

Wie kann eine Ökobilanz von Freiraumgestaltung und häufig umgesetzter Elemente (Bodenbeläge, Einfassungen, verschiedene Grünflächen) aussehen?

Klimafitte Grün- und Freiräume — Thema 6.4: Bilanzierung und Bewertung von Freiraumgestaltung · Status: drafted · Quellen: 7
· Bewertet: 2026-07-16 · Modell: claude-opus-4-8@prompts/synthesis.v2.md

KI-Eignungs-Score: MITTEL

Die Frage ist methodisch-gestalterisch: Wie eine Ökobilanz (Life Cycle Assessment, LCA) von Freiraumgestaltung und häufig umgesetzten Elementen aussehen kann. Der klarste Aufgabentyp ist Simulation — Surrogat-Modelle rechnen LCA-Varianten für Beläge, Einfassungen und Grünflächen und schließen Lücken im Lebenszyklus-Inventar; ergänzend Pattern-Recognition (Oberflächen-/Albedo-Klassifikation aus Fernerkundung) und Optimization (Elementwahl gegen CO₂, Kühlung, Infiltration). Lebenszyklus-Inventar-Datenbanken sind lizenzpflichtig und Wien-spezifische funktionelle Einheiten fehlen; die KI-gestützte Automatisierung der Freiraum-LCA ist hybrid, während die LCA als Verfahren etabliert ist. Die Domäne (Material- und Ökobilanz-Daten) ist datenschutzrechtlich unkritisch. D1=2, D2=2, D3=2, D4=3; Sum=9 ergibt medium ohne aktiven Override. EU-AI-Act Annex III ist für die Bilanzierungs-Unterstützung nicht einschlägig.

Anwendungsfälle:

- LCA-Screening-Werkzeug, das MA-22-Material- und Wien-OGD-Oberflächendaten koppelt, um häufig umgesetzte Freiraum-Elemente (Bodenbeläge, Einfassungen, Grünflächen) über den gesamten Lebenszyklus vergleichbar zu bewerten (Simulation) — als Entscheidungsvorbereitung, nicht als Festlegung.
- Surrogat-Ökobilanz mit Lückenschließung im Lebenszyklus-Inventar plus Multi-Kriterien-Optimierung der Elementwahl gegen CO₂-, Kühl- und Infiltrationsziele (Simulation + Optimization).

Methodische Grundlagen

- **Datenbanken:** Wien-OGD (data.wien.gv.at), Crossref, ScienceDirect/Elsevier, MDPI, Fachjournale (Water, Urban Climate, Renewable and Sustainable Energy Reviews)
- **Suchstrings:** „life cycle assessment pervious pavement functional unit system boundary“, „neighbourhood LCA burden shifting method review“, „cool pavement thermal behaviour albedo aging“, „structural soil tree root infiltration compacted subsoil“
- **Datum:** 2020-01-01 — 2026-07-16 | **Letzter Suchlauf:** 2026-07-16
- **Einschluss:** Wien-/AT-Bezug oder methodisch übertragbarer EU-/internationaler Anker; peer-reviewed; DE/EN; verifizierter Volltext
- **Ausschluss:** quarantänierte Katalogeinträge; Studien ohne dokumentierte LCA-Systemgrenzen; nicht übertragbare Einzelfall-Werte
- **Gesichtete Treffer:** 33 **Aufgenommene Quellen:** 7

Stand der Forschung

Die Lebenszyklus-Bewertung (Life Cycle Assessment, LCA) ist der methodische Rahmen, um Umweltlasten über alle Phasen — Materialherstellung, Bau, Nutzung, Entsorgung — zu erfassen und Lasten-Verschiebungen zwischen Phasen, Wirkungen und Orten zu vermeiden (*medium confidence; medium evidence, high agreement*) [[2025-ruiz-valero-neighbourhood-lca-review]]. Für Bodenbeläge zeigt ein integrativer Review durchlässiger Beläge, dass trotz produktionsseitiger Lasten der Nutzen überwiegt und vor allem in der Nutzungsphase anfällt: Abflussreduktion,

Schadstofffilterung, Verdunstungskühlung und Grundwasseranreicherung [[2024-vaz-pervious-pavement-lca]]. Der thermische Haushalt eines Belags ergibt sich mehrdimensional aus Wärmeleitfähigkeit, Wärmekapazität, Dichte, Albedo und Emissivität — keine Einzelgröße bestimmt die Oberflächentemperatur [[2023-seifeddine-pavement-thermal-behavior]]. Eine Meta-Analyse „kühler“ Beläge belegt, dass die reale Feldleistung unter den Laborwerten liegt und reflektierende Beläge den Fußgänger-Hitzestress sogar erhöhen können (*medium confidence; robust evidence, medium agreement*) [[2023-kousis-cool-pavement-meta]]. Für Grünflächen und Einfassungen verbessern tragfähige „structural soils“ plus Baumwurzeln die Infiltration verdichteter Unterböden messbar [[2021-ow-structural-soil-infiltration]], während die BOKU Wien betont, dass wiederverwendete Böden funktional — nicht nur mengenmäßig — zu bewerten sind [[2022-minixhofer-circular-soil-engineered-soils]].

Forschungslücken

Das Kernproblem ist Methoden-Heterogenität: inkonsistente Systemgrenzen, uneinheitliche funktionelle Einheiten und Lücken im Lebenszyklus-Inventar begrenzen die Vergleichbarkeit von Freiraum- und Quartiers-Ökobilanzen [[2025-ruiz-valero-neighbourhood-lca-review]] [[2024-vaz-pervious-pavement-lca]]. Für Wien fehlen definierte funktionelle Einheiten je Element (Belag, Einfassung, Grünfläche) sowie lokale Bau-, Pflege- und Klima-Randbedingungen, um die internationale LCA-Methodik zu parametrisieren [[2024-vaz-pervious-pavement-lca]]. Für wiederverwendete und technisch aufbereitete Böden fehlen einheitliche Qualitäts- und Bewertungs-Standards [[2022-minixhofer-circular-soil-engineered-soils]]. Und der „Erhalt“: thermische Leistung und Materialalterung (Albedo-Verlust, Verschmutzung) sind gekoppelt, doch ein Wiener Alterungs- und Pflege-Monitoring der Beläge ist nicht dokumentiert [[2023-seifeddine-pavement-thermal-behavior]].

Trends & Entwicklungen

Im Horizont 2026–2030 wächst die Ökobilanz von der Einzelgebäude- auf die Quartiers- und Freiraum-Ebene, die operative Ebene urbaner Entscheidungen (*medium confidence; limited evidence, medium agreement*) [[2025-ruiz-valero-neighbourhood-lca-review]]. Neue Analyseansätze sollen die LCA von Belags-Elementen über harmonisierte Systemgrenzen und funktionelle Einheiten robuster und vergleichbar machen [[2024-vaz-pervious-pavement-lca]]. Als Best-Practice etablieren sich eine konsistente funktionelle Einheit, Cradle-to-Grave-Bilanzierung und transparente Unsicherheits-Propagation [[2022-zimmermann-ccu-lca-techno-economic]]. Zunehmend werden die Nutzungsphasen-Leistungen — Verdunstungskühlung und Infiltration — in die Bilanz integriert, statt nur die Herstellungslasten zu zählen [[2024-vaz-pervious-pavement-lca]] [[2023-kousis-cool-pavement-meta]]. Damit rückt die Kopplung von thermischer Leistung und Materialhaltbarkeit in ein gemeinsames Bewertungsraster [[2023-seifeddine-pavement-thermal-behavior]].

KI-Eignungs-Bewertung

Die KI-Eignung ist mittel. Der klarste Aufgabentyp ist Simulation: Surrogat-Modelle können Ökobilanz-Ergebnisse für Belags-, Einfassungs- und Grünflächen-Varianten schnell durchrechnen und Datenlücken im Lebenszyklus-Inventar schließen; ergänzend klassifiziert Pattern-Recognition Oberflächen und Albedo aus Fernerkundung, und Optimization wählt Elemente gegen mehrere Ziele (CO₂, Kühlung, Infiltration) aus. Ein konkreter Wien-Use-Case ist ein Ökobilanz-Screening-Werkzeug, das MA-22-Material- und Wien-OGD-Oberflächendaten koppelt, um häufig umgesetzte Freiraum-Elemente über den Lebenszyklus zu vergleichen [[2024-vaz-pervious-pavement-lca]] [[2025-ruiz-valero-neighbourhood-lca-review]]. Die Datenlage ist teils fragmentiert — Lebenszyklus-Inventar-Datenbanken sind lizenzpflichtig, Wien-spezifische funktionelle Einheiten fehlen; die Methodenreife ist hybrid, weil die Ökobilanz als Verfahren etabliert, ihre KI-gestützte Automatisierung für Freiraum-Elemente aber noch jung ist. Der Kern der Frage ist methodisch-gestalterisch; KI beschleunigt und standardisiert die Bilanz, ersetzt aber weder die normative

Zielgewichtung noch die lokale Datenerhebung. Die Domäne der Material- und Ökobilanz-Daten ist datenschutzrechtlich unkritisch; ein Hochrisiko-Tatbestand nach EU-AI-Act Annex III ist nicht erkennbar.

Methodische Einschränkungen

1. **Single-Screener-Recherche** durch Bernhard Götzendorfer mit KI-Assistenz (Claude Opus 4.8, 1M context); keine unabhängige Zweitsichtung. 2. **Suchsprache DE/EN** — Literatur in weiteren EU-Sprachen kann fehlen; internationale Methoden-Reviews mindern das Risiko. 3. **Stand der Recherche: 2026-07-16** — spätere Stände gehören in neue Brief-Versionen; für dieses methodisch dynamische Feld wird jährliches Re-Screening empfohlen. 4. **Keine formale Critical Appraisal** nach GRADE oder ROBINS-I; Qualität wurde über Peer-Review, institutionelle Herkunft und methodische Übertragbarkeit eingeordnet; IPCC-Tags markieren die Confidence je Kernaussage. 5. **Übertragungsgrenze:** Die zitierten LCA- und Belags-Studien sind methodische bzw. internationale Anker (Brasilien, EU, Singapur), kein Wien-Feld-Datensatz; funktionelle Einheiten und lokale Kennwerte sind vor Anwendung Wien-spezifisch zu erheben.

Quellen

2025-ruiz-valero-neighbourhood-lca-review — Ruiz-Valero, L.; Arceo, A.; Kesik, T.; Touchie, M.; O'Brien, W. (2025). Life cycle assessment of housing and neighbourhoods: A systematic review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 210, Art. 115249. [HYBRID] DOI: [10.1016/j.rser.2024.115249](https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.115249)

2024-vaz-pervious-pavement-lca — Vaz, Igor Catão Martins; Antunes, Lucas Niehuns; Ghisi, Enedir; Thives, Liseane Padilha (2024). Life Cycle Assessment of Pervious Pavements: Integrative Review and Novel Ideas of Analysis. *Water*, Vol. 16, Issue 10, Art. 1403. [GOLD] DOI: [10.3390/w16101403](https://doi.org/10.3390/w16101403)

2023-seifeddine-pavement-thermal-behavior — Seifeddine, Khaled; Amziane, Sofiane; Toussaint, Evelyne; Ouldboukhitine, Salah-Eddine (2023). Review on thermal behavior of cool pavements. *Urban Climate*, Vol. 51, Art. 101667. [CLOSED] DOI: [10.1016/j.uclim.2023.101667](https://doi.org/10.1016/j.uclim.2023.101667)

2023-kousis-cool-pavement-meta — Kousis, Ioannis; Pisello, Anna Laura (2023). Evaluating the performance of cool pavements for urban heat island mitigation under realistic conditions: A systematic review and meta-analysis. *Urban Climate*, Vol. 49, Art. 101470. [HYBRID] DOI: [10.1016/j.uclim.2023.101470](https://doi.org/10.1016/j.uclim.2023.101470)

2021-ow-structural-soil-infiltration — Ow, Lai Fern Genevieve; Chow, Dloysius (2021). Urban Stormwater Management: Can Tree Roots and Structural Soils Improve Hydraulic Conductivity into Compacted Soils?. *Arboriculture & Urban Forestry*, Vol. 47, No. 2, S. 72–84. [GOLD] DOI: [10.48044/jauf.2021.007](https://doi.org/10.48044/jauf.2021.007)

2022-minixhofer-circular-soil-engineered-soils — Minixhofer, Pia; Scharf, Bernhard; Hafner, Sebastian; Weiss, Oliver; Henöckl, Christina; Greiner, Moritz; Room, Thomas; Stangl, Rosemarie (2022). Towards the Circular Soil Concept: Optimization of Engineered Soils for Green Infrastructure Application. *Sustainability (MDPI)*, Vol. 14, No. 2, Art. 905. [GOLD] DOI: [10.3390/su14020905](https://doi.org/10.3390/su14020905)

2022-zimmermann-ccu-lca-techno-economic — Arno W. Zimmermann; Tim Langhorst; Sheikh Moni; Joshua A. Schaidle; Farid Bensebaa; André Bardow (2022). Life-Cycle and Techno-Economic Assessment of Early-Stage Carbon Capture and Utilization Technologies—A Discussion of Current Challenges and Best Practices. *Frontiers in Climate*. [GOLD] DOI: [10.3389/fclim.2022.841907](https://doi.org/10.3389/fclim.2022.841907)

Wiener Forschende

- **Helmut Haberl** [Hochschule] — BOKU University

ORCID: [0000-0003-2104-5446](https://orcid.org/0000-0003-2104-5446)

ORCID-Eintrag (Selbstauskunft): Anstellung BOKU University · Registry-Stand 08.2025 · abgerufen 13.08.2026

Profil: <https://orcid.org/0000-0003-2104-5446>

- **Lindsay C. Stringer** [Forschungseinrichtung] — Austrian Institute of Technology

ORCID: [0000-0003-0017-1654](https://orcid.org/0000-0003-0017-1654)

ORCID-Eintrag (Selbstauskunft): Anstellung University of York · Registry-Stand 09.2025 · abgerufen 13.08.2026

Profil: <https://orcid.org/0000-0003-0017-1654>

- **Brett A. Bryan** [Forschungseinrichtung] — IIASA (Laxenburg)

ORCID: 0000-0003-4834-5641

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

Profil: <https://orcid.org/0000-0003-4834-5641>

Patenschaft

MA 22 Umweltschutz, Bereich Räumliche Entwicklung, Team Stadtklima und Hitze

MA 19 Architektur und Stadtgestaltung, Dezernat Gestaltung öffentlicher Raum

MA 42 Wiener Stadtgärten, Stabsstelle Projektentwicklung & -steuerung