderungen für Niedrigstenergiegebäude (nZEB).

Technik

Pilotinitiativen in Attika, Thessaloniki und auf Kreta fördern Materialrückgewinnungsplattformen, auf denen Abbruchmaterialien, Metallkomponenten und Fliesen wiederverwendet oder weiterverkauft werden. Der Nationale Wiederaufbau- und Resilienzplan (NRRP) sieht Mittel für „Green Building Clusters“ vor, die die Materialrückgewinnung in lokale Praktiken der Kreislaufwirtschaft integrieren.

Griechische Hersteller beginnen, sich an die europäischen Nachhaltigkeitskriterien anzupassen, auch wenn sich die Innovation nach wie vor auf einige wenige große Akteure und Forschungskonsortien konzentriert:

- HERACLES-Gruppe (LafargeHolcim) – produziert CO₂-arme „EcoPlanet“-Zemente und investiert in alternative Brennstoffe und recycelte Zuschlagstoffe.
- FIBRAN – Entwicklung von Dämmstoffen aus recycelten Materialien mit verbesserter Wärmedämmleistung.
- ALUMIL – setzt auf eine kreislaforientierte Aluminiumproduktion mit einem Recyclinganteil von über 60 % und Umweltproduktdeklarationen (EPDs) für Fassadensysteme.

Dennoch bietet die Kombination traditioneller mediterraner Materialien (Stein, Kalkputz, Holz) mit modernen biobasierten Verbundwerkstoffen wachsende Chancen für eine nachhaltige regionale Architektur.

Aktuelle Qualifikationen und sich abzeichnende Berufsbilder

Zukünftiger Ausbildungsbedarf bis 2030 in den Bereichen erneuerbare Energien und Energieeffizienz. Die Mehrheit der im griechischen Hoch- und Tiefbau beschäftigten Techniker und Facharbeiter hält es für äußerst wichtig, Kompetenzen in folgenden Bereichen zu entwickeln:

- Energieeffizienzmaßnahmen und die Integration erneuerbarer Energien – insbesondere bei der Installation von Dämmsystemen, energieeffizienten Fenstern, Wärmepumpen, Photovoltaikanlagen und solarthermischen Lösungen sowohl in Wohngebäuden als auch in öffentlichen Gebäuden.
- Bewertung des CO₂-Fußabdrucks und Lebenszyklusdenken – Verständnis der in Materialien und Systemen gebundenen CO₂-Menge und der Umweltauswirkungen über deren gesamten Lebenszyklus hinweg, wie es die neuen EU-Nachhaltigkeitsvorschriften erfordern.
- Kreislaufwirtschaft im Bauwesen und Ressourceneffizienz – Fähigkeiten im Zusammenhang mit der Wiederverwendung, dem Recycling und der Rückgewinnung von Baumaterialien sowie der Anwendung von Prinzipien der Kreislaufwirtschaft bei Neubau- und Sanierungsprojekten.
- Tiefgreifende Sanierung und modulare/industrialisierte Baulösungen – die Fähigkeit, umfassende Sanierungsprojekte unter Verwendung vorgefertigter und modularer Bauteile durchzuführen, wodurch sowohl die Baugeschwindigkeit als auch die Energieeffizienz verbessert werden.

Relevante Markttrends, die Angebot und Nachfrage prägen

Die Überarbeitung der KENAK (Energieeffizienzverordnung) und die Angleichung an die EU-Taxonomie führen zu strengeren Energie- und Umweltstandards und schaffen eine wachsende Nachfrage nach ökologischer Dämmung, kohlenstoffarmem Zement und recycelten Materialien. Über 55 % der Gebäude in Griechenland wurden vor 1980 errichtet; von der EU finanzierte Sanierungsprogramme (z. B. „Exoikonomo“) unterstützen groß angelegte Modernisierungsmaßnahmen und treiben die Nachfrage nach energieeffizienten Materialien und modularen Nachrüstsystemen voran.

Gleichzeitig fördern steigende Preise für traditionelle Baumaterialien – die Preise für traditionelle Materialien (Zement, Stahl) stiegen 2024–2025 um 4–6 % (ELSTAT, 2025) – den Einsatz kostengünstigerer, nachhaltiger und lokal beschaffter Alternativen. Auf der Angebotsseite treiben einheimische Hersteller wie TITAN und HERACLES Innovationen in den Bereichen kohlenstoffarme Zemente, Klinkerersatz und Technologien zur Kohlenstoffabscheidung voran und erweitern so die Verfügbarkeit nachhaltiger Materialien im Einklang mit EU-Standards. Die Zahl der LEED- und BREEAM-zertifizierten Projekte ist in den letzten Jahren deutlich gestiegen, was die Nachfrage nach zertifizierten Ökomaterialien stärkt.

Übergreifende Analyse und Chancen

Zusammenhänge und Synergien zwischen den Themenbereichen

Digitalisierung, Prinzipien der Kreislaufwirtschaft und nachhaltige Materialien sind zunehmend miteinander verflochtene Säulen des Wandels im griechischen Bauwesen. Gemeinsam unterstützen sie einen Übergang zu kohlenstoffarmen, ressourceneffizienten und datengesteuerten Baupraktiken, die im Einklang mit dem EU-Green Deal und der griechischen Strategie für die Kreislaufwirtschaft stehen. Der kombinierte Einsatz von BIM, Materialpässen und Ökobilanz-Tools kann die Ressourceneffizienz, die Abfallvermeidung und die CO₂-Bilanz über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes hinweg erheblich verbessern.

Gemeinsame Herausforderungen und Hindernisse in verschiedenen europäischen Regionen (z. B. politischer, finanzieller und qualifikationsbezogener Art)

Es bestehen weiterhin umfassendere Herausforderungen für die Branche, darunter unter anderem Fragen im Zusammenhang mit den Humanressourcen und der Finanzierung der Unternehmen der Branche, die Aussichten für das Bauwesen nach Auslaufen der Aufbau- und Resilienzfazilität im Jahr 2026, der institutionelle Rahmen des öffentlichen Bauwesens und die nationale Infrastrukturplanung, die Integration von Technologie und die Digitalisierung des Bauwesens zur Steigerung der Produktivität der Branche, die Anpassung der Branche an den Klimawandel und schließlich die Übernahme von ESG-Standards durch Bauunternehmen. Insbesondere der Arbeitskräftemangel wird als Haupthindernis für das Wachstum im Jahr 2024 hervorgehoben, und auch Finanzierungsschwierigkeiten haben sich auf die Bautätigkeit

Technik

ausgewirkt. Das für die nächsten Jahre prognostizierte Wachstum der inländischen Bautätigkeit wird einen zusätzlichen Arbeitskräftebedarf in verschiedenen Qualifikationsbereichen schaffen. Nach Schätzungen der Studie könnte die Gesamtbeschäftigung im Baugewerbe im Zeitraum 2025–2026 auf etwa 236.000 Beschäftigte ansteigen, was einem Anstieg um 26.000 Beschäftigte gegenüber der Gesamtbeschäftigung im Baugewerbe im Jahr 2024 (210.000 Beschäftigte) entspricht (IOBE, 2025)

Zu den größten Hindernissen, die den Zugang zu Ausbildungsprogrammen gleichermaßen einschränken, zählen die Ausbildungskosten, der Mangel an verfügbarer Zeit für die Teilnahme an Ausbildungsprogrammen, unzureichende institutionelle Rahmenbedingungen, das Fehlen geeigneter Ausbildungsprogramme sowie die Unkenntnis der Endnutzer über Qualifikationsnachweise, was dazu führt, dass kein zusätzlicher Mehrwert wahrgenommen wird.

Innovationschancen in der beruflichen Bildung für nachhaltiges Bauen (Identifizierung vielversprechender Handlungsfelder)

Innovationschancen liegen in integrierten Ausbildungsprogrammen, die Folgendes kombinieren:

- digitale Bauwerkzeuge (z. B. BIM, digitale Zwillinge, Drohnen zur Baustellenüberwachung);
- Energieeffizienz und Prinzipien des kreislaforientierten Designs;
- Praktische Anwendung nachhaltiger Materialien
- Schwerpunkt auf selektivem Rückbau, Materialrückgewinnung und Abfallsortierung
- Modulare Berufsbildungsprogramme, die praktische Baufertigkeiten mit Technologien der Energiewende verbinden
- KMU und Arbeitnehmer verfügen oft nicht über ausreichende Kenntnisse in den Bereichen Ökobilanz (LCA), Einsatz von Ökomaterialien und Abfallwirtschaft, was den Bedarf an Innovationen in der beruflichen Bildung und an Zertifizierungssystemen deutlich macht.

Schlussfolgerungen und Empfehlungen für WP4

Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse (Synthese der wichtigsten Erkenntnisse)

Die Weiterqualifizierung und Umschulung der Arbeitskräfte birgt erhebliches Potenzial, insbesondere im Hinblick auf digitale Kompetenzen. CEDEFOP hebt hervor, dass mittelqualifizierte Berufe in Griechenland besonders stark von der digitalen und grünen Wende betroffen sind, wobei sich Lücken bei der Nutzung von BIM, digitalen Zwillingen, IoT-Systemen und der Überwachung der Energieeffizienz abzeichnen. Der Arbeitskräftemangel sowohl in gering- als auch in mittelqualifizierten Positionen wird voraussichtlich bis

Technik

2035 anhalten, weshalb gezielte Fortbildungen für das Wachstum und die Wettbewerbsfähigkeit der Branche unerlässlich sind.

Strategische Erkenntnisse für die Gestaltung von Lehrplänen und Ausbildungsprogrammen (direkte Empfehlungen für WP4)

Ausbildungsprogramme in Griechenland sollten Module zu selektivem Rückbau, Sortierung von Bauschutt, Spezifikation von Sekundärmaterialien, Tools zur Lebenszyklus- und Materialrückverfolgbarkeit sowie zur kreislaforientierten Beschaffung ausbauen.

Die meisten Techniker im Hochbausektor halten es für unerlässlich, Kompetenzen zur Umsetzung von Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz und zur Integration von Technologien und Systemen für erneuerbare Energien in Gebäuden zu erwerben. An zweiter Stelle stehen die Kompetenzen im Zusammenhang mit dem intelligenten Betrieb von Gebäuden (insbesondere in Bezug auf Sensoren, Steuerungssysteme und Gebäudemanagementsysteme), dem CO₂-Fußabdruck während des Lebenszyklus eines Materials bzw. Systems, dem kreislaforientierten Bauen und der effizienten Ressourcennutzung sowie die Kompetenzen im Zusammenhang mit der umfassenden Sanierung von Gebäuden, unter anderem durch modulare und industrielle Lösungen.

● Quellenangaben

- BUILD UP Skills – Griechenland. (April 2024). Εθνικός Οδικός Χάρτης για το 2030 (WP 4 – D4.5). Athen, Griechenland.
- CRES. (2023). Energieeffizienz und nachhaltiges Bauen in Griechenland: Politische und marktbezogene Trends. Zentrum für erneuerbare Energiequellen und Energieeinsparung.
- CEDEFOP. (2025). Qualifikationsprognose: Griechenland 2025–2035 – Auswirkungen der grünen und digitalen Transformation auf die Arbeitskräfte. Europäisches Zentrum für die Förderung der Berufsbildung.
- CEDEFOP. (2024). Auswirkungen des Europäischen Grünen Deals auf ausgewählte Berufe: Bauarbeiter. Einblicke in Daten zur Qualifikationsanalyse. Europäisches Zentrum für die Entwicklung der beruflichen Bildung. <https://www.cedefop.europa.eu>
- ELSTAT. (2024). Statistische Daten zum Bausektor, zur Produktion und zur Beschäftigung in Griechenland. Griechisches Statistikamt. <https://www.statistics.gr>
- Europäische Kommission. (16. September 2024). *Einrichtung und Förderung einer nationalen BIM-Strategie in Griechenland* [Projektzusammenfassung]. Reform-Support. https://reform-support.ec.europa.eu/what-we-do/digital-transition/establishment-and-promotion-national-bim-strategy-greece_en en Reform Support

Technik

- Europäische Plattform der Interessengruppen für Kreislaufwirtschaft. (Februar 2018). *Griechenlands Aktionsplan zur Kreislaufwirtschaft*. Europäische Kommission. <https://circulareconomy.europa.eu/platform/en/strategies/greeces-action-plan-circular-economy>
- Stiftung für Wirtschafts- und Industrieforschung. (27. März 2024). *Trends, Herausforderungen und Perspektiven des Bauwesens in Griechenland* [Bericht]. https://iobe.gr/docs/research/en/RES_05_F_27032024_REP_EN.pdf iobe.gr+2iobe.gr+2
- Stiftung für Wirtschafts- und Industrieforschung. (24. Juni 2025). *Bauwesen – Trends, Herausforderungen und Perspektiven des Bauwesens in Griechenland* [Bericht]. https://iobe.gr/docs/research/en/RES_05_F_24062025_REP_EN.pdf iobe.gr
- Griechisches Statistisches Amt. (2025). *Produktionsindex im Baugewerbe (IPC), 2. Quartal 2025*. <https://www.statistics.gr>
- IOBE. (21. Juli 2021). Die Rolle der Infrastruktur- und Bauindustrie am nächsten Tag der griechischen Wirtschaft. Abgerufen unter <https://www.forin.gr/articles/article/50238/iobe-o-rolos-ths-biomhxanias-upodomwn-kai-kataskeuwn-thn-epomenh-hmera-ths-ellhnikhs-oikonomias>
- <https://build-up.ec.europa.eu/en/resources-and-tools/publications/construction-2025-2026-challenges-and-opportunities>
- https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/construction/european-construction-observatory-eco/country-fact-sheets/greece_en
- https://commission.europa.eu/business-economy-euro/economic-recovery/recovery-and-resilience-facility/country-pages/greeces-recovery-and-resilience-plan_en
- https://ec.europa.eu/economy_finance/recovery-and-resilience-scoreboard/country_overview.html?lang=en
- <https://pedmede.gr/en/construction-industry-in-greece-report-2024-forecast-2025/>

Anhang 6: Nationaler Bericht zum Stand der Technik – Italien



BERICHT ÜBER DEN STAND DER TECHNIK

ITALIEN

● Einleitung

Ziel dieser Aufgabe ist es, einen Überblick über aktuelle Praktiken und Innovationen im Bereich des nachhaltigen und energieeffizienten Bauens in Italien zu geben, wobei der Schwerpunkt auf deren Integration in Ausbildungs-, Qualifizierungs- und Innovationsrahmen liegt. Konkret verfolgt der Bericht folgende Ziele:

- nachhaltige Praktiken und Innovationen im Wohnungsbau zu untersuchen, wobei der Schwerpunkt auf Digitalisierung („Housing 4.0“) und Ansätzen der Kreislaufwirtschaft liegt.
- zu untersuchen, wie sich diese Innovationen mit Bildung und Ausbildung überschneiden, insbesondere in der beruflichen Bildung und im lebenslangen Lernen;
- Markt- und politische Trends zu identifizieren, die die Nachfrage nach neuen Kompetenzen und Qualifikationen prägen.
- Hervorzuheben, wie öffentlich finanzierte Projekte Synergien zwischen Nachhaltigkeit, digitalem Wandel und Personalentwicklung fördern.

Die Analyse erfolgte im Rahmen einer Sekundärforschung, bei der Literaturrecherche, Fallstudienanalyse, vergleichende Rahmenbedingungenprüfung und Stakeholder-Kartierung kombiniert wurden, um die aktuelle Lage und die relevanten Bedürfnisse von Fachkräften im Bauwesen, politischen Entscheidungsträgern, Berufsbildungseinrichtungen und Endnutzern zu erfassen.

– Allgemeiner Kontext: Der italienische Bausektor und die Energiewende

Dieser Abschnitt bietet einen prägnanten Überblick über den italienischen Bausektor im Kontext der Energie-, Nachhaltigkeits- und digitalen Wende. Er gibt einen Überblick über das politische und regulatorische Umfeld, die allgemeine Marktdynamik und die wichtigsten Trends im Bauwesen sowie schließlich über die Auswirkungen der grünen und digitalen Wende auf den Bausektor im weiteren Sinne.

2.1. Politisches und regulatorisches Umfeld

Wie in den anderen EU-Mitgliedstaaten unterliegt auch der italienische Bausektor einem umfassenden Rahmen aus europäischen und nationalen Strategien und Vorschriften zur Förderung von Nachhaltigkeit, Energieeffizienz und Digitalisierung. Auf europäischer Ebene zählen zu den wichtigsten Initiativen die **Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD)**, der **Europäische Grüne Deal**, die **Sanierungswelle**, der **EU-Aktionsplan für Kreislaufwirtschaft** und die **EU-Taxonomie für nachhaltiges Bauen**, die gemeinsam ehrgeizige Ziele für Klimaneutralität, Energieeffizienz und die Umsetzung der Kreislaufwirtschaft festlegen.

- **Nationale politische Anreize, Initiativen und Strategien:**
 - **Superbonus 110 % & Ecobonus:** Steuerliche Anreize für energieeffiziente Sanierungen von Wohngebäuden, die die Marktakzeptanz von Energie- und Nachhaltigkeitsverbesserungen fördern. Der 2021 eingeführte Superbonus sah bis 2023 einen Steuerabzug von 110 % vor, der bis Ende 2025 auf einen niedrigeren Prozentsatz gesenkt wurde. Schätzungen zufolge werden dadurch insgesamt ca. 500.000 Gebäude (5,8 % des italienischen Wohnungsbestands) saniert, vorwiegend Mehrfamilien- und Einfamilienhäuser (FIEC, 2025).
 - **Initiativen zur Digitalisierung und Kreislaufwirtschaft:** Förderung von Building Information Modelling (BIM), digitalen Hubs und kreislaufwirtschaftlichen Materialpraktiken zur Steigerung von Effizienz und Nachhaltigkeit. Diese Themen werden im Rahmen einer aktuellen Gesetzesüberprüfung, der Festlegung aktualisierter Strategien und Fahrpläne sowie durch Bottom-up-Maßnahmen behandelt, die vom Bauökosystem vorangetrieben werden.
- **Regulatorische Maßnahmen:**
 - **Mindestumweltkriterien (Criteri Ambientali Minimi, CAM):** Nationale verbindliche Anforderungen an Nachhaltigkeit und Kreislaufwirtschaft bei öffentlichen Beschaffungsprojekten, die 2017 eingeführt und durch den Ministerialerlass 256/2022 mit verbindlichen Vorschriften aktualisiert wurden.
 - **Nationaler Plan für Wiederaufbau und Resilienz (Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza, PNRR):** Das zentrale strategische Instrument – während der Covid-19-Krise von der EU kofinanziert –, das die öffentlichen Investitionen bis 2026 prägt. Über einen reinen Finanzierungsmechanismus hinaus ist der PNRR eine umfassende Reformagenda, die den Schwerpunkt auf Stadterneuerung, Digitalisierung und grüne Innovation legt, wobei ein erheblicher Teil der Mittel für baubezogene Aktivitäten vorgesehen ist (Grestone, 2023).
 - **Reform des Vergabegesetzes (Gesetzesdekret 36/2023):** Eine umfassende Gesetzesüberarbeitung, die darauf abzielt, Vergabeverfahren zu straffen und Investitionen in grüne Technologien, Forschung und Innovation zu erleichtern. Diese Reform wirkt sich unmittelbar auf den Bausektor aus, indem sie die Vorschriften für dessen größten Auftraggeber – den öffentlichen Sektor – modernisiert (Grestone, 2023). Zu den wichtigsten Neuerungen gehört, dass das reformierte Gesetz ab Januar 2025 den **obligatorischen Einsatz von BIM** für die Planung und den Bau neuer öffentlicher Gebäude sowie für die Sanierung von denkmalgeschützten Gebäuden vorschreibt – sofern bestimmte wirtschaftliche Schwellenwerte nicht überschritten werden.
 - **Nationale Strategie für die Kreislaufwirtschaft:** Hier wird das Bauwesen als vorrangiger Sektor für Praktiken der Kreislaufwirtschaft identifiziert. Die Strategie stärkt regulatorische Instrumente wie die „End-of-Waste“-Kriterien und das CAM und fördert so kreislaufwirtschaftlichere Ansätze in der gesamten Branche (Construction.gov.it, 2022).

Technik

- Ein weiteres relevantes Instrument ist der **PNIEC – Nationaler Integrierter Energie- und Klimaplan** (aktualisiert 2024), der die nationale Strategie bis 2030 umreißt, einschließlich Emissionsminderungszielen und Zielen für erneuerbare Energien. Die aktuellste Fassung des Plans ist beim Ministerium für Umwelt und Energiesicherheit erhältlich. Der PNIEC 2024 knüpft zudem an die Verpflichtungen Italiens im Rahmen der EU-Klima- und Energiepolitik an, darunter Ziele zur Energieeffizienz, Dekarbonisierung und zur Integration erneuerbarer Energien.

Trotz dieser Chancen bleiben einige Herausforderungen bestehen. Die finanzielle Nachhaltigkeit von Fördermaßnahmen, insbesondere des Superbonus, die begrenzte Inanspruchnahme von PNRR-Mitteln, ungleiche Kompetenzen im Bereich der digitalen und Kreislaufwirtschaft bei KMU sowie Lücken zwischen dem Angebot an beruflicher Bildung und der Marktnachfrage behindern eine vollständige Transformation des Sektors. Diese Entwicklungen verändern die Berufsprofile und unterstreichen den Bedarf an **grünen und digitalen Kompetenzen** sowie an innovativen Bildungswegen, darunter Mikro-Zertifikate, praxisorientiertes Lernen und digitale Labore (Europäische Beobachtungsstelle für den Bausektor, 2020).

Der Superbonus stellt aus dieser Perspektive ein vorbildliches Beispiel dar. Im Haushaltsgesetz 2021 wurden **69,8 Milliarden Euro** bereitgestellt, von denen **29,6 Milliarden Euro** für Energieeffizienz und Gebäudesanierung vorgesehen waren (European Construction Sector Observatory, 2021). Doch trotz der starken Nachfrage und eines deutlichen Beschäftigungszuwachses in der Branche bleibt die Rekrutierung von qualifiziertem Personal langfristig eine Herausforderung, solange das Förderprogramm in vollem Umfang läuft (bis 2023), was die Bedeutung gezielter Ausbildungs- und Weiterbildungsinitiativen unterstreicht (CRESME, 2021).

2.2. Allgemeine Marktdynamik und wichtige Trends in Italien

Der Bausektor ist einer der Eckpfeiler der italienischen Wirtschaft und macht direkt etwa **5–6 % des BIP** aus; **unter Berücksichtigung der gesamten Lieferkette** (Materialien, Dienstleistungen, freiberufliche Tätigkeiten) sind es bis zu **20 %** (Randstad Research, 2023). Seine systemische Bedeutung wird durch die **3,1 Millionen Arbeitnehmer**, die direkt oder indirekt in der Branche beschäftigt sind, noch unterstrichen. In der Zeit nach der Pandemie fungierte das Baugewerbe als einer der wichtigsten Motoren der Erholung, trug ein Drittel zum nationalen BIP-Wachstum bei und erwirtschaftete **im Jahr 2023** einen Gesamtproduktionswert von **624 Milliarden Euro** (BigMat, 2023).

Das jüngste Wachstum des Sektors zeigte jedoch eine ausgeprägte **Abhängigkeit von steuerlichen Anreizen** wie dem **Superbonus, dem Ecobonus und anderen baubezogenen Steuermaßnahmen**, die die Bautätigkeit erheblich ankurbelten (BuildNews, 2023). Angesichts des schrittweisen Auslaufens dieser Maßnahmen deuten Prognosen für den Zeitraum 2024–2025 auf einen Rückgang von **–5,3 % bis –7,4 %** hin, was einen Boom-Bust-Zyklus verdeutlicht, der weitgehend von der Regierungspolitik beeinflusst wird (Repubblica Finanza, 2024).

Der Markt weist **deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Segmenten** auf. Die **Renovierung von Wohngebäuden**, einst der Hauptnutznießer des Superbonus, sieht sich nun aufgrund des Wegfalls der steuerlichen Förderung mit einem prognostizierten **Rückgang von 27 %** konfrontiert. Da jedoch **73 % der 12,2 Millionen Gebäude in Italien** in den niedrigsten Energieeffizienzklassen (E–G) eingestuft sind, bleibt

Technik

die langfristige Nachfrage nach energetischen Sanierungen strukturell stark, insbesondere vor dem Hintergrund der EPBD-Richtlinie der EU (ANCE, 2024). Dennoch „löst der Auslauf der Superbonus-Steuerzuschüsse für Gebäude einen stärkeren und anhaltenderen Rückgang der Investitionen in den Wohnungsbau aus, die im Zeitraum 2021–23 eine wichtige Wachstumsquelle darstellten“ (OECD: 187, 2024).

Im Gegensatz dazu wachsen **der öffentliche Bau und die Infrastruktur** weiter – **+18 % im Jahr 2023 und voraussichtlich +20 % im Jahr 2024** –, angetrieben durch den PNRR und EU-Mittel, was den Sektor inmitten des Rückgangs des privaten Marktes effektiv stabilisiert (ANCE, 2024). **Der Neubau von Wohn- und Nichtwohngebäuden** verzeichnet ein moderates Wachstum, das zwar von steigenden Kosten und Finanzierungsengpässen beeinflusst wird, zunehmend aber von der Nachfrage nach nachhaltigen, energieeffizienten Gebäuden geprägt ist.

Zusammenfassend lässt sich sagen: Während der italienische Baumarkt in jüngster Zeit von **politikbedingten Schwankungen** geprägt war, **sorgen seine strukturellen Fundamentaldaten – der alternde Gebäudebestand, die EU-Ziele zur Dekarbonisierung und umfangreiche öffentliche Investitionsvorhaben – weiterhin für einen langfristigen Wandel und Widerstandsfähigkeit.**

Über die Marktdynamik hinaus steht der italienische Bausektor vor entscheidenden gesellschaftlichen Herausforderungen, die sich direkt auf die Verfügbarkeit von Arbeitskräften auswirken. Zu den wichtigsten Themen gehören:

- **Eine alternde Belegschaft:** Ein erheblicher Teil der Beschäftigten nähert sich dem Rentenalter, was einen Generationswechsel dringend erforderlich macht.
- **Ein Geschlechtergefälle und eine geringe Attraktivität für junge Menschen:** Die Branche wird insbesondere von Frauen und jüngeren Generationen aufgrund kultureller Stereotypen und vermeintlich harter Arbeitsbedingungen als unattraktiv wahrgenommen.

Im Einklang mit den übergreifenden Zielen des Projekts will EXCEL4HOUSING4.0 diese Herausforderungen angehen, indem es **Gerechtigkeit, Inklusion und Vielfalt als Hebel für eine wirksame soziale Dimension** in der Branche fördert. Durch gezielte Kampagnen zur Steigerung der Attraktivität der beruflichen Bildung (einschließlich solcher zur Förderung der Geschlechterparität) und die Schaffung moderner Ausbildungswege zielt das Projekt darauf ab, die Baubranche zu einer sinnvollen und attraktiven Berufswahl für ein breiteres und vielfältigeres Publikum zu machen.

2.3. Auswirkungen der grünen und digitalen Transformation auf den italienischen Bausektor

Grüne Wende

Der „*Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza*“ (PNRR) ist bis 2026 die treibende Kraft und lenkt Investitionen in die Stadterneuerung, nachhaltige Sanierung und grüne Infrastruktur (Grestone, o. J.-a). Ergänzend dazu hat die Reform des *Vergabegesetzes* das Vergabeverfahren vereinfacht und Nachhaltigkeitskriterien verankert, während die *Nationale Strategie für Kreislaufwirtschaft* Instrumente

Technik

wie die „End-of-Waste“-Kriterien und *die Mindestumweltkriterien (CAM)* stärkt, um Ressourceneffizienz und kreislaufwirtschaftliche Praktiken zu fördern (Consultazione.gov.it, o. J.).

Die oben erwähnte Nationale Strategie für die Kreislaufwirtschaft (SEC), die 2022 verabschiedet wurde, bietet einen umfassenden Rahmen für den Übergang. Die Strategie umreißt Maßnahmen und Ziele zur Förderung der Verwendung von Sekundärrohstoffen, zur Verbesserung der Rückverfolgbarkeit von Abfällen und zur Umsetzung von Ökodesign-Prinzipien in verschiedenen Sektoren, darunter auch im Bauwesen. Sie identifiziert mehrere wirtschaftliche Instrumente zur Unterstützung des Übergangs zur Kreislaufwirtschaft in diesem Sektor, darunter steuerliche Anreize, regulatorische Reformen und die Unterstützung von KMU bei der Einführung kreislaufwirtschaftlicher Praktiken.

Digitaler Wandel

Im digitalen Bereich verknüpft der PNRR öffentliche Fördermittel direkt mit Innovation und beschleunigt so die Einführung von BIM, der Gebäudeenergiemodellierung (BEM) und des digitalen Infrastrukturmanagements (DIM) sowohl in öffentlichen als auch in privaten Projekten (Grestone, o. J.-a). Daneben verändern Technologien wie das Internet der Dinge (IoT), Robotik, Automatisierung sowie VR/AR die Planung und Ausführung, während industrialisierte Verfahren wie die Vorfertigung die Effizienz steigern und Abfall reduzieren (Corti, Roiatti & Sala, 2025). Regionale Analysen, insbesondere in der Lombardei, zeigen, wie diese Dynamiken den Arbeitskräftebedarf verändern, wobei hybride grüne und digitale Kompetenzen zunehmend unverzichtbar werden (Corti et al., 2025).

Die Konvergenz von „grün“ und „digital“ zeigt sich am deutlichsten in der Anwendung von BIM bei der energieeffizienten Sanierung, dem Einsatz digitaler Rückverfolgbarkeit zur Gewährleistung der Einhaltung von CAM-Standards und Kreislaufwirtschaftspraktiken sowie der schrittweisen Integration von Nachhaltigkeits- und digitalen Kompetenzen in Ausbildungsinitiativen – was einen strukturellen Wandel im italienischen Bausektor bestätigt.

Dieser doppelte Wandel stellt zwar eine enorme Chance dar, führt aber auch zu einer **erheblichen Lücke zwischen den vom Markt geforderten Kompetenzen und dem aktuellen Angebot an beruflicher Bildung** in Italien. Die Teilnahmequote von Erwachsenen an Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen im Bausektor war in der Vergangenheit gering und stieg lediglich von 2,6 % im Jahr 2010 auf 3,3 % im Jahr 2020 – ein Wert, der deutlich unter dem EU-Durchschnitt von 7,4 % liegt. Tatsächlich berichten Unternehmen von wachsenden Schwierigkeiten bei der Suche sowohl **nach Fachkräften (EQR-Stufen 3–5)**, die in der Lage sind, neue Technologien zu installieren und nachhaltige Bautechniken anzuwenden, als auch **nach hochqualifizierten Fachkräften (EQR-Stufen 6–8)** wie Bauleitern, Architekten und Ingenieuren mit einer Kombination aus technischen und betriebswirtschaftlichen Kompetenzen. Das Projekt EXCEL4HOUSING4.0 fügt sich in diesen Kontext ein und zielt darauf ab, diese Lücke durch die Entwicklung innovativer und länderübergreifender Ausbildungsprogramme für beide Qualifikationsstufen zu schließen.

– Thematische Analyse des aktuellen Stands der Technik

3.1 Digitalisierung im Bauwesen

3.1.1. Wichtige digitale Technologien: (z. B. Building Information Modeling (BIM), digitale Zwillinge, künstliche Intelligenz (KI) für das Energiemanagement, Internet der Dinge (IoT) in Gebäuden)

Der italienische Bausektor durchläuft derzeit einen schrittweisen digitalen Wandel, der von der Notwendigkeit getrieben wird, Effizienz, Nachhaltigkeit und Wettbewerbsfähigkeit zu steigern. Die Einführung fortschrittlicher digitaler Technologien verläuft jedoch nach wie vor uneinheitlich, wobei kleine und mittlere Unternehmen (KMU) aufgrund begrenzter finanzieller Ressourcen, mangelnden Fachpersonals und fehlender Skaleneffekte vor erheblichen Herausforderungen stehen. Diese Ungleichheit hat zu einer „digitalen Kluft“ innerhalb der Branche geführt, wie aus den Berichten des ANCE-Observatoriums hervorgeht, die die Notwendigkeit einer nationalen digitalen Plattform für das Bauwesen und einer digitalen Infrastruktur betonen, die sich problemlos mit Systemen in ganz Europa vernetzen und kommunizieren kann, um die Kompatibilität mit EU-Standards zu gewährleisten und die grenzüberschreitende Zusammenarbeit zu erleichtern (ANCE, 2022; ANCE, 2024).

Zu den wichtigsten digitalen Technologien, die diesen Wandel prägen, gehören **Building Information Modeling (BIM)**, **Digital Twins**, **das Internet der Dinge (IoT)** und **künstliche Intelligenz (KI)** für das Energiemanagement. BIM wird zunehmend nicht nur als 3D-Modellierungswerkzeug, sondern als kollaborative Methodik für das Informationsmanagement über den gesamten Lebenszyklus von Bauwerken hinweg anerkannt (ANCE, 2025). Die Einführung von BIM wird, wie bereits erwähnt, durch nationale Vorschriften beschleunigt, darunter die Reform des Gesetzes über das öffentliche Auftragswesen und die Anforderungen im Rahmen des Nationalen Wiederaufbau- und Resilienzplans, die BIM zu einem Standard für öffentliche Projekte machen und starke Anreize für KMU schaffen, in digitale Kompetenzen zu investieren (DIHCUBE, o. J.).

Diese Werkzeuge, wie beispielsweise „Digital Twins“, werden zur Verbesserung der Energieeffizienz und des Ressourcenmanagements eingesetzt, wobei Partnerschaften wie die von Harpaceas & Ekore die Anwendung von KI und Digital Twins zur Optimierung der Gebäudeperformance und zur Senkung des Energieverbrauchs demonstrieren (Harpaceas & Ekore, 2025). Trotz Initiativen wie DIHCUBE, einer nationalen Drehscheibe zur Förderung digitaler Innovationen auf KMU-Ebene, und der Unterstützung europäischer Projekte wie DigiPLACE (DigiPlace, o. J.) bleibt die Digitalisierung für viele KMU eine Herausforderung. Berichte der ANCE zeigen, dass die Mehrheit der Unternehmen noch weit davon entfernt ist, fortschrittliche digitale Technologien vollständig einzuführen, was die Notwendigkeit weiterer Maßnahmen unterstreicht, um die digitale Kluft zu schließen und Effizienz, Produktivität und Nachhaltigkeit zu steigern (ANCE, 2024; ANCE, 2025).

Technik

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Italien zwar Fortschritte bei der Digitalisierung des Bausektors macht, jedoch eine stärkere Verbreitung digitaler Technologien unter KMU erforderlich ist, um die Lücke zu schließen und das Potenzial der digitalen Transformation voll auszuschöpfen.

In dieser Hinsicht stellt DIHCUBE eine entscheidende Chance für KMU dar, ihre Kompetenzen zu erweitern und ihr Wissen über bestehende und aufkommende digitale Technologien in der Branche zu vertiefen. Das vom PNRR kofinanzierte und von ANCE – dem Nationalen Verband italienischer Bauunternehmer – koordinierte Projekt DIHCUBE bringt Universitäten, Forschungszentren und Beratungsunternehmen zusammen, um Unternehmen zu schulen und digitale Technologien direkt zu erproben. Die Höhe der Förderung richtet sich nach der Unternehmensgröße, wodurch die Chancen für die kleinsten Unternehmen erhöht werden.

3.1.2. Einführung und Auswirkungen auf Bauprozesse und den Gebäudebetrieb

Digitale Technologien verändern das italienische Bauwesen schrittweise, doch die Einführung verläuft aufgrund der Fragmentierung der Branche und der hohen Anzahl an Kleinstunternehmen nach wie vor uneinheitlich (ANCE, 2022; DIHCUBE, o. J.).

In **den Bereichen Planung und Beschaffung** wird BIM zunehmend bei öffentlichen Projekten und großen privaten Bauvorhaben eingesetzt, um Fachbereiche zu koordinieren, Materialmengen zu quantifizieren und die Planung mit den Beschaffungsabläufen zu verknüpfen (ANCE, 2025). KMU hinken hinterher und nutzen oft nur einfache digitale Werkzeuge, während Initiativen wie DIHCUBE sie bei der Integration fortschrittlicher Lösungen unterstützen (DIHCUBE, o. J.).

Im **Bauwesen und bei den Baustoffen** tragen Vorfertigung, Off-Site-Produktion und digitale Qualitätskontrolle dazu bei, Fehler und Abfall zu reduzieren, während digitale Werkzeuge das zirkuläre Bauen und die Ökobilanz (LCA) unterstützen – im Einklang mit CAM und der italienischen Strategie für die Kreislaufwirtschaft (Consultazione.gov.it, 2025). Holz- und Hybridholzkonstruktionen profitieren von der digitalen Planung, um die Vorfertigung und die Energieeffizienz zu optimieren (ANCE, 2025).

Im **Betrieb** weisen Gebäude mit digitalen Zwillingen, IoT und Gebäudemanagementsystemen (BMS) Verbesserungen bei der Energieeffizienz, der vorausschauenden Instandhaltung und dem Komfort der Nutzer auf (Harpaceas & Ekore, 2025).

Auswirkungen und Hindernisse: Die Digitalisierung verbessert Qualität, Effizienz und CO₂-Bilanz, doch KMU stehen vor Herausforderungen wie begrenzten Fachkenntnissen, heterogenen Daten und Investitionsbedarf. Dies führt zu einer „digitalen Kluft“, in der digital ausgereifte Unternehmen eine höhere Effizienz und Rentabilität erzielen (ANCE, 2022; DIHCUBE, o. J.; Harpaceas & Ekore, 2025).

i. Aktuelle Qualifikationen und neue Berufsbilder

Neue Berufsbilder werden zunehmend von der doppelten Transformation – der ökologischen und der digitalen – geprägt. Der Einsatz von Technologien wie BIM (Building Information Modelling), BEM (Building Energy Modelling), DIM (District Information Modelling), IoT, Robotik, Automatisierung, Virtual und Augmented Reality sowie industrialisierten Bauverfahren (z. B. Vorfertigung) verändert die Anforderungen

Technik

an die Kompetenzen von Fachkräften im Bauwesen (Excelsior Unioncamere, 2024; ANCE, 2025). Von den Beschäftigten wird erwartet, dass sie traditionelle technische Kompetenzen mit neuen Fähigkeiten in den Bereichen digitale Werkzeuge, Energieeffizienz, nachhaltige Materialien und kreislaforientierte Bauprozesse kombinieren.

Diese Veränderungen unterstreichen den dringenden Bedarf an gezielten Initiativen zur Weiterqualifizierung und Umschulung. Der folgende Abschnitt stellt innovative Berufsprofile vor, die im Rahmen des RES2-Projekts (*Resilient System for Recognition of Energy Skills*) hervorgehoben wurden. Das Projekt führte eine eingehende Analyse des italienischen Kontexts und der regionalen Qualifikationsrahmen (Repertori Regionali delle Qualifiche Professionali) durch, um neue Rollen und sich entwickelnde Trends im Bausektor zu identifizieren (RES2, o. J.). Im Rahmen dieser Bestandsaufnahme identifizierte das Projekt sich entwickelnde Berufsprofile – die traditionelle und innovative Kompetenzen miteinander verbinden – sowie innovativere Profile, woraus sich die folgende Liste mit Bezug zum digitalen Bereich ergab:

m. **BIM-Techniker**

Verantwortlich für die Entwicklung und Verwaltung von Gebäudeinformationsmodellen, wobei traditionelle Zeichnungs- und technische Kompetenzen in BIM-Prozesse integriert werden. Diese Rolle kann auch Aufgaben umfassen, die traditionell von Bauzeichnern, Bautechnikern oder Ingenieuren wahrgenommen werden.

n. **Techniker für die Digitalisierung von Bauprozessen**

Unterstützt Entscheidungsprozesse durch die Aufbereitung und Strukturierung von Projektinformationen. Führt komplexe Aufgaben im Zusammenhang mit der Projektentwicklung, Berechnungen und dem Datenmanagement durch, um Bauprozesse zu optimieren.

o. **Techniker für Hausautomationssysteme**

Spezialisiert auf die Planung, Installation und Optimierung von Gebäudeautomationssystemen, wobei digitale und technische Fähigkeiten integriert werden, um die Effizienz und Steuerung von Smart-Home-Technologien zu verbessern.

p. **Techniker für 3D-Konstruktion und -Druck**

Verantwortet die 3D-Modellierung und den 3D-Druck für Bauanwendungen und erstellt digitale Prototypen, Bauteile und technische Modelle, wobei häufig eigenverantwortliche Entscheidungen und die Bewältigung komplexer Konstruktionsaufgaben erforderlich sind.

q. **Drohnenpilot**

Führt Drohneneinsätze für Vermessungen, Volumenberechnungen oder Photogrammetrie durch. Kann zudem gesammelte Daten analysieren und aufbereiten, um technische und betriebliche Entscheidungen auf Baustellen zu unterstützen.

▪ **Relevante Markttrends, die Angebot und Nachfrage prägen**

Der italienische Bausektor verzeichnet weiterhin eine erhebliche Personalfluktuations, die durch eine Kombination aus **Ersatzbedarf**, **Ausweitung der Aktivitäten** und dem zunehmenden Einsatz fortschrittlicher Bautechnologien getrieben wird. Zwischen 2024 und 2028 **müssen** schätzungsweise **245.000 bis 280.000 Stellen besetzt werden, um in den Ruhestand tretende Arbeitnehmer zu ersetzen**

Technik

(Ersatzbedarf), während **aufgrund des Branchenwachstums** (Expansionsbedarf) weitere **405.000 bis 832.000 Stellen erwartet werden** (Excelsior Unioncamere, 2024). Dies bedeutet einen prognostizierten Gesamtzuwachs von **30.000 bis 64.000 Arbeitskräften** über den Fünfjahreszeitraum, was die anhaltende Expansion der Branche unterstreicht.

Besonders ausgeprägt ist die Nachfrage nach **hochqualifizierten Arbeitskräften**, auf die etwa 39 % des Gesamtbedarfs (~1,3–1,4 Millionen Stellen) entfallen, darunter Führungskräfte, Fachkräfte und technische Fachkräfte (ANCE, 2025). Die Zahl **der qualifizierten Bauarbeiter**, die für den Bau, die Instandhaltung und den Ausbau zuständig sind, wird voraussichtlich bei **136.000–156.000** liegen. Auch unterstützende Tätigkeiten in der Metallverarbeitung und im Maschinenbetrieb spielen eine bedeutende Rolle. Monteure und Maschinenwartungsfachkräfte (58.000–63.000), Schweißer und Metallbauer (31.000–36.000), Fahrer von Erdbewegungs- und Hebezeugen (20.000–22.000) sowie Fahrer motorisierter Fahrzeuge, vor allem von Schwermaschinen (74.000–82.000), spielen eine Schlüsselrolle bei der Gewährleistung reibungsloser Bauprozesse.

Diese Kombination aus Ersatzbedarf, Branchenwachstum und der Einführung digitaler und umweltfreundlicher Technologien unterstreicht, wie entscheidend es ist, die Arbeitskräfte mit den notwendigen Kompetenzen auszustatten, um BIM, digitale Zwillinge, das Internet der Dinge (IoT), umweltfreundliche Bauweisen und industrialisierte Prozesse nutzen zu können. Dies gewährleistet nachhaltiges Wachstum und Wettbewerbsfähigkeit für den italienischen Bausektor.

○ Kreislaufwirtschaft und nachhaltige Baumaterialien

3.2.1. Grundsätze und Praktiken

Italien hat die Kreislaufwirtschaft (CE) mit der Verabschiedung der **Nationalen Strategie für Kreislaufwirtschaft (2022)** und des **Nationalen Abfallwirtschaftsprogramms 2022–2028 (PNGR)** in den Mittelpunkt seines umweltpolitischen Rahmens gestellt. Diese Strategien legen übergeordnete Ziele fest, darunter: die Entwicklung von Sekundärrohstoffmärkten, die Stärkung der erweiterten Herstellerverantwortung, die Einführung von Steuern zur Förderung der Kreislaufwirtschaft, die Verbesserung des Ökodesigns und der Verlängerung der Produktlebensdauer, die Verbesserung der Rückverfolgbarkeit von Abfallströmen sowie die Förderung von Kompetenzen im Bereich der Kreislaufwirtschaft branchenübergreifend (ETC-CE, 2024).

Im Bausektor lassen sich die Prinzipien der Kreislaufwirtschaft auf **verschiedene Ebenen und Praktiken** übertragen. Auf städtischer Ebene betrachtet *das „Urban Mining“* Städte als Reservoirs wiederverwendbarer Materialien, während auf Gebäudeebene der Ansatz *„Gebäude als Materialbank“* den in Bauprodukten und -komponenten gespeicherten Wert anerkennt. Auf Produktebene liegt der Schwerpunkt auf **Wiederverwendung, Recycling und kreislaforientiertem Design** – einschließlich der Anpassungsfähigkeit von Räumen, der Reparierbarkeit und der Verantwortung des Herstellers über den gesamten Lebenszyklus der Produkte hinweg (GBC Italia, 2019).

Die aktuellen Praktiken in Italien spiegeln sowohl **Strategien für das Ende der Lebensdauer** als auch **Ansätze in der Planungsphase** wider:

Technik

- **Ansätze am Ende der Lebensdauer:** selektiver Rückbau, fortschrittliche Abfallwirtschaftssysteme und die Priorisierung von Sanierung gegenüber Abriss.
- **Planungsansätze:** *demontagefreundliche Gestaltung* sowie *Gestaltung im Hinblick auf Langlebigkeit und Flexibilität*, um sicherzustellen, dass neue Gebäude angepasst, rückgebaut und Materialien wiederverwendet werden können.

Um Transparenz und die Einhaltung der Vorgaben für umweltorientierte öffentliche Beschaffung zu gewährleisten, werden zunehmend Zertifizierungssysteme eingeführt. Unter diesen hat sich „**ReMade in Italy®**“ als wichtiges Zertifizierungssystem etabliert, das den Recyclinganteil in Materialien überprüft und mit dem italienischen Gesetz über das öffentliche Beschaffungswesen sowie den „*Criteri Ambientali Minimi*“ (CAM) im Einklang steht. Diese Zertifizierung gilt als gültiger Nachweis, wann immer die CAM die Verwendung von Produkten mit Recyclinganteil vorschreiben (Grestone, 2023).

Insgesamt veranschaulichen diese Rahmenbedingungen und Praktiken, wie Italien die Prinzipien der Kreislaufwirtschaft in die Bauwirtschaft integriert und dabei den Übergang von politischen Verpflichtungen zu praktischen Anwendungen in den Phasen der Planung, des Baus und des Lebenszyklusendes vollzieht.

3.2.2. Nachhaltige Materialien und ihre Anwendung in Gebäuden

Unter den nachhaltigen Materialien **sticht Holz als Kreislaufmaterial par excellence hervor**. Als natürlich nachwachsender, zu 100 % recycelbarer und zur Speicherung von Kohlendioxid fähiger Werkstoff spielt Holz eine entscheidende Rolle bei der Eindämmung des Klimawandels. Sein langer Lebenszyklus ermöglicht eine mehrfache Wiederverwendung: Nach seiner ersten Verwendung kann es gesammelt, recycelt und in neue Produkte umgewandelt werden, wodurch sein ökologischer und wirtschaftlicher Wert verlängert wird.

Italien ist in Europa führend im Holzrecycling: **64,5 % der Verpackungen werden recycelt**, was das EU-Ziel von 30 % bis 2030 bei weitem übertrifft. So hat **Rilegno** in den letzten 25 Jahren ein Kreislaufsystem aufgebaut, das **jährlich fast 2 Millionen Tonnen Holz** recycelt, mehr als **70 Millionen Paletten** wiederaufbereitet und **jedes Jahr etwa 1,9 Millionen Tonnen CO₂-Emissionen** einspart (Rilegno, o. J.; Ingenio-Web, 2024).

Gleichzeitig wird Holz zunehmend im **nachhaltigen Bauwesen** eingesetzt, insbesondere durch den Einsatz von **Holzbauweisen** wie Brettspertholz (CLT) und Furnierschichtholz (LVL). Laut dem **VIII. Jahresbericht von FederlegnoArredo** rangiert Italien als **drittgrößter europäischer Hersteller von Holzhäusern**, mit **3.602 im Jahr 2022 errichteten neuen Wohneinheiten** und einem Umsatz von **2,3 Milliarden Euro**. Dieser Sektor verzeichnet ein stetiges Wachstum, das durch ein steigendes Bewusstsein für Nachhaltigkeit vorangetrieben und durch eine Konzentration spezialisierter Unternehmen unterstützt wird, insbesondere in nördlichen Regionen wie **Trentino-Südtirol, der Lombardei und Venetien** (FederlegnoArredo, 2023).

Die Kombination aus hoher Recyclingquote und zunehmendem Einsatz von Holzwerkstoffen im Bauwesen macht Holz zu einem **entscheidenden Faktor für den Übergang zu einer kreislaforientierten und nachhaltigen Bauwirtschaft**.

Technik

3.2.3. Aktuelle Qualifikationen und sich abzeichnende Berufsbilder

Der italienische Bausektor durchläuft einen raschen Wandel, der neue Berufsprofile und aktualisierte Qualifikationen erfordert. Laut dem „*Skills Intelligence Forecast*“ von ART-ER und Clust-ER BUILD (2024) gehören zu den am stärksten nachgefragten Profilen, die in gewissem Maße mit Kompetenzen im Bereich der Kreislaufwirtschaft verbunden sind, unter anderem:

- **Techniker für Umwelt und Energieeffizienz** → hier herrscht Fachkräftemangel aufgrund eines begrenzten Bewerberpools und unzureichender Ausbildung.
- **Bauplatztechniker** → eine hybride Rolle zwischen Planungsarbeit und Baustellenbetrieb, die häufig von kulturellen und geschlechtsspezifischen Vorurteilen geprägt ist. Trotz bestehender Ausbildungswege sowohl auf Hochschul- als auch auf Postdiplom-Ebene (ITS – *Istituti Tecnici Superiori*, Höhere Technische Institute, und IFTS – *Istruzione e Formazione Tecnica Superiore*, Höhere Technische Bildung und Ausbildung) mangelt es nach wie vor an geeigneten Kandidaten für diese Position.
- **Assistent des Projektleiters** → gewinnt bei der Steuerung komplexer Bauprozesse zunehmend an Bedeutung.
- **BIM-bezogene Profile (BIM-Manager, BIM-Koordinator, BIM-Spezialist)** → entscheidend für die Digitalisierung und Integration von Planung, Bau und Gebäudebetrieb.
- **Diagnosetechniker** → eingeschränkt durch das Fehlen von Zertifizierungsprogrammen für Diagnosetools und Datenmanagement, auch wenn das historische Wissen über vorhandene Materialien nach wie vor solide ist.
- **Techniker für Gebietsüberwachung** → derzeit hauptsächlich mit der Abfallwirtschaft verbunden, jedoch mit dem Potenzial, sich in Richtung der Analyse von Erdbeben und extremen Wetterereignissen sowie deren Einbindung in Stadtplanung und Schadensminderungsstrategien weiterzuentwickeln. Das Fehlen von Ausbildungswegen stellt nach wie vor ein Hindernis dar.
- **Datenwissenschaftler** → werden im Bauwesen zunehmend benötigt, um große Datensätze zu verarbeiten und zu interpretieren. Das Fehlen gezielter Ausbildungswege und das begrenzte Bewusstsein in den Unternehmen behindern jedoch die Personalbeschaffung.

Diese Bestandsaufnahme verdeutlicht sowohl die **wachsende Nachfrage nach spezialisierten und hybriden Profilen** als auch die anhaltenden **Ausbildungslücken** und unterstreicht die Notwendigkeit aktualisierter Bildungsstrategien zur Unterstützung von Praktiken der Kreislaufwirtschaft, der Digitalisierung und der Klimaanpassung.

3.2.4 Relevante Markttrends, die Angebot und Nachfrage prägen

Insgesamt verändert das Zusammenspiel von **Nachhaltigkeitsanforderungen, Innovationen in der Bautechnik und Marktkonsolidierung durch Zertifizierungssysteme** sowohl die Nachfrage als auch das

Technik

Angebot im italienischen **Sektor für nachhaltiges und kreislaufforientiertes Bauen**. Ein beträchtlicher Teil der Branche orientiert sich zunehmend am **Holzbau**, angetrieben durch die Umweltverträglichkeit des Materials, seine Recyclingfähigkeit und die wachsende Marktakzeptanz. In diesem Zusammenhang spielen Zertifizierungssysteme wie **ARCA (Architettura Comfort Ambiente)** eine entscheidende Rolle bei der Festlegung von **Qualitäts-, Langlebigkeits- und Nachhaltigkeitsstandards**, bieten einen Maßstab für zertifizierte Holzgebäude und unterstützen die Entwicklung eines strukturierten Marktes für den Holzbau (ARCA, o. J.; FederlegnoArredo, 2023).

Konkrete Beispiele für diese Trends und die im italienischen Holzbau erzielte Exzellenz sind die im EXCEL4HOUSING4.0-Vorschlag genannten Vorzeigeprojekte, wie der **Stadtteil „Ex Marangoni“ in Rovereto** und das **„Trentino Social Housing Building“ in Trient**. Ersteres stellt einen Maßstab für Nachhaltigkeit dar: Es handelt sich um ein neunstöckiges Gebäude aus Brettsperrholz (CLT) mit sehr hoher Energieeffizienz (Klasse A+) und einem hohen Grad an Kreislaufwirtschaft, das größtenteils aus Holz errichtet wurde, das nach dem Sturm „Vaia“ wiederverwertet wurde. Letzteres ist ein Beispiel für ein zertifiziertes Holzgebäude („ARCA-Zertifizierung“), das hohe Anforderungen an Erdbebensicherheit und Brandschutz mit einer hervorragenden Energieeffizienz (Klasse A/A+) verbindet.

Diese Projekte sind nicht nur technologische Vorzeigeprojekte, sondern echte **„Living Labs“**: Ihre Analyse ermöglicht es, die spezifischen Kompetenzen – sowohl auf technisch-operativer als auch auf gestalterisch-managementbezogener Ebene – zu identifizieren, die für die groß angelegte Umsetzung solcher Modelle erforderlich sind, und liefert damit eine grundlegende Wissensbasis für die Konzeption der Schulungsprogramme des Projekts.

3.3 Schlussfolgerungen und Empfehlungen für WP4

Politische und marktbezogene Triebkräfte: Die italienische Bauwirtschaft stützt sich auf Anreize (Superbonus, Ecobonus) sowie auf EU- und nationale Maßnahmen für Nachhaltigkeit, Energieeffizienz und Digitalisierung; öffentliche Bauvorhaben und PNRR-finanzierte Projekte stabilisieren die Branche angesichts des Rückgangs im Wohnungsbau.

Grüne und digitale Transformation: Die Einführung von Praktiken der Kreislaufwirtschaft, energieeffiziente Sanierungen und digitale Werkzeuge (BIM, IoT, KI) verändern Planung, Bau und Betrieb, wobei KMU jedoch mit Herausforderungen bei der Umsetzung konfrontiert sind.

Nachhaltige Materialien und Holz: Holz spielt eine zentrale Rolle im kreislaufwirtschaftlichen und nachhaltigen Bauen – es ist zu 100 % recycelbar, bindet Kohlenstoff und wird häufig in Gebäuden aus Holzwerkstoffen verwendet; Zertifizierungen wie **ARCA** schaffen einen strukturierten Markt und gewährleisten Qualität.

Qualifikations- und Arbeitskräftebedarf: Die hohe Nachfrage nach spezialisierten und interdisziplinären Profilen (BIM-Spezialisten, Energietechniker, Baustellentechniker, Datenwissenschaftler) unterstreicht den dringenden Bedarf an Ausbildung und Weiterqualifizierung, um die Arbeitskräfte auf den ökologischen und digitalen Wandel vorzubereiten.

Technik

Integration europäischer Initiativen: Aufbauend auf **den Erasmus+-Zentren für berufliche Exzellenz (CoVE)** soll die Verbindung zwischen Ausbildungsangeboten und Innovation im Bereich des nachhaltigen Wohnungsbaus gestärkt werden.

KMU-orientierter Ansatz: Gezielte Unterstützung für KMU durch modulare Ausbildungs- und Mentoring-Programme sicherstellen, um strukturelle Qualifikationslücken zu verringern und die Einführung digitaler und grüner Praktiken zu ermöglichen.

Mikrozertifikate für neue Profile: Förderung kurzer und flexibler Zertifikate, die Kompetenzen in neu entstehenden Rollen (z. B. BIM-Spezialisten, Techniker für kreislauforientiertes Bauen, Gutachter für grünes Bauen) bescheinigen und die Ausbildung an den tatsächlichen Arbeitsmarktbedarf anpassen.

3.3.1 Strategische Erkenntnisse für die Gestaltung von Lehrplänen und Ausbildungsprogrammen (direkte Empfehlungen für WP4)

Modulare und maßgeschneiderte Lernpfade: Entwicklung kurzer, flexibler Schulungsmodule, die zu schrittweise höheren Qualifikationen kombiniert werden können. Die Module könnten Bereiche wie energieeffiziente Gebäude, nachhaltige Materialien, Kreislaufbau, intelligente Gebäudetechnologien, BIM und digitale Zwillinge abdecken.

Praxisorientiertes und anwendungsbezogenes Lernen: Integration von Praktika, Living Labs und Vorführungen auf realen Baustellen.

Ausbilderentwicklung und Mentoring: Ausweitung von „Train-the-Trainer“-Initiativen, um sicherzustellen, dass Ausbilder sowohl mit digitalen Werkzeugen als auch mit den Prinzipien der Kreislaufwirtschaft vertraut sind. Mentoring, Studienbesuche und Coaching sollten die kontinuierliche berufliche Weiterentwicklung unterstützen.

Karrierewege für neue Berufsbilder: Definition klarer Kompetenzprofile für neue Rollen wie BIM-Manager, Digital-Twin-Ingenieur, Materialpass-Spezialist und Techniker für kreislauforientiertes Bauen. Verknüpfung von Ausbildungsmodulen mit diesen Profilen, um die berufliche Entwicklung zu fördern und den Marktbedarf an spezialisierten Fähigkeiten zu decken.

Integration von Soft Skills und technischen Kompetenzen: Kombination von digitalen, nachhaltigkeitsbezogenen und technischen Kompetenzen mit Projektmanagement, Teamarbeit und Problemlösungsfähigkeiten, um die Lernenden auf komplexe, hybride Rollen im Bausektor vorzubereiten.

Nutzung des Fachwissens italienischer Partner: Die spezifischen Kompetenzen der italienischen Konsortialpartner sollten genutzt werden, um die Schulungsprogramme zu bereichern. So sollte beispielsweise die Erfahrung der **Universität Perugia** im Bereich „Digitale Techniken für das nachhaltige Management von Gebäuden“ in die Digitalisierungsmodule integriert und der Inhalt der **European ESG Academy** auf der Grundlage der Expertise von **Habitech** bei Nachhaltigkeitszertifizierungen (z. B. LEED, BREEAM, ARCA) strukturiert werden.

Ausbildung für KMU auf konkrete Instrumente ausrichten: Das Programm zum Kapazitätsaufbau für KMU im Bereich der Kreislaufwirtschaft sollte sich auf die praktische Anwendung der **Mindestumweltkriterien (CAM)** und die Nutzung von Zertifizierungen wie **ReMade in Italy®** konzentrieren, die zwar entscheidende

Technik

regulatorische Instrumente sind, deren Umsetzung für kleine und mittlere Unternehmen jedoch oft schwierig ist.

Mobilität als Lerninstrument integrieren: Im Einklang mit der Rolle **von TUCEP** als akkreditierte Mobilitätsagentur sollten die Ausbildungswege aktiv Möglichkeiten für Praktika, Job-Shadowing und transnationale Austauschprogramme als integralen Bestandteil des Lehrplans vorsehen und fördern, um den Erwerb praktischer und interkultureller Kompetenzen zu beschleunigen.

– Literaturverzeichnis

- ANCE. (2022). *Jahresbericht 2020–2021*. Abgerufen unter <https://ance.it/wp-content/uploads/archive/45504-Relazione%20annuale%202020-2021.pdf>
- ANCE. (2024). *Konjunkturbericht zur Bauindustrie 2024*. Abgerufen unter https://ance.it/wp-content/uploads/allegati/20240130_Osservatorio_-_Gennaio_2024.pdf
- ANCE. (2025). *Analyse und Perspektiven der Bauwirtschaft in der Lombardei: Kompetenzen und Beschäftigung für die Zukunft*. Abgerufen unter https://ance.it/wp-content/uploads/allegati/Patto_Costruzioni_Report_linea_A.pdf
- ARCA. (o. J.). *Architektur, Komfort, Umwelt*. <https://www.arcacert.com/>
- ART-ER & Clust-ER BUILD. (2024). *Kompetenzen für die Kreislaufwirtschaft und die Digitalisierung der Baubranche: Skills Intelligence Forecast Mismatch Competenze*.
- BigMat. (2023). *Bauwirtschaft: Produktionswert 2023*. Abgerufen unter <https://www.bigmat.it/novita/filiera-delle-costruzioni-2023-624-miliardi-n315>
- BuildNews. (2023). *Bauwirtschaft: Gutes Jahr 2023, für 2024 wird jedoch ein Rückgang von 7 % prognostiziert*. Abgerufen unter <https://www.buildnews.it/articolo/costruzioni-bene-2023-ma-nel-2024-si-prevede-calo-7-percento>
- Corti, M., Roiatti, M. und Sala, J. (2025). *Analyse und Perspektiven der Bauwirtschaft in der Lombardei: Kompetenzen und Beschäftigung für die Zukunft*. ANCE Lombardia. Abgerufen unter https://www.adapt.it/wp-content/uploads/2025/03/Patto_Costruzioni_ANCE_Deliverable1_v20325_def.pdf
- Consultazione.gov.it. (2022). *Nationale Strategie für die Kreislaufwirtschaft*. Abgerufen unter <https://www.consultazione.gov.it/it/le-consultazioni/le-consultazioni-delle-amministrazioni-centrali/strategia-nazionale-economia-circolare/>

Technik

- Consultazione.gov.it. (2025). *Nationale Strategie für die Kreislaufwirtschaft*. Abgerufen unter <https://www.consultazione.gov.it/it/le-consultazioni/le-consultazioni-delle-amministrazioni-centrali/strategia-nazionale-economia-circolare/>
- CRESME. (2021). *Beschäftigung im Baugewerbe in Italien*. Abgerufen unter <https://cresmedaily.it/occupazione-costruzioni-italia/>
- CRESME Daily. (2023). *Beschäftigung im Bausektor in Italien*. Abgerufen unter <https://cresmedaily.it/occupazione-costruzioni-italia/>
- DIHCUBE. (o. J.). *Digital Italian Hub for Construction and Built Environment*. Abgerufen unter <https://www.dihcube.eu/>
- ETC-CE. (2024). *Länderprofil zur Kreislaufwirtschaft 2024 – Italien*. Europäisches Themenzentrum für Kreislaufwirtschaft.
- Europäische Kommission. (2021). *DigiPLACE: Auf dem Weg zu einer europäischen digitalen Plattform für das Bauwesen*. Abgerufen unter <https://www.digiplaceproject.eu>
- Excelsior Unioncamere. (2024). *Mittelfristige Prognosen zum Beschäftigungs- und Berufsbedarf in Italien*. Unioncamere.
- Europäische Beobachtungsstelle für den Bausektor. (2020). *Verbesserung der Humankapitalbasis, Analysebericht, März 2020*.
- Europäische Beobachtungsstelle für den Bausektor. (2021). *Länderprofil Italien, September 2021*.
- FederlegnoArredo. (2023). *VIII. Jahresbericht über den Holzbau in Italien*. Abgerufen unter <https://www.federlegnoarredo.it/>
- FIEC. (2025). *FIEC-Statistikbericht 2025. Italien*. Abgerufen unter <https://fiec-statistical-report.eu/italy>
- GBC Italia. (2019). *Kreislaufwirtschaft im Bauwesen*. Green Building Council Italia.
- Grestone. (2023). *PNRR und nachhaltiges Bauen*. Abgerufen unter <https://blog.grestone.it/news/pnrr-edilizia-sostenibile>
- Grestone. (o. J.-a). *PNRR und nachhaltiges Bauen: Chancen und Handlungsansätze*. Grestone-Blog. Abgerufen unter <https://blog.grestone.it/news/pnrr-edilizia-sostenibile>
- Harpaceas & Ekore. (2025). *Strategische Partnerschaft zur Beschleunigung der Einführung von Digital Twins im Bausektor*. Ingenio Web. Abgerufen unter <https://www.ingenio-web.it/articoli/harpaceas-ed-ekore-siglato-accordo-per-digital-twin-e-ai-a-supporto-di-efficienza-e-sostenibilita-edilizia/>
- Ingenio-Web. (2024). *Die Holzwirtschaft: natürlich und kreislaufwirtschaftlich*. Abgerufen unter <https://www.ingenio-web.it/articoli/l-economia-del-legno-naturale-e-circolare/>
- ISTAT. (2023). *Arbeitskräfteerhebung: Bausektor 2014–2023*. Nationales Institut für Statistik.

Technik

-
- OECD. (2024). *OECD Economic Outlook, Band 2024, Ausgabe 2*. OECD Publishing.
<https://doi.org/10.1787/d8814e8b-en>
 - Randstad Research. (2023). *Bericht zum Baugewerbe: Schlüsselbranche für die italienische Wirtschaft*. Abgerufen unter
https://i2.res.24o.it/pdf2010/S24/Documenti/2023/12/16/AllegatiPDF/CS_Randstad_Research_edilizia.pdf
 - Repubblica Finanza. (2024). *Das Wachstum der Baubranche: steigende Beschäftigung und neue Herausforderungen*. Abgerufen unter
https://finanza.repubblica.it/News/2024/10/10/la_crescita_del_settore_costruzioni_occupazione_in_aumento_e_nuove_sfide-61/
 - RES2. (o. J.). *Resilient System for the Recognition of Energy Skills*. Abgerufen unter
<https://www.ibimi.it/res2>
 - Rilegno. (o. J.). *Das Kreislaufwirtschaftssystem für Holz*. Abgerufen unter <https://www.rilegno.it/>
 - Unioncamere-ANPAL. (2023). *Jahresbericht 2023*. Unioncamere & ANPAL.
 - Unioncamere-ANPAL. (2023). *Excelsior-Bericht 2023: Arbeitsmarkt und Qualifikationsbedarf*. Unioncamere & ANPAL.

Anhang 7: Nationaler Bericht zum Stand der Technik – Polen



Co-funded by the
European Union

BERICHT ÜBER DEN STAND DER TECHNIK

POLEN

● Einleitung

Ziel dieses Berichts ist es, den aktuellen Wissensstand („Stand der Technik“) im Bereich Energieeffizienz und nachhaltiger Wohnbau in Polen darzustellen, wobei ein besonderer Schwerpunkt auf dem europäischen Kontext liegt. Die Analyse umfasst sowohl technologische als auch marktbezogene Aspekte sowie Aspekte im Zusammenhang mit der beruflichen Bildung, Innovation sowie digitalen und ökologischen Transformationsprozessen.

Der Wohnungsbau ist einer der Schlüsselsektoren für die Erreichung der Klima- und Energieziele der Europäischen Union. Als größter Energieverbraucher in der EU ist er für rund 40 % des Endenergieverbrauchs und 36 % der Treibhausgasemissionen verantwortlich. Daher hat dieser Sektor in politischen Initiativen wie dem Europäischen Grünen Deal, der Sanierungswelle und der EPBD-Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden Priorität.

Der Bericht behandelt:

- den politischen und regulatorischen Kontext,
- Marktanalyse und Trends im Wohnungsbausektor,
- die Umsetzung technologischer und prozessbezogener Innovationen (Digitalisierung, nachhaltige Materialien, Kreislaufwirtschaft),
- den aktuellen und zukünftigen Qualifikationsbedarf und dessen Auswirkungen auf das Berufsbildungssystem,
- Zusammenhänge zwischen digitaler und grüner Transformation und die sich daraus ergebenden Chancen für das Bildungswesen und den Arbeitsmarkt.

Das Dokument wurde auf der Grundlage einer Auswertung wissenschaftlicher Literatur, von Berichten europäischer und nationaler Institutionen, Analysen statistischer Daten (Eurostat, Statistisches Zentralamt, Cedefop) sowie Fallstudien und Beispielen für bewährte Verfahren in Polen und anderen europäischen Ländern erstellt.

● Zusammenfassung der Analyse

Dieses Dokument bietet einen umfassenden Überblick über die aktuelle Situation, Trends und zukünftige Entwicklungen im Bereich energieeffizienten und nachhaltigen Wohnens, analysiert im breiteren Rahmen des Europäischen Grünen Deals und der doppelten grünen und digitalen Transformation, die den Bausektor prägen. Die Studie fasst regulatorische Entwicklungen, Marktdynamiken, technologische Innovationen und den Bedarf an beruflicher Bildung zusammen und verknüpft nationale Gegebenheiten mit europäischen politischen Zielen.

Auf politischer Ebene hebt der Bericht die Angleichung der strategischen Dokumente Polens – wie beispielsweise der polnischen Energiepolitik bis 2040 (PEP2040), den Nationalen Energie- und Klimaplan (NECP) und den bevorstehenden Nationalen Gebäudesanierungsplan (KPRB) – mit EU-Rahmenwerken wie dem „Fit for 55“-Paket, der Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD 2024/1275) und der Initiative „Renovation Wave“. Zusammen bilden diese Instrumente einen Fahrplan hin zu einer kohlenstoffarmen, kreislaforientierten und klimaresilienten bebauten Umwelt. Polens Programm für

Technik

saubere Luft ergänzt diese Maßnahmen, indem es auf die thermische Modernisierung und den Austausch von Heizungsanlagen in Einfamilienhäusern abzielt.

Auf Marktebene zeigt der Bauzyklus sowohl Widerstandsfähigkeit als auch Wandel. Nach einer vorübergehenden Abschwächung im Jahr 2024 deuten neue Baugenehmigungen und Baubeginne auf eine erneute Belebung hin, die durch EU- und nationale Fördermittel angetrieben wird. Kostendruck und Fachkräftemangel bleiben zwar weiterhin Herausforderungen, doch Digitalisierung und umweltbezogene Vorschriften treiben die Innovation weiter voran. Die Branche entwickelt sich hin zu einem datengesteuerten, leistungsorientierten Bauen, bei dem digitale Arbeitsabläufe, die CO₂-Bilanzierung über den gesamten Lebenszyklus und energieeffizientes Design eher zu Standardanforderungen als zu optionalen Merkmalen werden.

Der ökologische Wandel gestaltet technische Anforderungen und die Kompetenzen der Arbeitskräfte neu. Die EPBD führt Emissionsfreiheitsstandards für Neubauten, Sanierungsausweise und die verpflichtende Offenlegung des Lebenszyklus-Kohlenstoffpotenzials (GWP) ein. Diese regulatorischen Veränderungen erzeugen eine anhaltende Nachfrage nach Fachkräften in den Bereichen Energiemodellierung, kohlenstoffarme Gebäudetechnik, Qualitätssicherung und Integration erneuerbarer Energien. Gleichzeitig halten Praktiken der Kreislaufwirtschaft wie selektiver Rückbau, Materialpässe und Wasserwiederverwendung allmählich Einzug in die gängige Praxis, auch wenn die Umsetzung noch uneinheitlich verläuft.

Die digitale Transformation ergänzt diesen Wandel. Polen hat ein robustes digitales Ökosystem im Bauwesen entwickelt, darunter *e-Budownictwo*, *SOPAB*, das *elektronische Bautagebuch (EDB)* und das *digitale Bauheft (c-KOB)*. Diese Instrumente erhöhen die Transparenz, vereinfachen die Genehmigungsverfahren und erleichtern die Einhaltung von Energie- und CO₂-Standards. Die schrittweise Einführung von Building Information Modelling (BIM) in das öffentliche Beschaffungswesen beschleunigt den Übergang der Branche hin zu integrierten, kollaborativen und überprüfbaren Arbeitsabläufen.

Eine Arbeitsmarktanalyse zeigt strukturelle Engpässe in traditionellen Handwerksberufen sowie eine aufkommende Nachfrage nach hybriden Profilen, die handwerkliches Können, Umweltkompetenz und digitale Fachkenntnisse vereinen. Berufe wie BIM-Manager, LCA/GWP-Spezialist, Koordinator für digitale Qualitätssicherung und Wärmepumpentechniker gewinnen rasch an Bedeutung. Um dem gerecht zu werden, spielen Polens sektorales Qualifikationsrahmenwerk und das entstehende Netzwerk der Zentren für berufliche Exzellenz (BCU) eine entscheidende Rolle bei der Modernisierung der Lehrpläne, der Förderung der Zusammenarbeit zwischen Lehrkräften und Industrie sowie der Bereitstellung modularer Ausbildungsangebote, die auf die Prioritäten der EU abgestimmt sind.

Aus einer übergreifenden Perspektive betont der Bericht, dass Energieeffizienz, Digitalisierung und Kreislaufwirtschaft sich gegenseitig verstärkende Dimensionen eines einzigen Transformationsprozesses sind. Digitale Werkzeuge ermöglichen Leistungsüberwachung und Rückverfolgbarkeit; die Kreislaufwirtschaft ergänzt die Energieziele durch die Reduzierung der in den Produkten enthaltenen Emissionen, und beide Übergänge sind auf qualifizierte Arbeitskräfte angewiesen, die in der Lage sind, komplexe, integrierte Systeme zu steuern.

Technik

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich der polnische Bausektor in Richtung eines nachhaltigeren, digitaleren und innovationsgetriebenen Modells bewegt. Der Erfolg dieses Wandels hängt von einer koordinierten Umsetzung politischer Maßnahmen, einer gezielten Finanzierung und einem proaktiven Ansatz bei der Personalentwicklung ab.

● Indikativer Überblick

● Einleitung

Zweck des Berichts: Darstellung des aktuellen Wissensstands und der Praktiken im Bereich Energieeffizienz und nachhaltiger Wohnungsbau, mit besonderem Schwerpunkt auf Qualifikationen, Innovation und Markttrends.

Umfang: Analyse des Bausektors (Wohnungsbau – Neubauten und Sanierungen), politischer Maßnahmen, Vorschriften, Technologien, Innovationen und Verbindungen zur beruflichen Bildung.

Methodik:

- Sekundärforschung (EU-Berichte, Eurostat, Statistisches Zentralamt, Cedefop, PARP, KOBiZE),
- Analyse von Markt- und Technologietrends,
- Fallstudien (Pilotprojekte, bewährte Verfahren aus Polen und der EU),
- regionale Vergleiche.
- **Allgemeiner Kontext: Europäischer Bausektor und Energiewende**
 - Politisches und regulatorisches Umfeld (z. B. EPBD, Europäischer Green Deal, Sanierungswelle, für den Bausektor relevante EU-Taxonomie)
 - Gesamtmarktdynamik und zentrale Trends im Bauwesen (z. B. Investitionen, Wachstumstreiber, Verbrauchernachfrage nach nachhaltigem Wohnen)
 - Auswirkungen der grünen und digitalen Wende auf den Bausektor im weiteren Sinne

Der europäische Kontext und die Energiewende:

Europäischer Green Deal – 2019 ins Leben gerufene Wachstumsstrategie der EU. Die Initiativen zielen auf die Energiewende und die Erreichung der Klimaneutralität bis 2050 ab. Der Green Deal betont die Bedeutung aller Sektoren für den nachhaltigen Wandel. Im Kampf gegen den Klimawandel werden Maßnahmen in Bereichen wie Energie, Verkehr, Industrie, Landwirtschaft, nachhaltige Finanzierung usw. gefördert. Unsere Zukunft hängt vom Zustand unseres Planeten ab, und immer häufiger auftretende und schwerwiegendere extreme Wetterereignisse haben tragische Folgen für Mensch und Wirtschaft.

„Der Europäische Green Deal zielt darauf ab, die EU bis 2050 zur weltweit ersten klimaneutralen Region zu machen, die Umweltverschmutzung zu verringern und die Natur sowie die Ökosysteme wieder in ein gesundes Gleichgewicht zu bringen.“

Die wichtigsten Ziele sind:

- Klimaneutralität – Reduzierung der Treibhausgasemissionen (die EU als erste klimaneutrale Region);

Technik

- Kreislaufwirtschaft – ein Wirtschaftsmodell, in dem Produkte wiederverwendet, repariert und recycelt werden (Ressourcenschonung und Abfallvermeidung).
- Saubere Industrie – eine sauberere, nachhaltigere und energieeffizientere Industrie, die gut an den europäischen und globalen Markt angepasst ist.
- Gesundere Umwelt – Renaturierung und Bekämpfung der Umweltverschmutzung, um eine gesunde Umwelt für künftige Generationen zu gewährleisten.
- Nachhaltigere Landwirtschaft – umweltfreundliche Anbaumethoden tragen zum Schutz der Umwelt bei und sorgen für gesunde, erschwingliche Lebensmittel.
- Klimagerechtigkeit und Gleichheit – ein fairer und inklusiver Wandel, der niemanden ausschließt oder zurücklässt und den am stärksten Betroffenen hilft.⁶

EPBD-Richtlinie – Die Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden, die 2024 neu gefasst wurde, ist eine Fortsetzung der seit 2002 sowohl auf nationaler als auch auf EU-Ebene eingeführten Vorschriften zur Energieeffizienz von Gebäuden.

„Ziel der Vorschriften ist es, den Energieverbrauch in bestehenden Gebäuden zu rationalisieren und neue Gebäude zu errichten, die angemessene Energiestandards erfüllen.“

Anforderungen und Auswirkungen:

- „Senkung des Energieverbrauchs und der Verbrauchsträger, wodurch die Energiesicherheit verbessert wird,
- Senkung der Energiekosten in Gebäuden,
- Verbesserung der Standards von neuen und bestehenden Gebäuden,
- Informationen für ein breites Spektrum von Interessengruppen über den technischen und energetischen Zustand von Gebäuden sowie über Verbesserungsmöglichkeiten bereitzustellen,
- Beitrag zur Erreichung der Klimaziele durch die Verringerung der Treibhausgasemissionen und anderer Schadstoffe aus Gebäuden,
- Ausrichtung der Förderinstrumente auf die wirksamsten Maßnahmen und die Entwicklung neuer und kohlenstoffarmer Lösungen“.

Aus der Richtlinie resultierende Lösungen:

- Mindestanforderungen an die Energieeffizienz von Gebäuden – die Anforderungen werden aufgrund von Fortschritten in der Bau-, Energie- und Anlagentechnik, steigenden Nutzeranforderungen und neuen politischen Vorgaben regelmäßig angepasst und verschärft. Die Anforderungen sind auf eine Kostenoptimierung zugeschnitten und sehen vor, dass neue

⁶ Europäischer Rat – Rat der Europäischen Union, 2025, *Europäischer Grüner Deal*, <<https://www.consilium.europa.eu/pl/policies/european-green-deal/>>

Technik

öffentliche Gebäude bis zum 1. Januar 2028 und andere Neubauten bis zum 1. Januar 2030 klimaneutral sein müssen,

- Verbesserung der Energieeffizienz von Gebäuden, die einer umfassenden Sanierung unterzogen werden – eine Sanierung ist der richtige Zeitpunkt, um die Energieeffizienz eines Gebäudes zu verbessern. Es stehen verschiedene Förderprogramme zur Verfügung, wie beispielsweise Zuschüsse für thermische Modernisierungen und Programme wie „Clean Air“,
- der nationale Gebäudesanierungsplan und der progressive Sanierungsfahrplan für den Wohnbaubestand (polnisches KPRB-Dokument) – „Der nationale Gebäudesanierungsplan ist eine Erweiterung und Ablösung der derzeitigen langfristigen Gebäudesanierungsstrategie. Das Dokument wird das Konzept der Gebäudesanierung sowie die notwendigen Maßnahmen definieren, um bis 2050 eine hohe Energieeffizienz und niedrige CO₂-Emissionen in Gebäuden in Polen zu erreichen. Der KPRB wird ein strategisches Dokument sein, das die Annahmen einer umfassenden Politik enthält, welche Maßnahmen integriert, die darauf abzielen, den nationalen Bestand an Wohn- und Nichtwohngebäuden – sowohl im öffentlichen als auch im privaten Sektor – bis 2050 in einen hochenergieeffizienten, emissionsfreien und dekarbonisierten Gebäudebestand umzuwandeln. Das Dokument wird außerdem einen schrittweisen Sanierungsplan für Wohngebäude sowie Mindeststandards für die Energieeffizienz von Nichtwohngebäuden festlegen“,
- Neubauten mit Solarenergie – die EU-Länder sind verpflichtet, ihre Vorschriften anzupassen, um der Notwendigkeit der Nutzung von Solarenergie Rechnung zu tragen; die Anforderungen treten am 31. Dezember 2026 in Kraft,
- Sanierungsausweis-System – Dokumente, in denen Aktionspläne für die Sanierung von Gebäuden dargelegt werden, die bei Bedarf angepasst werden, um die Energieeffizienz zu verbessern,
- Anforderungen an gebäudetechnische Anlagen und an die Infrastruktur für nachhaltige Mobilität – die Anforderungen an gebäudetechnische Anlagen und an die Infrastruktur für nachhaltige Mobilität werden aktualisiert, um die Übereinstimmung mit der Richtlinie sicherzustellen,
- finanzielle Anreize und Markthindernisse – um sicherzustellen, dass finanzielle Förderprogramme für die Gebäudesanierung wirksam, angemessen und in erster Linie auf schutzbedürftige Haushalte, von Energiearmut betroffene Menschen sowie Bewohner von Sozialwohnungen ausgerichtet sind, sollten Vorschriften auf der Grundlage der neuen Richtlinie eingeführt werden. Zu den Anforderungen gehört ein Verbot finanzieller Anreize für die Installation einzelner mit fossilen Brennstoffen befeuerter Heizkessel ab dem 1. Januar 2025. Nach diesem Datum darf der Kauf solcher Anlagen nicht mehr staatlich finanziell gefördert werden,
- Zentralstellen für die Energieeffizienz von Gebäuden – es wird wichtig sein, eine neue Infrastruktur für technische Unterstützung zu schaffen, die unter anderem den Bürgern umfassende Dienstleistungen im Zusammenhang mit der Verbesserung der Energieeffizienz von Gebäuden bietet,
- Energieausweise – „die geltenden nationalen Vorschriften müssen geändert werden, um sie mit der neuen Richtlinie in Einklang zu bringen, wobei der Stand der Normung und die aus der

Technik

bisherigen Anwendung der Vorschriften gezogenen Schlussfolgerungen zu berücksichtigen sind. Derzeit wird ein Verordnungsentwurf zur Methodik zur Bestimmung der Energieeffizienz eines Gebäudes oder eines Gebäudeteils sowie zu Energieausweisen zur Umsetzung dieser Bestimmung ausgearbeitet. Das System der Energieausweise ist in Polen seit 2009 in Kraft. Die Bestimmungen der Richtlinie sehen die Verpflichtung vor, die Bestimmung der Energieeffizienz eines Gebäudes durch Energieeffizienzklassen zu vereinheitlichen und festzulegen“,

- Technische Anlagenprüfungen – Anlagen wie Heizung, Lüftung, Klimaanlage usw. sollten auf ihre Effizienz überprüft werden. Die Gesetze im Zusammenhang mit diesen Prüfungen sollten aktualisiert werden, um den neuen Bestimmungen Rechnung zu tragen.⁷

„Fit for 55“ – Das „Fit for 55“-Paket der Europäischen Union wurde 2021 angekündigt und enthält eine Reihe neuer Klimavorschriften. Die Rechtsvorschriften wurden verabschiedet, um bis 2030 eine verbindliche Reduzierung der Emissionen in der EU um mindestens 55 % zu erreichen. Sie werden zudem dazu beitragen, die EU bis 2050 klimaneutral zu machen. Das Dokument wurde von den für den jeweiligen Politikbereich zuständigen Arbeitsgruppen des Rates ausgearbeitet. Die Mitglieder erörtern die Angelegenheit, um einen gemeinsamen Standpunkt zu finden, damit eine Einigung zwischen den 27 Ländern erzielt werden konnte. Im Rahmen der Reform wird das EU-Emissionshandelssystem (EU-EHS) geändert und ehrgeiziger gestaltet. Darüber hinaus wurde ein neues, separates Emissionshandelssystem für Gebäude, den Straßenverkehr und Kraftstoffe in weiteren Sektoren geschaffen.

„Das Paket muss:

- sicherstellen, dass die Transformation sozial gerecht verläuft.
- die Innovationskraft und Wettbewerbsfähigkeit der EU-Industrie erhalten und steigern und gleichzeitig Chancengleichheit für Wirtschaftsakteure aus Drittländern gewährleisten.
- die Position der EU als Vorreiter im weltweiten Kampf gegen den Klimawandel stärken.“⁸

Für Polen bedeutet dies eine deutliche Beschleunigung der Energieeffizienzsteigerungen, der Integration erneuerbarer Energien sowie des Einsatzes kohlenstoffarmer Technologien im Wohnungsbau und im Verkehr. Die Einbeziehung von Gebäuden und Straßenverkehr in ein neues Emissionshandelssystem schafft starke Anreize für Modernisierungen, bringt aber auch Herausforderungen mit sich. Höhere Sanierungs- und Energiekosten könnten das Risiko der Energiearmut erhöhen, während die CO₂-Bepreisung von Kraftstoffen die gesellschaftliche Akzeptanz verschlechtern könnte, insbesondere in einem Land mit hoher Abhängigkeit vom Auto und einem nach wie vor kohleintensiven Energiemix. Gleichzeitig bietet das Paket Chancen zur Modernisierung des Wohnungsbestands, zur Schaffung grüner Arbeitsplätze und zur Verbesserung der langfristigen Wettbewerbsfähigkeit der polnischen Wirtschaft.

Verordnung (EU) 2020/741 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Mai 2020 über Mindestanforderungen für die Wasserwiederverwendung – Die Verordnung zielt darauf ab, die

⁷ Ministerium für Entwicklung und Technologie, *Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD)*,

<<https://www.gov.pl/web/rozwoj-technologia/dyrektywa-w-sprawie-charakterystyki-energetycznej-budynkow-epbd>>, abgerufen am 18.08.25

⁸ Europäischer Rat – Rat der Europäischen Union, 2025, „Bereit für 55“,

<<https://www.consilium.europa.eu/pl/policies/fit-for-55/>>

Technik

Wasserbewirtschaftung in der Europäischen Union zu verbessern. Das Dokument unterstreicht die Bedeutung der Wasserwiederverwendung in der aktuellen Situation.

„Die Wasserressourcen in der Union stehen unter zunehmendem Druck, was zu Wasserknappheit und einer Verschlechterung der Wasserqualität führt. Die Entwicklung der Städte und der Landwirtschaft hat erheblich zur Verringerung der Süßwasserverfügbarkeit beigetragen, insbesondere aufgrund des Klimawandels, unvorhersehbarer Wetterphänomene und Dürren.

Die Fähigkeit der Union, auf den wachsenden Druck auf die Wasserressourcen zu reagieren, kann gesteigert werden, indem die Wiederverwendung von behandeltem Abwasser gefördert, die Nutzung einzelner Oberflächen- und Grundwasserkörper begrenzt, die Auswirkungen der Einleitung von behandeltem Abwasser in Oberflächengewässer begrenzt und die Wassereinsparung durch die Mehrfachnutzung von kommunalem Abwasser gefördert werden, wobei gleichzeitig ein hohes Umweltschutzniveau gewährleistet wird.“⁹

Politik und Vorschriften in Polen:

Polens Energiepolitik bis 2040 (PEP2040) – Die Strategie skizziert eine Vision für eine Energiewendestrategie, die auf niedrige Emissionen und Emissionsfreiheit abzielt und die Energiesicherheit gewährleisten muss. PEP2040 ist eine von neun Strategien für verantwortungsvolle Entwicklung und wurde mit Blick auf Unternehmer, Kommunalverwaltungen und Bürger erstellt.

„PEP2040 umfasst strategische Investitionsentscheidungen, die darauf abzielen, das wirtschaftliche, rohstoffbezogene, technologische und personelle Potenzial des Landes zu nutzen und über den Energiesektor Hebel für eine wirtschaftliche Entwicklung zu schaffen, die einen gerechten Übergang fördert“.

Den Plänen zufolge sollen emissionsfreie Energiequellen bis 2040 mehr als die Hälfte der installierten Leistung ausmachen. Von entscheidender Bedeutung werden dabei der Aufbau und die Entwicklung eines Offshore-Windkraftnetzes in Polen sowie die Inbetriebnahme eines Kernkraftwerks sein. Dies sind zwei neue Bereiche, die zahlreiche Chancen bieten – für die Entwicklung der nationalen Industrie, die Qualifizierung von Fachkräften, die Schaffung neuer Arbeitsplätze und die Generierung von Mehrwert für die heimische Wirtschaft.¹⁰

Nationaler Energie- und Klimaplan (NECP, poln. KPEiK) – Der Nationale Energie- und Klimaplan wird auf der Grundlage der Verordnung (EU) 2018/1999 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 über die Steuerung der Energieunion und den Klimaschutz erstellt. Die EU-Mitgliedstaaten sind verpflichtet, den NECP alle fünf Jahre zu aktualisieren und alle zehn Jahre einen neuen Plan zu erstellen.

Die 2019 gegründete Energieunion basiert auf:

- Dekarbonisierung,
- Energieeffizienz,
- Energiesicherheit,
- der EU-Binnenmarkt für Energie,

⁹ VERORDNUNG (EU) 2020/741 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 25. Mai 2020 über Mindestanforderungen für die Wasserwiederverwendung

¹⁰ Ministerium für Klima und Umwelt, 2025, *Polnische Energiepolitik bis 2040*, <<https://www.gov.pl/web/klimat/polityka-energetyczna-polski>>

Technik

- Forschung, Innovation und Wettbewerbsfähigkeit.

„Das Dokument deckt ein sehr breites Spektrum an Themen ab – vom Rohstoff- und Energieverbrauch über die Treibhausgasemissionen in einzelnen Wirtschaftssektoren bis hin zu makroökonomischen Auswirkungen. Die Energieprognosen werden auf der Grundlage international standardisierter Methoden und Kategorien erstellt. Die Prognosen zu den Treibhausgasemissionen werden gemäß der IPCC-Klassifizierung erstellt.“

Die Dokumente der einzelnen EU-Mitgliedstaaten werden auf der Website der Europäischen Kommission veröffentlicht.¹¹

Baugesetz – Das Gesetz regelt Tätigkeiten im Zusammenhang mit der Planung, dem Bau, der Instandhaltung und dem Abriss von Gebäuden und legt die Grundsätze für die Arbeitsweise der öffentlichen Verwaltungsbehörden in diesen Bereichen fest.

Der Geltungsbereich umfasst:

- die Grundsätze für die Gestaltung der staatlichen Energiepolitik, die Regeln und Bedingungen für die Versorgung mit und die Nutzung von Brennstoffen und Energie, einschließlich Wärme, sowie die Tätigkeiten von Energieunternehmen, ferner die Benennung der für Fragen der Brennstoff- und Energiewirtschaft zuständigen Behörden,
- die Bedingungen für die Durchführung und Überwachung von Tätigkeiten im Zusammenhang mit dem Transport von Kohlendioxid zum Zwecke der unterirdischen Kohlendioxidspeicherung,
- die Grundsätze für die Funktionsweise des Messsystems und des zentralen Energiemarkt-Informationssystems.

„Ziel des Gesetzes ist es, die Voraussetzungen für eine nachhaltige Entwicklung des Landes zu schaffen, die Energiesicherheit, die sparsame und rationelle Nutzung von Brennstoffen und Energie, die Förderung des Wettbewerbs, die Verhinderung negativer Auswirkungen natürlicher Monopole, die Berücksichtigung von Umweltschutzanforderungen, die Erfüllung von Verpflichtungen aus internationalen Abkommen sowie den Ausgleich der Interessen von Energieunternehmen und Brennstoff- und Energieverbrauchern zu gewährleisten.“¹²

Programm „Saubere Luft“ – „Saubere Luft“ ist ein umfassender Aktionsplan, der darauf abzielt, die Energieeffizienz zu verbessern, die Emissionen von Staub und anderen Schadstoffen in die Atmosphäre zu reduzieren sowie Luftverschmutzung durch neue Einfamilienhäuser zu vermeiden. Dies wird durch thermische Modernisierung und den Austausch alter Haushaltsöfen und Heizkessel erreicht. Begünstigte des Programms sind natürliche Personen, die Eigentümer eines Einfamilienhauses oder einer separaten Wohneinheit in einem Einfamilienhaus mit eigenem Grundbuch sind, sowie Personen, die eine Baugenehmigung für ein Einfamilienhaus besitzen. Personen, die eine Finanzierung beantragen, können Zuschüsse und/oder Darlehen erhalten. Im Rahmen des Programms können verschiedene Arten von Investitionen getätigt werden:

¹¹ Ministerium für Klima und Umwelt, *Nationaler Energie- und Klimaplan*, <<https://www.gov.pl/web/klimat/krajowy-plan-na-rzecz-energii-i-klimatu>>, abgerufen am 18.08.2025

¹² 2025, *Energiegesetz*, Gesetzblatt 2025.418, konsolidierte Fassung

Technik

- „Anschaffung und Einbau neuer Heizquellen, die den Anforderungen des Programms für saubere Luft entsprechen;
- Wärmedämmung von Gebäudewänden;
- Austausch von Fenster- und Türrahmen;
- Austausch der Zentralheizungs- und Warmwassersysteme;
- Installation erneuerbarer Energiequellen (Sonnenkollektoren und Photovoltaikanlagen);
- Einbau einer mechanischen Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung“.¹³

Europäische Union	Polen
Europäischer Green Deal (2019) – Wachstumsstrategie der EU mit dem Ziel der Klimaneutralität bis 2050; umfasst alle Sektoren (Energie, Verkehr, Landwirtschaft, Industrie, Finanzen). Kernsäulen: Klimaneutralität, Kreislaufwirtschaft, saubere Industrie, gesunde Umwelt, nachhaltige Landwirtschaft und ein gerechter Übergang.	Energiepolitik Polens bis 2040 (PEP2040) – nationale Energiestrategie zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit und zur Förderung erneuerbarer und emissionsfreier Energiequellen (Offshore-Windkraft, Kernenergie). Ziel: >50 % emissionsfreie installierte Leistung bis 2040.
„Fit for 55“-Paket (2021) – EU-Klimagesetzgebung zur Senkung der Emissionen um mindestens 55 % bis 2030. Umfasst die Reform des EU-Emissionshandelssystems (EU-ETS) sowie einen neuen Emissionshandel für Gebäude und den Straßenverkehr.	Nationaler Energie- und Klimaplan (NECP/KPEiK) – wird alle 5 Jahre aktualisiert und umfasst Dekarbonisierung, Energieeffizienz, Versorgungssicherheit, Binnenmarktintegration und Innovation.
Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD, Neufassung 2024/1275) – strengere Effizienzstandards; emissionsfreie öffentliche Gebäude ab 2028 und alle Neubauten ab 2030; obligatorische Angabe des Treibhauspotenzials (GWP); Sanierungsausweise; Verbot von Subventionen für Heizkessel mit fossilen Brennstoffen ab 2025.	Nationaler Gebäudesanierungsplan (KPRB) – legt einen langfristigen Sanierungsfahrplan für Wohn- und Nichtwohngebäude bis 2050 fest. Programm „Saubere Luft“ – Fördermittel und Darlehen für thermische Sanierungen und den Austausch von Heizungsanlagen in Einfamilienhäusern.
Verordnung (EU) 2020/741 über Mindestanforderungen für die Wasserwiederverwendung – fördert die sichere Wiederverwendung von behandeltem Abwasser, um die Belastung der Ressourcen zu verringern.	Bau- und Energiegesetze – regeln die Planung, den Bau, die Instandhaltung und den Abriss von Gebäuden; Energieunternehmen; den Transport und die Speicherung von CO ₂ ; den Betrieb des nationalen Energiemarktes.

¹³ Programm „Saubere Luft“, <<https://www.czyste-powietrze.org/program/>>, abgerufen am 26.08.25

Technik

Maßnahmen zur Kreislaufwirtschaft – z. B. das EU-Protokoll zur Bewirtschaftung von Bau- und Abbruchabfällen (Aktualisierung 2024), das einen selektiven Abbruch, Materialpässe und die Qualitätssicherung beim Recycling vorschreibt.	Polens Länderprofil zur Kreislaufwirtschaft (EEA, 2024) – nationale Prioritäten: Sekundärrohstoffmärkte, Öko-Innovation im Bauwesen, verstärkte Zusammenarbeit zwischen Kommunen und Industrie.
Finanzielle Förderinstrumente der EU – gezielte Anreize für schutzbedürftige Haushalte und energiearme Bevölkerungsgruppen, zentrale Anlaufstellen für Beratung zur Gebäudesanierung.	Nationale Förderprogramme – z. B. „Clean Air“-Zuschüsse, Steuererleichterungen und regionale Sanierungsfonds im Einklang mit den EU-Richtlinien.

Der Vergleich verdeutlicht, dass EU-Initiativen den übergreifenden strategischen und regulatorischen Rahmen für die Energiewende schaffen und verbindliche Ziele für Klimaneutralität, Gebäudeeffizienz, Praktiken der Kreislaufwirtschaft und Wasserwiederverwendung festlegen. Polen wiederum setzt diese Verpflichtungen in nationale Strategien, sektorale Politiken und Förderprogramme wie PEP2040, den Nationalen Energie- und Klimaplan (NECP), den Nationalen Gebäudesanierungsplan (KPRB) und das „Clean Air“-Programm um. Während die EU-Politik die Richtung vorgibt und die Ambitionen festlegt, konzentrieren sich die nationalen Maßnahmen auf die Umsetzung, die Finanzierung und die Anpassung an lokale Gegebenheiten. Dieser duale Rahmen gewährleistet die Übereinstimmung mit den EU-Klimazielen und berücksichtigt gleichzeitig die spezifischen Herausforderungen Polens wie die Abhängigkeit von Kohle, Energiearmut und den Modernisierungsbedarf des Gebäudebestands.

Marktdynamik und wichtige Trends

Der polnische Bauzyklus war von gemischten Signalen geprägt. Nach einem schwachen Jahr 2024 deuteten die Daten von Anfang 2025 auf einen Rückgang bei den Baugenehmigungen hin – im ersten Quartal 2025 gingen die Baugenehmigungen im Vergleich zum Vorjahreszeitraum um etwa 21 % zurück –, während die Zahl der Wohnungsbaubeginne weitgehend stabil blieb. Dies deutet auf eine kurzfristige Abschwächung hin, aber auch auf einen Auftragsbestand, der die Bautätigkeit stützen kann, sobald sich die Finanzierungsbedingungen normalisieren.¹⁴ Gleichzeitig belastete der Kostendruck, obwohl er gegenüber seinem Höchststand von 2023 nachließ, die reale Konjunktur bis 2024 weiterhin, wobei die Branchenleistung vor einer prognostizierten Erholung in den Jahren 2025–2028 aufgrund von Investitionen in den Bereichen Verkehr, Wohnungsbau und erneuerbare Energien schätzungsweise geschrumpft ist.¹⁵

¹⁴ Kozierekiewicz P., 2025, 2025 beginnt vorsichtig: Weniger Baugenehmigungen, stabile Zahl neuer Wohnbauprojekte <
<https://polandinsight.com/2025-begins-cautiously-fewer-building-permits-stable-number-of-new-housing-projects-15843/>> abgerufen am: 25.09.2025

¹⁵ 2025, Polnischer Bauproduktmarkt: Größe, Trends und Prognosen nach Sektoren – Gewerbe, Industrie, Infrastruktur, Energie und Versorgung, institutioneller und Wohnbau – Marktanalyse bis 2029 (2. Quartal 2025)

Technik

Auf der Nachfrageseite bleibt die Regulierung der wichtigste strukturelle Treiber. Die Neufassung der Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD 2024/1275) aus dem Jahr 2024 erhöht die Mindestanforderungen an die Energieeffizienz, führt schrittweise die Offenlegung des Lebenszyklus-Treibhauspotenzials (GWP) für Neubauten ein (zunächst für große Neubauten, dann für alle Neubauten) und verlangt nationale Fahrpläne zur Erreichung künftiger GWP-Grenzwerte – Maßnahmen, die den Bedarf an leistungsgesicherten Sanierungen und CO₂-bewusstem Design erhöhen.¹⁶ Arbeitsmarktkindikatoren zeigen einen Sektor, der sich gegenüber dem Höchststand von 2022 abgekühlt hat, aber weiterhin mit Rekrutierungsschwierigkeiten zu kämpfen hat: Die Stellenangebotsquote im polnischen Baugewerbe lag im ersten Quartal 2025 bei etwa 1,8 %, und die Stellenangebotsquoten in der Industrie und im Baugewerbe in der EU liegen weiterhin über den Werten vor der Pandemie.

Gleichzeitig verändert die Digitalisierung die Prozesseffizienz und die Einhaltung von Vorschriften. Die schrittweise Einführung elektronischer Genehmigungsverfahren und Aufzeichnungen sowie die stufenweise Umsetzung von BIM im öffentlichen Beschaffungswesen (nach den Grundsätzen der ISO 19650) führen dazu, dass digitale Arbeitsabläufe nicht mehr nur optional, sondern zur Selbstverständlichkeit werden, wodurch die Schnittstellen zwischen Planung, Bauausführung und Übergabe enger werden und die Anforderungen an die Qualitätssicherung über den gesamten Projektlebenszyklus hinweg gestärkt werden.

Auswirkungen der ökologischen und digitalen Transformation auf den gesamten Bausektor

Die kombinierten Auswirkungen der ökologischen und digitalen Wende gestalten das gesamte Bauökosystem in Polen und in der gesamten Europäischen Union neu. Im Umweltbereich schaffen die neugefasste Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD 2024/1275) und das „Fit for 55“-Paket verbindliche Verpflichtungen, die eine umfassende Sanierung beschleunigen, kohlenstoffarme Technologien etablieren und eine CO₂-Bilanz über den gesamten Lebenszyklus sowohl bei neuen als auch bei bestehenden Gebäuden vorschreiben. Diese Maßnahmen erhöhen nicht nur die Leistungsstandards, sondern erweitern auch den Geltungsbereich der Vorschriften und treiben die Branche in Richtung energieeffizienter, kreislaufwirtschaftlicher und klimaneutraler Praktiken voran. Für Unternehmen bedeutet dies, dass Investitionen in Qualifikationen, Qualitätssicherung und nachhaltige Lieferketten nicht mehr optional sind, sondern Voraussetzungen für die Wettbewerbsfähigkeit auf dem Markt darstellen.

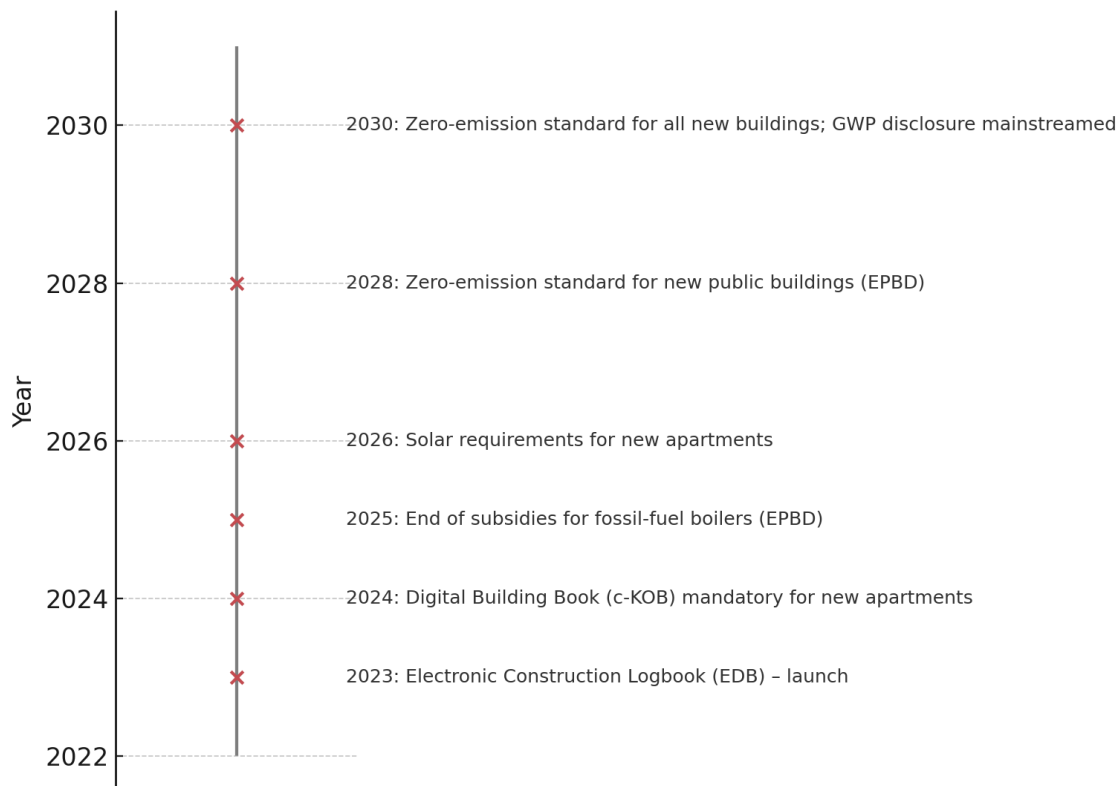
Gleichzeitig verändert der digitale Wandel die Art und Weise, wie Bauprojekte geplant, verwaltet und umgesetzt werden. Die Einführung von „e-Budownictwo“, des elektronischen Bautagebuchs (EDB) und des digitalen Baubuchs (c-KOB) verankert digitale Arbeitsabläufe in der Einhaltung gesetzlicher Vorschriften, während die schrittweise Einführung von Building Information Modelling (BIM) in das öffentliche Beschaffungswesen die Zusammenarbeit entlang der gesamten Wertschöpfungskette neu definiert. Digitale Werkzeuge – von der 4D/5D-BIM-Planung über „Scan-to-BIM“-Technologien bis hin zu

¹⁶ 2025, ANHANG zur MITTEILUNG AN DIE KOMMISSION Genehmigung des Inhalts des Entwurfs einer Mitteilung der Kommission mit Leitlinien zu neuen oder wesentlich geänderten Bestimmungen der neugefassten Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EU) 2024/1275

Technik

Anwendungen zur Qualitätssicherung vor Ort – steigern Effizienz, Transparenz und Nachvollziehbarkeit. Gleichzeitig erfordern sie die Schaffung neuer Rollen und hybrider Kompetenzen, die traditionelles Handwerk mit fortschrittlichem Datenmanagement verbinden.

Für die Baubranche im weiteren Sinne bedeuten diese beiden Wandlungsprozesse sowohl Chancen als auch Risiken. Unternehmen, die sich frühzeitig anpassen, indem sie in die Weiterbildung ihrer Mitarbeiter, in digitale Infrastruktur und in nachhaltige Geschäftsmodelle investieren, werden sich wahrscheinlich einen Wettbewerbsvorteil sichern, von EU- und nationalen Fördermitteln profitieren und sich in aufstrebenden Märkten für grüne Sanierung und kreislauffähige Materialien positionieren. Umgekehrt riskieren Unternehmen, die bei der Anpassung hinterherhinken, den Ausschluss von öffentlichen Ausschreibungen, sinkende Produktivität und eine erhöhte Anfälligkeit für behördliche Sanktionen. Insgesamt tritt die Branche in eine Phase ein, in der die Einhaltung von Umweltvorschriften und digitale Kompetenz keine nebensächlichen, sondern zentrale Determinanten für Widerstandsfähigkeit, Wachstum und langfristige Rentabilität sind.



Derzeit benötigte Qualifikationen und zukünftige Arbeitsplätze

Daten aus europäischen und nationalen Quellen deuten übereinstimmend auf anhaltenden Fachkräftemangel in den Kernberufen des Baugewerbes hin (z. B. Maurer; Beton- und Stahlbetonbauer; Dachdecker; Zimmerleute; Installateure für Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnik sowie erneuerbare Energien), wobei Polen zu den Mitgliedstaaten zählt, in denen bei „Arbeitern im Baugewerbe und verwandten Berufen (ohne Elektriker)“ weiterhin ein struktureller Mangel herrscht und mehrere Regionen

Technik

für 2025 einen Fachkräftemangel prognostizieren.¹⁷ Parallel dazu führen die Umsetzung der EPBD und steigende Kundenerwartungen zu einer Verlagerung der Kompetenzprofile in Richtung: (i) der Ausführung hochleistungsfähiger Gebäudehüllen (Luftdichtheit, Vermeidung von Wärmebrücken, feuchtigkeitssichere Dämmung; Qualitätssicherungsprotokolle einschließlich Blower-Door-Tests und Inbetriebnahme), (ii) CO₂-arme Gebäudetechnik (Wärmepumpen, ausgewogene kontrollierte Wohnraumlüftung, Niedertemperatur-Hydroneik, PV-Integration und intelligente Steuerungen) sowie (iii) vorschriftskonforme Dokumentation und Überprüfung im Einklang mit Energie- und CO₂-Vorschriften.

Digitale Kompetenzen sind mittlerweile in allen Funktionen von grundlegender Bedeutung. Zu den größten Defiziten zählen BIM-Modellierung und -Koordination (Kollisionserkennung), 4D/5D-Planung, „Scan-to-BIM“ und drohnenbasierte Bestandserfassung, Apps für die Qualitätssicherung vor Ort sowie reibungslose Workflows für die elektronische Einreichung; diese sind entscheidend für die Erbringung sowohl EPBD-konformer Leistungen als auch eines überprüfbareren, effizienten Projektmanagements. Mit Blick auf die Zukunft wird die Stellenpalette zunehmend hybride technisch-digitale Profile umfassen, wie zum Beispiel: BIM/VDC-Koordinator, Leiter der digitalen Qualitätssicherung auf der Baustelle, Energiemodellierer, LCA/GWP-Analyst, Techniker für die Inbetriebnahme von Wärmepumpen und erneuerbaren Energiequellen sowie Aufsichtspersonal für selektiven Rückbau und Materialrückgewinnung (zur Unterstützung der Anforderungen der Kreislaufwirtschaft und qualitätsgesicherter Sekundärstoffströme). Politische und marktbezogene Signale deuten auf eine anhaltende Nachfrage nach diesen Rollen hin, da Genehmigungsverfahren in Baubeginne übergehen, die Finanzierung der Energiewende beschleunigt wird und Verpflichtungen zur CO₂-Berichterstattung zur gängigen Praxis werden.¹⁸

- **Thematische Analyse des aktuellen Stands der Technik**

- **Digitalisierung im Bauwesen (Wohnen 4.0)**

- Wichtige digitale Technologien (z. B. Building Information Modelling (BIM), digitale Zwillinge, künstliche Intelligenz (KI) für das Energiemanagement, Internet der Dinge (IoT) in Gebäuden)
- Einführung und Auswirkungen auf Bauprozesse und Gebäudebetrieb
- Aktuelle Qualifikationen und sich abzeichnende Berufsbilder
- Relevante Markttrends, die Angebot und Nachfrage prägen

Die Digitalisierung in der Bauindustrie ist eine der wichtigsten Richtungen für den Wandel der Branche. Die Umsetzung digitaler Lösungen in jeder Phase (vom Entwurf bis zur Bauausführung) kann dazu beitragen:

¹⁷ Europäische Arbeitsbehörde, 2024, *Bericht über Arbeitskräftemangel und -überschuss* <https://145725293.fs1.hubspotusercontent-eu1.net/hubfs/145725293/EURES_Report_on_labour_shortages_and_surpluses_2024.pdf> Zugriff: 25.09.2025

¹⁸ Kozierekiewicz P., 2025, *Das Jahr 2025 beginnt verhalten: Weniger Baugenehmigungen, stabile Zahl neuer Wohnbauprojekte*

Technik

- Kosten zu senken,
- die Energie- und Betriebseffizienz zu steigern,
- die Qualität und Sicherheit der Bauarbeiten zu verbessern,
- die Überwachung von Emissionen und des ökologischen Fußabdrucks von Gebäuden.

In Polen befindet sich die Digitalisierung der Branche noch in einem frühen Stadium, doch das Interesse wächst, insbesondere bei großen Infrastrukturprojekten und Sanierungen, die aus EU-Mitteln finanziert werden.

BIM – Die BIM-Technologie ist auch in Polen weithin bekannt, wird jedoch hauptsächlich in großen Planungsbüros und bei öffentlichen Aufträgen eingesetzt. Im Wohnungsbau kommt sie seltener zum Einsatz, vor allem bei Premium-Projekten. Zu den größten Hindernissen für den Einsatz von BIM zählen das Problem der Interoperabilität zwischen den Systemen und der Verknüpfung ihrer Daten sowie der Mangel an BIM-Spezialisten. Es ist anzumerken, dass während der „Lernphase“ dieser Methodik die für die Fertigstellung eines Projekts benötigte Zeit bis zu 50 % länger sein kann als bei der traditionellen Planung, was manche Unternehmen demotivieren kann¹⁹. Seit 2022 arbeitet das polnische Ministerium für Entwicklung und Technologie daran, die BIM-Methodik bei den Akteuren des Investitions- und Bauprozesses sowie bei Vertretern der Bauindustrie zu fördern. Dies geschieht im Rahmen von Projekten zur Digitalisierung von Bauprozessen, bei denen BIM-Dokumente, Standards und Vorlagen erstellt und Prozesse identifiziert werden, in denen die BIM-Technologie eingesetzt werden kann. Zur Entwicklung von Strategien für die Umsetzung von BIM wurde eine BIM-Arbeitsgruppe eingerichtet.²⁰

Digitale Zwillinge – Die Technologie der digitalen Zwillinge ist im polnischen Bausektor noch ein relativ neues Konzept. Sie wird hauptsächlich in Pilotprojekten in Gewerbe- und Bürogebäuden eingesetzt, wo sie zur Überwachung des Energieverbrauchs, zur Optimierung von HLK-Anlagen und zur Verbesserung des Facility-Managements dient. Im Wohnungsbau ist der Einsatz nach wie vor begrenzt und meist mit innovativen oder hochwertigen Bauprojekten verbunden. Zu den Haupthindernissen zählen hohe Implementierungskosten, mangelnde Interoperabilität zwischen Softwareplattformen sowie der Mangel an qualifizierten Fachkräften, die Echtzeitdaten verwalten und analysieren können. Trotz dieser Herausforderungen ist das Potenzial digitaler Zwillinge beträchtlich: Sie ermöglichen vorausschauende Instandhaltung, verbessern die Energieeffizienz und liefern präzise Simulationen der Gebäudeperformance über den gesamten Lebenszyklus hinweg. Angesichts der wachsenden Bedeutung der ESG-Berichterstattung und der Lebenszyklusanalyse (LCA) im Einklang mit den EU-Vorschriften wird erwartet, dass sich Lösungen mit digitalen Zwillingen in Polen schrittweise ausbreiten werden, insbesondere in großen Wohnsiedlungen und öffentlichen Wohnungsbauprojekten, die mit EU-Mitteln gefördert werden. Forscher des Instituts für Geodäsie und Geoinformatik an der Universität für Lebenswissenschaften in Breslau arbeiten an einem Projekt zum Thema „Digitale Zwillinge“ – „Nutzung

¹⁹ Kosiedowski W., Wirkus M., 2021, *Hindernisse und Einschränkungen bei der Einführung der BIM-Technologie – Ergebnisse von Pilotstudien*, Builder Science

²⁰ Szuszman E., 2022, *BIM in Polen*, Ministerium für Entwicklung und Technologie

Technik

städtischer digitaler Zwillinge zur gemeinsamen Entwicklung flexibler Plusenergie-Systeme für Stadtteile“. „Ziel ist es nicht nur, die Technologie zu entwickeln, sondern sie auch mithilfe interaktiver Tools und Plattformen zum Informationsaustausch in die Praxis umzusetzen (...), die dazu beitragen, Gemeinden auf die Umsetzung von Plusenergie-Stadtteilen (PEDs) vorzubereiten und ihnen die gemeinsame Gestaltung von PEDs in ihren Stadtvierteln zu ermöglichen“.²¹

IoT – IoT-Lösungen finden im Wohnungsbau in Polen zunehmend Anwendung, auch wenn ihre Verbreitung im Vergleich zu Westeuropa noch begrenzt ist. Intelligente Stromzähler, Luftqualitätssensoren, Beleuchtungs- und Heizungssteuerungssysteme sowie einfache Hausautomationsgeräte sind die gängigsten Anwendungen. Ihr Einsatz konzentriert sich hauptsächlich auf neu errichtete Wohnsiedlungen in größeren Städten und auf Projekte, die als „Smart Homes“ vermarktet werden. Die größten Hindernisse für eine breitere Einführung sind die hohen Kosten fortschrittlicher IoT-Systeme, die mangelnde Interoperabilität zwischen Geräten verschiedener Hersteller sowie das geringe Bewusstsein bei kleinen und mittleren Bauträgern. Dennoch wird erwartet, dass steigende Energiepreise und die wachsende Nachfrage der Verbraucher nach energieeffizienten und komfortablen Wohnungen die Einführung von IoT-Technologien im Wohnungsbau beschleunigen werden. Das Dokument des Ministeriums für Digitalisierung aus dem Jahr 2019 enthält eine Prognose zur Anpassung an den digitalen Wandel in Polen im Vergleich zu Mittel- und Osteuropa, wie in Abbildung 1 dargestellt. „In den kommenden Jahren wird erwartet, dass der Markt für IoT-Technologien und -Lösungen mit einer hohen Rate (ca. 13 % im Jahresvergleich) wachsen wird. Dies bedeutet, dass die polnische Wirtschaft große Chancen hat, diese Technologie zu integrieren – die Beseitigung der entsprechenden Hindernisse dürfte dieses Potenzial noch steigern. Die Beseitigung der bestehenden Barrieren in Bezug auf regulatorische Fragen und die Entwicklung neuer Kommunikationstechnologien (einschließlich 5G) wird zu einer dynamischen Entwicklung des IoT in Polen führen.“²²

²¹ Naturwissenschaftliche Universität Breslau, 2024, *Der digitale Zwilling wird zur Energiewende in Städten beitragen*,
<<https://upwr.edu.pl/aktualnosci/cyfrowy-blizniak-pomoze-w-transformacji-energetycznej-miast-4257.html>>

²² Maśniak L., Marcisz K. u. a., 2019, *Das Internet der Dinge und die polnische Wirtschaft*, Bericht der Arbeitsgruppe für das Internet der Dinge im Ministerium für digitale Angelegenheiten

Technik

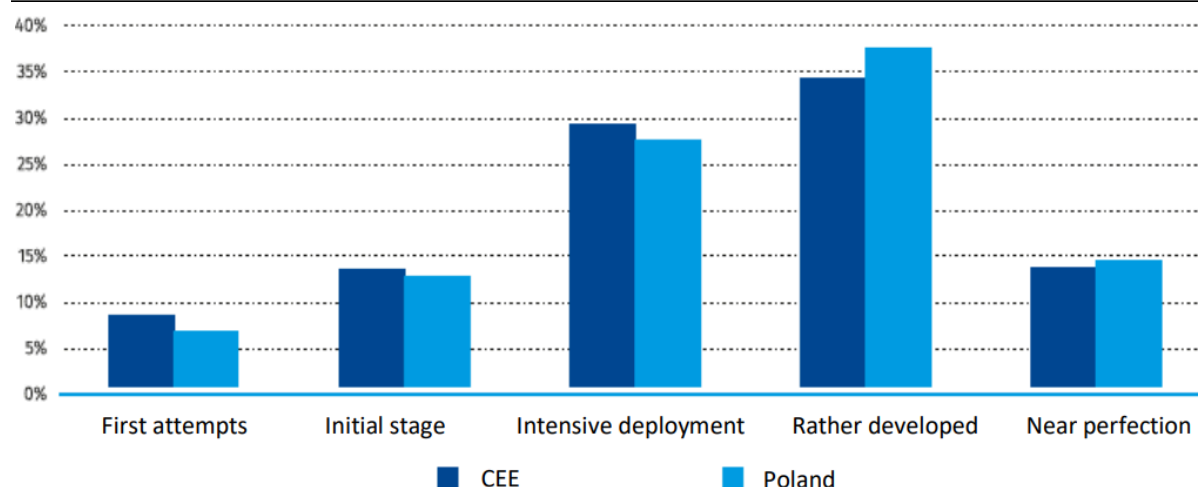


Abbildung 1. Angegebener Grad der Einführung von Lösungen zur digitalen Transformation in Polen im Vergleich zu Mittel- und Osteuropa²³

Gebäudemanagementsysteme (**BMS**) sind vor allem im Bereich der Gewerbe- und Bürogebäude verbreitet. Im Bereich der Wohn- und Mehrfamilienhäuser halten BMS-Lösungen erst allmählich Einzug in den Markt. Ihre Hauptaufgabe besteht darin, technische Anlagen (Heizung, Klimaanlage, Lüftung, Beleuchtung, Sicherheitssysteme oder Photovoltaikanlagen) zu integrieren, zu automatisieren und zu überwachen. Es gibt zahlreiche Tools und Technologien, die auf die jeweiligen Bedürfnisse und Gegebenheiten abgestimmt sein sollten. So wurde beispielsweise in Warschau in einer der Wohnungseigentümergeinschaften (Wrzeciono 17) ein SCADA-System zur Überwachung, Erfassung und Analyse von Daten implementiert. Ein solches Beispiel ist auf dem untenstehenden Foto (Abbildung 2) dargestellt. Es wurden Überwachungskameras installiert, um den Zustand der Photovoltaikanlage auf dem Dach des Gebäudes zu beobachten. Die Eigentümergeinschaft nutzte Managementsysteme, um die Rentabilität und die optimale Ausrichtung der Module zu planen und zu überprüfen. Ein Jahr vor der Installation der Photovoltaikanlage wurde das Dach überwacht, um zu prüfen, wie sich die Schatten im Tages- und Jahreszyklus auswirken würden. BMS-Systeme können in vielen Situationen hilfreich sein, selbst wenn der Energieversorger durch Erhöhung der Temperatur den Kauf unnötiger Wärme erzwingen will.

²³ IDC CEE-Umfrage zur digitalen Transformation, 2017; n=311

Technik



Abbildung 2. SCADA-System zur Überwachung der Photovoltaikanlage auf dem Dach

3D-Scanning, Drohnen und Robotik – 3D-Scanning, Drohnen und Robotik stellen eine weitere Gruppe aufstrebender Technologien dar, die Bauprozesse weltweit neu gestalten. Das 3D-Laserscanning ermöglicht eine präzise digitale Kartierung bestehender Gebäude und Baustellen und verbessert so die Genauigkeit der Sanierungsplanung und der Fortschrittsüberwachung. Mit Kameras und Sensoren ausgestattete Drohnen werden zunehmend für Vermessungen, Sicherheitsinspektionen und die Bauaufsicht eingesetzt, was Kosteneinsparungen und eine bessere Kontrolle der Projektzeitpläne ermöglicht. Die Robotik verspricht unterdessen die Automatisierung sich wiederholender oder gefährlicher Aufgaben wie Maurerarbeiten, Betondruck oder die Montage von Fertigteilen.

In Polen werden diese Technologien schrittweise eingeführt, wobei sich ihr Einsatz vor allem auf größere Unternehmen und Forschungsprojekte konzentriert. Drohnen werden bereits von Bauträgern für Baustellenbegehungen und von Kommunen für die Stadtplanung sowie zur Überwachung illegaler Bauten eingesetzt. 3D-Scanning kommt hauptsächlich bei Sanierungsprojekten zum Einsatz, insbesondere bei denkmalgeschützten Gebäuden, bei denen eine präzise digitale Dokumentation erforderlich ist. Die Robotik befindet sich nach wie vor in der Pilotphase, mit begrenztem Einsatz in Fertigteilwerken und experimentellen Anwendungen im automatisierten Bauwesen. Zu den Hindernissen für eine breitere Einführung zählen hohe Ausrüstungs- und Schulungskosten, rechtliche Fragen im Zusammenhang mit dem Drohnenbetrieb sowie die allgemein konservative Haltung der Baubranche. Da jedoch die Fertigbauweise und der modulare Wohnungsbau in Polen an Beliebtheit gewinnen und EU-Fördermittel den digitalen und ökologischen Wandel unterstützen, wird erwartet, dass die Bedeutung dieser Technologien deutlich zunehmen wird.

KI und Datenanalyse – Künstliche Intelligenz (KI) und Datenanalyse werden zu immer wichtigeren Werkzeugen in der globalen Bauwirtschaft und bieten Möglichkeiten zur Verbesserung von Planungsprozessen, zur Optimierung des Energieverbrauchs und zur Vorhersage des Instandhaltungsbedarfs. Diese Technologien unterstützen ein effizienteres Ressourcenmanagement, indem sie Algorithmen nutzen, um Szenarien zu simulieren, Leistungsdaten von Gebäuden zu analysieren und Muster zu erkennen, die Menschen möglicherweise übersehen würden. Zu den Anwendungsbereichen gehören bereits Vorhersagemodelle für den Energieverbrauch, die Optimierung von HLK-Anlagen, die Risikobewertung im Bauprojektmanagement sowie die automatisierte Qualitätskontrolle mittels Bilderkennung.

Im polnischen Kontext befinden sich KI und fortschrittliche Datenanalyse noch in einem frühen Stadium der Einführung. Ihr Einsatz ist eher in Pilotprojekten verbreitet, oft in Verbindung mit Forschungseinrichtungen oder in Zusammenarbeit mit größeren Bauträgern bei gewerblichen und öffentlichen Gebäuden. Im Wohnungsbau sind praktische Anwendungen nach wie vor begrenzt, was hauptsächlich auf Kostenbarrieren, den Mangel an strukturierten Daten und einen Mangel an Fachkräften mit kombinierten Kenntnissen in Bauingenieurwesen und Datenwissenschaft zurückzuführen ist. Es wird jedoch erwartet, dass die zunehmenden Anforderungen an die ESG-Berichterstattung und Lebenszyklusanalysen (LCA) gemäß den EU-Vorschriften die Einführung beschleunigen werden. Angesichts des wachsenden Drucks, den CO₂-Fußabdruck von Gebäuden zu überwachen und zu reduzieren, könnten KI-gestützte Lösungen für die Datenverarbeitung und Berichterstattung bald zum Standard werden, insbesondere in größeren Wohnsiedlungen und öffentlichen Projekten, die mit EU-Mitteln gefördert werden.

Spiel „Estate with Climate“ – „Das Spiel wurde entwickelt, damit die Bewohner von Wohnsiedlungen die Dinge selbst in die Hand nehmen und entscheiden können, wie sie ihre Wohnorte an den Klimawandel anpassen. Das Spiel entstand im Rahmen des Co-Adapt-Projekts – ‚Communities for Climate Change Action‘, ‚Communities for Climate Change Adaptation Action‘.“²⁴ Es handelt sich um ein ernsthaftes Simulationsspiel, das als innovatives Instrument dient, um Stadtbewohner in die Konzeption und Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen für ihre Wohnsiedlungen einzubeziehen. Die Spieler können aus 40 naturbasierten Lösungen wählen, wie beispielsweise Regengärten, Versickerungsbecken, Kletterpflanzen, Bäume und Blumenwiesen, und deren Auswirkungen dann mithilfe integrierter Algorithmen simulieren: Dabei werden die Senkung der Lufttemperatur, die Verbesserung der Luftqualität, die Regenwasserrückhaltung, der Beitrag zur Biodiversität sowie die Kosteneffizienz bewertet. Das Spiel ist sowohl als Brettspiel als auch in einer elektronischen Version verfügbar und kann kostenlos online genutzt werden. Die Spieler geben ihre Postleitzahl ein, woraufhin das Spiel ihre Wohnsiedlung als 3D-Modell darstellt. So können sie die Auswirkungen von Anpassungsmaßnahmen wie das Pflanzen von Bäumen, den Ersatz versiegelter Flächen durch wasserdurchlässige Materialien oder die Installation von Regenwasserspeichersystemen testen und visualisieren. Der Vorteil eines solchen Spiels liegt in seiner Verfügbarkeit und der Fähigkeit, Menschen aller Altersgruppen einzubinden und zu motivieren.

²⁴ Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, „Osiedle z Klimatem“, <https://osiedlezklimatem.sggw.edu.pl/?lang=en>, abgerufen am 21.08.2025

Technik

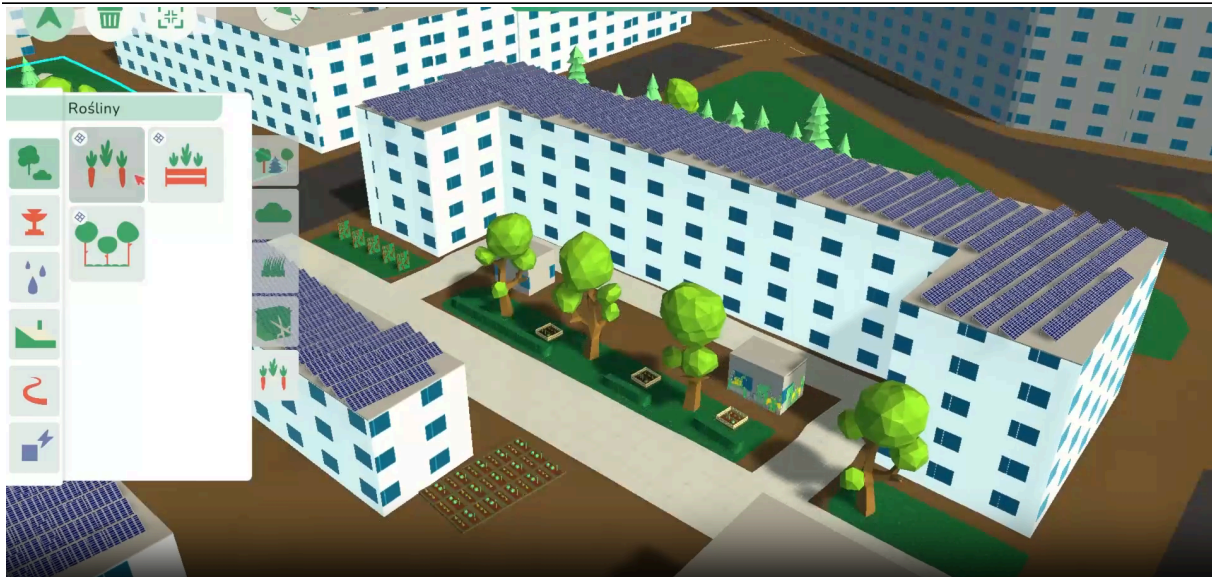


Abbildung 3. Spiel „Estate with Climate“

Die Digitalisierung und die Entwicklung neuer Technologien entwickeln sich zu einer der wichtigsten Richtungen des Wandels im Bausektor in Europa und in Polen. Der Einsatz innovativer Lösungen wie BIM, digitale Zwillinge, IoT, künstliche Intelligenz und Robotik wirkt sich nicht nur auf die Art und Weise aus, wie Projekte entworfen und umgesetzt werden, sondern auch auf die Energieeffizienz, die ökologische Nachhaltigkeit und die allgemeine Wettbewerbsfähigkeit der Branche. Diese Trends gestalten den Arbeitsmarkt neu, indem sie neue Kompetenzen erfordern, schaffen aber gleichzeitig Möglichkeiten, die Bauqualität zu verbessern, die Betriebskosten zu senken und die wachsenden regulatorischen Anforderungen der Europäischen Union zu erfüllen.

Die Digitalisierung des Bauwesens ist ein wichtiger Aspekt, der sich in Zukunft auszahlen wird und unverzichtbar sein wird. Die Umsetzungsphase ist in diesem Fall entscheidend; der Lernprozess im Umgang mit der Technologie wird anspruchsvoll sein, und in den ersten Monaten wird die Arbeitszeit nicht unbedingt kürzer sein als bisher, und die Kosten müssen nicht unbedingt niedriger ausfallen. Die Beteiligten und Nutznießer sollten bei der weiteren gemeinsamen Entwicklung unterstützt werden, insbesondere in den schwierigsten Phasen.

Zu den Vorteilen der Einführung neuer Technologien und Methoden zählen:

- Kosteneffizienz
- Qualitätssicherung und termingerechte Lieferung
- Verbesserung der Kommunikation und Zusammenarbeit
- Projektoptimierung
- Nachhaltigkeit und Lebenszyklusanalyse

Zu den größten Herausforderungen zählen beispielsweise finanzielle, technologische und rechtliche Hindernisse, Aspekte der Cybersicherheit, Anforderungen der öffentlichen Auftraggeber sowie kulturelle Barrieren.

Technik

In der schnelllebigen Welt von heute werden sich der Arbeitsmarkt und die Anforderungen verändern. Einige Berufe werden in naher Zukunft möglicherweise nicht mehr existieren, doch neue Technologien und Methoden schaffen auch neue Arbeitsplätze. Aufgrund der technologischen Entwicklung (sowie der ökologischen Wende und der sich wandelnden EU-Politik) im Bausektor wird es eine steigende Nachfrage nach Fachkräften geben:

- BIM-Koordinator / BIM-Manager
- Digital-Twin-Ingenieur
- LCA/EPD-Spezialist
- Berater für Kreislaufwirtschaft
- Techniker für intelligente Gebäudesysteme
- Planer/Installateur für erneuerbare Energiesysteme
- Datenanalyst

Diese neu entstehenden Berufsprofile verdeutlichen, wie sich die Baubranche hin zu einem Modell entwickelt, das digitales Fachwissen mit nachhaltigen Praktiken verbindet. Sie erfordern nicht nur technische Kompetenzen in den Bereichen fortschrittliche Software, Datenanalyse und Anlagen für erneuerbare Energien, sondern auch interdisziplinäres Wissen, das Ingenieurwesen, Umweltwissenschaften und Projektmanagement miteinander verbindet. Da sich die Branche an strengere EU-Vorschriften und die mit der ESG-Berichterstattung verbundenen Erwartungen der Investoren anpasst, wird die Nachfrage nach solchen Fachkräften weiter steigen. Diese Entwicklung unterstreicht die Bedeutung von Systemen der beruflichen Aus- und Weiterbildung, die flexible Bildungswege – einschließlich Mikro-Zertifikaten und Möglichkeiten zum lebenslangen Lernen – bieten, um die Arbeitskräfte mit den notwendigen Kompetenzen für den ökologischen und digitalen Wandel auszustatten.

In Polen gibt es ein Instrument namens „Sektorales Qualifikationsrahmenwerk“ (poln. Sektorowa Rama Kwalifikacji), das dabei hilft, Qualifikationen in verschiedenen Sektoren zu systematisieren und sie mit dem Polnischen Qualifikationsrahmen (PRK) zu verknüpfen.

„Dadurch lässt sich leichter nachvollziehen, über welche Fähigkeiten und Kenntnisse Mitarbeiter auf verschiedenen Ebenen verfügen sollten – von einfachen Hilfsaufgaben bis hin zum fortgeschrittenen Management von Bauprojekten. (...) Das Hauptziel der Aktualisierung des SRK im Bauwesen bestand darin, der wachsenden Bedeutung grüner und digitaler Qualifikationen im Bauwesen Rechnung zu tragen. Dies ist eine Antwort auf die Herausforderungen des Europäischen Grünen Deals, des Nationalen Wiederaufbauplans, des Fonds für einen gerechten Übergang und des „Fit for 55“-Pakets. Die Bauwirtschaft hat enorme Auswirkungen auf die Umwelt, weshalb es notwendig ist, das Personal darauf vorzubereiten, ökologischer, effizienter und verantwortungsbewusster zu arbeiten. Grüne Kompetenzen sind bereichsübergreifender und interdisziplinärer Natur und umfassen technologische Aspekte (z. B. erneuerbare Energiequellen, Kreislaufwirtschaft), organisatorische Aspekte (z. B. nachhaltiges Projektmanagement) sowie soziale Aspekte (z. B. Umweltbildung, gesellschaftliche Teilhabe). Ihre effektive

Technik

Umsetzung erfordert eine präzise Definition und Zuordnung zu bestimmten Wirtschaftssektoren, was durch sektorale Qualifikationsrahmen ermöglicht wird.²⁵

Es gibt viele Faktoren, die den Markt beeinflussen und seine Entwicklung prägen. Rechtliche Vorschriften, technische Entwicklungen, Verbraucher und sich wandelnde Anforderungen – all dies hat großen Einfluss auf die gegenwärtige und zukünftige Situation in diesem Sektor.

Polnische Wege der Digitalisierung

In den letzten Jahren hat Polen sein Portfolio an digitalen Instrumenten und Registern erheblich erweitert, um die Transparenz zu erhöhen, Verwaltungsabläufe zu straffen und die Qualität sowie die Sicherheit der bebauten Umwelt zu verbessern. Diese Instrumente stehen im Einklang mit den Zielen der nationalen *Roadmap für Building Information Modelling (BIM)* sowie mit der von der Europäischen Union geförderten umfassenden Digitalisierungsagenda.

- **e-Budownictwo** – die offizielle Regierungsplattform (betrieben vom Generalamt für Bauaufsicht), die die Online-Einreichung von baubezogenen Anträgen und Formularen ermöglicht. Sie ersetzt herkömmliche papierbasierte Arbeitsabläufe und bietet Bürgern, Planern und Bauunternehmern eine zentrale digitale Anlaufstelle.
- **SOPAB (System Obsługi Postępowania Administracyjnych w Budownictwie)** – das System zur Abwicklung von Verwaltungsverfahren im Bauwesen. Es unterstützt Behörden bei der elektronischen Verwaltung von Baugenehmigungen und damit verbundenen Verfahren, gewährleistet die Einheitlichkeit von Entscheidungen und verkürzt die Bearbeitungszeiten.
- **Register für vorgeschriebene Bauinspektionen und Bauunfälle** – nationale Register, in denen vorgeschriebene Bauinspektionen erfasst und schwerwiegende Bauvorfälle dokumentiert werden. Sie verbessern die Überwachung, Transparenz und Durchsetzung von Sicherheitsvorschriften.
- **Zentrales Register der Inhaber von Baugenehmigungen** – diese 2023 eingeführte Datenbank enthält amtliche Einträge zu Ingenieuren und Fachleuten, die zur Ausübung unabhängiger technischer Funktionen im Bauwesen befugt sind. Sie erhöht die Transparenz auf dem Arbeitsmarkt und erleichtert die Überprüfung von Qualifikationen.
- **Elektroniczny Dziennik Budowy (EDB, Elektronisches Bautagebuch)** – dieses 2023 eingeführte digitale Bautagebuch ersetzt papierbasierte Protokolle. Es ermöglicht Bauunternehmern, Bauleitern und Bauaufsichtsbeamten, den Baufortschritt, Entscheidungen und Genehmigungen in Echtzeit zu erfassen.
- **Cyfrowa Książka Obiektu Budowlanego (c-KOB, Digitales Baubuch)** – Seit 2024 für Neubauten vorgeschrieben, enthält dieses digitale Verzeichnis eine umfassende Dokumentation der Instandhaltung, Modernisierungen und Inspektionen eines Gebäudes über dessen gesamten Lebenszyklus hinweg.

Zusammen stellen diese Instrumente einen entscheidenden Schritt hin zu einer vollständig digitalen Bauverwaltung in Polen dar. Sie reduzieren den Papierkram und den Verwaltungsaufwand, gewährleisten

²⁵ Zintegrowany System Kwalifikacji, „Grüne Kompetenzen im Bauwesen – Aktualisierung des SRK im Bauwesen“, <https://kwalifikacje.edu.pl/zielone-kompetencje-w-budownictwie-aktualizacja-srk-w-budownictwie/>>, abgerufen am 22.08.2025

Technik

eine bessere Einhaltung gesetzlicher Vorschriften und liefern zuverlässige Datensätze für die Qualitätssicherung und Sicherheitsüberwachung. Langfristig bereiten sie die Branche zudem auf die Integration in BIM-Umgebungen sowie auf die EU-Anforderungen zur Berichterstattung über Energie- und CO₂-Bilanz vor.

Tool / Register	Technologie / Funktionalität	Stand der Umsetzung in Polen	Potenzial für die Weiterentwicklung
e-Budownictwo (nationales E-Bau-Portal)	Online-Plattform für die elektronische Einreichung von Formularen und Anträgen; mit öffentlichen Registern verknüpft.	Voll funktionsfähig; wird von Bürgern und Unternehmen in großem Umfang für Baugenehmigungen und Meldungen genutzt.	Ausbau der Dienste (Anbindung an BIM-Modelle und EU-Datenbanken); benutzerfreundliche Oberfläche und mobile Anwendungen.
SOPAB (System zur Abwicklung von Verwaltungsverfahren im Bauwesen)	Fallmanagementsystem für Behörden; unterstützt digitale Arbeitsabläufe bei Baugenehmigungsverfahren.	Eingesetzt in der öffentlichen Verwaltung; ersetzt schrittweise papierbasierte Arbeitsabläufe.	Möglichkeiten zur Integration in regionale/lokale Planungssysteme und EU-weite Genehmigungsstandards; KI-gestützte Dokumentenprüfung.
Register für vorgeschriebene Inspektionen und Bauunfälle	Zentralisierte digitale Datenbanken zur Erfassung vorgeschriebener Bauinspektionen und zur Meldung schwerwiegender Vorfälle.	Funktionsfähig; verbessert die Aufsicht und Transparenz.	Entwicklung prädiktiver Analysen, Verknüpfung mit IoT-Sensoren und Plattformen zur Risikoüberwachung
Zentrales Register der Inhaber von Baugenehmigungen	Online-Register zertifizierter Fachkräfte; durchsuchbar für die Öffentlichkeit und Behörden.	In Betrieb seit 2023; verbessert die Überprüfung von Qualifikationen.	Könnte in die EU-Anerkennung von Berufsqualifikationen und digitale Ausweise für Ingenieure integriert werden
EDB (Elektronisches Bautagebuch)	Cloud-basierte Plattform zur Erfassung der täglichen Baustellenaktivitäten, des Baufortschritts und der Genehmigungen.	Eingeführt im Jahr 2023; zunehmende Akzeptanz bei Bauunternehmern und Bauleitern.	Integration in BIM-Workflows, mobile QA-Apps und automatisierte Berichterstellung.
c-KOB (Digitales Gebäudebuch)	Digitale Lebenszykluskumentation von Gebäudeinstandhaltung,	Seit 2024 für Neubauten vorgeschrieben; befindet sich noch in der Anfangsphase der Nutzung	Anbindung an LCA-/GWP-Datenbanken, Sensoren für intelligente Gebäude und EU-Sanierungspässe.

Technik

Inspektionen und
Modernisierungen.

Polen hat bereits eine solide Grundlage an digitalen Registern und Verwaltungstools geschaffen. Die aktuelle Herausforderung liegt weniger in der Einführung neuer Systeme als vielmehr in der Gewährleistung der Interoperabilität, der Akzeptanz durch die Nutzer sowie der Integration mit BIM, Smart-Building-Technologien und EU-weiten Plattformen (z. B. für Sanierungsausweise, CO₂-Berichterstattung oder die grenzüberschreitende Anerkennung von Lizenzen).

Markttrends, die die Nachfrage prägen

Der polnische Bauplatz wird derzeit durch die kombinierten Auswirkungen konjunktureller Schwankungen und struktureller Veränderungen im Zusammenhang mit der ökologischen und digitalen Wende geprägt. Nach einem Rückgang der Fertigstellungen im Jahr 2024 deuten Frühindikatoren wie Baugenehmigungen und Baubeginne auf einen erneuten Projektbestand hin, der die Aktivität in den kommenden Jahren stützen wird. Diese Prognose wird durch die Verfügbarkeit von EU-Wiederaufbaumitteln, nationale Sanierungsprogramme wie das „Clean Air“-Programm und Investitionen in die Infrastruktur untermauert. Gleichzeitig belasten Kostendruck und Finanzierungsengpässe weiterhin die kurzfristige Nachfrage, insbesondere im Wohnbausegment.

Die grüne Wende entwickelt sich zu einem Haupttreiber der Nachfrage. Die neugefasste *Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden* (EPBD 2024/1275) führt verbindliche Anforderungen für emissionsfreie Neubauten, fortschrittliche Sanierungsstandards und die verpflichtende Offenlegung des CO₂-Ausstoßes über den gesamten Lebenszyklus ein. Für Polen entsteht dadurch ein anhaltender Bedarf an umfassenden energetischen Sanierungen, kohlenstoffarmen Gebäudetechniklösungen wie Wärmepumpen, ausgewogenen Lüftungssystemen und Photovoltaikanlagen sowie an soliden Qualitätssicherungsmaßnahmen, darunter Blower-Door-Tests und Inbetriebnahmen. In Verbindung mit nationalen Strategien wie dem *KPRB* und dem *PEP2040* dürften diese regulatorischen Anforderungen ein langfristiges Wachstum sowohl auf dem Sanierungs- als auch auf dem Neubau-Markt bewirken.

Parallel dazu verändert die Digitalisierung sowohl Verwaltungsabläufe als auch Projektabwicklungsmodelle. Die Einführung von Plattformen wie *e-Budownictwo*, *SOPAB*, dem *elektronischen Bautagebuch (EDB)* und dem *digitalen Baubuch (c-KOB)* hat digitale Arbeitsabläufe fest in die Einhaltung gesetzlicher Vorschriften verankert. Darüber hinaus beschleunigt die schrittweise Integration von Building Information Modelling (BIM) in das öffentliche Beschaffungswesen die Einführung integrierter, datengesteuerter Projektmanagementpraktiken. Dieser Wandel führt zu einer steigenden Nachfrage nach Fachkräften in anspruchsvollen Positionen wie BIM-Koordinatoren, Spezialisten für digitale Qualitätssicherung und Datenmanagern, erfordert aber auch grundlegende digitale Kompetenzen bei Baustellenpersonal, Büromitarbeitern und Aufsichtspersonal.

Die Dynamik des Arbeitsmarktes verstärkt diesen Druck noch weiter. Anhaltender Fachkräftemangel in zentralen Bauberufen – wie Maurer, Stahlbauer, Dachdecker und Installateure für Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnik sowie erneuerbare Energien – geht einher mit einer wachsenden Nachfrage nach hybriden Profilen, die traditionelles handwerkliches Können mit ökologischen und digitalen Kompetenzen verbinden. Die Leerstandsquoten liegen weiterhin über dem Niveau vor der Pandemie und unterstreichen

Technik

das strukturelle Ungleichgewicht zwischen Arbeitskräfteangebot und den Bedürfnissen einer Branche, die gleichzeitig eine Dekarbonisierung und eine digitale Transformation durchläuft.

Insgesamt deuten diese Trends sowohl auf Risiken als auch auf Chancen hin. Unternehmen, die in die Weiterbildung ihrer Belegschaft, in digitale Infrastruktur und in kohlenstoffarme Lösungen investieren können, werden voraussichtlich von einem bevorzugten Zugang zu öffentlichen Ausschreibungen, von Fördermechanismen der EU und der Mitgliedstaaten sowie von der steigenden Nachfrage nach nachhaltigem Wohnungsbau und nachhaltiger Infrastruktur profitieren. Insbesondere Unternehmen, die sich auf umfassende Sanierungen, die Integration erneuerbarer Energien, BIM-gestützte Projektabwicklung und Praktiken der Kreislaufwirtschaft – wie selektiven Rückbau und die Wiederverwendung von Sekundärmaterialien – spezialisiert haben, sind gut positioniert, um die Vorteile des aktuellen Wandels für sich zu nutzen.

○ Kreislaufwirtschaft und nachhaltige Baumaterialien

- Grundsätze und Praktiken (z. B. Wiederverwendung, Recycling, Abfallbewirtschaftungsstrategien)
- Nachhaltige Materialien und ihre Anwendung in Gebäuden
- Aktuelle Qualifikationen und neu entstehende Berufsbilder
- Relevante Markttrends, die Angebot und Nachfrage prägen

In Polen ist der Bausektor für einen großen Teil des Energieverbrauchs und des Materialverbrauchs verantwortlich, während Sanierungs- und Abbrucharbeiten ein erhebliches Volumen an Bauabfällen verursachen. Nachhaltige Materialien wie kohlenstoffarmer Beton, Brettsper Holz (CLT), recycelte Zuschlagstoffe oder biobasierte Dämmstoffe werden zunehmend als praktikable Alternativen zu herkömmlichen, emissionsintensiven Produkten anerkannt. Ihre Integration in Wohnbauprojekte verringert nicht nur den ökologischen Fußabdruck, sondern schafft auch Bedarf an neuen Kompetenzen in den Bereichen Planung, Installation und Materialzertifizierung. Das Projekt legt zudem Wert auf die Einführung von „Design-for-Disassembly“-Ansätzen, Materialpässen und selektiven Abbruchverfahren, die eine spätere Wiederverwendung und ein Recycling ermöglichen. Diese kreislaufwirtschaftlichen Praktiken befinden sich in Polen noch in einem frühen Stadium, da der Baumarkt dort nach wie vor kostenorientiert und fragmentiert ist – es gibt also noch viel Raum für Verbesserungen.

Wasserrückgewinnung – Wassereffizienz ist ein entscheidender Aspekt des kreislaforientierten Wohnungsbaus. Grauwasser-Recyclingsysteme, Regenwassernutzung, Wasserrückgewinnung aus Abwasser und grüne Infrastruktur wie Rückhaltebecken oder Gründächer tragen dazu bei, den Trinkwasserverbrauch zu senken und Klimarisiken wie Dürren oder städtische Überschwemmungen zu mindern.

Im polnischen Kontext werden diese Lösungen im Wohnungsbau noch nicht flächendeckend angewendet, bieten jedoch ein hohes Potenzial für nachhaltige Wohnsiedlungen. Es ist davon auszugehen, dass die

Technik

zunehmende Sensibilisierung der Öffentlichkeit und die Verknappung der Tiefenwasserressourcen zu einem größeren Interesse an der Wasserrückgewinnung beitragen werden. Dies gilt umso mehr, als in polnischen Städten ein deutlicher Anstieg der Wasser- und Abwassergebühren zu verzeichnen ist.

Abwasser

„Aufgrund des steigenden Wasserverbrauchs in Haushalten und in der Industrie nimmt die Abwassermenge stetig zu. Hohe Kosten für den Wassertransport sowie neue Umweltprobleme wie zunehmende Wasserknappheit machen das Thema Wasserrückgewinnung und -wiederverwendung sowie Abwasserrecycling immer wichtiger.“²⁶

Die Warschauer Wasserversorgung und die städtische Abwasserwirtschaftsbehörde (ZOM) haben eine Vereinbarung unterzeichnet, um die Nutzung von aus Abwasser zurückgewonnenem Wasser sicherzustellen. Zu diesem Zweck sollen das Potenzial und die Möglichkeiten der Nutzung dieses Wassers im städtischen Raum bewertet werden. Das zurückgewonnene Wasser wird im Rahmen des ReNutriWater-Projekts untersucht, das durch das EU-Programm „Interreg Ostseeraum“ gefördert wird. Aufbereitetes Wasser kann zur Sauberhaltung in Städten (Reinigung von Straßen und Gehwegen), in der städtischen Landwirtschaft (Bewässerung städtischer Grünflächen) sowie in der Industrie genutzt werden. Dadurch soll der Verbrauch von Trinkwasser, d. h. aufbereitetem Wasser, für Reinigungs- und wirtschaftliche Zwecke reduziert werden, und die polnische Hauptstadt erhält ein modernes und nachhaltiges Instrument zur Sauberhaltung und zum Umweltschutz.²⁷

Grauwasser

Grauwasser, zu dem relativ sauberes Abwasser aus Quellen wie Duschen, Waschbecken und Waschmaschinen gehört, stellt im Rahmen der Kreislaufwirtschaft eine bedeutende Chance dar. Seine Aufbereitung und Wiederverwendung kann den Trinkwasserbedarf in Haushalten erheblich senken, insbesondere für nicht trinkbare Zwecke wie Toilettenspülung, Gartenbewässerung oder Reinigung. In kreislaforientierten Wohnsystemen spart die Grauwasserwiederverwertung nicht nur Wasser, sondern verringert auch die Menge des zu behandelnden Abwassers, wodurch der Energieverbrauch und die Betriebskosten in zentralen Abwassersystemen gesenkt werden.

In Polen ist die Umsetzung von Grauwassersystemen in Wohngebäuden jedoch nach wie vor begrenzt, und es gilt, einige Herausforderungen zu bewältigen. Zu den Haupthindernissen zählen das Fehlen klarer rechtlicher Rahmenbedingungen, ein geringes öffentliches Bewusstsein sowie relativ niedrige Wasserpreise, die den wirtschaftlichen Anreiz für Investitionen in solche Technologien verringern. Trotz dieser Herausforderungen deuten Pilotprojekte und das wachsende Interesse von Kommunen und Bauträgern auf eine zunehmende Anerkennung des Potenzials von Grauwasser hin, insbesondere vor dem Hintergrund zunehmender Wasserknappheit und der Notwendigkeit einer nachhaltigeren städtischen Infrastruktur.

²⁶ VEOLIA, *Wasserwiederverwendung*,
<<https://www.veoliawatertechnologies.pl/oferta/zastosowania/odzysk>> abgerufen am 26.08.2025

²⁷ Warschauer Wasserversorgung, 2025, Die Warschauer Wasserversorgung und die Stadtentwässerungsbehörde werden die Möglichkeit einer für die Stadt effizienten Nutzung von aus Abwasser zurückgewonnenem Wasser prüfen,
<<https://www.mpwik.com.pl/view/wodocigi-warszawskie-i-zarz-d-oczyszczania-miasta-zbadaj-mozliwosc-efektywnego-dla-miasta-wykorzystania-wody-odzyskanej-ze-sciekow&i=1315>>

Technik

Ein Beispiel für eine solche Wasserrückgewinnungslösung ist der Aqua Park in Międzyzdroje. Green Water Solutions, ein auf Wasserrückgewinnungstechnologien (Grauwasserrecycling und Regenwasserrückgewinnung) spezialisiertes Unternehmen, half bei der Inbetriebnahme der modernen GreenLife-Anlage in der Anlage. Das System arbeitet mit einer Kapazität von 11 m³ pro Tag und ermöglicht die effiziente Rückgewinnung von Grauwasser, hauptsächlich aus Duschen, das nach einem fortschrittlichen Reinigungsprozess wieder in den Kreislauf zurückgeführt wird – es wird unter anderem zur Toilettenspülung in der Anlage verwendet.²⁸

Regenwasser

Die Regenwassernutzung ist eine der am weitesten verbreiteten und anerkannten Wassersparstrategien im Rahmen der Kreislaufwirtschaft, insbesondere im Wohn- und städtischen Umfeld. Sie umfasst das Sammeln, Speichern und Verwenden von Regenwasser, typischerweise von Dächern, für nicht trinkbare Zwecke wie die Gartenbewässerung, die Toilettenspülung oder die Reinigung von Oberflächen. Dies reduziert nicht nur den Bedarf an aufbereitetem Leitungswasser, sondern trägt auch zur Bewältigung des Regenwasserabflusses bei und mindert so das Risiko von Überschwemmungen in Städten.

In Polen gewinnt die Regenwassernutzung zunehmend an Bedeutung, insbesondere als Reaktion auf immer häufiger auftretende extreme Wetterereignisse, darunter sowohl Dürren als auch intensive Niederschläge. Kommunen fördern zunehmend die Installation von Regenwassernutzungssystemen durch Zuschüsse und Aufklärungskampagnen. Trotz des wachsenden Interesses ist die Akzeptanz im Wohnungsbau jedoch nach wie vor mäßig. Zu den Hindernissen zählen die begrenzte Einbindung in die Stadtplanungspolitik, das Fehlen einheitlicher nationaler Vorschriften sowie eine ungleiche finanzielle Förderung in den verschiedenen Regionen. Dennoch ist die Regenwassernutzung im Vergleich zu Grauwassersystemen in der Öffentlichkeit bekannter und wird oft als erster Schritt hin zu umfassenderen Wasserwiederverwertungsmaßnahmen in polnischen Städten angesehen.

Regenwasser birgt ein hohes Nutzungspotenzial, auch in großem Maßstab. Das Maerl-Hotelprojekt in Kołobrzeg (Fertigstellung voraussichtlich Mitte 2026) umfasst die Installation eines fortschrittlichen Regenwassernutzungssystems. Aufgrund der Größe und Modernität des Gebäudes wurden innovative Lösungen gewählt. Das Regenwassernutzungssystem ist darauf ausgelegt, Regenwasser effizient von der gesamten Dachfläche der Anlage zu sammeln und stellt so eine ökologische und wirtschaftliche Quelle für Brauchwasser dar, beispielsweise für die Toilettenspülung, die Bewässerung von Pflanzen oder die Reinigung von Außenflächen.²⁹

Im Falle Polens ist es wichtig, einen Plan zu entwickeln, der die Rentabilität der Projekte berücksichtigt. Aufbereitetes Wasser wird häufig zur Bewässerung verwendet, und in Polen ist der durchschnittliche Bedarf an Bewässerungswasser im Vergleich zum übrigen Europa relativ gering.

²⁸ Green Water Solutions, Inbetriebnahme eines Grauwasser-Rückgewinnungssystems im Aqua Park Międzyzdroje, <<https://www.greenwatersolutions.pl/aktualnosci/uruchomienie-systemu-odzysku-wody-szarej-w-aqua-park-miedzyzdroje/>> abgerufen am 29.08.25

²⁹ Green Water Solutions, Fortschrittliches Projekt zur Regenwasserrückgewinnung im Hotel Maerl in Kołobrzeg, <<https://www.greenwatersolutions.pl/aktualnosci/zaawansowany-projekt-systemu-odzysku-wody-deszczowej-w-hotelu-maerl-w-kolobrzegu/>> abgerufen am 29.08.25

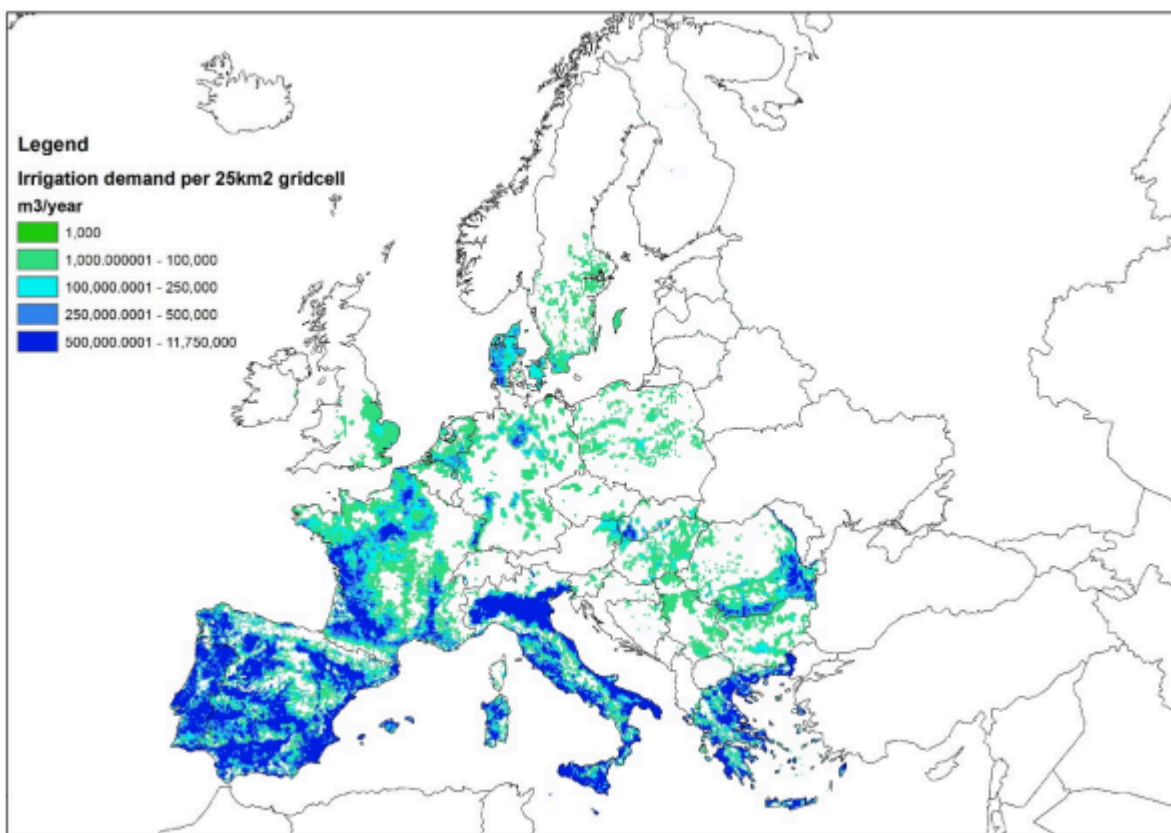


Abbildung 4. Durchschnittlicher Wasserbedarf für die Bewässerung, berechnet mit EPIC³⁰

Vor diesem Hintergrund erließ der Infrastrukturminister am 22. Juni 2023 einen Beschluss, das Staatsgebiet Polens vom Anwendungsbereich der Verordnung (EU) 2020/741 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Mai 2020 über Mindestanforderungen an die Wasserwiederverwendung auszunehmen. Gemäß diesem Beschluss wird die Wasserwiederverwendung für die Bewässerung in der Landwirtschaft in den Gebieten von neun Flussgebieten in Polen nicht zum Einsatz kommen. Grund dafür war das Kriterium der Wirtschaftlichkeit unter Berücksichtigung aller Kosten, sowohl der Umwelt- als auch der Ressourcenkosten; es zeigte sich, dass alternative Lösungen in diesem Fall optimaler wären.³¹

Lösungen zur Wasserwiederverwendung wie Regenwassernutzung, Grauwasserrecycling und Abwasserrückgewinnung stehen in engem Einklang mit den Prinzipien der Kreislaufwirtschaft und bieten greifbare Vorteile für eine nachhaltige Stadtentwicklung. Während ihre Umsetzung in Polen bislang noch begrenzt ist, könnten wachsender Umweltdruck und steigende Wasserkosten in Zukunft zu einer breiteren

³⁰ Pistocchi, A., Aloe, A., Dorati, C., Sanz, L. A., Bouraoui, F., Gawlik, B., Grizzetti, B., Pastori, M., Vigiak, O. (2017) *Das Potenzial der Wasserwiederverwendung für die landwirtschaftliche Bewässerung in der EU: eine hydroökonomische Analyse*, Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, Luxemburg, Gemeinsame Forschungsstelle, EUR 28980 EN
<https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC109870>

³¹ Beschluss des Ministers für Infrastruktur vom 22. Juni 2023 über den Ausschluss des Landes vom Anwendungsbereich der Verordnung (EU) 2020/741 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Mai 2020 über Mindestanforderungen für die Wasserwiederverwendung

Technik

Anwendung führen. Strategische Planung, fördernde Rechtsvorschriften und ein gesteigertes öffentliches Bewusstsein werden entscheidend sein, um ihr volles Potenzial auszuschöpfen.

Abwärme – Im Wohnungsbau gewinnt die Abwärmerückgewinnung als Kreislauflösung zunehmend an Bedeutung. Technologien wie mechanische Lüftung mit Wärmerückgewinnung (MVHR), Abwasser-Wärmetauscher oder Fernwärmesysteme, die überschüssige Wärme aus der Industrie wiederverwenden, können den Energiebedarf in Gebäuden erheblich senken. Die Integration der Abwärmerückgewinnung in Wohnbauprojekte steht im Einklang mit den Dekarbonisierungszielen der EU und trägt sowohl zu Kosteneinsparungen für die Bewohner als auch zur Emissionsminderung bei. Derzeit wird die von Geräten abgegebene Wärme oft in die Atmosphäre abgegeben, wo sie verloren geht. Es gibt viele Orte, an denen solche Abwärme nützlich wäre und zur Beheizung anderer Infrastrukturelemente zurückgewonnen werden könnte. Diese Wärme kann wieder in den Kreislauf zurückgeführt werden, wodurch der Produktionsbedarf sinkt und somit Kosten eingespart werden. Sie lässt sich aus vielen Infrastrukturelementen zurückgewinnen, doch Rechenzentren, die im Dauerbetrieb große Mengen an Wärme erzeugen, verdienen besondere Aufmerksamkeit.

„Der Sektor der Rechenzentren, der sich in einer Phase dynamischer Entwicklung befindet, verfügt über ein erhebliches Potenzial für die Nutzung von Abwärme zu Heizzwecken. Die in Serverräumen erzeugte Wärme zeichnet sich durch ganzjährige Verfügbarkeit und eine stabile Leistung aus. Durch den Einsatz von Wärmepumpentechnologie ermöglichen ihre Temperaturparameter eine effiziente Einspeisung in Fernwärmesysteme, was die Umsetzung der Dekarbonisierungsziele im nationalen Energiesektor sowie die Diversifizierung der verfügbaren Abwärmequellen erheblich unterstützt.

In Polen besteht ein erhebliches Potenzial für die Wärmerückgewinnung aus Rechenzentren, die eine Schlüsselrolle im Prozess der Energiewende und im neuen Modell der Wärmemarktfunktion spielen können.

Der Einsatz von Wärmerückgewinnungssystemen in Rechenzentren ist sowohl unter dem Gesichtspunkt der Verbesserung der Energieeffizienz dieser Anlagen als auch im Hinblick auf die Einhaltung der Prioritäten der nationalen und europäischen Klimapolitik eine gerechtfertigte Maßnahme.

Wesentliche Vorteile der Rückgewinnung von Abwärme aus dem Datenverarbeitungsprozess:

- große Mengen an Abwärme pro Einheit und Konzentration in großen Ballungsräumen,
- geschätztes Gesamtpotenzial an Abwärme: 19.700 TJ (2030),
- Temperatur der unteren Wärmequelle der Wärmepumpe im Bereich von 20–50 °C,
- stabile Abwärmequelle mit vorhersehbarem Jahresverlauf,
- Verfügbarkeit des bestehenden Stromanschlusses des Rechenzentrums zur Versorgung der Wärmepumpen.

Wichtigste Herausforderungen:

- r. Lage des Rechenzentrums im Verhältnis zu bestehenden Fernwärmenetzen (Anschlusskosten),
- s. der Umfang der Verantwortlichkeiten der einzelnen Prozessbeteiligten (Rechenzentrumsbetreiber,
- technische Einschränkungen von Wärmepumpen hinsichtlich der Fähigkeit, Wasser mit Temperaturen zu erzeugen, die der Wasserversorgungstemperatur von Hochtemperatursystemen (>120 °C) entsprechen, unter den Auslegungsbedingungen der Außenlufttemperatur im Winter,

Technik

- die Verpflichtung zur Einholung einer Genehmigung für thermische Leistung > 5 MWt³².

Um das volle Potenzial der Abwärmerückgewinnung, insbesondere aus Rechenzentren, auszuschöpfen, sind eine engere Zusammenarbeit zwischen den Akteuren, eine Infrastrukturplanung und gezielte Investitionen erforderlich. Angesichts steigender Energiepreise und ehrgeizigerer Klimaziele könnte diese Kreislauflösung zu einem Schlüsselement der nachhaltigen Energiewende in Polen werden.

Technologische Entsorgung – Bau- und Abbruchabfälle stellen einen der größten Abfallströme in Polen dar. Durch selektiven Abbruch, Materialtrennung und technologische Entsorgungsverfahren wie fortschrittliche Zerkleinerung, Trennung oder Upcycling von Zuschlagstoffen können Materialien wieder in den Baukreislauf zurückgeführt werden. Diese Vorgehensweisen tragen dazu bei, das Deponievolumen und den Rohstoffabbau zu reduzieren, und schaffen neue Geschäftsmodelle im Bereich der Bauabfallwirtschaft.

Nachhaltige Materialien – Der Ersatz herkömmlicher Materialien durch emissionsarme und erneuerbare Alternativen ist von zentraler Bedeutung für die Energiewende. Beispiele hierfür sind kohlenstoffarme Betonmischungen, Brettsperrholz (CLT), biobasierte Dämmstoffe (Hanf, Zellulose, Holzfasern) sowie recycelter Stahl oder Aluminium. Ihr Einsatz senkt den CO₂-Fußabdruck und unterstützt einen Marktwandel hin zu klimaneutralerem Bauen. Die Verbreitung in Polen wird jedoch durch höhere Kosten, mangelndes Bewusstsein und Lücken in den Lieferketten eingeschränkt.

Ökobilanz/EPD – Zur Bewertung der Nachhaltigkeit entwickelt sich die Ökobilanz zu einem Standardinstrument in der EU-Wohnungspolitik. Mithilfe der Ökobilanz können Interessengruppen nicht nur den betrieblichen Energieverbrauch, sondern auch die in Materialien, Transport und Bauprozessen enthaltenen Emissionen messen. Umweltproduktdeklarationen (EPDs) liefern transparente Daten zur Leistungsfähigkeit von Materialien und ermöglichen es Architekten, Bauträgern und Regulierungsbehörden, fundierte Entscheidungen zu treffen. Die Förderung dieser Methoden durch Projekte wie Excel4Housing gewährleistet die Übereinstimmung mit der EU-Taxonomie und den Anforderungen an grüne Finanzierungen.

- **Übergreifende Analyse und Chancen**
 - Zusammenhänge und Synergien zwischen den Themenbereichen
 - Gemeinsame Herausforderungen und Hindernisse in verschiedenen europäischen Regionen (z. B. politischer, finanzieller und qualifikationsbezogener Art)
 - Innovationschancen in der beruflichen Bildung für nachhaltiges Bauen (Ermittlung vielversprechender Handlungsfelder)

Die drei in diesem Bericht analysierten Themenbereiche – Energieeffizienz und klimaneutrales Wohnen, Digitalisierung von Bauprozessen sowie Praktiken der Kreislaufwirtschaft – sind keine isolierten Bereiche, sondern miteinander verknüpfte Dimensionen desselben systemischen Wandels. Die neugefasste

³² Polnischer Verband der Rechenzentren, 2025, *Rückgewinnung von Abwärme aus Rechenzentren (CPD) als Unterstützung für die Dekarbonisierung der polnischen Fernwärmenetze*

Technik

Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD 2024/1275) verdeutlicht diese Wechselbeziehung: Sie erhöht die Mindeststandards für die Gesamtenergieeffizienz, führt Sanierungspässe ein, verlangt die Offenlegung des CO₂-Fußabdrucks über den gesamten Lebenszyklus und fördert Materialpässe. Infolgedessen konvergieren die grüne und die digitale Wende auf regulatorischer Ebene zunehmend, und ihre erfolgreiche Umsetzung erfordert die gleichzeitige Entwicklung von Kompetenzen in allen drei Bereichen.

Die Digitalisierung unterstützt die Energieeffizienz unmittelbar, indem sie eine transparente Überwachung, Modellierung und Überprüfung der Gebäudeperformance durch Instrumente wie BIM, dynamische Simulationen und elektronische Logbücher ermöglicht. Auch die Prinzipien der Kreislaufwirtschaft sind untrennbar mit digitalen Lösungen verbunden, da selektiver Rückbau, Wiederverwendung und Materialqualitätssicherung auf der Rückverfolgbarkeit beruhen, die durch interoperable Datensysteme gewährleistet wird. Gleichzeitig ergänzen sich Energieeffizienz und Kreislaufwirtschaft: Die Kombination von umfassender Sanierung mit der Wiederverwendung von Sekundärressourcen reduziert sowohl den Energiebedarf als auch den Materialabfall, maximiert den Klimanutzen und senkt die Kosten.

Trotz dieser Synergien bestehen in den europäischen Regionen nach wie vor mehrere hartnäckige Hindernisse. Die Zersplitterung der Rechtsvorschriften und die uneinheitliche Umsetzung von EU-Richtlinien auf nationaler Ebene schaffen Unsicherheit für Unternehmen und Ausbildungsanbieter. Finanzielle Hindernisse, insbesondere die hohen Vorlaufkosten für umfassende Sanierungen, selektiven Rückbau und digitale Infrastruktur, schrecken von Investitionen ab – vor allem bei KMU mit begrenztem Zugang zu Kapital. Der Fachkräftemangel stellt vielleicht das strukturellste Hindernis dar: Defizite in traditionellen Handwerksberufen gehen einher mit einer begrenzten Verfügbarkeit fortgeschrittener Kompetenzen wie BIM-Koordination, LCA-/GWP-Bewertung und digitaler Qualitätssicherung. Die Kapazitäten der Lehrkräfte und die Ausbildungsinfrastruktur reichen nach wie vor nicht aus, um mit dem Tempo des Wandels Schritt zu halten.

Diese Herausforderungen schaffen aber auch Chancen für Innovationen in der beruflichen Bildung. Das entstehende Netzwerk der „*Branżowe Centra Umiejętności*“ (Zentren für berufliche Exzellenz) bietet eine Plattform für die Erprobung integrierter Lehrpläne, die grüne und digitale Kompetenzen mit übergreifenden Kompetenzen wie Teamarbeit, Gesundheit und Sicherheit sowie ESG-Bewusstsein verbinden. Es können Praxislabore und Demonstrationsstandorte eingerichtet werden, um reale Baubedingungen zu simulieren – von Luftdichtheitsprüfungen über die BIM-Kollisionserkennung bis hin zum selektiven Rückbau. Kurze, modulare Kurse für erwachsene Lernende können dazu beitragen, akuten Fachkräftemangel zu beheben und gleichzeitig flexible Zugänge zu neuen hybriden Berufen wie Energiemodellierer, Inbetriebnahmetechniker für erneuerbare Energien oder Aufsichtsperson für Kreislaufbau zu bieten. Die Entsendung von Lehrkräften in die Industrie sowie eine engere Zusammenarbeit zwischen Bildungseinrichtungen, Kommunen und Unternehmen sind unerlässlich, um sicherzustellen, dass die Lehrpläne mit den technologischen Entwicklungen und den regulatorischen Anforderungen Schritt halten. Durch die Nutzung dieser Möglichkeiten kann Polen – ebenso wie andere EU-Mitgliedstaaten, die vor ähnlichen Herausforderungen stehen – die Widerstandsfähigkeit des Bausektors stärken und gleichzeitig die Fortschritte bei der Erreichung der EU-Klima- und Digitalisierungsziele beschleunigen.

- **Schlussfolgerungen und Empfehlungen für WP4**

- Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse (Synthese der wichtigsten Erkenntnisse)
- Strategische Erkenntnisse für die Gestaltung von Lehrplänen und Ausbildungsprogrammen (direkte Empfehlungen für WP4)

Die in den verschiedenen Themenbereichen gesammelten Erkenntnisse zeigen, dass der Bausektor in Polen, wie auch in der gesamten EU, einen doppelten Wandel durchläuft, der von ökologischen und digitalen Erfordernissen vorangetrieben wird. Regulierungsrahmen wie der Europäische Grüne Deal, das „Fit for 55“-Paket und die Neufassung der EPBD stellen zunehmend ehrgeizige Anforderungen an die Energieeffizienz, die CO₂-Neutralität und die Transparenz über den gesamten Lebenszyklus von Gebäuden hinweg. Gleichzeitig wurden im Rahmen nationaler Reformen umfassende digitale Instrumente eingeführt, darunter e-Budownictwo, SOPAB, das elektronische Bautagebuch und das digitale Baubuch, wodurch digitale Arbeitsabläufe in die Einhaltung gesetzlicher Vorschriften integriert wurden. Parallel dazu bleibt der Arbeitskräftemangel akut: In den traditionellen Bauhandwerken bestehen weiterhin Defizite, während die Nachfrage nach hybriden Berufsbildern wächst, die handwerkliches Fachwissen mit digitalen und ökologischen Kompetenzen verbinden. Die Prinzipien der Kreislaufwirtschaft, die im aktualisierten EU-Protokoll über Bau- und Abbruchabfälle sowie in nationalen Profilen verankert sind, halten zunehmend Einzug in die gängige Praxis, doch die Umsetzung verläuft uneinheitlich und die Märkte für Sekundärrohstoffe sind nach wie vor unterentwickelt.

Angesichts dieser Erkenntnisse sollte die Gestaltung von Lehrplänen und Ausbildungsprogrammen im Rahmen von WP4 eine integrierte und zukunftsorientierte Perspektive verfolgen. Die Ausbildungsinhalte müssen grüne und digitale Kompetenzen miteinander verbinden, anstatt sie als getrennte Wege zu behandeln. BIM-gestütztes Entwerfen, Energiemodellierung und Lebenszyklusbewertung (LCA/GWP) sollten neben Kompetenzen in den Bereichen Luftdichtheit, Dekarbonisierung der Gebäudetechnik und selektiver Rückbau in die Kernlehrpläne integriert werden. Es müssen praktische Lernumgebungen geschaffen werden, darunter Demonstrationslabore und Pilotstandorte, an denen die Lernenden ihr Wissen unter Bedingungen anwenden können, die reale Herausforderungen im Bauwesen widerspiegeln. Die Lehrerausbildung sollte systematische Entsendungen in die Industrie umfassen, um einen kontinuierlichen Wissensaustausch zwischen Praxis und Ausbildung zu gewährleisten. Weiterbildungsprogramme für Erwachsene sollten modular aufgebaut sein, damit sich Arbeitnehmer in Bereichen mit hoher Nachfrage wie der Installation von Wärmepumpen, der Bestandserfassung mittels Drohnen und der Verwaltung digitaler Sanierungspässe schnell umschulen lassen können.

Ebenso wichtig ist es, dass übergreifende Kompetenzen – Projektmanagement, Teamarbeit, Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz sowie ESG-Grundlagen – in alle Ausbildungswege integriert werden, da diese für die Erwartungen der Arbeitgeber und die Projektdurchführung zunehmend an Bedeutung gewinnen. Die „Centres of Vocational Excellence“ sollten als Innovationszentren positioniert werden, die neue Lehrpläne erproben, digitale und kreislaufwirtschaftliche Labore betreiben und Partnerschaften zwischen Schulen, Kommunen und Unternehmen koordinieren. Die im Rahmen von WP4

Technik

entwickelten Ausbildungsstandards sollten zudem an EU-weite Rahmenwerke angepasst werden, um die Mobilität der Arbeitskräfte und die gegenseitige Anerkennung von Qualifikationen zu ermöglichen.

Die Zukunft des Bausektors wird den Unternehmen und Arbeitskräften gehören, die in der Lage sind, technische, digitale und ökologische Kompetenzen zu vereinen. Für das WP4 bedeutet dies, einen kohärenten und flexiblen Ausbildungsrahmen zu schaffen, der den unmittelbaren Arbeitskräftemangel behebt und gleichzeitig die Arbeitskräfte auf einen dekarbonisierten, digitalisierten und kreislauforientierten Bausektor vorbereitet. Auf diese Weise werden die hier vorgestellten Empfehlungen nicht nur die erfolgreiche Umsetzung der Projektziele unterstützen, sondern auch zur langfristigen Wettbewerbsfähigkeit und Nachhaltigkeit der europäischen Bauindustrie beitragen.

• Literaturverzeichnis

[1] Europäischer Rat – Rat der Europäischen Union, 2025, *Europäischer Grüner Deal*,
<<https://www.consilium.europa.eu/pl/policies/european-green-deal/>>

[2] Ministerium für Entwicklung und Technologie, *Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD)*,
<<https://www.gov.pl/web/rozwoj-technologie/dyrektywa-w-sprawie-charakterystyki-energetycznej-budynkow-epbd>>, abgerufen am 18.08.25

[3] Europäischer Rat – Rat der Europäischen Union, 2025, *„Bereit für 55“*,
<<https://www.consilium.europa.eu/pl/policies/fit-for-55/>>

[4] VERORDNUNG (EU) 2020/741 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 25. Mai 2020 über Mindestanforderungen für die Wasserwiederverwendung

[5] Ministerium für Klima und Umwelt, 2025, *Polnische Energiepolitik bis 2040*,
<<https://www.gov.pl/web/klimat/polityka-energetyczna-polski>>

[6] Ministerium für Klima und Umwelt, *Nationaler Energie- und Klimaplan*,
<<https://www.gov.pl/web/klimat/krajowy-plan-na-rzecz-energii-i-klimatu>>, abgerufen am 18.08.2025

[7] 2025, *Energiegesetz*, Gesetzblatt 2025.418, konsolidierte Fassung

[8] Programm „Saubere Luft“, <<https://www.czyste-powietrze.org/program/>>, abgerufen am 26.08.25

[9] Kosiedowski W., Wirkus M., 2021, *Hindernisse und Einschränkungen bei der Einführung der BIM-Technologie – Ergebnisse von Pilotstudien*, Builder Science

[10] Szuszman E., 2022, *BIM in Polen*, Ministerium für Entwicklung und Technologie

[11] Naturwissenschaftliche Universität Breslau, 2024, *Der digitale Zwilling wird bei der Energiewende der Städte helfen*,

Technik

<<https://upwr.edu.pl/aktualnosci/cyfrowy-blizniak-pomoze-w-transformacji-energetycznej-miast-4257.html>>

[12] Maśniak L., Marcisz K. u. a., 2019, „*Das Internet der Dinge und die polnische Wirtschaft*“, Bericht der Arbeitsgruppe für das Internet der Dinge im Ministerium für digitale Angelegenheiten

[13] IDC CEE Digital Transformation Survey, 2017; n=311

[14] Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, „*Osiedle z Klimatem*“, <<https://osiedlezklimatem.sggw.edu.pl/?lang=en>>, abgerufen am 21.08.2025

[15] Integriertes Qualifikationssystem, *Grüne Kompetenzen im Bauwesen – Aktualisierung des SRK im Bauwesen*, <<https://kwalifikacje.edu.pl/zielone-kompetencje-w-budownictwie-aktualizacja-srk-w-budownictwie/>>, abgerufen am 22.08.2025

[16] VEOLIA, *Wasserwiederverwendung*, <<https://www.veoliawatertechnologies.pl/oferta/zastosowania/odzysk>> abgerufen am 26.08.2025

[17] Warschauer Wasserversorgung, 2025, Die Warschauer Wasserversorgung und die Stadtentwässerungsbehörde prüfen die Möglichkeit einer für die Stadt effizienten Nutzung von aus Abwasser zurückgewonnenem Wasser, <<https://www.mpwik.com.pl/view/wodocigi-warszawskie-i-zarz-oczyszczania-miasta-zbadaj-mozliwosc-efektywnego-dla-miasta-wykorzystania-wody-odzyskanej-ze-sciekow&i=1315>>

[18] Green Water Solutions, Inbetriebnahme eines Grauwasser-Rückgewinnungssystems im Aqua Park Międzyzdroje, <<https://www.greenwatersolutions.pl/aktualnosci/uruchomienie-systemu-odzysku-wody-szarej-w-aqua-park-miedzyzdroje/>> abgerufen am 29.08.25

[19] Green Water Solutions, Fortschrittliches Projekt zur Regenwasserrückgewinnung im Hotel Maerl in Kołobrzeg, <<https://www.greenwatersolutions.pl/aktualnosci/zaawansowany-projekt-systemu-odzysku-wody-deszczowej-w-hotelu-maerl-w-kolobrzegu/>> abgerufen am 29.08.25

[20] Pistocchi, A., Aloe, A., Dorati, C., Sanz, L. A., Bouraoui, F., Gawlik, B., Grizzetti, B., Pastori, M., Vigiak, O., 2017, *Das Potenzial der Wasserwiederverwendung für die landwirtschaftliche Bewässerung in der EU: eine hydroökonomische Analyse*, Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, Luxemburg, Gemeinsame Forschungsstelle, EUR 28980 EN
<https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC109870>

[21] Beschluss des Ministers für Infrastruktur vom 22. Juni 2023 über den Ausschluss des Landes vom Anwendungsbereich der Verordnung (EU) 2020/741 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Mai 2020 über Mindestanforderungen für die Wasserwiederverwendung

[22] Polnischer Verband der Rechenzentren, 2025, *Rückgewinnung von Abwärme aus Rechenzentren (CPD) als Unterstützung für die Dekarbonisierung der polnischen Fernwärmenetze*

- **Anhänge**
- **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1. Angegebener Grad der Einführung von Lösungen zur digitalen Transformation in Polen im Vergleich zu Mittel- und Osteuropa	10
Abbildung 2. SCADA-System zur Überwachung der Photovoltaikanlage auf dem Dach	11
Abbildung 3. Spiel „Anwesen mit Klima“	13
Abbildung 4. Durchschnittlicher Wasserbedarf für die Bewässerung, berechnet mit EPIC	16

Anhang 8: Nationaler Bericht zum Stand der Technik – Portugal



Co-funded by the
European Union

BERICHT ZUM STAND DER TECHNIK

Portugal

● Einleitung

Der Stand der Technik im Bausektor in Portugal zielt darauf ab, eine umfassende Analyse der Nachhaltigkeits- und Energieeffizienzpraktiken innerhalb des Sektors zu liefern, wobei der Schwerpunkt auf der Entwicklung von Kompetenzen und der Stärkung des Sektors durch Schulung und Qualifizierung der verschiedenen beteiligten Akteure liegt.

Dieses Dokument, das auf einer Auswertung der einschlägigen Literatur, der Analyse von Fallstudien und bewährten Verfahren, der Überprüfung von Methodiken sowie Konsultationen mit Interessengruppen basiert, soll einen Überblick über den Sektor bieten und als Grundlage für die Entwicklung neuer Ansätze, Methodiken, Instrumente und Ressourcen dienen, die auf ein nachhaltiges und innovatives Wachstum dieses Sektors in den Partnerländern des Projekts abzielen.

– Vorläufige Gliederung

- **Einleitung**

Die Bauwirtschaft ist ein Eckpfeiler der Wirtschaftstätigkeit; sie schafft rund 18 Millionen direkte Arbeitsplätze und macht etwa 9 % des Bruttoinlandsprodukts (BIP) der Europäischen Union (EU) aus. Ihre Wertschöpfungskette umfasst ein breites Spektrum an Aktivitäten, darunter die Gewinnung von Rohstoffen, die Herstellung und den Vertrieb von Bauprodukten sowie die Planung, den Bau, die Verwaltung und die Überwachung von Bauarbeiten. Sie erstreckt sich zudem auf die Instandhaltung, Sanierung und den Rückbau von Bauwerken sowie auf das Recycling von Bau- und Abbruchabfällen (EK, 2016).

Um bis 2050 Klimaneutralität zu erreichen, hat die EU eine „Sanierungswelle“ ins Leben gerufen, die auf die Verbesserung der Energieeffizienz abzielt. Diese Initiative sieht die Sanierung von 35 Millionen Gebäuden bis 2030 vor, bei einer jährlichen Sanierungsrate von 3 % (EK, 2020; Thung et al., 2023).

Diese Aufgabe, die auf bibliografischer Recherche und Analyse basiert und sich auf den portugiesischen Kontext konzentriert, zielt darauf ab, den aktuellen Stand der Dinge im nationalen Bausektor zu ermitteln und zu beschreiben. Zudem soll sie zu einer umfassenderen Analyse im Rahmen des EXEL4HOUSING 4.0-Projekts beitragen und die Entwicklung von Methoden, Ressourcen und Instrumenten unterstützen, die darauf ausgerichtet sind, die Kapazitäten der Zielgruppen des Projekts zu stärken.

- **Allgemeiner Kontext: Europäischer Bausektor und Energiewende**

- Politischer und regulatorischer Rahmen (z. B. EPBD, Europäischer Green Deal, Sanierungswelle, EU-Taxonomie mit Bezug zum Bausektor)

Technik

Was die öffentliche Politik im Zusammenhang mit dem Bausektor betrifft, so orientiert sich Portugal am europäischen Rahmen, und politische Maßnahmen sowie Vorschriften wurden auf nationaler Ebene schrittweise übernommen und gefördert.

In diesem Zusammenhang sind insbesondere folgende Punkte hervorzuheben:

Nationaler Energie- und Klimaplan 2021–2030 (PNEC 2030). Der im Rahmen des Europäischen Grünen Deals verabschiedete Aktionsplan der EU für die Kreislaufwirtschaft (CEAP) sowie der portugiesische CEAP 2030 legen konkrete Maßnahmen zur Förderung einer Kreislaufwirtschaft in allen Industriezweigen, einschließlich des Bauwesens, fest. Insbesondere fördert die Politik für nachhaltige Produkte im Rahmen der „Sustainable Products Policy“ eine Produktgestaltung, die auf Langlebigkeit, Wiederverwendung und Recyclingfähigkeit ausgerichtet ist, ebenso wie die EU-Strategie für nachhaltige und intelligente Mobilität, die den Einsatz nachhaltiger Baumaterialien und die Reduzierung der Emissionen im Bausektor unterstützt.

Der **Europäische Grüne Deal**, der darauf abzielt, Europa bis 2050 zum ersten klimaneutralen Kontinent zu machen, hat erhebliche Auswirkungen auf die Bauwirtschaft. Dazu gehören die Förderung energieeffizienter Gebäude, die Verringerung des CO₂-Fußabdrucks des Bausektors und die Förderung von Modellen der Kreislaufwirtschaft. Er ergänzt die umfassendere Umweltagenda der EU und fördert nachhaltige Baupraktiken durch politische Anreize.

Strategie für die Nachhaltigkeit der bebauten Umwelt. Im CEAP der EU heißt es, dass die Europäische Kommission eine neue Strategie für die Nachhaltigkeit der bebauten Umwelt auf den Weg bringen wird, um Kohärenz in zentralen Handlungsfeldern wie Klima, Energieeffizienz und Ressourceneffizienz, Umgang mit Bau- und Abbruchabfällen (CDW), Barrierefreiheit, Digitalisierung und Qualifikationen zu gewährleisten. Sie wird Kreislaufprinzipien über den gesamten Lebenszyklus von Gebäuden hinweg durch Maßnahmen wie die folgenden fördern:

- t. Leistungsanforderungen an Bauprodukte hinsichtlich der Nachhaltigkeit im Rahmen der überarbeiteten Bauprodukteverordnung (Verordnung (EU) 2024/3110);
- u. Förderung von Maßnahmen zur Verbesserung der Langlebigkeit und Anpassungsfähigkeit von Bauwerken im Einklang mit den Prinzipien der Kreislaufwirtschaft für die Gebäudeplanung;
- v. die Erstellung digitaler Gebäudeprotokolle;
- w. Anwendung des „Level(s)“-Rahmenwerks zur Integration der Lebenszyklusbewertung in das öffentliche Beschaffungswesen und den EU-Rahmen für nachhaltige Finanzierung;

Prüfung der Machbarkeit der Festlegung von CO₂-Reduktionszielen und des Potenzials für die CO₂-Speicherung sowie weiterer Aspekte.

Die **Bauprodukteverordnung** stellt sicher, dass Bauprodukte in der EU Mindeststandards hinsichtlich Nachhaltigkeit und Sicherheit erfüllen. Sie enthält Bestimmungen zur Umweltleistung von Bauprodukten, die auf die Ziele der Kreislaufwirtschaft abgestimmt sind, die Verwendung von Recyclingmaterialien fördern, den CO₂-Fußabdruck verringern und die Wiederverwendung von Produkten erleichtern.

Die **Abfallrahmenrichtlinie** (2008/98/EG) legt eine Hierarchie der Abfallbewirtschaftungspraktiken fest (Vermeidung, Wiederverwendung, Recycling). Für den Bausektor schafft diese Richtlinie den Rahmen für die Bewirtschaftung von Bauabfällen und fördert das Recycling sowie die Wiederverwendung von Baumaterialien. Sie legt zudem spezifische Recyclingziele für Bauabfälle fest, wobei der Schwerpunkt auf der Verringerung der Umweltauswirkungen von Abfällen liegt. Im Rahmen der

Technik

Abfallrahmenrichtlinie hat die EU ehrgeizige Ziele für das Recycling und die Verringerung der Deponienutzung festgelegt.

Die Verordnung über die umweltgerechte Gestaltung nachhaltiger Produkte wird die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung und die Informationspflicht für fast alle Kategorien von physischen Gütern ermöglichen, die auf den EU-Markt gebracht werden. Die neue Ökodesign-Verordnung baut auf der aktuellen Ökodesign-Richtlinie auf, die derzeit nur energieverbrauchsrelevante Produkte abdeckt. Sie zielt darauf ab, die Kreislaufwirtschaft, die Energieeffizienz und andere Aspekte der ökologischen Nachhaltigkeit von Produkten, die auf den EU-Markt gebracht werden, erheblich zu verbessern.

Die Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD) sowie die **Energieeffizienzrichtlinie (EED)** zielen beide darauf ab, bis 2050 einen vollständig dekarbonisierten Gebäudebestand zu erreichen. Insbesondere wird die überarbeitete EPBD die „Renovierungswelle“ vorantreiben, indem nationale Gebäudeausweis-Systeme geschaffen werden, die Eigentümer bei der Sanierung hin zu emissionsfreien Gebäuden begleiten. Die überarbeitete Richtlinie führt zudem die Offenlegung der Emissionen von Gebäuden über den gesamten Lebenszyklus ein. Die Verpflichtung zur Berechnung des Lebenszyklus-Treibhauspotenzials neuer Gebäude stellt einen ersten Schritt hin zu einer stärkeren Berücksichtigung der Gesamtlebenszyklusleistung von Gebäuden und einer Kreislaufwirtschaft dar.

- Allgemeine Marktdynamik und wichtige Trends im Bauwesen (z. B. Investitionen, Wachstumstreiber, Verbrauchernachfrage nach nachhaltigem Wohnen)

In Portugal wurden, wie in den meisten europäischen Ländern, verschiedene Maßnahmen zur Förderung von Praktiken der Kreislaufwirtschaft im Bausektor ergriffen, darunter Agenden, Pläne und Beschaffungsstrategien, sowohl auf nationaler als auch auf regionaler Ebene. Diese Initiativen konzentrieren sich hauptsächlich auf folgende Aspekte:

- 11 **Produktgestaltung:** Förderung der Planung innovativer und effizienter Gebäude, Infrastrukturen und Produktsysteme, die anpassungsfähig und reparierbar sind und aus effizienten und nachhaltigen Materialien bestehen;
- 12 **Lebenszyklus von Gebäuden:** Förderung der Bewertung der Umweltauswirkungen von Gebäuden über ihren gesamten Lebenszyklus hinweg, vom Bau bis zum Abriss, zur Förderung der Langlebigkeit und der Optimierung ihrer Nutzung;
- 13 **Materialpässe:** Entwicklung und Förderung der Verwendung von Materialpässen, die den Weg der in Gebäuden verwendeten Materialien und Bauteile nachverfolgen und so deren Wiederverwendung oder Recycling am Ende der Lebensdauer eines Gebäudes erleichtern.

Was den Baumarkt betrifft, so erlebt Portugal derzeit einen Wachstumszyklus, der durch gestiegene Investitionen und die Nachfrage nach nachhaltigerem Wohnraum angetrieben wird. Diese Art von Wohnraum steht weiterhin vor Herausforderungen hinsichtlich der Kosten und des damit verbundenen Verwaltungsaufwands; jedoch prägen eine Reihe von Faktoren die Zukunft in diese Richtung, unter denen folgende hervorzuheben sind:

Technik

- **Steigende Investitionen:** Laut aktuellen Prognosen des Instituto Nacional de Estatística (INE, 2024) und Branchenstudien von AECOPS werden die Bauinvestitionen im Jahr 2025 voraussichtlich um rund 4,9 % und im Jahr 2026 um 5,1 % steigen.
- **Hohe Nachfrage vs. begrenztes Angebot:** Die Nachfrage nach Wohnraum, insbesondere nach nachhaltigem und bezahlbarem Wohnraum, übersteigt das Angebot deutlich, was die Preise in die Höhe treibt. Laut dem Wohnungsbau-Observatorium 2024 besteht in Portugal ein Defizit von über 100.000 bezahlbaren Wohneinheiten, insbesondere in Ballungsräumen.
- **Zunehmender Trend zu nachhaltigem Wohnen:** Die Verbraucher sind sich zunehmend bewusst und legen größeren Wert auf energieeffiziente Gebäude, nachhaltige Materialien und einen geringeren ökologischen Fußabdruck. Der PRR (Plano de Recuperação e Resiliência) stellte 2,7 Milliarden Euro für den Wohnungsbau bereit, mit spezifischen Förderlinien zur Unterstützung nachhaltiger Sanierungen und des sozialen Wohnungsbaus.
- **Industrialisierung und modulares Bauen:** Es gibt einen wachsenden Trend hin zu industrialisiertem, vorgefertigtem und modularem Bauen, wobei portugiesische Unternehmen wie Jular, Martifer und Casais in Produktionsanlagen investieren, um diese Technologien in großem Maßstab einzusetzen.
- **Anreize und staatliche Maßnahmen:** Verschiedene nationale und regionale Programme (z. B. „Mais Habitação“, PRR und IFRRU 2020) fördern nachhaltiges Bauen und stärken die Stadtsanierung sowie den Bau von erschwinglichem Wohnraum. Einige Gemeinden haben Grundsteuerbefreiungen (IMI) für nachhaltige Gebäude eingeführt, die nach LEED, BREEAM oder LiderA zertifiziert sind.
- **Anhaltende Herausforderungen:** Hohe Material- und Arbeitskosten, ein Mangel an qualifizierten Fachkräften (insbesondere in den Bereichen Energieeffizienz und digitales Bauen) sowie bürokratische Verzögerungen behindern weiterhin die Fähigkeit des Marktes, die Nachfrage zu decken.
- **Ausblick:** Es wird erwartet, dass die Immobilienpreise kurzfristig weiter steigen werden, während nachhaltiges Wohnen seine Position weiter festigt. Laut Confidencial Imobiliário (2025) wurden bereits mehr als 30 % der im Jahr 2024 genehmigten neuen Wohnbauprojekte unter den Leitgedanken der Nachhaltigkeit und Energieeffizienz konzipiert.
 - Auswirkungen der grünen und digitalen Wende auf den Bausektor insgesamt

Laut dem „Green Transition Index 2024“ hat Portugal im Ranking der grünen Wirtschaft an Boden gewonnen und belegt nun den 15. Platz unter den 29 bewerteten europäischen Ländern. Dieser Aufstieg ist vor allem auf das wachsende Engagement des Landes für nachhaltige Technologien zurückzuführen. Der im Februar 2025 veröffentlichte Index misst die Fortschritte Europas in sieben Schlüsselbereichen der

Technik

ökologischen Wende: Wirtschaft, Natur, Industrie, Energie, Verkehr, Gebäude und Abfall (Fritz, Willendorf & Zangemeister, 2024).

Einer der wichtigsten Höhepunkte des Berichts ist die Leistung Portugals in der Kategorie „Gebäude“, insbesondere im Bereich der Energieeffizienz. Dieser Erfolg ist auf den flächendeckenden Einsatz erneuerbarer Energien für die Beheizung von Haushalten, Verbesserungen bei der Energieeffizienz von Gebäuden sowie auf Stadt-sanierungsprojekte zurückzuführen, die nach nachhaltigen Grundsätzen durchgeführt wurden. Zusammen haben diese Initiativen zu einer erheblichen Senkung des Energieverbrauchs sowohl in öffentlichen als auch in privaten Gebäuden geführt.

Was den digitalen Wandel betrifft, so ist es im aktuellen Kontext, der durch die exponentielle Digitalisierung von Gesellschaft und Wirtschaft gekennzeichnet ist, für Portugal unerlässlich, sich zu einem digitaleren und damit wettbewerbsfähigeren und international stärkeren Land zu entwickeln. In diesem Sinne wurde der Aktionsplan für den digitalen Wandel ins Leben gerufen, der die Rolle des Transformationsmotors des Landes übernimmt und darauf abzielt, Portugal voranzubringen, ohne jemanden zurückzulassen, und das Land weltweit zu fördern. Zu diesem Zweck konzentriert sich der Aktionsplan für den digitalen Wandel vor allem auf die digitale Befähigung der Menschen, die digitale Transformation von Unternehmen und die Digitalisierung des Staates (Governo de Portugal, 2020).

Der duale grüne und digitale Wandel ist einer der wichtigsten Triebkräfte für den Wandel im Bausektor in Portugal, und obwohl dieser Sektor traditionell weniger digitalisiert ist, wird er dazu gedrängt, effizienter, wettbewerbsfähiger und nachhaltiger zu werden.

Die Auswirkungen dieser doppelten Transformation zeigen sich im Bereich der digitalen Transformation durch eine Steigerung der Effizienz und Produktivität, wobei der Schwerpunkt auf der Modernisierung von Prozessen und Arbeitswerkzeugen liegt. Ziel ist es, die Produktivität zu verbessern sowie Fehler und Kosten durch die Einführung von BIM (Building Information Modeling) zu reduzieren. BIM ermöglicht die Erstellung interaktiver und kollaborativer 3D-Modelle und verbessert so die Planung, Ausführung und Verwaltung des Lebenszyklus von Gebäuden.

In Portugal laufen bereits mehrere Pilotinitiativen. So hat beispielsweise Infraestruturas de Portugal BIM Level 2 bei Projekten wie der Hochgeschwindigkeitsbahnstrecke Porto–Lissabon eingeführt, und das Pilotprojekt „Digital Twin“ im Rahmen des Ausbaus der Metro Porto testet die Betriebsmodellierung in Echtzeit.

Im privaten Sektor setzen Unternehmen wie Grupo Casais und die DST Group auf Digital Twins, IoT-Systeme und Tools zur Nachverfolgung von Off-Site-Bauvorhaben, um ihre Produktivität und Nachhaltigkeitsbilanz zu verbessern.

Zu den weiteren Technologien, die zunehmend an Bedeutung gewinnen, gehören:

- **KI-gestützte Tools** für Energieeffizienzsimulationen und vorausschauende Instandhaltung.

Technik

- **IoT-basierte Systeme** für die intelligente Energieerfassung in Gebäuden.
- **Augmented Reality (AR)** für die Schulung von Mitarbeitern vor Ort und die Validierung von Entwürfen.
- **Drohnen** für Vermessungsarbeiten, Fassadeninspektionen und die Überwachung des Baufortschritts.

Trotz dieser Fortschritte stellte eine Umfrage der Ordem dos Engenheiros Técnicos (OET) aus dem Jahr 2024 fest, dass nur jedes fünfte KMU im portugiesischen Bausektor digitale Werkzeuge über einfache CAD-Anwendungen hinaus implementiert hat, was hauptsächlich auf einen Mangel an qualifiziertem Personal und Investitionskapazitäten zurückzuführen ist – was die dringende Notwendigkeit gezielter Schulungsprogramme unterstreicht.

In Portugal werden bereits mehrere Pilotprojekte und digitale Werkzeuge umgesetzt. Infraestruturas de Portugal hat BIM Level 2 bei mehreren groß angelegten Infrastrukturprojekten eingeführt, darunter Hochgeschwindigkeitsbahnstrecken und die Sanierung von Brücken. Darüber hinaus vereinfachen Plattformen wie eConstrução 2.0, die im Rahmen der Initiative „Simplex urbanístico“ entwickelt wurden, digitale Genehmigungsverfahren und fördern die Interoperabilität zwischen Behörden.

Was die digitale Bereitschaft der Arbeitskräfte betrifft, ergab die Studie des OET, dass nur 22 % der KMU im Baugewerbe BIM regelmäßig nutzen, während 54 % einen Mangel an geschultem Personal im Umgang mit digitalen Tools angeben, was auf erheblichen Schulungsbedarf hindeutet.

Im Hinblick auf den „Green Transition“, der sich auf Nachhaltigkeit und Dekarbonisierung konzentriert, werden neue Anforderungen gestellt, die darauf abzielen, den CO₂-Fußabdruck und den Ressourcenverbrauch zu reduzieren. In diesem Sinne haben die Dekarbonisierung und Energieeffizienz durch den Bau energieeffizienterer Gebäude und Infrastrukturen mit dem Ziel der Emissionsreduzierung, die Verwendung nachhaltiger Materialien durch die Nachfrage nach und den Einsatz von Materialien natürlichen Ursprungs mit geringem CO₂-Fußabdruck, die Förderung von Umweltproduktdeklarationen (EPDs) sowie das modulare und vorgefertigte Bauen das Potenzial, die Branche weiterzuentwickeln.“

▪ Thematische Analyse des aktuellen Stands der Technik

○ Digitalisierung im Bauwesen (Wohnen 4.0)

- Wichtige digitale Technologien (z. B. Building Information Modelling (BIM), digitale Zwillinge, künstliche Intelligenz (KI) für das Energiemanagement, Internet der Dinge (IoT) in Gebäuden)
- Einführung und Auswirkungen auf Bauprozesse und Gebäudebetrieb
- Aktuelle Qualifikationen und neu entstehende Berufsbilder
- Relevante Markttrends, die Angebot und Nachfrage prägen

Technik

○ **Kreislaufwirtschaft und nachhaltige Baumaterialien**

- Grundsätze und Praktiken (z. B. Wiederverwendung, Recycling, Abfallbewirtschaftungsstrategien)

Der Bausektor – ein wesentlicher Verursacher von Emissionen und Abfall – birgt ein immenses Potenzial, die Umweltbelastung zu verringern und gleichzeitig das Wirtschaftswachstum und das soziale Wohlergehen zu fördern (BUILD UP Team, 2024).

Der Wandel hin zu Nachhaltigkeit und Kreislaufwirtschaft in diesem Sektor erfordert ein grundlegendes Umdenken im Bauprozess, vom Entwurf bis hin zu Überlegungen zum Lebensende. Durch die Maximierung der Ressourceneffizienz, die Förderung der Wiederverwendung und des Recyclings von Materialien, die Einführung kreislaforientierter Geschäftsmodelle und den Einsatz innovativer Lösungen kann Europa seine Klimaziele erreichen und den Weg für eine nachhaltigere Zukunft ebnen.

Kreislaforientiertes Bauen erfordert eine umfassende Neubewertung der Praktiken in der Gebäudeplanung. Das zentrale Ziel besteht darin, Vermögenswerte – darunter Gebäude, Infrastruktur und Bauteile – so zu schaffen, zu nutzen und wiederzuverwenden, dass der Verbrauch natürlicher Ressourcen, die Umweltverschmutzung und negative Auswirkungen auf Ökosysteme minimiert werden.

Um dies zu unterstützen, hat die europäische Initiative „Buildings As Material Banks“ (BAMB) das Konzept der Materialpässe eingeführt, das in Portugal im Rahmen von Pilotprojekten unter der Koordination von LNEG und IST erprobt wird. Diese Pässe erfassen detaillierte Daten zu den im Bauwesen verwendeten Materialien, um eine zukünftige Wiederverwendung zu ermöglichen und so kreislaforientierte Lieferketten zu fördern.

Zudem wächst das Interesse am demontagefreundlichen Design, wobei in Lissabon und Porto im Rahmen kommunaler Ausschreibungen für öffentliche Gebäude neue Richtlinien getestet werden. Dazu gehören:

- Eine obligatorische Lebenszyklusanalyse (LCA) im Vorfeld des Projekts.
- Einbau von wiederverwendeten oder recycelten Bauteilen (z. B. Stahlträger, Fensterrahmen).
- Einsatz vorgefertigter Bauteile für eine einfachere Demontage.

Auch die Entwicklung kreislaforientierter Geschäftsmodelle im Bausektor schreitet zügig voran, wie beispielsweise „Product-as-a-Service“-Modelle, bei denen Fassadensysteme oder HLK-Anlagen vom Anbieter vermietet und gewartet werden, was die Verantwortung für die Verwertung am Ende der Lebensdauer erhöht.

Im Einklang mit den Prinzipien der Kreislaufwirtschaft, die darauf abzielt, Ressourcen so lange wie möglich im Umlauf zu halten (Severin & Michalíková, 2024), muss bei Neubauten der Schwerpunkt auf Effizienz und der richtigen Materialauswahl liegen, indem folgende Kernaspekte berücksichtigt werden:

- Planung im Hinblick auf den Rückbau: Gewährleistung einer einfachen und sicheren Demontage für die spätere Verwertung.

Technik

- **Materialwiederverwendung und Recycling:** Vorrang für Sekundärmaterialien und Minimierung des Verbrauchs an Primärressourcen.
- **Ressourceneffizienz:** Erreichen von Effizienz durch optimierte Planung, Vorfertigungstechniken und schlanke Bauverfahren.
- **Kreislaufwirtschaftliche Geschäftsmodelle:** Entwicklung neuer Modelle, die eine verlängerte Produktlebensdauer und die Bereitstellung von Dienstleistungen anstelle von Eigentumsverhältnissen fördern.
- **Digitalisierung und Datenmanagement:** Einsatz von Technologie für eine bessere Nachverfolgung, Bestandserfassung (Materialpässe) und fundierte Entscheidungsfindung hinsichtlich des Materialflusses.
- **Nachhaltige Materialien und ihre Anwendung im Bauwesen**

In Portugal fielen im Bausektor im Jahr 2022 rund 3,5 Millionen Tonnen Bau- und Abbruchabfälle an, wobei 3,1 Millionen Tonnen in beträchtlichem Umfang verwertet wurden (durch Recycling, Verfüllung und andere Verwertungsmaßnahmen) (APA, 2024). Seit 2016 ist jedoch ein kontinuierlicher Anstieg der Gewinnung natürlicher Ressourcen zu verzeichnen. Im Jahr 2020 wurden insgesamt etwa 60 Millionen Tonnen Mineralien abgebaut, von denen 90 % für den Bau bestimmt sind (Fonseca et al., 2022).

Das Bekenntnis zur Nachhaltigkeit ist unerlässlich, und die in diesem Sektor verbrauchten Materialien spielen eine entscheidende Rolle. Daher ist es wichtig, nachhaltigere Materialien zu verwenden, die natürlichen und lokalen Ursprungs sind, einen niedrigen grauen Energiewert aufweisen und wiederverwendbar und/oder recycelbar sind, sowie in Innovationen im Bereich nachhaltiger Baumaterialien zu investieren. Der Trend in der Branche geht in Richtung der Einführung innovativer Materialien und technologischer Lösungen, die Planung und Entwicklung verändern. Einige Beispiele hierfür sind:

- **ICF-Systeme und EPS-Blöcke:** ICF-Systeme (**Insulated Concrete Forms**) und EPS-Blöcke (**Expandiertes Polystyrol**) sind Materialien, die eine hervorragende Wärmedämmung bieten, den Wärmeverlust reduzieren und die Energieeffizienz steigern. Hergestellt aus recycelten Materialien wie Kunststoff oder Polystyrol tragen sie zur Nachhaltigkeit bei, indem sie Wärme speichern und die Abhängigkeit von Heizsystemen verringern.
- **Die Integration der Nanotechnologie,** einer revolutionären Innovation, die Verbesserungen hinsichtlich der Festigkeit und Leistungsfähigkeit von Materialien bietet und beispielsweise die Entwicklung selbstreinigender Oberflächen und von Glas ermöglicht, das UV-Strahlung abhält, was zur Langlebigkeit und Energieeffizienz von Gebäuden beiträgt. Nanopartikel erhöhen zudem die Rissbeständigkeit und verringern den Wartungsaufwand, wodurch die Lebensdauer gesteigert wird.
- **Biobauweise** durch den Einsatz organischer Materialien, bei der erneuerbare und biologisch abbaubare Materialien wie Bambus, Hanf, Stroh und andere verwendet werden. Diese Materialien verringern den CO₂-Fußabdruck von Bauwerken, da ihre Herstellung und Verarbeitung mit geringeren Umweltauswirkungen verbunden sind.
- **Der Einsatz alternativer Ersatzmaterialien** wie Industrie- und Siedlungsabfälle, Asche, recycelte Kunststoffe, recyceltes Holz, recycelte Metalle usw.“

Technik

Portugiesische Unternehmen sind Vorreiter bei Innovationen im Bereich nachhaltiger Materialien. Zum Beispiel:

- **Amorim Cork Composites** entwickelt Dämmprodukte aus recyceltem Kork, die eine hervorragende Wärme- und Schalldämmung bieten.
- **Gypotec Ibérica** produziert Gipskartonplatten mit einem Anteil an recyceltem Post-Consumer-Material und reduziert so den ökologischen Fußabdruck von Innenwänden.
- **CIMPOR** und **SECIL** haben kohlenstoffarme Zemente auf den Markt gebracht, die der EU-Taxonomie für nachhaltige Aktivitäten entsprechen und zur CO₂-Reduzierung im Hochbau beitragen.

Darüber hinaus werden zunehmend Geopolymere, recycelte Zuschlagstoffe aus Bau- und Abbruchabfällen sowie biobasierte Materialien wie Verbundwerkstoffe auf Myzelbasis für Dämmungen und Oberflächenveredelungen eingesetzt – Technologien, die derzeit in Forschungsprojekten wie ReBuild 2024 (LNEG) getestet werden.

- Aktuelle Qualifikationen und neu entstehende Berufsbilder

Laut **IEFP (2024)** sieht sich der Bausektor in Portugal in mehreren Bereichen mit einem akuten Fachkräftemangel konfrontiert:

- BIM und digitale Koordination.
- Energieeffizienz-Audits.
- Baustellenlogistik für den modularen Bau.
- Beratung zur Kreislaufwirtschaft und Umsetzung von Materialpässen.

Es entstehen neue Berufsbilder, darunter „Construction Circularity Manager“, „BIM-Integrator“ und „Spezialist für nachhaltige Materialien“. Diese Rollen erfordern interdisziplinäre Kompetenzen, die traditionelles Bauwissen mit digitalen Werkzeugen und Nachhaltigkeitspraktiken verbinden.

- Relevante Markttrends, die Angebot und Nachfrage prägen
- **Übergreifende Analyse und Chancen**
 - Zusammenhänge und Synergien zwischen den Themenbereichen
 - Gemeinsame Herausforderungen und Hindernisse in verschiedenen europäischen Regionen (z. B. politischer, finanzieller und kompetenzbezogener Art)
 - Innovationschancen in der beruflichen Bildung für nachhaltiges Bauen (Identifizierung vielversprechender Handlungsfelder)

Technik

▪ **Schlussfolgerungen und Empfehlungen für WP4**

- Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse (Synthese der wichtigsten Erkenntnisse)
- Strategische Erkenntnisse für die Gestaltung von Lehrplänen und Ausbildungsprogrammen (direkte Empfehlungen für WP4)

Die aktuellen Trends in der Aus- und Weiterbildung für den Bausektor stehen in engem Zusammenhang mit Digitalisierung, Nachhaltigkeit, Kreislaufwirtschaft, neuen Bauweisen und neuen Materialien und spiegeln den Modernisierungsbedarf der Branche sowie die Notwendigkeit wider, auf Herausforderungen in den Bereichen Umwelt, Kultur sowie Produktivität und Effizienz zu reagieren.

Laut der Direção-Geral do Ensino Superior (2024) besteht ein kritischer Mangel an formalen Ausbildungswegen in Bereichen wie der Montage im Modulbau, der fortgeschrittenen BIM-Koordination und der Gestaltung im Sinne der Kreislaufwirtschaft. Daher sollte das Projekt Exel4Housing 4.0 die Integration der folgenden gezielten Module in Ausbildungsprogramme in Betracht ziehen:

Digitale Technologien und Automatisierung

- **BIM für Bauleiter:** Schwerpunkt auf der Koordination zwischen Baustelle und Büro.
- **IoT und Datenmanagement:** Integration und Überwachung intelligenter Gebäude.
- **AR/VR für Sicherheit und Entwurfsprüfung:** Einsatz immersiver Tools für die Planung und die Schulung von Mitarbeitern.

Nachhaltigkeit und Kreislaufwirtschaft

- **Kreislaufwirtschaft im Bauwesen und CDW-Management:** Schwerpunkt auf Wiederverwendung, Sortierung und Berichtspflichten.
- **Ökobilanz (LCA) und CO₂-Bilanzierung:** Schulung zur Berechnung und Berichterstattung des Treibhauspotenzials (GWP) für Neubauten.
- **Labor für nachhaltige Materialien:** Praktische Schulung zur Auswahl und Prüfung von kohlenstoffarmen und recycelten Materialien.

Innovative Bauweisen

- **Modulare Montage und Logistik:** Kompetenzen für die Montage ab Werk und die Integration vor Ort.
- **3D-Drucktechniken:** Einführung in Hardware und Design-Tools für gedruckte Bauteile.
- **Materialpässe und digitale Zwillinge:** Einsatz digitaler Werkzeuge für die Planung des Lebenszyklusendes und das Anlagenmanagement.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass es eindeutig notwendig ist, die Ausbildungswege im Bauwesen zu überdenken und die Lehrpläne an die sich wandelnden Anforderungen der Branche anzupassen. Dazu gehören engere Partnerschaften zwischen der Industrie, Berufsschulen und Hochschulen, um gemeinsam flexible, modulare und praxisorientierte Ausbildungsprogramme zu entwickeln.

– Literaturverzeichnis

QUELLEN

Achterberg, E., Hinfelaar, J., Bocken, N., 2016. *Master circular business with the value hill*, Circle Economy.

APA (Agência Portuguesa do Ambiente), 2024. Gemeinschaftsbericht RCD 2022. Abgerufen im Dezember 2024. https://apambiente.pt/sites/default/files/_Residuos/FluxosEspecificosResiduos/RCD/Reporte_cointario_RCD_2022.pdf

BUILD UP Team (2024). Kreislaufwirtschaft im Bauwesen und Materialien für einen nachhaltigen Bausektor, Europäische Kommission. Abgerufen im Dezember 2024. <https://build-up.ec.europa.eu/en/resources-and-tools/articles/circular-construction-and-materials-sustainable-building-sector>

EK (Europäische Kommission), 2016. *Der europäische Bausektor*. Abgerufen im Dezember 2024. <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/15866/attachments/1/translations/en/renditions/pdf>.

EK (Europäische Kommission), 2020. „Renovation Wave“. Abgerufen im Dezember 2024. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:0638aa1d-0f02-11eb-bc07-01aa75ed71a1.0003.02/DOC_1&format=PDF

Fonseca, P., Frazão Pedroso, M., Tavares, V., Aguiar Costa, A., Santos, L., Laranjeira, L. (2022). *Bericht zum aktuellen Stand der Kreislaufwirtschaft im Bausektor in Portugal*. Hrsg. BUILT CoLAB, Porto – Portugal.

Fritz, T., Willendorf, A. & Zangemeister, L. (2024). *Der Green Transition Index 2024: Messung und Vergleich der Fortschritte von 29 europäischen Ländern auf dem Weg zu einer nachhaltigeren Zukunft*. Oliver Wyman.

Portugiesische Regierung. (2020). *Portugal Digital: Vorwärts gehen. Zielgerichtet voranschreiten – Aktionsplan für den digitalen Wandel in Portugal*. Portugiesische Republik. <https://portugaldigital.gov.pt>

Rocha, C., Camocho, D., Sampaio, Alexandre, J. (Hrsg.), 2020. *Kurs „Produkt- und Dienstleistungsentwicklung für Kreislaufwirtschaft und Nachhaltigkeit“*. KATCH_e-Projekt. LNEG – Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I.P., ISBN: 978-989-675-063-3. www.katche.eu

Thung, I., Schouten, N., Dekker, G., Salm, J., 2023. *Auf dem Weg zu einer Kreislaufwirtschaft in der bebauten Umwelt – Bewältigung von Herausforderungen in den Bereichen Markt, Finanzierung und Eigentumsverhältnisse*. Circular Building Coalition. Abgerufen im Dezember 2024. <https://build360.ie/wp-content/uploads/2023/07/Circular-Buildings-Coalition-Report.pdf>

BUILD UP-Team. (2024). *Kreislauforientiertes Bauen und Materialien für einen nachhaltigen Bausektor*. Europäische Kommission, unter <https://build-up.ec.europa.eu>

Technik

Severin, A., Michalíková, M., (2024). *Nachhaltiges und kreislaforientiertes Bauen – Ein Policy Brief der Policy Learning Plattform für ein grüneres Europa*. Interreg Europe Policy Learning Platform

Anhang 9: Nationaler Bericht zum Stand der Technik – Spanien



Co-funded by the
European Union

BERICHT ZUM STAND DER TECHNIK

SPANIEN

● Einleitung

Ziel dieser Aufgabe ist es, eine Analyse des aktuellen Stands der Energieeffizienz und nachhaltiger Wohnpraktiken zu liefern, wobei der Schwerpunkt darauf liegt, wie diese in Spanien in Ausbildungs-, Qualifizierungs- und Innovationsrahmen integriert werden. Konkret verfolgt der Bericht folgende Ziele:

- aktuelle Praktiken und Innovationen im Bereich des nachhaltigen Wohnens zu identifizieren, wobei der Schwerpunkt auf Digitalisierung („Housing 4.0“) und Ansätzen der Kreislaufwirtschaft liegt;
- aufzuzeigen, wie sich diese Innovationen mit Bildung und Ausbildung überschneiden, insbesondere im Rahmen der beruflichen Bildung und des lebenslangen Lernens
- Markt- und politische Trends hervorzuheben, die die Nachfrage nach neuen Qualifikationen und Kompetenzen prägen.
- Einblicke zu vermitteln, wie laufende, öffentlich geförderte Projekte Synergien zwischen Nachhaltigkeit, digitalem Wandel und der Entwicklung der Arbeitskräfte fördern.

Die Analyse wurde anhand einer Sekundärforschung durchgeführt, bei der folgende Ansätze kombiniert wurden:

- Literaturrecherche: Auswertung wissenschaftlicher Studien, politischer Dokumente, EU-Strategien und spanischer nationaler Rahmenwerke zu den Themen nachhaltiges Wohnen, Energieeffizienz und Ausbildung.
- Fallstudienanalyse: Identifizierung spezifischer Initiativen und Projekte (sowohl nationaler als auch EU-finanzierter Art), die innovative Praktiken im Bereich des kreislaforientierten Bauens, der Digitalisierung im Wohnungswesen und damit verbundener Ausbildungsansätze aufzeigen.
- Vergleichende Rahmenanalyse: Überprüfung von Methodiken und Schlüsselindikatoren (KPIs) aus Projekten unter Berücksichtigung ihrer Anwendung im Kontext von Ausbildung und Weiterqualifizierung.
- Bestandsaufnahme der Interessengruppen: Ermittlung der wichtigsten Zielgruppen (Fachkräfte im Bauwesen, Entscheidungsträger, Berufsbildungseinrichtungen sowie Endnutzer) und ihrer Ausbildungs- und Qualifizierungsbedürfnisse im Kontext der grünen und digitalen Wende.

● Allgemeiner Kontext: Der europäische Bausektor und die Energiewende

Dieser Abschnitt beschreibt den allgemeinen Kontext des europäischen Bausektors und der Energiewende in Spanien. Er gibt einen Überblick über (1) die politischen und regulatorischen Rahmenbedingungen, (2) die allgemeine Marktdynamik und die wichtigsten Trends im Bauwesen (z. B. Investitionen,

Technik

Wachstumstreiber, Verbrauchernachfrage nach nachhaltigem Wohnen) sowie (3) die Auswirkungen der grünen und digitalen Wende auf den Bausektor im weiteren Sinne.

2.1. Politischer und regulatorischer Rahmen

In Spanien werden die EU-Richtlinien (d. h. der Europäische Grüne Deal, die Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD), die „Renovation Wave“, die EU-Taxonomie für nachhaltige Aktivitäten und der Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft) durch die folgenden nationalen Rahmenwerke umgesetzt und ergänzt:

- Nationaler Energie- und Klimaplan (PNIEC 2021–2030) [1]: Legt das Ziel fest, die Treibhausgasemissionen bis 2030 um 23 % (im Vergleich zu 1990) zu senken, den Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch auf 42 % zu erhöhen und die Energieeffizienz um 39,5 % zu verbessern. Gebäude sind ein vorrangiger Sektor, wobei der Schwerpunkt auf Sanierung und der Integration erneuerbarer Energien liegt.
- Spanische Langfristige Sanierungsstrategie (ERESEE 2020) [2]: Im Einklang mit der „Renovation Wave“ zielt diese Strategie darauf ab, den alternden Gebäudebestand Spaniens (rund 80 % der Wohnungen wurden vor dem Jahr 2000 erbaut) zu modernisieren, wobei der energetischen Sanierung und der Bekämpfung der Energiearmut Vorrang eingeräumt wird.
- NextGenerationEU und der Plan für Wiederaufbau, Transformation und Resilienz (PRTR) [3]: Spanien hat erhebliche Mittel (über 6,8 Milliarden Euro) für Gebäudesanierung, Energieeffizienz und nachhaltige Stadtentwicklung bereitgestellt. Dies ist ein wichtiger Motor für die aktuellen Sanierungsaktivitäten, insbesondere im Wohnungsbau und im sozialen Wohnungsbau.
- Spanische Strategie für die Kreislaufwirtschaft (España Circular 2030) [4]: Legt Ziele fest, um den Materialverbrauch um 30 % zu senken, das Abfallaufkommen um 15 % zu reduzieren und das Recycling und die Wiederverwendung im Bauwesen zu verbessern. Die Strategie positioniert das Bauwesen als Schlüsselsektor für die Umsetzung kreislaufwirtschaftlicher Prinzipien.

2.2. Allgemeine Marktdynamik und wichtige Trends in Spanien

Der spanische Bausektor leistet einen wesentlichen Beitrag zur Wirtschaft, macht rund 5,5 % des BIP aus und beschäftigt über 1,3 Millionen Arbeitnehmer. Sein Wandel wird durch politische Impulse der EU, finanzielle Anreize und sich wandelnde Verbraucherpräferenzen geprägt:

- Sanierungsbedarf: Laut der Fundación Naturgy (2021) [5] liegt die derzeitige Sanierungsrate in Spanien weit unter den Anforderungen der EU-Politik; rund 9,4 Millionen Wohnungen sind dringend sanierungsbedürftig, und um die Ziele des Green Deal zu erreichen, müsste Spanien seine Sanierungsbemühungen um das bis zu 25-Fache der derzeitigen Rate steigern.
- Investitionswachstum: Die PRTR-Fonds – mit einem Budget von 3.420 Millionen Euro und dem Ziel, bis Mitte 2026 rund 410.000 Sanierungsmaßnahmen an Wohngebäuden durchzuführen, um

Technik

den Verbrauch nicht erneuerbarer Energien in Haushalten um mindestens 30 % zu senken und den Heiz- und Kühlbedarf um mindestens 7 % zu verringern – haben die Investitionen in Sanierungen und nachhaltiges Wohnen angekurbelt. Kommunen und Regionalregierungen starten groß angelegte Sanierungsprogramme, die sowohl den privaten als auch den sozialen Wohnungsbau betreffen [6].

- Marktnachfrage nach nachhaltigem Wohnen: Käufer und Mieter legen zunehmend Wert auf energieeffiziente, gesunde und intelligente Wohnungen. Zertifizierungen wie Passivhaus, BREEAM und VERDE (Spaniens nationales Zertifizierungssystem) gewinnen im Wohnungsbau an Bedeutung [7].
- Innovationsökosystem: Spanische Unternehmen investieren in Vorfertigung, Digitalisierung (BIM, digitale Zwillinge) und kohlenstoffarme Materialien (recycelter Beton, biobasierte Dämmstoffe). Ein Beispiel ist das Projekt RECONSTRUCT [8] – Entwicklung kohlenstoffarmer Alternativen zu Portlandzement; Einsatz von recycelten und biobasierten Materialien; Verwendung von vor Ort gefertigten und vorgefertigten Bauteilen; digitale Tools zur Nachverfolgung des Materiallebenszyklus. Außerdem 011h (spanisches PropTech-Unternehmen) [9] – ein Unternehmen, das eine digitale Plattform mit vorgefertigten Elementen, Holz, klimaneutralen Materialien usw. nutzt, mit dem Ziel, Bauzeit und Emissionen zu reduzieren. Hinzu kommt das Projekt „Industrialized Social Housing“ von Vivas Arquitectos & EXE Arquitectura in Barcelona, bei dem modulare Fertigbausysteme zum Einsatz kommen; dabei werden die Montage optimiert, der CO₂-Fußabdruck reduziert und passive sowie aktive Strategien kombiniert [10].
- Arbeitskräftemangel und Qualifikationslücke: Wie die EU insgesamt sieht sich auch Spanien mit einem Mangel an qualifizierten Fachkräften konfrontiert, die in der Lage sind, umfassende energetische Sanierungen durchzuführen, kreislaufwirtschaftlich mit Materialien umzugehen und digitale Werkzeuge anzuwenden. Die Herausforderung ist besonders akut in der beruflichen Bildung, wo neue Qualifikationen und Lehrpläne benötigt werden [11, 12, 13].

2.3. Auswirkungen der grünen und digitalen Transformation auf den spanischen Bausektor

Spanien spiegelt den europäischen Trend einer doppelten grünen und digitalen Wende wider, allerdings mit lokalen Besonderheiten:

- Grüne Wende:
 - Priorität auf groß angelegten energetischen Sanierungen zur Emissionsreduzierung und zur Linderung der Energiearmut [14, 15].

Technik

- Integration von Photovoltaikanlagen in Wohn- und öffentliche Gebäude, unterstützt durch Fördermittel [16, 17].
- Einführung kreislauforientierter Baupraktiken durch regionale Initiativen, z. B. die Förderung von recycelten Zuschlagstoffen in Katalonien und die Pilotprojekte für „Circular Housing“ im Baskenland [18, 19].
- Digitaler Wandel (Bau 4.0 / Wohnen 4.0):
 - Zunehmender Einsatz von BIM (seit 2019 in vielen Fällen für öffentliche Ausschreibungen vorgeschrieben), digitalen Zwillingen und intelligenten Gebäudemanagementsystemen [20].
 - Zunahme von Start-ups und KMU, die digitale Überwachungslösungen für Energieeffizienz und die Nachverfolgung von Sanierungsmaßnahmen anbieten [21, 22].
 - Pilotinitiativen zur Integration von Materialpässen und Rückverfolgbarkeitssystemen für Bauabfälle und recycelte Materialien [23].
- Konvergenz von Ökologie und Digitalisierung:
 - Einsatz von BIM zur Planung energieeffizienter Sanierungen und zur Erfassung der Auswirkungen über den gesamten Lebenszyklus [24, 25].
 - Einsatz digitaler Materialpässe zur Unterstützung kreislaufwirtschaftlicher Praktiken [23].
 - Ausbildungsinitiativen beginnen damit, digitale und grüne Kompetenzen in die Lehrpläne im Bauwesen zu integrieren [26, 27, 28].

● Zusammenfassung der Analyse

3.1 Digitalisierung im Bauwesen (Wohnen 4.0)

3.1.1. Wichtige digitale Technologien:

Die Wertschöpfungskette im Bauwesen bzw. im Wohnungsbau integriert mehrere digitale Technologien, die zusammen „Housing 4.0“ definieren:

- Building Information Modelling (BIM) – wird vom Entwurf über die Bauausführung bis zum Betrieb eingesetzt; wird im öffentlichen Beschaffungswesen zunehmend gefordert oder gefördert und

Technik

dient der Koordination interdisziplinärer Teams, der Simulation der Leistung sowie der Einbindung von Produkt- und Materialdaten. (Beobachtbar in BIM4Ren-Pilotprojekten und nationalen BIM-Plänen.)

- Digitale Zwillinge – virtuelle Nachbildungen in Echtzeit oder nahezu in Echtzeit, die BIM mit IoT-Sensordaten für den Betrieb, die vorausschauende Instandhaltung und die Optimierung des Nutzerkomforts kombinieren (demonstriert in spanischen Pilotprojekten wie den Arbeiten im Stil von Tecnalia/WellBIM und den Referenzprojekten zu digitalen Zwillingen).
- IoT und intelligente Gebäudemanagementsysteme (BMS) – Sensoren für Energieverbrauch, Raumluftqualität, Belegung und Gerätestatus, deren Daten in Dashboards und automatisierte Steuerungssysteme einfließen. Diese werden häufig mit digitalen Zwillingen und BMS kombiniert, um den Betrieb zu optimieren.
- Digitale Materialpässe / Produktpässe – strukturierte digitale Aufzeichnungen über Materialzusammensetzung, Herkunft, Recyclingfähigkeit und Ökobilanzdaten zur Unterstützung von Wiederverwendung, Rückverfolgbarkeit und Kreislaufwirtschaft (zu finden in Pilotinitiativen und privaten Lösungen wie CircularPass / Materialpass-Projekten).
- In BIM integrierte Instrumente zur Lebenszyklusanalyse (LCA) / LCSA – Instrumente, die den CO₂-Fußabdruck, den Energieverbrauch und andere Lebenszyklusauswirkungen direkt aus den modellierten Elementen berechnen.
- Cloud-Plattformen / Dashboards / Analytik & KI – für die Energieüberwachung, die Nachverfolgung von Sanierungsmaßnahmen, die vorausschauende Instandhaltung und die Entscheidungsunterstützung (genutzt von Start-ups und KMU, die Energieüberwachung und Sanierungsmanagement anbieten).
- Schnittstellen für Vorfertigung und digitale Fertigung – CAD/CAM-Verbindungen zwischen BIM und der Fertigung außerhalb der Baustelle, die den modularen/plattenbasierten Wohnungsbau sowie die Qualitätskontrolle von kohlenstoffarmen vorgefertigten Bauteilen ermöglichen.

Es ist anzumerken, dass sich diese Technologien gegenseitig ergänzen: BIM bildet das Informationsgerüst; digitale Zwillinge + IoT sorgen für die Betriebsfähigkeit des Gebäudes; Materialpässe + Ökobilanz ermöglichen Kreislaufwirtschaft, und Cloud-/KI-Ebenen liefern Analysen und Entscheidungshilfen.

3.1.2. Einführung und Auswirkungen auf Bauprozesse und Gebäudebetrieb

Folgende Einführungstrends wurden beobachtet:

- Planung und Beschaffung: Die BIM-Einführung hat im öffentlichen Beschaffungswesen und bei großen privaten Projekten rasch zugenommen (zahlreiche spanische öffentliche Ausschreibungen

Technik

und nationale BIM-Pläne). BIM wird nicht nur zur Erstellung von 3D-Modellen genutzt, sondern auch zur Koordination der Gewerke, zur Kollisionserkennung, zur Materialquantifizierung und zur Anbindung an Beschaffungs- und Vorfertigungsabläufe.

- Bauausführung: Der Einsatz von vorgefertigten Elementen und die Fertigung im Werk nehmen zu, wobei BIM eine Verbindung zur Fertigung außerhalb der Baustelle herstellt; Rückverfolgbarkeit und digitale Qualitätskontrolle reduzieren Nacharbeiten und Abfall. Pilotprojekte (vorgefertigte kohlenstoffarme Fassadenplatten im Rahmen von RECONSTRUCT) zeigen, wie digitales Design in Verbindung mit der Montage außerhalb der Baustelle die Bauzeiten verkürzt und den CO₂-Fußabdruck verringert.
- Betrieb: Mit Sensoren ausgestattete und über Gebäudeleitsysteme (BMS) bzw. digitale Zwillinge verwaltete Gebäude weisen messbare Verbesserungen bei der Energieeffizienz, dem Nutzerkomfort und den Instandhaltungskosten auf (Ergebnisse aus Pilotprojekten und Fallstudien). Digitale Zwillinge ermöglichen vorausschauende Instandhaltung und kontinuierliche Inbetriebnahme, wodurch die Systemverfügbarkeit verbessert und eine nachfrageseitige Reaktion ermöglicht wird.
- Kreislaufwirtschaft & Materialien: Digitale Produktpässe und Pilotprojekte zur Rückverfolgbarkeit befinden sich noch im Demonstrationsstadium, werden jedoch erprobt, um die Materialzusammensetzung zu erfassen, den Rückbau zu erleichtern und Daten für Ökobilanz-Kennzahlen bereitzustellen. Projekte wie VALREC und RECONSTRUCT zeigen praktische Wege zur Verwertung von Bauschutt und zur nachverfolgbaren Wiederverwendung auf.

Dies hat zu folgenden Auswirkungen geführt:

- Qualität und Geschwindigkeit: BIM und Vorfertigung verbessern die Bauqualität und reduzieren Bauzeit und Fehler.
- Energie & CO₂: Die Integration der Ökobilanz (LCA) in BIM und der Einsatz digitaler Zwillinge für den Betrieb führen zu besseren CO₂-Bilanzwerten über den gesamten Lebenszyklus – sowohl bei den grauen CO₂-Emissionen (durch Materialauswahl, Vorfertigung) als auch beim Betrieb (durch BMS-Optimierung). Frühe Demonstrationsziele (z. B. RECONSTRUCT) zielen auf eine deutliche Reduzierung der grauen CO₂-Emissionen ab (z. B. ~20 % bei bestimmten Demonstrationsstrategien).
- Abfallreduzierung / Kreislaufwirtschaft: Pilotprojekte zur Rückverfolgbarkeit und Verwertung von Bauabfällen ermöglichen einen höheren Recyclinganteil (recycelte Zuschlagstoffe, Wiederverwendung von Bauteilen), doch die Skalierbarkeit hängt von Normen, Lieferketten und der Beschaffung ab.

Technik

- Wirtschaftliche und soziale Aspekte: Die Digitalisierung kann die Betriebskosten über die gesamte Lebensdauer senken, doch die Einführung erfordert Vorabinvestitionen, neue Kompetenzen und die Abstimmung der Lieferkette. Bei menschenzentrierten Pilotprojekten wird die Akzeptanz der Bewohner als entscheidend hervorgehoben – Kreislauf- und kohlenstoffarme Lösungen müssen Komfort- und Erschwinglichkeitsziele erfüllen.

Zudem wurden folgende Hindernisse festgestellt:

- Kapazitäten und Kompetenzen von KMU – vielen kleinen Bauunternehmen fehlt es an Personal, das in BIM, digitalen Zwillingen oder Materialpass-Workflows geschult ist.
- Daten und Interoperabilität – Heterogene Datenstandards, unvollständige Produktdaten und der Bedarf an offenen Standards (buildingSMART / openBIM) schränken eine nahtlose Integration nach wie vor ein.
- Regulierung und Beschaffung – Im öffentlichen Beschaffungswesen kommt BIM zunehmend zum Einsatz, doch Beschaffungsmodelle und Bauvorschriften müssen Anreize für kreislaufwirtschaftliche Inhalte und die Gesamtlebenszyklusleistung weiter verstärken.
- Kosten und Versorgung – Recycelte/biobasierte Materialien und neuartige vorgefertigte Lösungen können mit Kosten- und Verfügbarkeitsengpässen konfrontiert sein, bis eine gewisse Größenordnung erreicht ist.

▪ Aktuelle Qualifikationen und sich abzeichnende Berufsbilder

Einerseits definiert INCUAL/CNCP nationale berufliche Qualifikationen, die im Rahmen der beruflichen Bildung (Formación Profesional, FP) und der „Certificados de Profesionalidad“ verwendet werden. Mehrere Qualifikationen im Bauwesen umfassen bereits Module zu Energieeffizienz, Sanierung und Gebäudesystemen. Die Fundación Laboral und Branchenverbände bieten Kurzurse und betriebliche Fortbildungen an. Andererseits decken die Berufsbildungszyklen (Grado Medio / Grado Superior) Bauhandwerke, Gebäudetechnik und einige Module zu Energie und Installation ab. Kurze, praxisorientierte Kurse (z. B. die 175–195-stündigen Berufsbildungskurse der Fundación Naturgy zum Thema Sanierung) ergänzen die vollständigen Ausbildungszyklen.

Was neu entstehende Berufsbilder betrifft, wurden folgende identifiziert:

- BIM-Manager / BIM-Koordinator (Bauwesen): Koordiniert Modelle, gewährleistet die Datenintegrität und verknüpft BIM mit der Off-Site-Fertigung und der Beschaffung. Erfordert Kenntnisse in der BIM-Modellierung, im Bereich der Standards sowie im Datenaustausch.

Technik

- Digital-Twin-/Gebäudelebenszyklus-Ingenieur: Integriert Sensordaten in Modelle, verwaltet Digital-Twin-Plattformen, führt Leistungsanalysen und vorausschauende Instandhaltung durch. Fähigkeiten: IoT, Datenanalyse, Kenntnisse in Gebäudetechnik und -systemen.
- Techniker für kohlenstoffarme Fertigbauteile / Spezialist für Off-Site-Fertigung: entwirft und montiert vorgefertigte, kohlenstoffarme Bauteile; erfordert Kenntnisse in der Fertigteilproduktion, Logistik und Qualitätskontrolle.
- Materialpass-/Kreislaufwirtschaftsspezialist: bewertet Materialflüsse, erstellt und nutzt Produktpassdaten, überwacht die Rückbauplanung und die Verwertung von Bauschutt. Fähigkeiten: Grundlagen der Materialwissenschaft, Ökobilanz (LCA), Rückverfolgbarkeitssysteme.
- Techniker für energetische Sanierungen / Wärmepumpeninstallateur / Spezialist für Gebäudehüllen: praktische Tätigkeiten im Bereich der Sanierung; Fachkenntnisse in den Bereichen Dämmung, Luftdichtheit, dekarbonisierte HLK-Systeme und Energieaudits.
- Gebäudedatenanalyst / Energiemanager für Wohnungsbestände: Aggregiert Daten auf Gebäudeebene, ermittelt Sanierungsprioritäten, verwaltet Energiestrategien für den Bestand.
- Beauftragter für Nachhaltigkeit / Kreislaufwirtschaftliche Beschaffung: öffentlicher Auftraggeber, der KPIs zur Kreislaufwirtschaft festlegt und Material- sowie Ökobilanzanforderungen in Ausschreibungen durchsetzt.

Was Qualifikationslücken betrifft, so wurde festgestellt, dass es in bestehenden Berufsbildungskursen oft an integrierten Modulen mangelt, die BIM, Ökobilanz, Kreislaufwirtschaft und praktische Schulungen im Bereich der Fertigbauweise kombinieren. Die Weiterbildung der Ausbilder stellt einen Engpass dar – die „Train-the-Trainer“-Kurse der Fundación Naturgy und die Initiativen von Construction Blueprint zielen darauf ab, dieses Problem zu beheben. Außerdem besteht Bedarf an Mikro-Zertifikaten und modularen Kursen für bereits im Beruf tätige Fachkräfte.

- Relevante Markttrends, die Angebot und Nachfrage prägen

Folgende nachfrageseitige Treiber wurden identifiziert:

- Politik und Finanzierung: PRTR-/NextGeneration-Mittel, PREE und andere spanische Förderprogramme treiben die unmittelbare Nachfrage nach Sanierungen und ökologischen Nachrüstungen an und schaffen damit eine Marktnachfrage nach geschulten Teams, die energieeffiziente Sanierungen durchführen können.
- Regulierung und öffentliche Auftragsvergabe: Die verbindliche oder empfohlene Anwendung von BIM im öffentlichen Beschaffungswesen, Energieeffizienzstandards (EPBD) sowie

Technik

Sanierungsanreize lenken die Nachfrage in Richtung digitaler Arbeitsabläufe und Lebenszyklusbewertungen.

- Verbraucher/Nutzer: Die wachsende Präferenz für energieeffiziente, gesunde Wohnungen steigert die Nachfrage nach zertifizierten, intelligenten und energieeffizienten Wohnräumen. Zertifizierungen (Passivhaus, BREEAM, VERDE) erhöhen den Immobilienwert.
- Unternehmerische Nachhaltigkeit und sozialer Wohnungsbau: Wohnungsanbieter und Kommunalbehörden sind Zielgruppen für umfangreiche Sanierungsprogramme, die häufig skalierbare Vorfertigung und digitales Management erfordern.

Folgende angebotsseitige Treiber wurden identifiziert:

- Innovation und Skalierung von vorgefertigten/kohlenstoffarmen Materialien: Demonstrationsprojekte (RECONSTRUCT, VALREC) bauen angebotsseitige Kapazitäten für recycelte Zuschlagstoffe, kohlenstoffarme Platten und Vorfertigungsmethoden auf. Mit zunehmender Skalierung werden die Kosten sinken und die Verbreitung beschleunigen.
- Start-ups und KMU: Zunahme digitaler Überwachungs- und SaaS-Plattformen zur Erfassung des Energieverbrauchs und des Sanierungsfortschritts von Gebäuden; diese schaffen Dienstleistungsmodelle, die sich in die Arbeitsabläufe traditioneller Bauunternehmen integrieren lassen.
- Berufsbildung und Ausbildungsangebot: Der Ausbau gezielter Kurzlehrgänge, die Modernisierung öffentlicher Berufsbildungszentren (z. B. renovierte Berufsbildungszentren mit Photovoltaikanlagen und begrünten Dächern) sowie „Blueprint“- und „Green Growth“-Projekte, die Lehrpläne und Schulungsmaterialien erstellen, erhöhen das Angebot an qualifizierten Arbeitskräften – allerdings noch nicht im erforderlichen Umfang.

Dies führt zu folgenden Marktverspannungen/Risiken:

- Der Mangel an qualifizierten Arbeitskräften verlangsamt die Projektumsetzung trotz verfügbarer Finanzmittel.
- Fragmentierte Lieferketten und regionale Unterschiede bei den Verarbeitungskapazitäten für Bauabfälle schränken die Standardisierung von Materialien im Kreislaufwirtschaftskontext ein.
- Vorabfinanzierung / Geschäftsmodelle: Zwar helfen Subventionen, doch langfristige Geschäftsmodelle für kohlenstoffarme Materialien oder Vorfertigung sind auf Skaleneffekte und sinkende Kostenkurven angewiesen.

3.2 Kreislaufwirtschaft und nachhaltige Baustoffe

3.2.1. Grundsätze und Praktiken

- Planung im Hinblick auf Demontage und Wiederverwendung: Maximierung der Möglichkeit, Gebäude oder Bauteile so zu zerlegen, dass Komponenten mit minimalem Wertverlust wiederverwendet werden können. Demonstrationsprojekte (RECONSTRUCT) fördern ausdrücklich die Rückbauplanung sowie vorgefertigte, demontierbare Fassaden- und Plattensysteme, um die Wiederverwendung zu ermöglichen.
- Materialsubstitution und kohlenstoffarme Alternativen: Materialien mit hohem CO₂-Eingebautanteil (z. B. Portlandzement) durch kohlenstoffarme Alternativen (industrielle Nebenprodukte, recycelte Zuschlagstoffe, biobasierte Dämmstoffe) ersetzen. Die RECONSTRUCT-Demonstrationsprojekte zielen auf eine erhebliche Zementsubstitution und eine Steigerung des Recyclinganteils ab.
- Kreislaufwirtschaftliche Materialkreisläufe (Schließung von Ressourcenkreisläufen): Behandlung von Bau- und Abbruchabfällen (C&DW) als Rohstoffe (recycelte Zuschlagstoffe, wiederaufbereiteter Beton, wiederverwertete Fassadenelemente) statt als Entsorgungsgut. Initiativen vom Typ VALREC und regionale Programme in Spanien erproben die Aufbereitung von Bau- und Abbruchabfällen, um verwertbare, zertifizierte Sekundärmaterialien zu erzeugen.
- Digitale Unterstützung / Rückverfolgbarkeit: Einsatz von Material-/Produktpässen und Rückverfolgbarkeitssystemen zur Erfassung von Zusammensetzung, Herkunft und Wiederverwendungshistorie; diese schaffen Vertrauen und ermöglichen eine kreislaforientierte Beschaffung. In Pilotprojekten (CircularPass / Demonstrationen zum digitalen Produktpass, Arbeit von Sacyr an Materialpässen) werden Modelle getestet.
- Lebenszyklusdenken (LCA/LCCA): Bewerten Sie die Umweltauswirkungen über alle Phasen hinweg (verborgenes CO₂ + Betriebsphase), um Entscheidungen zu treffen, die den CO₂-Ausstoß über den gesamten Lebenszyklus minimieren, nicht nur die Anschaffungskosten. SIRCULAR integriert LCA/KPIs; Projekte verknüpfen LCA-Tools mit BIM für praktische Arbeitsabläufe.
- Selektiver Abriss und Rückbau: Ersatz des brutalen Abrisses durch sorgfältige Demontage zur Rückgewinnung hochwertiger Bauteile (Fenster, Rahmen, HLK-Module). In Demonstrationsprojekten werden Rückbauschritte in die Projektplanung integriert.
- Sortierung vor Ort und verbesserte Logistik für Bauschutt: getrennte Sammlung, Zerkleinerung vor Ort, lokale Produktionsanlagen für recycelte Zuschlagstoffe (VALREC-Modelle), um den CO₂-Ausstoß durch Transport zu reduzieren und die Materialreinheit zu verbessern.

Technik

- Vorfertigung und modulares Bauen: Die Produktion ab Werk reduziert Abfall, erhöht die Präzision und erleichtert den späteren Rückbau; RECONSTRUCT und andere Pilotprojekte kombinieren Vorfertigung mit recycelten bzw. biobasierten Materialien.
- Qualitätssicherung und Standards für Sekundärmaterialien: Prüf-, Zertifizierungs- und Beschaffungsstandards sind entscheidend, damit recycelte Materialien die Anforderungen an Tragfähigkeit und Haltbarkeit erfüllen; Projekte und Branchenkonsortien entwickeln derzeit diese Rahmenbedingungen.

3.2.2. Nachhaltige Materialien und ihre Anwendung in Gebäuden

- Recycelte mineralische Zuschlagstoffe und Sekundärbeton: Einsatz als Grob- und Feinzuschlagstoffe in Betonmischungen und vorgefertigten Betonplatten; Projekte (VALREC, RECONSTRUCT) zielen darauf ab, den Recyclinganteil zu erhöhen und gleichzeitig die Leistungsfähigkeit sicherzustellen.
- Kohlenstoffarme Bindemittel und Zementersatzstoffe: Teilweiser Ersatz von Klinker durch industrielle Nebenprodukte (Flugasche, Hochofenschlacke) oder innovative Bindemittel zur Reduzierung der in den Materialien gebundenen CO₂-Emissionen. Im Rahmen von RECONSTRUCT-Demonstrationsprojekten werden solche Mischungen gezielt erprobt.
- Biobasierte Materialien: Holzsysteme, Brettsperrholz (CLT) für tragende Bauteile sowie Bio-Dämmstoffe (Hanf, Holzfasern, Kork), die in Fertigbauteilen und Innenausbauerelementen zum Einsatz kommen, um den CO₂-Fußabdruck zu verringern und kreislaufwirtschaftliche Entsorgungsmöglichkeiten zu ermöglichen.
- Wiederverwertete Bauteile: Türen, Fenster, Metallbeschläge und Sanitärartikel, die in Sanierungsprojekten wiederverwendet werden (sofern eine selektive Rückbauweise die Rückgewinnung ermöglicht).
- Innovative Dämm- und Fassadensysteme: vorgefertigte Dämmplatten, die recycelte oder biobasierte Kernmaterialien mit langlebigen Außenhäuten kombinieren; SIRCULAR-Prototypen konzentrieren sich auf solche Fassadenelemente, um thermische Leistung und Kreislaufwirtschaft in Einklang zu bringen.
- Materialien mit digitalen Pässen: Produkte, in die Daten (QR-Code/Blockchain) eingebettet sind, die Zusammensetzung, Wartungshistorie und Wiederverwendungspotenzial beschreiben, um die zukünftige Wiederverwendung und die Ökobilanzberechnung zu erleichtern.

3.2.3. Aktuelle Qualifikationen und neu entstehende Berufsbilder

- Rückbauspezialist / Rückbauleiter: plant und überwacht selektive Rückbauarbeiten, identifiziert wiederverwendbare Bauteile und gewährleistet den sicheren Rückbau sowie die Sortierung für die Wiederverwendung. Kompetenzen: Verständnis für Statik, Bergungstechniken, Sicherheit, Materialidentifizierung.
- Techniker für Materialrückgewinnung und -aufbereitung: Bedient Anlagen zur Aufbereitung von Bauschutt (Zerkleinerung, Sortierung), führt Qualitätskontrollen an recycelten Zuschlagstoffen und Sekundärrohstoffen durch. Fähigkeiten: Anlagenbetrieb, QA/QC-Prüfungen, Einhaltung gesetzlicher Vorschriften.
- Materialdesigner für Kreislaufwirtschaft / Spezifikationsspezialist: Wählt kohlenstoffarme, recycelbare oder wiederverwendbare Materialien aus, erstellt Materialpässe und arbeitet mit der Beschaffung zusammen. Kompetenzen: Materialkenntnisse, Grundlagen der Ökobilanz (LCA), Erstellung von Spezifikationen, Vertrautheit mit Produktpässen.
- Materialpass-/Datenmanager: Erfasst, überprüft und pflegt digitale Produktpassdaten; verknüpft Materialpässe mit BIM-Modellen und der Beschaffung. Kompetenzen: Datenmanagement, digitale Standards (DPP/DPD), Kenntnisse im Bereich Interoperabilität.
- Prüfer für die Qualität von Recyclingmaterialien / Labortechniker: führt Prüfungen und Zertifizierungen durch, um die strukturellen/physikalischen Eigenschaften von Recyclingmaterialien zu validieren. Kompetenzen: Laborprüfungen, Normen, Probenahmeverfahren.
- Beauftragter für kreislaforientierte Beschaffung: konzipiert Ausschreibungsverfahren zur Priorisierung kreislaforientierter KPIs (Recyclinganteil, Rückbauklauseln) und bewertet Lieferantenangaben. Kompetenzen: Vergaberecht, KPI-Bewertung, Interpretation von Ökobilanzen.

3.4 Schlussfolgerungen und Empfehlungen für WP4

- Modulare Mikro-Zertifizierungen: Entwicklung kurzer, aufeinander aufbauender Module, die BIM-Grundlagen + Ökobilanz + Eintragung in den Materialpass + Sanierungspraktiken kombinieren (z. B. 120–200 Stunden), um Installateure und Aufsichtspersonal schnell weiterzubilden.
- Landesweites „Train-the-Trainer“-Programm: Initiativen wie die Trainerkurse der Fundación Naturgy skalieren, um die Kompetenzen von Lehrkräften in digitalen und kreislaufwirtschaftlichen Themen rasch auszubauen.

Technik

- Praktika in Living Labs: Formalisierung von Praktika an Demonstrationsstandorten (SIRCULAR/RECONSTRUCT/VALREC-Demonstrationsprojekte), damit die Auszubildenden praktische Erfahrungen mit vorgefertigten Paneelen, recycelten Materialien und digitalen Zwillingen sammeln können.
- Duale Ausbildungswege und Lehrlingsausbildungen: Ausbau von „Hire-and-Train“-Modellen (z. B. Projekt Bedmar y Garcéz), bei denen Auszubildende während des Erwerbs zertifizierter Qualifikationen angestellt sind und Wege zu „Certificados de Profesionalidad“ bzw. einem Abschluss der beruflichen Grundausbildung (FP) eröffnet werden.
- Schulungen zu Interoperabilität und Standards: Sicherstellen, dass die Lehrpläne offene BIM-Standards (buildingSMART, IFC), Standards für digitale Bauausweise sowie grundlegende Datenverwaltung abdecken, um Interoperabilitätsprobleme zu verringern.
- Karrierepläne und neue Berufsbilder: Klare Qualifikationspläne für neu entstehende Rollen (BIM-Manager, Digital-Twin-Ingenieur, Materialpass-Spezialist) definieren und diese an die INCUAL/CNCP-Einheiten anpassen.
- Erstellung von Kompetenzkarten, die CNCP-/INCUAL-Einheiten mit neu entstehenden Rollen im Bereich der Kreislaufwirtschaft verknüpfen (z. B. Rückbau-Spezialist, Materialpass-Manager, Beauftragter für kreislaforientierte Beschaffung), damit die „Certificados de Profesionalidad“ und die Berufsbildungszyklen aktualisiert werden können.

● Quellenangaben

[1] Ministerium für den ökologischen Wandel und die demografische Herausforderung. (2020). *Nationaler integrierter Energie- und Klimaplan (PNIEC) 2021–2030*. Spanische Regierung. <https://www.miteco.gob.es/en/prensa/pniec.html>

[2] Ministerium für Verkehr, Mobilität und Stadtentwicklung. (2020). *Langfristige Sanierungsstrategie für den Bausektor in Spanien (ERESEE 2020)*. Spanische Regierung. https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/prensa/documentoelp_tcm30-516109.pdf

[3] Generalsekretariat (Europäische Kommission). (2024). *Spaniens Aufbau- und Resilienzplan*. Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/7f35f53b-ea5b-11ee-bf53-01aa75ed71a1/language-en>

[4] Spanien. Ministerium für den ökologischen Wandel und die demografische Herausforderung. (2020). *España Circular 2030: Spanische Strategie für die Kreislaufwirtschaft*. Ministerium für den ökologischen Wandel und die demografische Herausforderung.

Technik

https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/economia-circular/espanacircular2030_def1_tcm30-509532_mod_tcm30-509532.pdf

[5] Fundación Naturgy. (19. Februar 2021). *Spanien benötigt 25-mal mehr Gebäudesanierungen, um die Energieeffizienzziele des Green Deal zu erreichen*. Fundación Naturgy. Abgerufen unter <https://www.fundacionnaturgy.org/en/spain-needs-25-times-more-building-renovation-to-comply-with-the-energy-efficiency-goals-of-the-green-deal/>

[6] Spanische Regierung / Europäische Kommission. (o. J.). *Sanierungsprogramm für den wirtschaftlichen und sozialen Wiederaufbau im Wohnbereich* [Plan für Wiederaufbau, Transformation und Resilienz, Investitionen]. Europäische Kommission. Abgerufen unter https://commission.europa.eu/projects/rehabilitation-programme-economic-and-social-recovery-residential-environments_en

[7] Passivhaus-Plattform, Spanien. (2024). *Lernen Sie die iPHA-Mitglieder kennen: Plataforma Edificación Passivhaus, Spanien*. Passivhaus International Blog. Abgerufen unter <https://blog.passivehouse-international.org/meet-the-ipha-affiliates-pep-spain/>

[8] RECONSTRUCT-Projekt (Katalanisches Institut für Bautechnik und Partner). (2025). *RECONSTRUCT – Ein territoriales Bausystem für eine kreislaforientierte, kohlenstoffarme bebaute Umwelt*. Europäische Kommission / Initiative „Circular Cities & Regions“. Abgerufen unter <https://circular-cities-and-regions.ec.europa.eu/ccri-projects/reconstruct-territorial-construction-system-circular-low-carbon-built-environment>

[9] 011h (Lucas Carné & José Manuel Villanueva). (18. Oktober 2024). *Das spanische PropTech-Unternehmen 011h setzt mit digitalen Werkzeugen für die vorgefertigte Bauweise neue Maßstäbe*. Built Offsite. Abgerufen unter <https://builtoffsite.com.au/news/spanish-proptech-011h-innovates-with-digital-prefabrication-building-tols>

[10] Vivas Arquitectos & EXE Arquitectura. (2. März 2025). *Industrialisierter Sozialwohnungsbau von Vivas Arquitectos und EXE Arquitectura*. Metalocus. Abgerufen unter <https://www.metalocus.es/en/news/industrialized-social-housing-vivas-arquitectos-and-exe-arquitectura>

[11] Europäische Kommission. (o. J.). *Länderprofil Spanien: Bausektor* [Länderprofil]. Beobachtungsstelle für den Binnenmarkt. Abgerufen unter https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/construction/observatory/country-fact-sheets/spain_en

[12] Arellano, A., García, J. R. & Lores, F. (2024). *Der Arbeitsmarkt im Bausektor: Spanien*. BBVA Research. Abgerufen unter <https://www.bbvaresearch.com/en/publicaciones/spain-the-labor-market-in-the-construction-sector>

[13] Construction Blueprint. (1. November 2021). *Analyse des Qualifikationsbedarfs: Projekt „Construction Blueprint“*. Europäischer Pakt für Qualifikationen. Abgerufen unter https://pact-for-skills.ec.europa.eu/community-resources/publications-and-documents/skills-need-analysis_en

Technik

- [14] Barrella, R., & Romero, J. C. (2025). Überwindung der Energiearmut: Bewertung der Auswirkungen von oberflächlichen Sanierungen und Mikroeffizienz in Spanien. *Sustainability*, 17(12), 5585. <https://doi.org/10.3390/su17125585>
- [15] Ortiz, J., Casquero-Modrego, N. & Salom, J. (2019). Gesundheitliche und damit verbundene wirtschaftliche Auswirkungen der energetischen Sanierung von Wohngebäuden in Spanien. *Energy Policy*, 130, 375–388. doi:10.1016/j.enpol.2019.04.013
- [16] ManagEnergy – Europäische Exekutivagentur für Klima, Infrastruktur und Umwelt. (16. September 2024). *PV-Eigenverbrauch in öffentlichen Gebäuden in Kastilien und León: Ein regionales Best-Practice-Beispiel.* Abgerufen unter https://managenergy.ec.europa.eu/managenergy-discover/managenergy-news/pv-self-consumption-public-buildings-castilla-y-leon-2024-09-16_en
- [17] „Solarfreundliche Steuerpolitik breitet sich in spanischen Gemeinden aus.“ (16. Juli 2025). *PV Europe.* Abgerufen unter <https://www.pveurope.eu/self-consumption/solar-friendly-tax-policies-spread-among-spanish-municipalities>
- [18] Sacyr. (2025). *Valrec: Förderung der Verwendung von recycelten Zuschlagstoffen im Bau- und Abbruchwesen in der Autonomen Gemeinschaft Madrid.* Abgerufen unter <https://www.sacyr.com/en/-/valrec-economia-circular-residuos-construccion>
- [19] ACR+ / Katalanische Abfallagentur (ARC). (o. J.). *ARC stellt fast 3 Millionen Euro zur Förderung von recycelten Zuschlagstoffen im Bauwesen in Katalonien bereit.* Abgerufen unter <https://www.acrplus.org/en/news/arc-eur-3-million-to-promote-recycled-aggregates-in-construction-4741>
- [20] Spanische Regierung. (27. Juni 2023). *Plan zur Einführung der BIM-Methodik in öffentlichen Bauaufträgen der Allgemeinen Staatsverwaltung (AGE) und des staatlichen öffentlichen Sektors zwischen 2024 und 2030.* IDP Ingeniería Medio Ambiente Arquitectura. Abgerufen unter <https://www.idp.es/en/government approves bim plan for public procurement to improve spending efficiency/>
- [21] Bettergy & Partners. (7. Dezember 2023). *EmPOWER: Virtueller Energiemanager für KMU, der Dienstleistungen zur Kontrolle von Energieverträgen, Verbrauchsdaten und der Anbindung an innovative Energieeffizienzdienste bietet.* Bettergy S.L. Abgerufen unter <https://bettergy.es/en/2023/12/07/empower-virtueller-energiemanager-für-kleine-und-mittlere-unternehmen-der-dienstleistungen-anbietet-zur-kontrolle-über-energiecontracts-verbrauchsdaten-und-die-anbindung-an-innovative-energieeffizienzdienste/>
- [22] Hobeem. (2023). *Hobeem: Energie-Dashboard und Überwachungslösungen für Unternehmen, Institutionen und Bürger.* Hobeem. Abgerufen unter <https://www.santaluciaimpulsa.es/en/blog/startups-de-sostenibilidad-y-ods-del-mapa-insurtech-del-ecosistema-espanol>

Technik

[23] Blue Room Innovation. (o. J.). *Digitaler Produktpass (CircularPass) für den Bausektor*. Blue Room Innovation. Abgerufen unter <https://www.blueroominnovation.com/en/dpp/>

[24] Berges-Alvarez, I., Martínez-Rocamora, A. & Marrero, M. (2024). Eine systematische Übersicht über BIM-basierte Nachhaltigkeitsbewertungen des Lebenszyklus von Gebäuden. *Sustainability*, 16(24), 11070. <https://doi.org/10.3390/su162411070>

[25] Build-Up EU / BIM4Ren. (2022). *BIM4Ren-Pilotprojekte zur Überwachung des Sanierungsprozesses: Spanien*. Europäische Kommission / Build-Up-Plattform. Abgerufen unter <https://build-up.ec.europa.eu/en/news-and-events/news/bim4ren-pilot-cases-monitor-renovation-process>

[26] Fundación Laboral de la Construcción. (2025). *Die Fundación Laboral startet das Projekt „Construction Blueprint 2“, um die Ausbildung und Qualifizierung in der Branche in Europa voranzutreiben*. Madrid: Fundación Laboral de la Construcción. Abgerufen unter <https://madrid.fundacionlaboral.org/actualidad/noticias/redirect/competencias-formacion-europa-cualificacion-blueprintconstruction>

[27] Fundación Laboral de la Construcción; Green Building Council España; Fundae; CSIC; INCUAL u. a. (24. Oktober 2024). *Das Projekt „Construye 2030“ befasst sich mit der nachhaltigen Transformation der Baubranche in Spanien durch Ausbildung*. Construable. Abgerufen unter <https://www.construible.es/2024/10/24/proyecto-construye-2030-aborda-transformacion-sostenible-sector-construccion-espana-formacion>

[28] Fundación Laboral de la Construcción Catalunya. (2025). *Die Fundación Laboral de la Construcción Catalunya bekräftigt auf der Construmat ihr Engagement für Ausbildung und Beschäftigung*. Barcelona: Fundación Laboral de la Construcción Catalunya. Abgerufen unter <https://catalunya.fundacionlaboral.org/actualidad/noticias/redirect/la-fundacion-laboral-de-la-construccion-catalunya-refuerza-en-construmat-su-compromiso-con-la-formacion-y-el-empleo-1>



BERICHT ÜBER DEN STAND DER TECHNIK

SCHWEDEN

● Einleitung

Dieser Bericht gibt einen Überblick über die politischen Triebkräfte, die Marktdynamik und die technologischen Trends im europäischen Bausektor und untersucht deren Auswirkungen auf Qualifikationen, Arbeitsplätze und die berufliche Bildung. Ziel ist es, zu verstehen, wie die grüne und digitale Wende – vorangetrieben durch EU-Rechtsvorschriften wie die Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden, die EU-Taxonomie, den „Net-Zero Industry Act“ und die „Renovation Wave“ – Geschäftsmodelle, Bauprozesse und Investitionsprioritäten neu gestalten. Anhand einer strukturierten Sekundärforschung kombinierte die Analyse Quellen auf EU-Ebene mit einer detaillierten Fallstudie zu Schweden und hob dabei dessen Vorreiterrolle bei der Digitalisierung und bei Praktiken des kreislauforientierten Bauens hervor. Die Ergebnisse wurden anschließend in konkrete Chancen für die berufliche Bildung übersetzt, wobei der Schwerpunkt auf der Gestaltung von Lehrplänen, Mikro-Zertifikaten und Living-Lab-Ansätzen lag. Auf diese Weise schlägt die Analyse eine Brücke zwischen europäischen regulatorischen und marktbezogenen Entwicklungen und nationalen Best-Practice-Beispielen und zeigt auf, wie die berufliche Bildung die Arbeitskräfte mit den Kompetenzen ausstatten kann, die erforderlich sind, um die klimatischen und digitalen Ambitionen der Branche zu verwirklichen.

● Zusammenfassung der Analyse

Die Analyse zeigt einen klaren Bogen von der EU-Politik über die Praxis bis hin zur Ausbildung. Mit der EPBD, der Taxonomie, dem ETS2/SCF und dem NZIA lenkt Europa das Bauwesen in Richtung Emissionsfreiheit, CO₂-Bilanz über den gesamten Lebenszyklus, elektrifizierte Heizung und überprüfbarer, datenreicher Betrieb. Trotz eines kurzfristigen Einbruchs bei den Baubeginnen und den Verkäufen von Wärmepumpen wird die mittelfristige Nachfrage durch Sanierungen und Dach-PV-Anlagen angekurbelt. Die Digitalisierung ist mittlerweile Teil der Basisinfrastruktur: BIM, digitale Zwillinge und das Internet der Dinge (IoT) ermöglichen vorausschauendes Betrieb und Wartung sowie eine industrialisierte, DFMA-konforme Projektabwicklung. Schweden bietet ein ausgereiftes Modell – BIM ist bei großen Auftraggebern Standard, digitale Zwillinge von der Stadt bis zum Gebäude sowie die flächendeckende Verbreitung intelligenter Zähler unterstützen „Housing 4.0“, und die Kreislaufwirtschaft wird durch Klimadeklarationen, Produktdatenbanken und rasante Fortschritte bei Holz, kohlenstoffarmem Beton und nahezu fossilfreiem Stahl vorangetrieben. Es bestehen weiterhin Reibungspunkte – uneinheitliche Umsetzung, widersprüchliche Anreize, Fachkräftemangel und Interoperabilitätslücken –, weshalb sich die berufliche Bildung auf stapelbare, rollenbasierte Mikro-Zertifizierungen verlagern muss, die Projektdaten in auditfähige Nachweise umwandeln: Datenkontinuität von BIM bis zum Facility Management, Ökobilanz (LCA)/Umweltproduktdeklarationen (EPD) und Klimadeklarationen, Energieanalysen, Koordination von Nachrüstungen und Wiederverwendung außerhalb der Baustelle, fortschrittlicher Betrieb von Heizung, Stromerzeugung und Speicherung sowie Kenntnisse in umweltorientierter Beschaffung und Taxonomie.

Technik

Integration von Living Labs, einer Standard-Toolchain (IFC/fi2, EPD-Software, BEAst/PEPPOL, Twin-Plattformen) und einer Bewertung auf der Grundlage von KPIs auf Finanzniveau.

● Indikativer Überblick

● Einleitung

Zweck der Aufgabe und angewandte Methodik

- **Bestandsaufnahme:** Zusammenfassung der politischen Triebkräfte im europäischen Bausektor
- **Auswirkungen bewerten**
- **Vertiefende Analyse: Schweden**
- **Umsetzung in Maßnahmen der beruflichen Bildung: Strukturierte Sekundärrecherche (EU, national):**
 - EU-Primärquellen
 - Branchenstatistiken und -prognosen
 - Schwedische Quellen zu Praxis und Standards
- **Analytische Blickwinkel:**
 - **Politik und Regulierung:** Compliance und finanzielle Signale;
 - **Markt & Technologie:** Akzeptanz, Reifegrad, Lieferketten;
 - **Kompetenzen und Berufe:** aktuelle Qualifikationen und neu entstehende Rollen;
 - **Auswirkungen auf die berufliche Bildung:** Ausbildungsbedarf, Bewertungsinstrumente, KPIs.
- **Triangulation und Relevanzfilter:** Priorisierung maßgeblicher und aktuellster Quellen; Gegenprüfung quantitativer Zahlen
- **Umfang und Zeitrahmen:** EU-27 mit einer eingehenden Analyse für Schweden; aktuelle Daten bis Oktober 2025; Schwerpunkt auf Wohn- und öffentlichen Gebäuden (Neubau + Sanierung)
- **Allgemeiner Kontext: Europäischer Bausektor und Energiewende**

Politisches und regulatorisches Umfeld (z. B. EPBD, Europäischer Green Deal, Sanierungswelle, für den Bausektor relevante EU-Taxonomie)

- **EPBD (Neufassung, Richtlinie (EU) 2024/1275).** Neubauten: Öffentliche Gebäude ab 2028 und alle Gebäude ab 2030 müssen emissionsfrei sein; die Offenlegung des Lebenszyklus-GWP wird ab 2028/2030 ausgeweitet; die Länder müssen nationale Gebäudesanierungspläne vorlegen, um den

Technik

Gebäudebestand bis 2050 in Richtung ZEB zu lenken. Es sind nationale Fahrpläne und Ziele zu erwarten (anstelle strenger EU-weiter Mindestenergieeffizienzstandards für jedes einzelne Gebäude).

- **Sanierungswelle (Leuchtturmprojekt des Green Deal).** Ziel ist es, die Sanierungsraten zu verdoppeln und bis 2030 35 Millionen Gebäude zu sanieren, wobei Energieeinsparungen mit lokalen Arbeitsplätzen verknüpft werden.
- **EU-Emissionshandelssystem 2 (EU ETS2) + Sozialer Klimafonds.** Ein neuer CO₂-Markt für Brennstoffe in Gebäuden und im Straßenverkehr nimmt 2027 den Betrieb auf (vorgelagert bei den Brennstofflieferanten), wobei der Soziale Klimafonds ab 2026 sozial schwache Haushalte abfedert und Effizienzmaßnahmen sowie Sanierungen finanziert.
- **EU-Taxonomie.** „Regelwerk für grüne Finanzierungen“, das Kapitalströme lenkt: Bau- und Immobilienaktivitäten (Neubau, Sanierung, Erwerb/Eigentum) unterliegen technischen Prüfkriterien und DNSH-Kriterien; die Einhaltung dieser Kriterien kann sich erheblich auf Finanzierungskosten und den Zugang für Investoren auswirken.
- **Net-Zero Industry Act (NZIA).** In Kraft seit Juni 2024; zielt darauf ab, bis 2030 etwa 40 % der EU-Produktionskapazitäten für strategische Netto-Null-Technologien (Wärmepumpen, PV, Batterien usw.) zu erreichen, verbunden mit einer beschleunigten Genehmigungserteilung – relevant für Lieferketten und Investitionsausgaben zur Dekarbonisierung von Gebäuden. (Richtlinie (EU) 2024, Verordnung (EU) 2020)

Allgemeine Marktdynamik und wichtige Trends im Bauwesen (z. B. Investitionen, Wachstumstreiber, Verbrauchernachfrage nach nachhaltigem Wohnen)

- **Konjunkturelle Gegenwinde vs. strukturelle Nachfrage.** Hohe Zinsen und Kosten haben den Wohnungsneubau beeinträchtigt (z. B. Einbruch im schwedischen Wohnungsbau; Genehmigungslücke in Deutschland trotz Wohnungsbedarfs), doch die zugrunde liegende Nachfrage nach bezahlbarem, energieeffizientem Wohnraum bleibt stark.
- **Elektrifizierung und Dachsolaranlagen** – stark, aber holprig. Die EU hat im Jahr 2024 rund 65 GW an Solarleistung hinzugewonnen; für 2025 wird eine leichte Verlangsamung erwartet, da einige Förderprogramme für Dachsolaranlagen auslaufen, obwohl die kumulierte Leistung weiter steigt. Der Absatz von Wärmepumpen ging 2024 nach zwei Boomjahren um ca. 22 % zurück, was auf politische Unsicherheiten und Schwankungen bei den Energiepreisen zurückzuführen ist; langfristige Ziele (z. B. 60 Millionen Einheiten bis 2030) treiben die Nachfrage jedoch weiterhin an.
- **Investitionsausblick.** Trotz des kurzfristigen Rückgangs prognostizieren Analysten ein mittelfristiges Wachstum im europäischen Bauwesen, das durch die Sanierung des alternden Gebäudebestands, die Urbanisierung und umweltfreundliche Bauweisen angetrieben wird – wobei die Produktmärkte Chancen im Bereich der Nachrüstungslösungen signalisieren.
- **Qualifikationen und Kapazitäten.** Der „Transition Pathway for Construction“ der EU hebt den Arbeitskräftemangel und den Fachkräftemangel, Lücken bei der Digitalisierung sowie die Notwendigkeit einer industrialisierten Sanierung (Fertigbau, BIM) hervor, um die Ziele in großem Maßstab zu erreichen. (FIEC 2025, SolarPower Europe 2024).

Auswirkungen der grünen und digitalen Transformation auf den Bausektor insgesamt

- **Geschäftsmodelle verlagern sich hin zu Leistung und CO₂-Bilanz über den gesamten Lebenszyklus.** Die in der EPBD vorgeschriebene Offenlegung des Lebenszyklus-GWP sowie die Taxonomie-Prüfungen drängen Bauträger zu kohlenstoffarmen Materialien, Kreislaufwirtschaft und EPC-gestützten, taxonomiekonformen Anlagen, um Finanzierungen zu erschließen.
- **Elektrifizierung der Wärmeversorgung + Integration dezentraler Energiequellen (DERs).** Politische Maßnahmen sowie die Preisgestaltung im Rahmen des ETS2 lenken die Wärmeversorgung weg von fossilen Brennstoffen hin zu Wärmepumpen, Solar-PV, Speichern und intelligenten Steuerungssystemen; netzinteraktive Gebäude und Prosumer-Modelle gewinnen an Wert.
- **Digitalisierung** wird zur unverzichtbaren Grundvoraussetzung. BIM/digitale Zwillinge, IoT und Datenanalyse ermöglichen vorausschauende Instandhaltung, Energieoptimierung und industrialisierte Renovierung ab Werk, was die Qualifikationsprofile der Bauunternehmer und die Baustellenlogistik verändert.
- **Soziale Dimension und Erschwinglichkeit.** Der Sozialklimafonds verankert Gerechtigkeit fest in der Energiewende (Zuschüsse für Renovierungen, saubere Heizung, Mobilität) und zielt darauf ab, die Risiken der Energiearmut im Zuge der Ausweitung der CO₂-Bepreisung einzudämmen. (Europäische Kommission 2023, Richtlinie (EU) 2024)
- **Thematische Analyse des aktuellen Stands der Technik**

Digitalisierung im Bauwesen (Wohnen 4.0) in Schweden

- Wichtige eingesetzte digitale Technologien
- **BIM als „Standard“ für große Auftraggeber.** Öffentliche Auftraggeber im Infrastrukturbereich (insbesondere Trafikverket) haben die Einführung und Standardisierung von BIM vorangetrieben; die BIM Alliance Sweden pflegt Branchenrichtlinien und fördert einen lückenlosen Informationsfluss über die Phasen Planung, Bau und Betrieb hinweg.
- **Digitale Zwillinge vom Stadtteils- bis zum Gebäudeebene.** Zu den aktiven Forschungs- und Demonstrationsprojekten gehören das Dig-IT Lab der KTH (Gebäude- und Mikronetz-Zwillinge) und Projekte im Rahmen von „Smart Built Environment“ (z. B. Niederschlagsmodellierung) sowie Pilotprojekte auf Stadtebene wie der Digital-Twin-Ansatz des Stockholm Royal Seaport (siehe Best-Practice-Bericht).
- **KI für Energie und Betrieb.** Aktuelle schwedische Studien und Pilotprojekte zeigen, dass KI-gestützte Analysen die Energieeffizienz von Gebäuden verbessern und betriebliche Entscheidungen optimieren (Fehlererkennung, tariforientierte Steuerung, Portfoliooptimierung).

Technik

- **IoT und intelligente Zähler als Infrastruktur.** Die frühzeitige Einführung intelligenter Zähler in Schweden (sowie Upgrades der zweiten Welle) ermöglichte stündliche Messungen und Datenzugriff, die PropTech- und Optimierungsdienste im Wohnungsbau untermauern.
- **Industrialisierte/außerhalb der Baustelle stattfindende digitale Fertigung.** Modellbasiertes „Design-to-Factory“ mit Holzmodulen (z. B. Lindbäcks) veranschaulicht digitale Produktionsabläufe für mehrstöckige Wohngebäude.
- **Digitale Lieferketten- und E-Business-Standards.** BEAst-Standards (Bestellung, Logistik, Rechnungsstellung) und die Einführung von PEPPOL optimieren den Datenaustausch zwischen Auftragnehmern und Lieferanten. (Smart Built Environment 2024, BIM Alliance 2024)
 - Einführung und Auswirkungen auf Bauprozesse und Gebäudebetrieb
- **Planung und Bau.** BIM wird bei öffentlichen Bauvorhaben weitgehend vorgeschrieben; die verbleibenden Reibungspunkte liegen eher im vertraglichen Bereich (Angleichung von AB/ABT/ABK) und im Reifegrad der Informationsanforderungen als in der Tool-Auswahl. Zu den Auswirkungen zählen weniger Kollisionen, genauere Mengenermittlungen und die Ermöglichung industrialisierter Methoden.
- **Übergabe und Betrieb.** Schwedische Forschungsergebnisse weisen auf die Lücke zwischen Projekt-BIM und Facility Management hin; Initiativen (Richtlinien der BIM Alliance/fi2-Standards) zielen darauf ab, die Datenkontinuität in die Betriebs- und Wartungsphase zu verbessern.
- **Energieeffizientes Wohnen in der Praxis.** Vorzeigeprojekte demonstrieren integrierte PV-Speicher-Wärmepumpen-Systeme mit fortschrittlicher Steuerung (z. B. „Brf Viva“ mit wiederverwendeten Busbatterien; Pilotprojekte von Akademiska Hus) und zeigen Vorteile hinsichtlich Energiekosten und Flexibilität in Verbindung mit datengestütztem Betrieb.
- **Stadt-/Systemintegration.** Digital-Twin-Pilotprojekte verbinden Gebäude mit Stromnetzen, Wasserversorgung und Mobilität und unterstützen so die Resilienz und Planung (z. B. der Mikronetz-Twin-Demonstrator in Stockholm). (BIM Alliance 2024, Trafikverket 2024)
 - Aktuelle Qualifikationen und neu entstehende Berufsprofile
- **Grundlegender Weiterbildungsbedarf.** Nationale Qualifikationsanalysen (MYH) und Arbeitsmarktprognozen deuten auf anhaltenden Fachkräftemangel und einen bereichsübergreifenden Bedarf an digitaler Kompetenz, BIM-Kenntnissen, KI-/Datenkompetenzen, Nachhaltigkeit und Kreislaufwirtschaft sowie Geodaten-/GNSS-Kenntnissen hin.
- **BIM-/VDC-Koordinator-Manager** (Modellstandards, CDE-Workflows, Abstimmung von IDMs/BEAst).
- **Digitaler Bauingenieur / Leiter der Baustellen-Digitalisierung** (Laserscanning, 4D/5D, IoT auf der Baustelle).
- **Datenanalyst für Gebäudeenergie/Proptech** (BMS- und IoT-Daten, KI-gestützte Optimierung, Lastmanagement).
- **Digital-Twin-Ingenieur** (Modellzusammenführung, Sensorintegration, Simulation).

Technik

- **Ingenieur für industrialisierten Hausbau** (Design-for-Manufacture, Holzmodule/CLT). Ausbildungs- und Hochschulprogramme setzen bereits auf „hållbart och digitalt byggande“ und vermitteln BIM-zentrierte Arbeitsabläufe.
 - Relevante Markttrends, die Angebot und Nachfrage prägen
- **Strategische Impulse durch „Smart Built Environment“.** Schwedens seit Langem bestehendes nationales Innovationsprogramm koordiniert Forschung und Entwicklung, offene Standards und Pilotprojekte, um die Branche an der Spitze der Digitalisierung zu halten.
- **Proptech und Dynamik im Bereich Energieflexibilität.** Da intelligente Zähler mittlerweile allgegenwärtig sind, breiten sich Geschäftsmodelle aus, die Flexibilität monetarisieren (Tarife, Aggregator-Dienste) und Gebäudebestände optimieren – unterstützt durch Forschung und Erfahrungen mit hoher Energiepreisvolatilität.
- **Produktivitätssteigerung durch Industrialisierung.** Modulares Bauen auf Holzbasis und werkseitige Prozesse gewinnen an Bedeutung, unterstützt durch BIM und digitale Qualitätssicherung – was als Schlüssel zur Deckung des Wohnungsbedarfs trotz konjunktureller Gegenwinde angesehen wird.
- **Überlegungen zu Daten und digitaler Infrastruktur.** Die nationale Aufmerksamkeit für den Energie-Fußabdruck von Rechenzentren und digitalen Systemen unterstreicht die Notwendigkeit effizienter Datenpipelines und Edge-Verarbeitung in AEC-/Proptech-Lösungen.
- **Öffentliche Beschaffung und Standardisierung.** Die anhaltende Fokussierung auf digitale Lieferergebnisse, offene Formate und elektronische Beschaffung (BEAst/PEPPOL) verstärkt die Einführung entlang der gesamten Lieferkette. (MYH 2024, Arbeitsförmedlingen 2025).

Was dies für Excel4Housing / die Gestaltung der beruflichen Bildung bedeutet

- Die Datenübergabe von BIM zu FM und die Kenntnisse im Umgang mit der CDE in alle Lehrpläne integrieren.
- **Ergänzung um KI/Analytik** für Energiemodule, die schwedische Smart-Meter-/BMS-Datensätze nutzen.
- Industrialisierte Holzbau-Workflows (DFMA, 4D/5D) sowie Grundlagen zu BEAst/PEPPOL einbeziehen.
- Die Weiterbildung auf BIM-/DT-Manager, PropTech-Analysten und Verantwortliche für die Digitalisierung auf Baustellen ausrichten – dort, wo die Nachfrage am schnellsten wächst.

Kreislaufwirtschaft und nachhaltige Baumaterialien

- Grundsätze und Praktiken

- **Regulatorischer Druck:** Seit dem 1. Januar 2022 müssen für Neubauten Klimadeklarationen (A1–A5) über die Klimadatenbank von Boverket eingereicht werden; die Regierung hat Boverket beauftragt, CO₂-Grenzwerte (gränsvärden) einzuführen – als frühester Starttermin wurde 2025 vorgeschlagen, mit weiteren Schritten bis 2028/2030. Dies lenkt Planungsentscheidungen in der frühen Phase und die Produktauswahl in Richtung kohlenstoffärmerer Optionen.
- **Wiederverwendung von Infrastruktur: CCBUILD (IVL)** bietet Bestandsaufnahmen, einen Marktplatz für wiederverwertete Produkte und Tools, die sich in Projektabläufe integrieren lassen – und senkt so die Hürden für eine Wiederverwendung in großem Maßstab.
- **Öffentliches Beschaffungswesen:** Die Upphandlingsmyndigheten veröffentlicht allgemeine Kriterien und Leitlinien (z. B. für Abbrucharbeiten, Massenumschlag und Verpackung), damit öffentliche Auftraggeber die Wiederverwendung, den Anteil an recycelten Materialien und entsprechende Nachweise verlangen können.
- **Abfall und Mülltrennung:** Schweden strebt eine hohe Verwertungsquote bei Bau- und Abbruchabfällen an; Daten der schwedischen Umweltbehörde (Naturvårdsverket) zeigen, dass dieser Sektor einen großen Anteil am nationalen Abfallaufkommen hat, weshalb die Kreislaufwirtschaft eine politische Priorität bleibt.
- **Digitale Wegbereiter für Kreislaufwirtschaft:** In Forschung und Entwicklung (z. B. „Smart Built Environment – Fenix“) werden BIM und KI eingesetzt, um wiederverwendbare Bauteile zu identifizieren und Materialentscheidungen zu unterstützen. (Boverket 2022, Naturvårdsverket 2024)
 - Nachhaltige Materialien und ihre Anwendung in Gebäuden
- **Massivholz (CLT/Brettschichtholz):** Starke nationale Kapazitäten und Know-how (Svenskt Trä, Trästad Sweden) untermauern den breiten Einsatz in Wohn- und öffentlichen Gebäuden.
- **Kohlenstoffarmer Beton:** Branchenleitlinien für „klimatförbättrad betong“ (gemischte Bindemittel, Optimierung) setzen sich zunehmend durch; die Roadmap sieht klimaneutralen Beton bis 2045 und die Verfügbarkeit der Produkte **bis etwa** 2030 vor. Parallel dazu: Zementa-Slitage CCS soll bis 2030 **etwa** 1,8 MtCO₂/Jahr abscheiden.
- **Fossilfreier Stahl: SSAB** baut die Produktion von wasserstoffbasiertem Stahl mit einem neuen Mini-Stahlwerk in Luleå aus (Ziel **2028**) – relevant für Tragwerks- und Fassadensysteme in kohlenstoffarmen Projekten.
- **Materialdatenbanken und Zertifizierungen:** Byggarbetsnämnden und SundaHus lenken die Auswahl auf schadstofffreie, kreislauffähige Produkte; **SGBC NoIICO₂** legt CO₂-Ziele und -Referenzwerte für den gesamten Lebenszyklus fest, die zunehmend neben den Vorschriften von Boverket angewendet werden. (Trafikverket 2022)
 - Aktuelle Qualifikationen und sich abzeichnende Berufsprofile

Technik

- **Kompetenzbasis:** Die Branchenanalyse 2024 von MYH weist auf Bedarf in den Bereichen **Kreislaufbau, Ökobilanz/EPD, Klimadeklarationen und digitale Kompetenzen** hin.

Aufstrebende Berufsbilder:

- **Äterbrukssamordnare / Koordinator für Wiederverwendung** (Audits vor dem Abriss, Bestandsaufnahmen, Logistik, Qualitätssicherung).
- **LCA-/Klimadeklarationsspezialist** (A1–A5-Modellierung, Datenverwaltung über Klimadatabas/EPDs)
- **Spezialist für kreislauforientierte Beschaffung** (Festlegung von Kriterien, Lieferanten-Due-Diligence).
- **Material- und Produktdatenmanager** (BVB/SundaHus-Protokolle; Compliance).
- **Ingenieur für demontagefreundliche Konstruktion / Analyst für digitale Wiederverwendung** (BIM-gestützte Komponentenverfolgung; KI-Tools wie Fenix). (MYH 2024, Boverket 2022)

- Relevante Markttrends, die Angebot und Nachfrage prägen

- **Verschärfte CO₂-Regulierung:** Klimadeklarationen sind bereits eingeführt; Grenzwerte und ein erweiterter Anwendungsbereich werden derzeit vorbereitet – was eine stetige Nachfrage nach kohlenstoffarmen und wiederverwendbaren Produkten schafft.
- **Beschaffung als Hebel:** Öffentliche Auftraggeber schreiben zunehmend Wiederverwendung/Recyclinganteile und entsprechende Nachweise vor, wodurch die Marktreife und die Fähigkeiten der Lieferanten gesteigert werden.
- **Signale aus dem Investitions- und Finanzbereich:** Die Kriterien der EU-Taxonomie für den Bau- und Immobiliensektor beeinflussen Bauträger und Kreditgeber – Projekte mit geringerem CO₂-Eingebautem und soliden Daten werden belohnt.
- **Innovationen auf der Angebotsseite:** Rasante Fortschritte bei Holz, kohlenstoffarmem Beton, CCS-Zement und (nahezu) fossilfreiem Stahl erweitern das Materialspektrum für Kreislauf- und kohlenstoffarme Projekte.
- **Daten und Transparenz:** Die weit verbreitete Nutzung von EPDs, der „Klimadatabas“ von Boverket und Zertifizierungen auf Gebäudeebene (z. B. NollCO₂) standardisieren die Berichterstattung und das Benchmarking projektübergreifend (Boverket 2022, Upphandlingsmyndigheten 2022).

- **Übergreifende Analyse und Chancen**

Zusammenhänge und Synergien zwischen den Themenbereichen

Technik

- **Der CO₂-Fußabdruck über den gesamten Lebenszyklus als gemeinsames Rückgrat.** Die EPBD (ZEB-Pfad + GWP-Offenlegung) und die EU-Taxonomie lenken den Markt in Richtung messbarer CO₂-Ergebnisse; dies steht in direktem Zusammenhang mit **der Digitalisierung** (BIM/DT zur Datenerfassung), der Materialauswahl (Holz, kohlenstoffarmer Beton, fossilfreier Stahl) und der Beschaffung (Nachweis durch EPDs, Produktdatenbanken).
- **Elektrifizierung + Flexibilität = Wertschöpfungskette.** Die ETS2-Preisgestaltung + SCF-Förderung treiben die Elektrifizierung der Wärmeversorgung (Wärmepumpen), der Photovoltaik und der Speicherung voran. Digitale Zwillinge/IoT verwandeln Gebäude in netzinteraktive Anlagen (Lastmanagement) und stärken damit die Wirtschaftlichkeit von intelligentem Betrieb und Wartung sowie neuer leistungsbasierter Verträge.
- **Industrialisierte Sanierung in großem Maßstab.** Die Ziele der „Renovation Wave“ lassen sich nahtlos mit Off-Site-/DFMA-Methoden unter Einsatz von BIM (schwedisches Know-how im Bereich Holzmodulbau) verbinden, wodurch Bauzeit, Abfall und Kostenabweichungen reduziert werden – während Fachkräftemangel durch stärker werkseitig ausgerichtete Arbeitsabläufe gemildert wird.
- **Finanzierungsbereitschaft trifft auf Datenbereitschaft.** Die Angleichung an die Taxonomie hängt von zuverlässigen Nachweisen ab (LCA/LCC, Energie-KPIs); gemeinsame Datenumgebungen (IFC/fi2) schlagen eine Brücke zwischen Planung, Bau und Betrieb, sodass Anlagen über ihren gesamten Lebenszyklus hinweg finanzierbar bleiben.
- **Soziale Gerechtigkeit als fester Bestandteil.** Der Fokus des Social Climate Fund auf schutzbedürftige Haushalte steht im Einklang mit bezahlbaren, effizienten Wohnlösungen und Sanierungsmaßnahmen auf Gemeindeebene; digitale Tools ermöglichen eine gezielte Ansprache, Überprüfung und Wirkungsnachverfolgung.

Gemeinsame Herausforderungen und Hindernisse in verschiedenen europäischen Regionen

- **Verzögerungen bei der Umsetzung von Richtlinien und der Genehmigungserteilung.** Uneinheitliche, sich weiterentwickelnde nationale Vorschriften (Umsetzung der EPBD, CO₂-Grenzwerte, Netzanbindung) verlangsamen die Planung und erhöhen das Risiko für Bauträger.
- **Finanzierungsengpässe und gegensätzliche Anreize.** Eigentumswohnungs- und Mietmärkte haben Schwierigkeiten, die Amortisation zu realisieren; KMU-Bauunternehmen sehen sich mit Betriebskapitalengpässen bei industrialisierten Bauweisen und digitalen Werkzeugen konfrontiert.
- **Kompetenz- und Kapazitätsengpässe.** Lücken bei BIM-FM-Daten, LCA/EPD, Installation und Inbetriebnahme von Wärmepumpen sowie Steuerungs- und Analysesystemen; die Baustellenmitarbeiter benötigen Weiterbildungen in den Bereichen Fertigbau/DFMA und im sicheren Umgang mit neuen Materialien.
- **Datenfragmentierung und Interoperabilität.** Lücken zwischen BIM- und FM-Systemen im Projekt; uneinheitliche Nutzung offener Standards (IFC, fi2), Produktdaten (EPDs) und E-Procurement-Schemas (BEAst/PEPPOL).
- **Volatilität der Lieferkette.** Preisschwankungen (Energie, Materialien), begrenzte Verfügbarkeit von kohlenstoffarmen Zementbindemitteln, Batteriesystemen oder Wärmepumpen in einigen Regionen; ungleicher Zugang zu Wiederverwendungsmärkten.

Technik

- **Nachfragerisiko und Verbrauchervertrauen.** Haushalte wägen Anschaffungskosten und Beeinträchtigungen ab; öffentliche Auftraggeber weisen unterschiedliche Reifegrade hinsichtlich Kreislauf- und CO₂-armer Kriterien auf.

Innovationschancen in der beruflichen Bildung für nachhaltiges Bauen

A. Kompetenzen zur Entscheidungsfindung auf Datenbasis (über den gesamten Lebenszyklus hinweg)

- **BIM: Mikro-Zertifikat zur Kontinuität von FM-Daten.** Praktische Arbeit mit CDEs, IFC/i2, Asset-Tags und der Übergabe von Betrieb und Wartung; Erstellung eines digitalen Logbuchs, das für Nachweise gemäß Taxonomie/EPBD bereit ist.
- **LCA/EPD- und Klimadeklarations-Bootcamp.** Angewandte A1–A5-Modellierung unter Verwendung von EPDs und nationalen Datenbanken; Zuweisung eines Materialersatzszenarios, das ein GWP-Ziel auf Projektebene erreicht.
- **Energieanalyse für Betreiber.** Von BMS-/IoT-Daten bis hin zu Fehlererkennung, tarifierter Regelung und Lastmanagement; Einbindung eines Labors mit Wärmepumpe, PV-Anlage und Speicher in einen digitalen Zwilling.

B. Industrialisierte Sanierung & Kreislaufwirtschaft

- **DFMA-/Off-Site-Sanierungsfachkraft.** 4D/5D-Planung, vom Laserscan zur Vorfertigung, Montagesequenzierung vor Ort, Qualitätssicherung mit digitalen Checklisten.
- **Koordinator für Wiederverwendung und Rückbau.** Audits vor dem Rückbau, digitale Bestandsaufnahmen (BIM-verknüpft), **Marktplatz-Workflows**, Dokumentation für Beschaffung/Compliance.
- **Integrator für kohlenstoffarme Materialien.** Praktische Module zu Holzkonstruktionsdetails, Spezifikationen für klimaverbesserten Beton und (nahezu) fossilfreien Stahl, mit Grundlagen zu Baubarkeit sowie Brandschutz und Akustik.

C. Elektrifizierung und Prosumer-Betrieb

- **Wärmepumpeninstallateur und -inbetriebnehmer (Fortgeschritten).** Hydraulik, Kältemittel, intelligente Steuerungen, Vorlagen für die Inbetriebnahme; Integration von Flexibilitätsdiensten (Grundlagen des Aggregators).
- **Techniker für PV- und Speichersysteme vor Ort.** Planung, Sicherheit, Interoperabilität, Überwachung; KPI-Dashboards abgestimmt auf Leistungsverträge.

Technik

D. Kenntnisse in den Bereichen Beschaffung, Finanzen und Compliance

- **Umweltorientierte öffentliche Beschaffung und Taxonomie für Praktiker.** Umsetzung von Kriterien in Verträge; Dokumentationspakete für Auftragnehmer; auditfähige Nachweise.
- **Koordinator für kundenseitige Nachrüstungen (Kontexte mit mehreren Eigentümern).** Entscheidungshilfe für Wohnungseigentümergeinschaften/Eigentumswohnungen; Phasenplanung, Kosten-Nutzen-Analyse im Rahmen von ETS2 sowie SCF/Sozialtarife.

E. Programmgestaltungsmerkmale zur Sicherstellung der Akzeptanz

- **Kombinierbare Mikro-Zertifizierungen** (EQF-referenziert, ESCO-abgestimmt), die sich zu **berufsbereiten Profilen** zusammenfügen lassen (z. B. BIM/DT-Manager, Koordinator für Wiederverwendung, Energiedatenanalyst).
- **Praxisorientiertes Lernen mit Living Labs** (kommunale Immobilienportfolios, Campusgebäude), in denen die Lernenden **messbare** Ergebnisse in den Bereichen Energie, CO₂ und Wiederverwendung erzielen.
- **Enthaltene digitale Toolchains:** IFC-/BIM-Workflows, EPD-Software, E-Procurement (BEAs/PEPPOL) und Twin-Plattformen – damit Absolventen vom ersten Tag an in reale Projekte „einsteigen“ können.
- **Leistungsorientierte Bewertung:** Nachweispakete (Modelle, EPD-Berechnungen, Inbetriebnahmeberichte), die die vom Kunden geforderten Ergebnisse widerspiegeln.
- **Schlussfolgerungen und Empfehlungen für WP4**

Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse und strategische Erkenntnisse für die Gestaltung von Lehrplänen und Ausbildungsprogrammen (direkte Empfehlungen für WP4)

1 Die Politik ist die treibende Kraft

- Die EPBD (2024) legt den Umstieg auf emissionsfreie Neubauten bis 2030 sowie die Offenlegung des Lebenszyklus-Kohlenstoffpotenzials (GWP) fest **und** fördert **damit** datengestütztes Design und kohlenstoffarme Materialien.
- Die „Renovation Wave“, die EU-Taxonomie, ETS2 und der Sozialklimafonds sowie die NZIA lenken gemeinsam Kapital, Lieferketten und Fachkräfte in Richtung groß angelegter Sanierungen, elektrifizierter Heizung und nachweisbarer Nachhaltigkeitsleistung.

Technik

2) Marktdynamik: kurzfristiger Einbruch, langfristiger Aufschwung

- Ein konjunktureller Einbruch (Zinsen/Kosten) steht im Gegensatz zur strukturellen Nachfrage nach bezahlbarem, energieeffizientem Wohnraum.
- Elektrifizierung und Dach-PV-Anlagen breiten sich weiter aus, wenn auch mit kurzfristigen Schwankungen (z. B. Rückgang der Wärmepumpenverkäufe im Jahr 2024); mittelfristig verlagert sich das Wachstum auf Nachrüstlösungen.

3) Geschäftsmodelle setzen auf „Leistung + Daten“

- Bauträger, Eigentümer und Kreditgeber verlangen zunehmend taxonomiekonforme, datengestützte Objekte (Energie- und CO₂-KPIs, EPD/LCA), was leistungsorientierte Verträge und neue Serviceumsätze (Flexibilität/Lastmanagement) ermöglicht.

4) Digitalisierung ist mittlerweile unverzichtbare Infrastruktur

- BIM/DT/IoT/Analytik bilden die Grundlage für vorausschauende Instandhaltung, Energieoptimierung und industrialisierte Sanierung (DFMA, 4D/5D).
- Persistentes BIM: Lücken bei der FM-Übergabe machen CDE-Kompetenz und offene Standards (IFC/fi2) unverzichtbar.

5) Schwedens Stand der Technik (Housing 4.0)

- BIM ist De-facto-Standard für große öffentliche Auftraggeber (z. B. Trafikverket); die BIM Alliance und Smart Built Environment treiben nationale Leitlinien voran.
- Aktive Digital-Twin-Pilotprojekte (Gebäude: Stadtteile), die flächendeckende Verbreitung intelligenter Zähler und industrialisierter Holzbauweisen zeigen skalierbare Wege vom Entwurf über die Fertigung bis zum Betrieb auf.
- Standards für die Lieferkette (BEASt/PEPPOL) optimieren die elektronische Beschaffung und den Datenaustausch.

6) Kreislaufwirtschaft und kohlenstoffarme Materialien gewinnen an Dynamik

- x. Seit 2022 beeinflussen Klimadeklarationen (A1–A5) und künftige CO₂-Grenzwerte bereits in frühen Planungsphasen die Entwurfs- und Produktentscheidungen.
- y. **Schwedens Material-Toolbox:** Massivholz (CLT/Brettschichtholz), kohlenstoffarmer Beton (auf einem CCS-Pfad), (nahezu) fossilfreier Stahl sowie Produktdatenbanken/Zertifizierungen (BVB, SundaHus, NollCO2).
- z. Die Wiederverwendungsinfrastruktur (CCBuild) senkt die Hürden für die Rückgewinnung von Bauteilen in großem Maßstab.

Technik

7) Bereichsübergreifende Synergien (und Reibungspunkte)

- Die CO₂-Bilanz über den gesamten Lebenszyklus verbindet Politik → Finanzen → Digitalisierung → Materialien; die industrialisierte Sanierung beseitigt Engpässe bei Kosten, Qualität und Fachkräften.
- Wesentliche Reibungspunkte: Verzögerungen bei Politik und Genehmigungen, gegensätzliche Anreize bei der Finanzierung, Fachkräftemangel (BIM-FM-Daten, Ökobilanz/EPD, Inbetriebnahme von Heizungs- und Klimatechnik, Steuerungssysteme), Interoperabilitätslücken und Schwankungen in der Lieferkette.

8) Berufsbildungsmöglichkeiten mit dem höchsten Nutzen

- Kompetenzen im Bereich „Daten zu Entscheidungen“: BIM: Kontinuität der FM-Daten; Ökobilanz (LCA)/Umweltproduktdeklaration (EPD) und Klimadeklarationen; Energieanalytik (FDD, tarifbewusste Steuerung, Lastmanagement (DR)).
- Industrialisierte Sanierung und Kreislaufwirtschaft: DFMA/Off-Site-Nachrüstung; Koordination von Wiederverwendung und Rückbau; Integration kohlenstoffarmer Materialien.
- Elektrifizierung und Prosumer-Betrieb: Fortgeschrittene Inbetriebnahme von Wärmepumpen; PV- und Speichertechnologie mit KPI-Dashboards.
- Kenntnisse in Beschaffung und Finanzen: umweltorientierte öffentliche Beschaffung, Nachweispakete zur EU-Taxonomie, Koordination von Sanierungen auf Kundenseite (z. B. Wohnungseigentümergeinschaften).

9) Was als Nächstes Priorität haben sollte (Excel4Housing)

- 14 Aufbau stapelbarer, auf Rollen abgestimmter Mikro-Zertifizierungen (BIM-/DT-Manager, Koordinator für Wiederverwendung, Energiedatenanalyst).
- 15 Verankerung der Schulungen in Living Labs (kommunale Gebäude/Campusgebäude) mit messbaren Ergebnissen: Reduzierung des Treibhauspotenzials (GWP), kWh/m², Spitzenlastabdeckung, Wiederverwendungsmenge.
- 16 Standardisierung von Toolchains (IFC/fi2, EPD-Software, BEAst/PEPPOL, Twin-Plattformen).

• Quellenangaben

- **Verordnung (EU) 2020/852**, <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2020/852/oj/eng>
- **FIEC. (2025).** *Statistischer Bericht 2025 Europa*, file:///C:/Users/nybemar/Downloads/FIEC_statistical_report_european-union.pdf
- **SolarPower Europe. (2024).** *EU-Marktausblick für Solarenergie 2024–2028*, <https://www.solarpowereurope.org/insights/outlooks/eu-market-outlook-for-solar-power-2024-2028>

Technik

- **Europäische Kommission 2023** – Übergangsplan für den Bausektor,
<https://ec.europa.eu/docsroom/documents/53854>
- **Richtlinie (EU) 2024/1275** – Energieeffizienz von Gebäuden,
<https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2024/1275/oj/eng>
- **Smart Built Environment. (2024). Programmübersicht,**
https://www.smartbuilt.se/in-english/?utm_source
- **BIM Alliance. (2024). Geschäftsplan 2024,**
https://www.bimalliance.se/Media/grepumgg/verksamhetsplan-2024_ver03_godkand.pdf?utm_source
- **Trafikverket, Juni 2024. Bauinformationsmodellierung (BIM),**
<https://bransch.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/teknik/byggnadsinformationsmodellering-bim/>
- **Behörde für die Fachhochschulen (MYH), 2024. Bereichsanalyse 2024: Bauwesen,**
https://assets.myh.se/docs/publikationer/omradesanalyser/omradesanalys-byggnation-2024.pdf?utm_source
- **Arbeitsagentur 2025. Wo sind die Arbeitsplätze? Und wo ist die Arbeitskraft?,**
https://arbetsformedlingen.se/statistik/analyser-och-prognoser/analys-och-utvardering/2025/varfinns-jobben-och-var-finns-arbetskraften?utm_source
- **Boverket: Klimadeklaration – Ein Leitfaden, 2022,**
https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/?utm_source
- **Naturvårdsverket, September 2024,**
<https://www.naturvardsverket.se/4a5dee/globalassets/data-och-statistik/avfall/statistikblad-avfall-byggbranschen.pdf?utm>
- **Trafikverket 2022,**
https://fudinfo.trafikverket.se/fudinfoexternwebb/Publikationer/Publikationer_007301_007400/Publikation_007400/svensk-betong-vagledning-klimatforbattrad-betong-utgava-2022-webb.pdf?utm_source
- **Vergabebehörde 2022, Kreislaufwirtschaft im Bauwesen,**
https://www.upphandlingsmyndigheten.se/branscher/bygg-och-anlaggning/miljomassig-hallbarhet-inom-bygg/cirkular-omstallning/?utm_source

Anhang 11: Nationaler Bericht zum Stand der Technik – Ukraine

BERICHT ZUM STAND DER TECHNIK

UKRAINE

1. Einleitung

Dieser Bericht zum Stand der Technik bietet einen evidenzbasierten Überblick über den ukrainischen Bausektor und sein System der beruflichen Bildung – unter Berücksichtigung der aktuellen Marktdynamik, des Wiederaufbaubedarfs, der Trends zur grünen und digitalen Transformation sowie des Arbeitskräftebedarfs. Er soll eine klare analytische Grundlage für die Gestaltung von Lehrplänen und Ausbildungsprogrammen im Rahmen von Arbeitspaket 4 des Exel4Housing-Projekts bieten.

Methodik: Sekundäranalyse aktueller statistischer Daten (2024–2025), Auswertung von Branchenberichten, öffentlich zugänglicher Daten der nationalen Statistikbehörde (Bauleistung, Beschäftigung, Materialproduktion) sowie Auswertung nationaler und internationaler Dokumente zur Wiederaufbau- und Bildungspolitik.

2. Zusammenfassung der Analyse

Im Jahr 2024 erreichte das Gesamtvolumen der fertiggestellten Bauarbeiten in der Ukraine **204,7 Milliarden UAH**, was einem **Anstieg von 23,5 %** gegenüber 2023 entspricht. (Interfax-Ukraine, 27. März 2025)

Von Januar bis Juli 2025 stieg die Bauleistung im Vergleich zum gleichen Zeitraum des Jahres 2024 um weitere **16,1 %** und erreichte **117,7 Milliarden UAH**. (Interfax-Ukraine, 29. September 2025).

Es besteht ein wachsender Bedarf an Fachkräften, die in der Lage sind, energieeffiziente Sanierungen, nachhaltiges Bauen und moderne Gebäudetechnologien umzusetzen, was eine Modernisierung des Berufsbildungsangebots erfordert.

3. Orientierender Überblick

- **Allgemeiner Kontext: Europäischer Bausektor und Energiewende**

Der Wiederaufbau der Ukraine nach den umfangreichen Kriegsschäden erfordert eine Angleichung an die Energieeffizienz- und Klimastandards der EU. Das Ausmaß von Wiederaufbau, Sanierung und Neubau ist immens, wodurch die berufliche Bildung im Bauwesen in den Mittelpunkt der Wiederaufbaubemühungen rückt.

- **Politisches und regulatorisches Umfeld**

Die Ukraine passt ihre nationale Gesetzgebung und ihre Wiederaufbaukonzepte schrittweise an europäische Standards an: energieeffiziente Bauvorschriften, Nachhaltigkeitsnormen und Wiederaufbaustrategien. Die Wiederaufbauagenda sieht eine groß angelegte Modernisierung von Wohnraum, Infrastruktur und öffentlichen Gebäuden vor, die durch eine verbesserte Energieeffizienz, Klimaresilienz und Nachhaltigkeit gekennzeichnet ist.

Technik

○ **Allgemeine Marktdynamik und wichtige Trends im Bauwesen**

Wachstum der Bautätigkeit im Jahr 2024: Gesamtleistung bei 204,7 Mrd. UAH (+23,5 % gegenüber 2023) (BZNS media, 31. März 2025).

Aufschlüsselung (2024): Wohnungsbau – 26,6 Mrd. UAH; Nichtwohnungsbau – 57,7 Mrd. UAH; Ingenieurbau – 120,4 Mrd. UAH. (Interfax-Ukraine, 27. März 2025)

In den ersten 7 Monaten des Jahres 2025: Gesamtleistung 117,7 Mrd. UAH; Hochbau +27,7 %; Wohnungsbau +12 %; Nichtwohnungsbau +36,4 %. (Interfax-Ukraine, 29. September 2025)

Diese Trends spiegeln intensive Wiederaufbau-, Sanierungs- und Neuinvestitionen wider – was zu einer erhöhten Nachfrage nach qualifizierten Arbeitskräften, energieeffizienten Lösungen und modernen Bauverfahren führt.

Darüber hinaus verfügt der ukrainische Baustoffsektor über erhebliches Potenzial: Die inländische Produktion kann bis zu 90 % des Materialbedarfs für den Wiederaufbau decken – was bei voller Auslastung bis zu ~180.000 Arbeitsplätze schaffen könnte. (Odessa Journal, 12. August 2024).

Dies deutet auf erhebliche Chancen für Absolventen der beruflichen Bildung in verschiedenen Gewerken hin: Bauwesen, Energieeffizienzmaßnahmen, Materialverarbeitung und Tätigkeiten in der Lieferkette.

○ **Auswirkungen der grünen und digitalen Transformation auf den Bausektor insgesamt**

Das Zusammenspiel aus Wiederaufbaubedarf, Nachhaltigkeit und der Angleichung an europäische Standards treibt den ukrainischen Bausektor in folgende Richtungen:

Energieeffiziente Maßnahmen: Wärmedämmung, moderne Fenster und Türen, effiziente Dächer, Einsatz von Photovoltaikanlagen, Instandhaltung der Haustechnik, Installation von Heizungsanlagen und Sanierungen nach den Standards des „grünen Bauens“.

Die Ukraine hat ihre Integration in den Europäischen Grünen Deal im Zeitraum 2020–2025 erheblich intensiviert und diesen Rahmen als Grundlage für den Übergang zu einer klimaneutralen Wirtschaft, verbesserter Energieeffizienz und der Entwicklung grüner Infrastruktur etabliert. Bereits 2020 einigten sich die Ukraine und die EU im Rahmen einer strategischen Partnerschaft auf gemeinsame Energie- und Klimaprioritäten, zu denen auch die Angleichung an die Grundsätze des Europäischen Grünen Deals gehörte (Europäische Kommission, 2020).

Das erste offizielle Treffen zwischen der Ukraine und der EU, das der Umsetzung des Grünen Deals und der grünen Wende der Ukraine gewidmet war, fand 2021 statt. Dieser Dialog festigte den politischen Rahmen für eine weitere Dekarbonisierung und einen nachhaltigen Wiederaufbau (Europäische Kommission, 2021). Im Jahr 2023 wurde eine strategische Partnerschaft unterzeichnet, um erneuerbare Gase – insbesondere Wasserstoff und Biomethan – voranzubringen, die für grüne Energie und energieeffizientes Bauen unerlässlich sind (Staatliche Agentur für Energieeffizienz, 2023).

Technik

Das Jahr 2025 markierte den Beginn der offiziellen Überprüfung der ukrainischen Gesetzgebung im Rahmen des Clusters „Grüne Agenda und nachhaltige Konnektivität“. Dieser Prozess bedeutet eine umfassende Harmonisierung der nationalen Vorschriften mit den ökologischen Anforderungen und Standards der EU, einschließlich derjenigen, die energieeffiziente und nachhaltige Gebäude betreffen (Regierungsamt für die Koordinierung der europäischen und euro-atlantischen Integration, 2025). Der im selben Jahr veröffentlichte „Bericht zur grünen Transformation der Ukraine“ identifizierte konkrete Prioritäten für den ökologischen Wandel, darunter die Modernisierung des Bausektors (Regierungsamt, 2025).

Nachhaltige Materialversorgung: Nutzung heimischer Materialien, Prinzipien der Kreislaufwirtschaft, Abfallrecycling und Wiederverwendung

Digitalisierung: verstärkter Einsatz digitaler Planungswerkzeuge (BIM), digitale Planung und Genehmigungsverfahren, Fernüberwachung, intelligente Gebäudetechnologien – besonders relevant angesichts der Kriegsrisiken und des Ausmaßes des Wiederaufbaus.

Somit stellen die grüne und die digitale Wende deutlich höhere Anforderungen an die Qualifikationen der Arbeitskräfte und die Qualität der Ausbildung, was die Notwendigkeit einer modernisierten beruflichen Bildung unterstreicht.

- **Thematische Analyse des aktuellen Stands der Technik**

- **Digitalisierung im Bauwesen (Wohnen 4.0)**

Die Digitalisierung ist entscheidend für Transparenz, Effizienz und die Erreichung hoher Energieeffizienzziele.

Gefragte digitale Schlüsseltechnologien: BIM, digitale Planung, Energie-Modellierung von Gebäuden, Fernvermessung (Drohnen), IoT-basierte Gebäudeüberwachung, intelligente Energiesysteme.

Aktueller Stand der Einführung: Größere Unternehmen und Bauunternehmen für Wiederaufbauprojekte setzen zunehmend digitale Werkzeuge ein; öffentliche Ausschreibungen verlangen die Einhaltung digitaler Standards; die Nachfrage nach Spezialisten für digitales Bauen steigt.

Entstehende und gefragte Berufe: BIM-Techniker, Techniker für digitales Bauen, Installateur für intelligente Gebäude- und Energiesysteme, Betreiber unbemannter Flugsysteme, Spezialist für digitale Qualitätskontrolle.

Angesichts des Sanierungsbedarfs und der EU-konformen Standards wird erwartet, dass die Nachfrage nach diesen Profilen rasch steigen wird.

Technik

○ **Kreislaufwirtschaft und nachhaltige Baumaterialien**

Potenzial der Materialproduktion: Die ukrainische Industrie kann etwa 90 % des Bedarfs an Wiederaufbaumaterial decken, was bei voller Mobilisierung etwa 180.000 Arbeitsplätze sichern könnte. (Odessa Journal, 12. August 2024).

Fokus auf Nachhaltigkeit: Der Schwerpunkt liegt auf der Verwendung lokaler Materialien, dem Recycling von Bauschutt, der Förderung nachhaltiger Baustoffe und der Verringerung der Abhängigkeit von Importen – entscheidend in Kriegszeiten und im Hinblick auf die Kosteneffizienz.

Erforderliche Qualifikationen und Berufe: Techniker für ökologische Baustoffe, Spezialisten für Abfallwirtschaft, Fachkräfte für nachhaltiges Bauen, Qualitätskontrolle für recycelte Materialien.

Diese Trends unterstreichen die wachsende Bedeutung von Kompetenzen im Bereich der Kreislaufwirtschaft für die berufliche Bildung.

○ **Modernisierung der beruflichen Bildung im Bauwesen (Ukraine)**

Die Reform der beruflichen Bildung ist eine strategische Priorität, um den Anforderungen des Wiederaufbaus und des Marktes gerecht zu werden. Eine Vorzeigeeinitiative ist das **Projekt „#100 Workshops“**.

Die Initiative „100 Werkstätten“

Unter der Leitung des Ministeriums für Bildung und Wissenschaft der Ukraine wurden landesweit 73 modernisierte bzw. neue Ausbildungswerkstätten eingerichtet, darunter 5 Werkstätten für Bauberufe. Finanziert durch die Europäische Union im Rahmen des Ukraine-Facility-Plans.

Einrichtung des Ausbildungs- und Praxiszentrums „Energieeffizientes Bauen“

An der **Fachhochschule für Bauwesen und Design in Sumy** wird im Rahmen von #100 Workshops ein neues Zentrum eingerichtet. Seine wichtigsten Aufgaben:

Durchführung von Kurzzeit- und modularen Ausbildungsprogrammen für Bauberufe mit Schwerpunkt auf Energieeffizienz und modernen Bautechnologien.

Schließung von Lücken auf dem Arbeitsmarkt durch die Ausbildung von Fachkräften für Wiederaufbau, Sanierung, Dämmarbeiten und Aufgaben im Bereich nachhaltiges Bauen.

Bereitstellung flexibler Lernformate (online, abends, tagsüber), um unterschiedlichen Zielgruppen gerecht zu werden – darunter umschulende Erwachsene, Veteranen, Vertriebene oder Personen, die einen beruflichen Wechsel anstreben.

Förderung der Inklusion durch gezielte Unterstützung für Menschen mit Behinderungen, Veteranen und schutzbedürftige Gruppen.

Geplante Ausbildungsprogramme

Technik

1. Monteur für Fenster- und Türsysteme
2. Fachkraft für Wärmedämmung
3. Flachdachmonteur
4. Techniker für fortgeschrittene thermische Modernisierungssysteme im Bauwesen
5. Techniker für dekorative Verputzarbeiten und Airless-Lackierung

Diese Ausbildungsgänge entsprechen den stark nachgefragten Berufen in den Bereichen Wiederaufbau, Energieeffizienz und Sanierung – und stehen im Einklang mit den Markttrends und Nachhaltigkeitszielen.

Somit trägt die Modernisierung der beruflichen Bildung durch diese Initiative direkt zum nationalen Wiederaufbau, zur Erreichung der Energieeffizienzziele und zur Schaffung qualifizierter Arbeitskräfte bei.

● **Übergreifende Analyse und Chancen**

○ **Zusammenhänge und Synergien**

Grünes Bauen ↔ nachhaltige Materialien ↔ heimische Materialproduktion ↔ Schaffung von Arbeitsplätzen

Digitalisierung (BIM, Smart Building) ↔ Effizienz, Geschwindigkeit des Wiederaufbaus, Qualitätskontrolle

Modernisierung der beruflichen Bildung (100 Workshops) ↔ Nachfrage auf dem Arbeitsmarkt ↔ soziale Inklusion ↔ Wiederaufbaukapazität

○ **Gemeinsame Herausforderungen und Hindernisse**

Mangel an qualifizierten Arbeitskräften trotz hoher Nachfrage

Fehlen standardisierter nationaler Rechtsvorschriften / Normen für nachhaltige Materialien, Kreislaufwirtschaft und digitale Bauverfahren

Regionale Ungleichheiten bei der Berufsbildungsinfrastruktur und beim Zugang

Dringender Bedarf an einer Aktualisierung der Lehrpläne und der Bereitstellung flexibler Ausbildungsformate

○ **Innovationschancen in der beruflichen Bildung für nachhaltiges Bauen**

Modulare, stapelbare Mikro-Zertifikate in den Bereichen Energieeffizienz, digitales Bauen und nachhaltige Materialien

Duale Ausbildungsmodelle in Zusammenarbeit mit Wiederaufbauunternehmen

Fernunterricht / Blended Learning für Theorie + praktische Übungen

Inklusive Ausbildungswege für schutzbedürftige, vertriebene und ehemalige Soldaten

Technik

- **Schlussfolgerungen und Empfehlungen für WP4**

- **Wichtigste Ergebnisse**

Der ukrainische Bausektor wächst rasant – **im Jahr 2024 betrug** das Produktionswachstum **+23,5 %**; für 2025 wird weiteres Wachstum erwartet.

Der Bedarf an Wiederaufbau und Sanierung ist nach wie vor enorm und treibt die Nachfrage nach energieeffizienten, nachhaltigen und modernen Bauverfahren an.

Die inländische Materialproduktion verfügt über erhebliches Potenzial (~90 % des Sanierungsbedarfs) und bietet Möglichkeiten zur Schaffung von Arbeitsplätzen sowie zur Stabilisierung der Lieferkette.

Trends in den Bereichen Digitalisierung und Kreislaufwirtschaft schaffen Nachfrage nach neuen Berufsbildern und Kompetenzen.

Die Initiative „#100 Workshops“ bietet einen entscheidenden Rahmen für die Modernisierung der beruflichen Bildung, die Deckung des Arbeitskräftebedarfs und die Unterstützung des Wiederaufbaus.

- **Empfehlungen für WP4: Lehrplan- und Ausbildungsgestaltung**

1. Entwicklung modularer Berufsbildungsprogramme (Mikro-Zertifikate) in den Bereichen: energetische Sanierung, Dämmung, Dachdeckerarbeiten, effiziente Fenster- und Türmontage sowie Dekorations- und Ausbauarbeiten.
2. Digitale Baukompetenzen einbeziehen: BIM, digitales Design, intelligente Gebäudetechnologien, Materialverfolgung.
3. Verankerung nachhaltiger Materialien und Prinzipien der Kreislaufwirtschaft in den Lehrplänen (Wiederverwendung, Recycling, Ökomaterialien).
4. Gestaltung inklusiver Ausbildungswege: in Teilzeit, am Abend, online, für Veteranen, Vertriebene und Erwachsene, die sich beruflich neu orientieren.
5. Partnerschaften mit der lokalen Industrie und Wiederaufbauunternehmen aufbauen, um bedarfsorientierte Ausbildungs- und Beschäftigungswege sicherzustellen.
6. Den Arbeitsmarktbedarf regelmäßig beobachten und die Lehrpläne entsprechend anpassen.

4. Quellenangaben

BZNS.media. (31. März 2025). *Das Bauvolumen in der Ukraine stieg 2024 um 23 %*.
<https://bzns.media/en/industries/the-volume-construction-work-ukraine/>

ERA Ukraine. (2023). *Bericht zur Wiederaufbaukapazität: Baumaterialien und Produktion in der Ukraine*.
https://era-ukraine.org.ua/wp-content/uploads/2023/05/Ukraine-ERA-Reconstruction-Capacity-Report-BF_O_web_en.pdf

Europäische Kommission. (10. Dezember 2020). *Gemeinsame Presseerklärung im Anschluss an das Ministertreffen EU–Ukraine zum Thema Energie*.

Technik

https://commission.europa.eu/news-and-media/news/joint-press-statement-eu-ukraine-ministerial-meeting-energy-2020-12-10_en

Europäische Kommission. (19. Mai 2021). *Erstes Treffen im Rahmen des gezielten Dialogs zwischen der EU und der Ukraine zum Europäischen Grünen Deal und zur ökologischen Wende der Ukraine.*

https://enlargement.ec.europa.eu/news/first-meeting-focused-dialogue-between-eu-and-ukraine-eu-green-deal-and-ukraine-green-transition-2021-05-19_en

Finway. (31. März 2025). *Das Bauvolumen in der Ukraine stieg 2024 um 23 %.*

<https://finway.com.ua/en/construction-work-volume-ukraine-increased/>

Staatliches Amt für die Koordinierung der europäischen und euro-atlantischen Integration. (2025). *Bericht zur grünen Wende in der Ukraine: Wege zu einer grünen Erholung und zur EU-Integration.*

<https://eu-ua.kmu.gov.ua/en/news/green-transition-report-for-ukraine-outlines-pathways-to-green-recovery-and-eu-integration/>

Staatliches Amt für die Koordinierung der europäischen und euro-atlantischen Integration. (2025). *Die Ukraine startet das Screening im Rahmen von Cluster 4: Grüne Agenda und nachhaltige Konnektivität.*

<https://eu-ua.kmu.gov.ua/en/news/ukraine-launches-screening-under-cluster-4-green-agenda-and-sustainable-connectivity/>

Interfax Ukraine. (27. März 2025). *Das im Jahr 2024 in der Ukraine fertiggestellte Bauvolumen stieg um 23,5 % – Statistik.*

<https://en.interfax.com.ua/news/economic/1059335.html>

Interfax Ukraine. (29. September 2025). *Bauleistung in der Ukraine steigt in sieben Monaten um 16,1 % – Statistik.*

<https://en.interfax.com.ua/news/economic/1108386.html>

Minfin. (29. September 2025). *Das Volumen der ausgeführten Bauarbeiten stieg um 16,1 % – Staatsstatistikamt.*

<https://minfin.com.ua/ua/2025/09/29/159507762/>

NBN.ua. (31. März 2025). *Das Bauvolumen in der Ukraine stieg im Jahr 2024 um 23 %.*

<https://nbn.ua/economics/obsyag-budivelnyh-robot-v-ukrayini-zris-na-23-u-2024-rotsi/>

Odessa Journal. (12. August 2024). *90 % der Baumaterialien können in der Ukraine hergestellt werden.*

<https://odessajournal.com/90-of-construction-materials-can-be-produced-in-ukraine/>

Staatliche Agentur für Energieeffizienz und Energieeinsparung der Ukraine. (2023). *Die Ukraine und die EU gehen eine strategische Partnerschaft im Bereich der erneuerbaren Gase ein.*

<https://sae.gov.ua/en/news/ukraine-and-the-eu-have-launched-a-strategic-partnership-in-the-sphere-of-renewable-gases>

UBN. (31. März 2025). *Das Volumen der in der Ukraine abgeschlossenen Bauarbeiten stieg im vergangenen Jahr um 23 %, was darauf hindeutet, dass eine Rückkehr auf das Vorkriegsniveau vier bis fünf Jahre dauern könnte.*

<https://ubn.news/the-volume-of-construction-work-completed-in-ukraine-increased-by-23-last-year-indicating-that-a-restoration-to-pre-war-levels-could-take-four-to-five-years/>

Ukraine-Fazilität. (o. J.). *Plan zur Ukraine-Fazilität.* Finanzministerium der Ukraine.

<https://www.ukrainefacility.me.gov.ua/en/>

Liste der Abkürzungen und Akronyme

Abkürzung / Akronym	Vollständige Bezeichnung
AKMI	Name des Partners – impliziert
ARCA	Architettura Comfort Ambiente (italienische Holz-Zertifizierung)
BIM	Building Information Modelling
CAM	Criteri Ambientali Minimi (italienische Mindestumweltkriterien)
CE	Kreislaufwirtschaft
CEAP	Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft
CEEC	Partnername – impliziert
CLT	Kreuzlagenholz
COM	Mitteilung der Europäischen Kommission
CSRD	Richtlinie zur Nachhaltigkeitsberichterstattung von Unternehmen
CTE	Código Técnico de la Edificación (spanische Bauordnung)
DfD	Demontagefreundliche Konstruktion
DNSH	„Do No Significant Harm“ (Grundsatz)
EACEA	Europäische Exekutivagentur für Bildung und Kultur
EK	Europäische Kommission
EPC	Energieausweis
EPBD	Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden
ERASMUS	EU-Programm

Technik

Abkürzung / Akronym	Vollständige Bezeichnung
ESRS	Europäische Standards für Nachhaltigkeitsberichterstattung
ESG	Umwelt, Soziales und Unternehmensführung
ETS2	Emissionshandelssystem 2
EU	Europäische Union
FCRBE	Förderung des Umlaufs von wiederaufbereiteten Bauelementen
GEG	Gebäudeenergiegesetz (Deutschland)
GHG	Treibhausgas
HE	Hochschulwesen
HLK	Heizung, Lüftung und Klimatisierung
JRC	Gemeinsame Forschungsstelle (Europäische Kommission)
Ökobilanz	Ökobilanz
LCC	Lebenszykluskostenberechnung
LVL	Furnierschichtholz
MEPS	Mindeststandards für die Energieeffizienz
NBRP	Nationaler Gebäudesanierungsplan
NFRD	Richtlinie über die nichtfinanzielle Berichterstattung
NWE	Nordwesteuropa
NZEB	Niedrigstenergiegebäude
PEX-COVE	Partnerschaften für Exzellenz – Zentren für berufliche Exzellenz
PMP	Projektmanagement- und Datensteuerungsplan
PNEC 2030	Nationaler Energie- und Klimaplan 2021–2030 (Portugal)
PV	Photovoltaik
F&E	Forschung und Entwicklung
RRP	Wiederaufbau- und Resilienzplan
SPU	Besondere öffentliche Nutzung (Verbreitungsstufe)
TCFD	Task Force on Climate-related Financial Disclosures
TOTEM	Tool zur Optimierung der gesamten Umweltbelastung von Materialien

Technik

Abkürzung / Akronym	Vollständige Bezeichnung
	(Belgien)
VET	Berufliche Bildung und Ausbildung
WBL	Arbeitsbasiertes Lernen
WLC	Lebenszyklus-Kohlenstoff
WP	Arbeitspaket
ZEB	Emissionsfreies Gebäude

Tabelle 2. Liste der Abkürzungen und Akronyme