

Mit welchen Methoden kann der Ressourceneinsatz im Bauwesen berechnet und optimiert werden (z.B. Reduktion des Betoneinsatzes im Tunnelbau, Lebenszyklusermittlung von Holztragwerken, Reduktion der Verunreinigung von Baustellen)? Welche Normierungen bzw. Vorgaben bei der Vergabe von Bauleistungen können zur Anwendung kommen?

Kreislaufwirtschaft — Thema 3.3: Instrumente, Materialien, Techniken für ressourcenschonendes Bauen und Sanieren · Status: drafted · Quellen: 6 · Bewertet: 2026-06-25 · Modell: claude-opus-4-8@prompts/synthesis.v2.md

KI-Eignungs-Score: **MITTEL**

Sum-Regel $D1+D2+D3+D4 = 2+3+2+2 = 9/12 \rightarrow$ medium. D1=2: Material-Intensitäts-Datenbanken (ÖKOBAUDAT, KBOB), Bauteil-Inventare und BIM-Modelle der Stadt Wien sind nutzbar, aber bauteil-feine Material-Mengen im Bestand und Baustellen-Verunreinigungsdaten bleiben fragmentiert und proprietär. D2=3: mehrere KI-Aufgabentypen kombinierbar — Pattern-Recognition (Material-Erkennung aus BIM/Punktwolken), Prediction (Mengen-/Abfall-Forecasting), Optimization (Material-Minimierung in Tragwerk und Mischungsrezeptur), Simulation (Lebenszyklus-Surrogate für Holz/Beton). D3=2: Mengen-/Routing-Methoden und Surrogat-LCA produktiv, ML-gestützte Bemessungs- und Mischungs-Optimierung emerging. D4=2: Anlagen-/Material-Optimierung ist datenschutzunkritisch (Standard-Compliance), Vergabe-Entscheidungen über automatisierte Scoring-Systeme benötigen Transparenz- und Conformity-Auflagen. Keine Override aktiv.

Anwendungsfälle:

- Material-minimierende Tragwerks- und Beton-Mischungs-Optimierung für städtische Bauvorhaben (MA 19, Wiener Wohnen): Optimization auf BIM-Mengenmodellen plus ÖKOBAUDAT-Ökobilanz-Daten, die Betoneinsatz und gebundene CO₂-Menge gegen Statik- und Dauerhaftigkeits-Constraints minimiert.
- Surrogat-Ökobilanz für Vergabe-Vorprüfung: ein KI-gestütztes Schnell-Screening, das aus BIM-Mengen und Material-Intensitäts-Datenbanken eine ÖNORM/EN-konforme Lebenszyklus-Kosten- und CO₂-Vorabschätzung erstellt und so Ressourcen-Kriterien (ÖkoKauf Wien) in der Bauleistungs-Vergabe operationalisierbar macht.

Methodische Grundlagen

- **Datenbanken:** Wien-OGD (data.wien.gv.at), ÖKOBAUDAT/KBOB-Material-Datenbanken, Scopus, Crossref, TU-Wien-Repository (repositUM), EUR-Lex
- **Suchstrings:** „material flow analysis construction building stock optimization“, „life cycle assessment timber concrete embodied carbon reduction“, „green public procurement construction works ÖNORM EN secondary materials“
- **Datum:** 2016-01-01 — 2026-06-25
- **Letzter Suchlauf:** 2026-06-25
- **Einschluss:** Wien-/AT-Bezug oder EU-übertragbar; peer-reviewed oder institutionell (IPCC, TU Wien, ASI/CEN/ISO, EUR-Lex); DE/EN; DOI verifiziert oder institutioneller Registry-Anker; Methoden zur Material-Berechnung/-Optimierung und Vergabe-Normierung.
- **Ausschluss:** Conference-Abstracts ohne Proceedings; Predatory Journals; Pre-Prints ohne Akzeptanz; rein produktwerbliche Quellen; quarantänierte Korpus-Quellen.
- **Gesichtete Treffer:** ~31 **Aufgenommene Quellen:** 6

Stand der Forschung

Die Berechnung des Ressourceneinsatzes stützt sich auf zwei verschränkte Methoden-Familien. Die Material-Fluss-Analyse (MFA) liefert die mengenmäßige Sachbilanz: sie quantifiziert massenerhaltungs-basiert die Flüsse und Lager (Stocks) von Materialien — Kernprinzip ist die Massenbilanz pro Prozess ($\text{Input} = \text{Output} + \text{Lageränderung}$), die jede Berechnung reproduzierbar macht (*high confidence; robust evidence, high agreement*) [[2016-brunner-rechberger-mfa-handbook]]. Diese Sachbilanz speist die Ökobilanz (LCA), die Material-Mengen in CO₂-Wirkungen übersetzt; die systematische Review zeigt aber, dass die Lebenszyklus-Kosten-Analyse (LCCA) mit über 60 Prozent dominiert und Unsicherheits-Quantifizierung in mehr als 40 Prozent der Studien fehlt (*medium confidence; robust evidence, high agreement*) [[2025-papangelopoulou-buildings-assessment-methods]]. Für die Optimierung einzelner Gewerke ist der wirksamste Hebel die Klinker-Substitution im Beton: zusätzliche zementäre Stoffe (SCM) senken die gebundene CO₂-Menge ökobilanz-belegt um rund 20 bis 60 Prozent, ohne Festigkeit einzubüßen [[2023-althoey-low-carbon-concrete-review]]. Building Information Modelling (BIM) und digitale Fabrikation reduzieren den Materialverbrauch über den Lebenszyklus zusätzlich [[2022-ipcc-ar6-wg3-buildings]]. Die normative Verankerung in der Vergabe liefert ein hierarchischer Standards-Stack — ISO 15686-5 als internationales Berechnungs-Framework, EN 16627 als EU-Anwendungsschicht und ÖNORM B 1801-2 als AT-spezifische Objektfolgekosten-Logik [[2017-lcc-construction-standards-onorm-en-iso]].

Forschungslücken

Drei Lücken sind belastbar. Erstens fehlt eine Wien-spezifische, bauteil-feine Verknüpfung von BIM-Mengenmodellen mit MFA- und Ökobilanz-Daten, die den Ressourceneinsatz öffentlicher Bauvorhaben (MA 19, Wiener Wohnen) in der Planungsphase berechenbar macht — bestehende Material-Intensitäten sind nicht systematisch erhoben [[2016-brunner-rechberger-mfa-handbook]]. Zweitens untergräbt die methodische Inkonsistenz bei Diskontsatz-Wahl und die fehlende Unsicherheits-Quantifizierung die Übertragbarkeit einzelner Studien-Ergebnisse auf den Wiener Vergabe-Kontext; eine standardisierte, ÖNORM-B-1801-2-konforme Berechnungs-Vorgabe für die Praxis fehlt [[2025-papangelopoulou-buildings-assessment-methods]]. Drittens ist die operative Schwelle für verbindliche Sekundärrohstoff-Quoten in Wiener Bauleistungs-Ausschreibungen offen: der EU-Rechtsrahmen erlaubt nationale Mindest-Quoten, doch deren Wien-Operationalisierung und Wirkungsmessung ist unerforscht [[2024-eu-cpr-recast-secondary-materials]].

Trends & Entwicklungen

Im Horizont 2025–2030 zeichnen sich drei Entwicklungen ab. Erstens wird die Sekundärmaterial-Transparenz verpflichtend: die Bauproduktenverordnung-Neufassung verlangt den Ausweis von Sekundärrohstoff-Anteilen in der Umweltleistungs-Erklärung und erlaubt nationale Mindest-Quoten, mit gestufter Anwendung bis 2030 (*high confidence; robust evidence, high agreement*) [[2024-eu-cpr-recast-secondary-materials]]. Zweitens reift die material-technische Optimierung emissionsarmer Bindemittel über SCM, Geopolymere und CO₂-Mineralisierung weiter aus und macht die Betonreduktion in Tragwerken praxistauglich (*medium confidence; medium evidence, high agreement*) [[2023-althoey-low-carbon-concrete-review]]. Drittens koppeln BIM-gestützte digitale Fabrikation und modellbasierte Mengenermittlung Planung und Lebenszyklus-Bewertung enger — die Voraussetzung für KI-gestützte Material-Minimierung (*medium confidence; medium evidence, medium agreement*) [[2022-ipcc-ar6-wg3-buildings]].

KI-Eignungs-Bewertung

Mittlere Eignung (Score **medium**). Die Material-Berechnung und -Optimierung im Bauwesen ist gut in KI-Aufgabentypen übersetzbar: **Optimization** minimiert Betoneinsatz und gebundene CO₂-Menge im Tragwerk und in der

Mischungsrezeptur gegen Statik-Constraints, **Prediction** prognostiziert Mengen und Baustellen-Abfall, und **Pattern-Recognition** erkennt Materialien aus BIM-Modellen oder Punktwolken [[2016-brunner-rechberger-mfa-handbook]]. Die Datenlage ist solide für Material-Intensitäts-Datenbanken (ÖKOBAUDAT, KBOB) und BIM-Modelle der Stadt, aber bauteil-feine Bestands-Mengen und Baustellen-Verunreinigungsdaten sind lückenhaft. Methoden-Reife: Mengen- und Surrogat-Ökobilanz-Verfahren sind produktiv, ML-gestützte Bemessungs- und Mischungs-Optimierung ist noch im Übergang von Forschung zu Praxis. Die normative Vergabe-Entscheidung selbst — welche Ressourcen-Kriterien gewichtet werden — bleibt eine politisch-gestalterische Aufgabe, die KI nur vorbereitet, nicht ersetzt [[2017-lcc-construction-standards-onorm-en-iso]]. EU-AI-Act-Bezug: Material- und Anlagen-Optimierung ist kein Anhang-III-Hochrisiko; ein automatisiertes Vergabe-Scoring träge hingegen Transparenz- und Conformity-Pflichten. Datenschutz ist unkritisch, da nur aggregierte Mengen- und Material-Daten verarbeitet werden (Standard-DSGVO-Compliance).

Methodische Einschränkungen

1. **Single-Screener-Recherche** durch Bernhard Götzendorfer mit KI-Assistenz (Claude Opus 4.8, 1M context); keine unabhängige Zweit-Sichtung der Treffer. 2. **Suchsprache DE/EN** — Literatur in anderen EU-Sprachen möglicherweise unterrepräsentiert; technische Material-Datenbanken liegen häufig nur auf Englisch vor. 3. **Stand der Recherche: 2026-06-25**. Bei zeitkritischen Themen (CPR-Recast-Umsetzung, ÖNORM-B-1801-2-Revision 2026/2027) wird halbjährliches Re-Screening empfohlen; Updates erfolgen in separaten Brief-Versionen (ADR-0002/0004). 4. **Keine formale Critical Appraisal** pro Quelle (kein GRADE/ROBINS-I); die Qualität ist heuristisch über Whitelist-Tier und Peer-Review-Status eingeschätzt; IPCC-Confidence-Tags machen die Confidence pro Key-Claim transparent. 5. **Standards paywalled**. Der LCC-Normen-Stack (ÖNORM/EN/ISO) ist kostenpflichtig lizenziert; Scope und Methode sind über die Publisher-Kataloge frei dokumentiert und institutional-registry-verifiziert, der verbindliche Volltext der Berechnungs-Sections aber nur lizenziert einsehbar.

Quellen

2016-brunner-rechberger-mfa-handbook — Brunner, Paul H.; Rechberger, Helmut (2016). Handbook of Material Flow Analysis: For Environmental, Resource, and Waste Engineers (2nd Edition). CRC Press / Taylor & Francis, Boca Raton (2. Auflage). [CLOSED] DOI: [10.1201/9781315313450](https://doi.org/10.1201/9781315313450)

2025-papangelopoulou-buildings-assessment-methods — Papangelopoulou, Maria D.; Alexakis, Konstantinos; Askounis, Dimitrios (2025). Assessment Methods for Building Energy Retrofits with Emphasis on Financial Evaluation: A Systematic Literature Review. *Buildings*, Vol. 15, No. 14, Art. 2562 (MDPI). [GOLD] DOI: [10.3390/buildings15142562](https://doi.org/10.3390/buildings15142562)

2023-althoey-low-carbon-concrete-review — Althoey, Fadi; Ansari, Wajahat Sammer; Sufian, Muhammad; Deifalla, Ahmed Farouk (2023). Advancements in low-carbon concrete as a construction material for the sustainable built environment. *Developments in the Built Environment*, Vol. 16, Art. 100284. [GOLD] DOI: [10.1016/j.dibe.2023.100284](https://doi.org/10.1016/j.dibe.2023.100284)

2017-lcc-construction-standards-onorm-en-iso — Austrian Standards International (ASI); European Committee for Standardization (CEN/TC 350); International Organization for Standardization (ISO/TC 59/SC 14) (2017). LCC-Construction-Standards-Stack: ÖNORM B 1801-2 (Objektfolgekosten) / EN 16627 (Economic Performance of Buildings) / ISO 15686-5 (Service Life Planning Part 5: Life-Cycle-Costing). ASI Wien (ÖNORM B 1801-2:2011) / CEN Brussels (EN 16627:2015) / ISO Geneva (ISO 15686-5:2017). [CLOSED] URL: <https://www.iso.org/standard/61148.html>

2022-ipcc-ar6-wg3-buildings — Cabeza, Luisa F.; Bai, Quan; Bertoldi, Paolo (2022). Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Working Group III Contribution to the IPCC Sixth Assessment Report — Chapter 9: Buildings. Cambridge University Press. [GOLD] DOI: [10.1017/9781009157926.011](https://doi.org/10.1017/9781009157926.011)

2024-eu-cpr-recast-secondary-materials — Europäisches Parlament; Rat der Europäischen Union (2024). Verordnung (EU) 2024/3110 zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten (CPR-Recast 2024). *Amtsblatt der Europäischen Union, L-Reihe / EUR-Lex*. [GOLD] URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/3110/oj>

Wiener Forschende

- **Alessio Mastrucci** [Forschungseinrichtung] — IIASA (Laxenburg)

ORCID: 0000-0002-5611-7780

ORCID-Eintrag (Selbstauskunft): Anstellung IIASA · Registry-Stand 07.2025 · abgerufen 13.08.2026

Profil: <https://orcid.org/0000-0002-5611-7780>

- **Miriam Wilhelm** [Hochschule] — Vienna University of Economics and Business

ORCID: 0000-0001-5782-4674

ORCID-Eintrag (Selbstauskunft): Anstellung Vienna University of Economics and Business · Registry-Stand 06.2024 · abgerufen 13.08.2026

ORCID-Eintrag (Eintrag der Institution): Anstellung Vienna University of Economics and Business · Registry-Stand 02.2025 · abgerufen 13.08.2026

Profil: <https://orcid.org/0000-0001-5782-4674>

- **Stavros Papadokonstantakis** [Hochschule] — TU Wien

ORCID: 0000-0002-7774-0192

ORCID-Eintrag (Selbstauskunft): Anstellung TU Wien · Registry-Stand 10.2022 · abgerufen 13.08.2026

Profil: <https://orcid.org/0000-0002-7774-0192>

Patenschaft

Magistratsdirektion – Baudirektion, Stabsstelle für Ressourcenschonung und Nachhaltigkeit im Bauwesen

MA 19 Architektur und Stadtgestaltung, Dezernat Planung öffentliche Bauten