



Indirekte Treibhausgasemissionen in frühen Planungsphasen

Vergleich von fünf gängigen Tools
auf Stufe Wettbewerb

Fachstelle Umweltgerechtes Bauen, Stadt Zürich
Fachstelle Umweltgerechtes Planen & Bauen, Kanton Basel-Stadt



**Klima
Basel
2037**



Bau- und Verkehrsdepartement des Kantons Basel-Stadt
Städtebau & Architektur

Impressum

Auftraggeber

Bau- und Verkehrsdepartement
des Kantons Basel-Stadt
Fachstelle umweltgerechtes Planen und
Bauen (UPB)
Münsterplatz 11
4051 Basel

Amt für Hochbauten der Stadt Zürich
Fachstelle umweltgerechtes Bauen
Walchestrasse 33
8006 Zürich

Ansprechpersonen:
David Gregori

Amalia Tsountani

23. Oktober 2025

Auftragnehmer*in

Lemon Consult AG
Sumatrastrasse 10
8006 Zürich
044 200 77 44
www.lemonconsult.ch
info@lemonconsult.ch

Autor

Jules Petit

Begleitgruppe

David Gregori	Fachstelle umweltgerechtes Planen und Bauen, BVD BS
Dr. Niko Heeren	Fachstelle umweltgerechtes Bauen, AHB Stadt Zürich
Prof. Daniel Kellenberger	INEB / FHNW
Oliver Kirschbaum	EcoTool AG
Andy Macaluso	ecobau
Philipp Noger	Fachstelle umweltgerechtes Planen und Bauen, BVD BS
Jules Petit	Lemon Consult AG
Katrin Pfäffli	Architekturbüro Katrin Pfäffli ETH, SIA
Prof. Barbara Sintzel,	Institut Nachhaltigkeit und Energie am Bau (INEB)/ FHNW
Auri Teinilä	Verein Minergie
Amalia Tsountani	Fachstelle umweltgerechtes Bauen, AHB ZH

Disclaimer

Die Autor:innen sind alleine verantwortlich für die Inhalte. Die Aussagen widerspiegeln nicht zwangsläufig die Sichtweise der Auftraggeber.

Inhalt

1	Zusammenfassung	4
2	Einleitung	5
2.1	Das Ziel	5
2.2	Die Tools	5
2.3	Die Konkurrenzverfahren und Entwürfe	10
3	Prüfverfahren	12
3.1	Eingabe	12
3.2	Berechnungsprozess	12
3.3	Resultate	12
4	Ergebnisse	14
4.1	Eingabe	14
4.2	Berechnungsprozess	17
4.3	Resultate	17
5	Fazit	33
5.1	Verwendete Berechnungsmethodik	34
5.2	Relative und absolute Vergleichbarkeit der Resultate	35
5.3	Ursachen der Streuung	36
6	Schlussfolgerung und Empfehlung	39
6.1	Qualität der Grundlagendaten	39
6.2	Vorprüfung im Rahmen von Konkurrenzverfahren	40
6.3	Optimierungen im Entwurfsprozess	40
6.4	Vorsicht bei anspruchsvollen Fragen: Untergeschosse und ReUse	40
6.5	Empfehlungen zur zielführenden Verwendung	41
7	Stellungnahme durch Entwickler	43

1 Zusammenfassung

Die Beurteilung der indirekten Treibhausgasemissionen aus der Erstellung wird zunehmend bei Wettbewerben als Entscheidungs- und Beurteilungskriterium angewendet. Die im Wettbewerb ausgewiesenen Werte dienen als Ausgangs- und Projektgrundlage zur weiteren Projektbearbeitung.

Gerade in frühen Projektphasen (SIA-Phasen 1 und 2), wenn grundlegende Weichenstellungen vorgenommen werden, zeigt sich das gute Kosten-Nutzen-Verhältnis solcher Bewertungen. Mit geringem Aufwand kann der Grundstein für wesentliche ökologische Optimierungen gelegt werden, die sich im weiteren Projektverlauf nur noch mit hohem Zusatzaufwand oder gar nicht mehr umsetzen liessen.

Die vorliegende Studie befasst sich mit den indirekten Treibhausgasemissionen aus der Erstellung. Fünf Tools wurden miteinander verglichen und ihre Ergebnisse in Form von absoluten Werten und Rangierungen gegenübergestellt.

Es zeigt sich, dass die Rangreihenfolge der Resultate über die Tools hinweg konsistent sein kann. Solch konsistente Ergebnisse setzen jedoch ein hohes Mass an Qualität voraus, sowohl bei der Ermittlung und Eingabe der Parameter als auch bei der korrekten Handhabung und Berechnung der Tools sowie bei der anschliessenden Qualitätssicherung in der Vorprüfung. Die Studie zeigt, dass sowohl die Tools (in Form absoluter Zahlen; siehe 5.2.1) als auch menschliche Faktoren wie Auszug von Kennzahlen, Dateneingaben oder die Bedienung des Tools (siehe 5.3) zu unterschiedlichen Ergebnissen führen.

Um die Vergleichbarkeit der Projekte auf Seite Bauherrschaft gewährleisten zu können, empfehlen wir, die Datenerhebung¹ und –auswertung jeweils durch eine einzige Fachperson machen zu lassen. Nur so kann die methodische Konsistenz und Vergleichbarkeit über sämtliche Projekte gewährleistet werden. Um den Entwurfsprozess hinsichtlich Ökologie auf Seite der Planenden zu fördern, ist der freiwillige Einsatz eines Tools sinnvoll.

Der Aufwand zur Berechnung der Ökobilanz variiert je nach verwendetem Tool beträchtlich. Grundsätzlich ist darauf zu achten, dass die Entwurfsteams mit möglichst geringem Aufwand möglichst belastbare Entscheidungen fällen können. Nur so können die Forderungen nach schlankeren² Verfahren gelebt und trotzdem eine phasengerechte Qualitätssicherung gewährleistet werden.

¹ Die Ermittlung von Flächenkennzahlen bleibt beim Entwurfsteam

² Hochparterre 5/22

2 Einleitung

Die Beurteilung der indirekten Treibhausgasemissionen aus der Erstellung wird zunehmend bei Wettbewerben als Entscheidungs- und Beurteilungskriterium angewendet. Die im Wettbewerb ausgewiesenen Werte dienen als Ausgangs- und Projektgrundlage zur weiteren Projektbearbeitung. Mit der Umsetzung der MuKE 2025 wird das Thema in Zukunft weiter an Bedeutung zunehmen.

Gerade in frühen Projektphasen (SIA-Phasen 1 und 2), wenn grundlegende Weichenstellungen vorgenommen werden, zeigt sich das gute Kosten-Nutzen-Verhältnis solcher Bewertungen. Mit geringem Aufwand kann der Grundstein für wesentliche ökologische Optimierungen gelegt werden, die sich im weiteren Projektverlauf nur noch mit hohem Zusatzaufwand oder gar nicht mehr umsetzen liessen.

2.1 Das Ziel

Das vorliegende Dokument hat zum Ziel, fünf Tools (siehe 2.2), die für die Berechnung der grauen Treibhausgasemissionen aus der Erstellung von Gebäuden eingesetzt werden, zu bewerten und miteinander zu vergleichen. Dabei liegt der Schwerpunkt auf der Stufe Wettbewerb (SIA-Phase 22).

Aus dem Vergleich der Resultate werden Aussagen zu folgenden Punkten erwartet:

- Verwendete Berechnungsmethodik (insbesondere bei Abweichungen zu SIA 2032)
- Relative Vergleichbarkeit der Resultate, insbesondere Aussagen zur Vergleichbarkeit der Rangfolge der untersuchten Wettbewerbsbeiträge
- Vergleich der absoluten Werte der Wettbewerbsbeiträge
- Streuung der Resultate und Auswertung der Ursachen

2.2 Die Tools

Für die vorliegende Studie wurden fünf branchenübliche Tools verglichen. Die Auswahl der Tools wurde von der Auftraggeberschaft getroffen. Ausgewählt wurden in erster Linie Tools, die frei und kostenlos zugänglich sind (EcoTool, Minergie-Tool, Rechenhilfe SIA 390/1 und Viride). Ergänzt wurde diese Auswahl um das Tool Enerkalk, welches intern beim Amt für Hochbauten der Stadt Zürich entwickelt und angewendet wird. Andererseits hat zur Auswahl mit beigetragen, dass die Tools entweder bereits gut in der Label- und Normenwelt etabliert sind und/oder eine Akkreditierung durch ecobau zur Berechnung der Ökobilanzierungen vorliegt³.

³ Im Zeitrahmen dieser Studie waren Viride und EcoTool auf dem Weg einer Akkreditierung für die Berechnung der Ökobilanzierung nach Minergie-ECO

Im Folgenden sind die Tools, welche im vorliegenden Dokument verglichen werden, aufgelistet (in alphabetischer Reihenfolge). Die Tools sind jeweils mit einem Statement der Entwickler in der rechten Spalte ergänzt.

1. EcoTool	«EcoTool bilanziert auf fundierter Basis und hilft, nachhaltige Entscheidungen zu treffen. So werden die ökologischen Auswirkungen des Projekts minimiert» ⁴
2. Enerkalk	«Das Tool liefert bei Vorstudien und Wettbewerben eine erste grobe Abschätzung der energetischen und ökologischen Qualität eines Gebäudes» ⁵
3. Minergie-Tool	«Für die Planenden und Bauherrschaften werden mit dem neuen Nachweis die Haupthebel für die Minimierung der THGE in der Erstellung ersichtlich.» ⁶
4. Rechenhilfe (RH) SIA 390/1	«Diese Rechenhilfe ermöglicht eine erste Abschätzung der Zielerreichung für Projekte, die nach dem Klimapfad, SIA 390/1, gebaut oder umgebaut werden sollen in der frühen Phase Vorstudie / Vorprojekt gemäss Modell Bauplanung SIA 112.» ⁷
5. Viride	«Viride ist eine browserbasierte digitale Lösung, die Planer:innen dabei unterstützt, Treibhausgasemissionen in Bauprojekten zu optimieren und Nachhaltigkeits- sowie Kreislaufwirtschaftsprinzipien nahtlos zu integrieren.» ⁸

Zur Übersicht über die Tools folgt die Tabelle 1. Sie listet die Eigenschaften der Tools auf, erläutert, wie die Tools in der Studie angewendet wurden und geht auf die verwendeten Annahmen ein.

Analog zur Kostenschätzung nimmt auch bei der Ökobilanzierung die Genauigkeit mit fortschreitender Planung zu. Eine gewisse Unschärfe ist in frühen Planungsphasen aufgrund von Planungsunsicherheiten und -annahmen üblich.

⁴ ecotool.org

⁵ Auszug Enerkalk Excel Datei Reiter «INFO»

⁶ minergie.ch/de/news/news-de/treibhausgasemissionen-in-der-erstellung/

⁷ Auszug RH 390/1 Excel Datei Reiter «Anleitung»

⁸ fhnw.ch/

Indirekte THGE in frühen Planungsphasen

	EcoTool	Enerkalk	Minergie	RH SIA 390/1	Viride
Allgemein					
Herausgeber	EcoTool AG und Immobilien Basel-Stadt	Amt für Hochbauten Stadt Zürich	Verein Minergie	SIA - Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein	Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW
Verwendungszweck	Evaluation Ökologie in frühen Phasen	Evaluation Ökologie in frühen Phasen	Nachweis für Minergie-Zertifizierung	Evaluation Ökologie in frühen Phasen und erste Abschätzung der Zielerreichung Klimapfad	Evaluation Ökologie in frühen Phasen
Zielgruppe	Architektur- und Fachplanungsbüros	Fachstelle umweltgerechtes Bauen, AHB, Stadt Zürich. Ausgabe Eingabeblatt in Wettbewerben.	Fachplanungsbüros	Architektur- und Fachplanungsbüros	Architektur- und Fachplanungsbüros
Eigenschaften					
Art	Browser-basiertes Tool	Excel-Datei	Browser-basiertes Tool Teil des Minergie Nachweises	Excel-Datei	Browser-basiertes Tool
Zugänglichkeit	Öffentlich und kostenlos	Nicht öffentlich	Öffentlich und kostenlos	Öffentlich und kostenlos	Öffentlich und kostenlos
Berechnungsmethode ⁹	Bottom-up mit KBOB-Werten, Flächenangaben und der Systemgrenze nach SIA 2032	Bottom up mit KBOB-Werten, Flächenangaben und der Systemgrenze nach SIA 2032	Top-Down Abweichung gegenüber Modellgebäude	Bottom up mit KBOB-Werten, Flächenangaben und der Systemgrenze nach SIA 2032	Bottom up mit KBOB-Werten, Flächenangaben und der Systemgrenze nach SIA 2032

⁹ Siehe Kapitel 4.2 für weitere Erläuterung

Indirekte THGE in frühen Planungsphasen

Wie verwendet					
Verwendete Version	«Datenbasis 2024-12-19»	«EnerKalk V2.0 beta (17.10.24)»	März – Juni 2025 ¹⁰	«25.2.2025 / Testphase»	Version 1.0.0
Bauteileingabe	Schichtaufbau Das Tool bietet auch die Möglichkeit, mit vordefinierten Bauteilen zu arbeiten. In der vorliegenden Studie wurde diese Möglichkeit nur für jene Bauteile genutzt, welche nicht vom Verfasser definiert waren. So z.B. Innenwände und Wände unter Terrain.	Vordefinierte Bauteile	Vordefinierte Bauteile	Vordefinierte Bauteile	Vordefinierte Bauteile Das Tool bietet auch die Möglichkeit, mit Schichtaufbauten zu arbeiten. Diese Option wurde in Absprache mit der Begleitgruppe nicht gewählt.
Verwendete Annahmen					
Photovoltaik	Photovoltaikanlagen wurden in der Studie nicht berücksichtigt, können aber durch die Tools berechnet werden.				
Geschossdecken	Keine Einschränkung.	In der von uns verwendeten Version, konnte nur ein Deckentyp angegeben werden. Es wurde der am meisten verwendete Deckentyp gewählt.	Tool schränkt die Auswahl aufgrund der geplanten Spannweite ein.	Bis zu drei Deckentypen abbildbar.	Keine Einschränkung.

¹⁰ Es liegt keine klare Nennung der Version vor. Das Datum entspricht der Periode, in der das Tool verwendet wurde.

Indirekte THGE in frühen Planungsphasen

Innenwände	Fläche der Innenwände identisch zu RH SIA 390/1 Innenwände sind als doppelt beplankte Holzständerwände berechnet.	Automatische Berechnung der Bauteilfläche der Innenwände.	Keine Eingabe benötigt.	Automatische Berechnung der Bauteilfläche der Innenwände.	Fläche der Innenwände identisch zu RH SIA 390/1. Innenwände sind als doppelt beplankte Holzständerwände berechnet.
Weiteres					
Ist Re-Use abbildbar?	Ja Pro Schicht möglich	Nein Hinweis: Im Rahmen externer Berechnungen ist Re-Use abbildbar: siehe «Nicht berücksichtigt» weiter unten	Nein Re-Use kann nicht abgebildet werden. Weiterverwendung von Rohbau und UG schon.	Ja Pro Bauteil möglich	Ja Pro Material möglich
Nicht berücksichtigt		Enerkalk bietet die Möglichkeit Bauteilkennwerte durch externe Berechnungen selbst zu definieren. Diese Möglichkeit wird durch das AHB im Zusammenhang mit Deckenkonstruktionen, Aushub und Re-Use regelmässig genutzt. In der vorliegenden Studie wurde auf diese Möglichkeit verzichtet.			

Tabelle 1: Vergleichende Übersicht über relevante Parameter je Tool.

2.3 Die Konkurrenzverfahren und Entwürfe

Aus drei abgeschlossenen Wettbewerbsverfahren wurden je drei Entwürfe ausgewählt. Es handelt sich um Entwürfe, welche im jeweiligen Verfahren in der engeren Wahl waren.

Weder das genaue Konkurrenzverfahren noch der Name der Entwürfe werden in diesem Bericht erwähnt. Damit wir eindeutig zwischen den analysierten Konkurrenzverfahren und Entwürfen unterschieden können wird wie folgt vorgegangen.

– Konkurrenzverfahren bekommen die Bezeichnung W-fo, W-ru und S-ug

Nutzung:

W	Wohnen
S	Schul- und Sportbau

Merkmal:

fo	fortschrittlich
ru	Re-Use
ug	Untergeschoss

– Entwürfe bekommen die Bezeichnung A, B oder C

Sowohl die Wahl des Konkurrenzverfahrens als auch die Auswahl der Entwürfe je Verfahren beruht auf Überlegungen, die in den folgenden Unterkapiteln näher erläutert werden.

2.3.1 Konkurrenzverfahren

Bei der Wahl des Konkurrenzverfahrens wurde darauf geachtet, dass sowohl branchenrelevante, aktuelle Themen als auch unterschiedliche Nutzungen berücksichtigt werden.

1. W-fo

Der offene Wettbewerb für ein 5-geschossiges Mehrfamilienhauses umfasst rund 30 Wohnungen, einen Kindergarten und eine Tagesstruktur. Mit dem Ziel «sozial, ökologisch, günstiger» wurden Projektbeiträge für ein umweltgerechtes und kostengünstiges Bauen gesucht. Alle untersuchten Beiträge haben eine Laubengangerschliessung und sind in Skelettbauweise mit Decken als Holzkonstruktion konzipiert.

2. W-ru

Der offene Wettbewerb für eine Wohnüberbauung mit rund 150 preisgünstigen Wohnungen umfasst mehrere Gebäude. Zur Erreichung der ambitionierten Nachhaltigkeitsziele wurden unter anderem Re-Use Bauteile im grossen Stil eingesetzt.

3. S-ug

Der offene Wettbewerb umfasste sechs Klassenzimmer, zwei Sporthallen und Nebennutzungen. Ein zentrales Thema war der Umgang mit Untergeschossen, sowohl aus städtebaulicher Sicht als auch in Bezug auf Treibhausgasemissionen. Der Siegerentwurf, gekennzeichnet durch den Verzicht auf Untergeschosse, weist die geringsten THG-Emissionen in der Erstellung auf.

2.3.2 Entwürfe

Damit eine grösstmögliche Bandbreite und somit eine möglichst hohe Aussagekraft entsteht, wurden folgende Entwürfe je Konkurrenzverfahren ausgewählt:

- Siegerentwurf
- Entwurf mit den geringsten Treibhausgasemissionen in der Erstellung
- Entwurf mit den höchsten Treibhausgasemissionen in der Erstellung

Alle Entwürfe wurden in den jeweiligen Konkurrenzverfahren einer Vorprüfung unterzogen. Die oben beschriebene Auswahl stützt sich auf deren Ergebnisse.

Weiter wurden Entwürfe mit grossen quantitativen Abweichungen zum geforderten Raumprogramm von der Auswahl ausgeschlossen. Diese Abweichungen hätten zu unerwünschten, verzerrenden Einflüssen auf die Ökobilanzierung in der Projektbewertung geführt.

Dem Entwurf, welcher in der vorliegenden Auswertung am besten abschneidet, wird der Buchstabe A zugewiesen. Jener der am schlechtesten abschneidet, wird mit C gekennzeichnet.

3 Prüfverfahren

Die Tools wurden von einem Nachhaltigkeitsexperten ausgefüllt. Evaluiert wurde in 3 Kategorien. Diese spiegeln den generischen Ablauf einer Bearbeitung mit den Tools wieder:

1. Eingabeprozess/Handhabung
2. Berechnungsprozess
3. Resultate

3.1 Eingabe

Hinsichtlich Eingabe wurde geprüft, wie intuitiv und nutzerfreundlich die einzelnen Tools sind. Speziell im Kontext von Konkurrenzverfahren, wo (sehr) knappe Budgets und grosser Zeitdruck üblich sind, ist dieser Aspekt von Bedeutung.

Eine intuitive und nutzerfreundliche Eingabe gewährleistet:

- Entlastung der Teams durch schnelle Eingaben
- Hohe Qualität der Ergebnisse durch Fehlerminimierung bei der Eingabe und einfache Möglichkeit zur Qualitätssicherung nach Eingabe.

Geprüft werden in diesem Kontext:

- Zugänglichkeit des Tools
- Anzahl notwendiger Eingabegrössen
- Übersichtlichkeit der Eingaben und Resultate
- Zeitbedarf für die Arbeit mit dem Tool

3.2 Berechnungsprozess

Der Berechnungsprozess läuft im Hintergrund ab und ist für die Nutzerin bzw. den Nutzer kaum sichtbar. Anhand der Eingaben lässt sich jedoch erahnen, wie der Prozess abläuft. Vordergründig ist es wichtig, dessen Funktionsweise zu kennen. Je nach vorhandenen Parametern (z. B. Eigenschaften der Bauteile und Flächen) sowie den geltenden Randbedingungen (etwa einer angestrebten Minergie-Zertifizierung oder weiteren erforderlichen Nachweisen) kann das eine oder andere Tool besser geeignet sein.

In diesem Kapitel wird dementsprechend untersucht, nach welcher Methodik die eingesetzten Tools ihre Ergebnisse ermitteln. Ein besonderes Augenmerk gilt der Identifikation und Bewertung von Abweichungen zur Norm SIA 2032.

3.3 Resultate

Auf Basis der Resultate der Tools, insbesondere der Bewertung der indirekten Treibhausgasemissionen aus der Erstellung, gibt die Fachperson Nachhaltigkeit im

Indirekte THGE in frühen Planungsphasen

Kontext des Konkurrenzverfahrens ihre Einschätzung zur Weiterempfehlung ab. Somit ist es besonders wichtig, dass das Resultat verwendbar ist.

Geprüft wurden in diesem Kontext folgende Themen:

- Relative Vergleichbarkeit der Resultate, insbesondere Vergleich der Rangfolge der untersuchten Wettbewerbsbeiträge
- Vergleich der absoluten Werte der Wettbewerbsbeiträge
- Streuung der Resultate und Analyse der Ursachen

4 Ergebnisse

4.1 Eingabe

4.1.1 Zugänglichkeit

Von den fünf untersuchten Tools sind zwei Excel-basiert und drei über einen Browser zugänglich (siehe Tabelle 1). Für den Zugang zu den Excel-Tools reicht das Öffnen der Datei auf dem Rechner. Für die online zugänglichen Tools benötigt es jeweils eine Registrierung. Bei Viride und EcoTool kann man nach dem Einloggen mit der Erfassung des Gebäudes beginnen. Anders ist dies beim Minergie-Tool: auf dieses greift man nicht über eine eigene URL zu, sondern über die übergeordnete «Label-Plattform». Um auf das Minergie-Tool zuzugreifen, muss nach Abruf der Label-Plattform ein Nachweis nach «Minergie/-P/-A» eröffnet werden. Schlussendlich ist die Auswertung der Erstellung ein Teil des Minergie-Nachweises.

Als Stärke von Online-Tools wird die Möglichkeit der gemeinsamen Bearbeitung eingestuft. Durch die Nutzung eines gemeinsamen Accounts und/oder durch Erteilen der Zugangsberechtigung sind diese Tools per Design besser für die gemeinsame Bearbeitung geeignet. Im Rahmen des Konkurrenzverfahrens, wo die Nachweisführung meist kurz vor Abgabe erstellt wird, ist es i.d.R. unwahrscheinlich, dass es zu einer gemeinsamen Bearbeitung kommt. Sei dies aus Zeitgründen oder einer zusätzlichen Komplexität durch Koordination mehrerer Fachplanenden resp. der Nachverfolgung derer Eingaben.

4.1.2 Anzahl Eingaben

Der offensichtlichste Unterschied hinsichtlich der erforderlichen Eingabegrößen ist, ob das Programm einen Schichtaufbau oder vordefinierte Bauteile abfragt. Tools mit vordefinierten Bauteilen benötigen ca. 30-50 Eingaben. Dem steht insbesondere das EcoTool gegenüber. Es ist das einzige geprüfte Tool, das einen detaillierten, individuellen Schichtaufbau ermöglicht (siehe Tabelle 1). Bei durchschnittlich fünf¹¹ Parametern pro Schicht, fünf Schichten pro Bauteil und zehn Bauteilen pro Gebäude resultieren rund 250 Eingaben. Hierzu addieren sich weitere projektspezifische Angaben, wie z.B. Angaben zur Nutzung, Energiebezugsfläche und Haustechnik. Insgesamt sind somit beim EcoTool rund 300 Eingaben nötig. Selten werden jedoch zwingend 300 Eingaben für ein Resultat benötigt. Hierfür sorgen vordefinierte Bauteile, welche phasengerecht als Orientierung dienen. Sie müssen idealerweise nur punktuell auf das Projekt angepasst werden. An dieser Stelle ist darauf hinzuweisen, dass jeder mögliche Eingabeparameter zum Gesamtergebnis beiträgt und dementsprechend auch zu prüfen wäre.

¹¹ Mögliche abgefragte Parameter: Material, Füllungstyp, Stärke, Sprungmass, Rippenbreite, Re-Use, Bestand, Tragend

4.1.3 Übersichtlichkeit der Eingaben und Resultate

Neben der Anzahl der Eingabeparameter trägt eine nutzerfreundliche Eingabemaske zu einer akkuraten Eingabe und einem geringen Arbeitsaufwand bei. Je klarer die Struktur, desto korrekter sind i.d.R. die Resultate.

Die Rechenhilfe SIA 390/1 überzeugt insbesondere dadurch, dass sich über 90% der Eingabeparameter auf einer Seite (ohne Scrollen) befinden. Dadurch ist jederzeit ersichtlich, welche Angaben gefordert werden und ob diese vollständig ausgefüllt wurden. Zusätzlich werden Kennzahlen wie Gebäudehüllzahl und Fensterflächenanteil automatisch ausgewertet und ermöglichen eine Plausibilisierung. Ein weiterer Vorteil ist die permanente Anzeige der Ergebnisse in Form von Treibhausgasemissionen (THGE) und nicht erneuerbarer Primärenergie, ein unmittelbares Feedback, das die Arbeit erleichtert und interessant macht.

Enerkalk wirkt dagegen etwas weniger übersichtlich. Zwar wurde das Tool laufend um Funktionen wie die Reiter „spezielle Bauteile“ oder „Baugrube und Foundation“ erweitert, was eine vertiefte Betrachtung ermöglicht, gleichzeitig erschweren diese zusätzlichen Ebenen die Übersichtlichkeit.

Als nutzerfreundlich wird das EcoTool eingestuft. Es nutzt die dynamischen Prozesse eines Online-Tools aus, um beliebig viele Bauteile und Schichten zuzulassen. Als besonders erweist sich eine weitere Stärke eines Online-Tools: Die vom Nutzer eingegebenen Schichten werden graphisch dargestellt. Dadurch kann der Nutzer seine Eingaben plausibilisieren und Fehler erkennen. Durch die vielfältigen Möglichkeiten (z. B. Schichtaufbau oder Berechnung des Betriebs, letzteres hier nicht genutzt) wirkt das EcoTool gleichzeitig komplexer und weniger übersichtlich. Wünschenswert wäre eine bessere Kontrolle, ob alle Bauteile mit den entsprechenden Flächen eingegeben wurden. So entstehen z. B. unterschiedliche Dachflächen je nach Eingabe der PV-Anlage (PV auf dem Dach oder PV als separates Element). Zusätzlich verunsichert die Ausgabe zweier Ergebnisse («Gebäudeoptimierung» und «Auswertung») den ungeübten Nutzer.

Viride war zum Zeitpunkt dieser Studie in Form einer Betaversion nutzbar. Als grösster Kritikpunkt ist die mangelnde Übersichtlichkeit zu nennen. In der Nutzung verliert man leicht den Überblick über die wesentlichen Angaben zu Bauteilen und Flächen, da diese Informationen in der Vielzahl von Darstellungen und Funktionen untergehen. Eine klare Hierarchisierung der Informationen sowie eine visuelle Trennung zwischen Eingaben und Resultaten fehlt. Es sollte zudem geprüft werden, ob eine automatische Speicherung sinnvoll ist, insbesondere da Browserfenster unbeabsichtigt geschlossen werden können. Bei der Auswahl von Bauteilen ist darauf zu achten, dass die Listen keine Überschneidungen enthalten. Dies dient der Vermeidung von Eingabefehlern. Positiv ist, dass mittels Klick auf den Aufbau die Bauteilschichten erkennbar sind.

Bei der Anwendung des Minergie-Tools wird ersichtlich, dass dieses Tool Teil des «Minergie-Kosmos» ist, welcher seinen Ursprung in der Ermittlung der Emissionen aus dem Betrieb hat. Der Reiter Erstellung wird als letzte Eingabe abgefragt. Dies birgt für Erstanwendende mehrere Herausforderungen: zum einen muss das Menu “gefunden” werden, zum anderen stellt sich die Frage, welche Informationen aus den vorgelagerten Menus die Emissionen der Erstellung beeinflussen. Diese Eingaben müssen erkannt werden (z.B. Wärmeerzeugung unter dem Menu Gebäudetechnik). Wird das Tool ausschliesslich für die Erstellung ausgefüllt (Berechnung Betrieb wird weggelassen), fehlen bei der Auswertung gewisse Kennzahlen. So müssen zum Beispiel die Gebäudehüllzahl und der Fensterflächenanteil separat berechnet werden. Die Übertragung externer Berechnungen wird als mögliche Fehlerquelle beurteilt.

Grundsätzlich kann gesagt werden, dass Excel-basierte Tools vor allem durch ihre Übersichtlichkeit überzeugen und Onlinetools durch ihre dynamischen Prozesse punkten.

4.1.4 Zeitanspruch

In Konkurrenzverfahren ist es zentral, den Aufwand für die Nutzenden gering zu halten. In dieser Phase sind die Budgets (sehr) knapp und grosser Zeitdruck ist üblich. Kurze Bearbeitungszeiten der Ökobilanzierung dienen auch dazu ein geeignetes Verhältnis zwischen den zu bearbeitenden Fachbereichen zu gewährleisten.

Grundsätzlich wird der Zeitaufwand von folgenden Faktoren beeinflusst:

- Aufarbeitung der Eingabeparameter wie z.B. Bauteilflächen oder Schichtaufbauten
→ nicht Teil dieser Studie
- Anzahl Eingaben und somit die Abfrage von Schichtaufbauten oder Bauteilen
→ siehe 4.1.2
- Übersichtlichkeit des Tools
→ siehe 4.1.3

Während das Ausfüllen von der Rechenhilfe SIA 390/1, Enerkalk und Minergie Tool zwischen 15 und 20 Minuten pro Wettbewerbsbeitrag in Anspruch genommen hat, dauerte dies beim EcoTool und Viride zwischen 45 Minuten und einer Stunde. Zu beachten ist, dass diese Zeiten nicht repräsentativ sind und nicht die volle Zeit einer Auswertung wiedergeben. Zum einen fehlt in der oben genannten Zeitangabe der Zeitbedarf für die Aufarbeitung der Eingabeparameter (wie z.B. Bauteilflächen oder Schichtaufbauten). Gleichzeitig ist der Aufwand stark von den Vorkenntnissen der Nutzenden abhängig. Bei Konkurrenzverfahren ist es oft so, dass die entwerfenden Anwenderinnen und Anwender der Tools keine Spezialisten sind, oder über längere Zeit das benötigte Tool nicht angewendet haben. Aussagekräftig wäre in diesem Kontext somit die Zeit, welche bei einer Erstbedienung ohne Effizienzgewinne durch Routine benötigt wird. Festzuhalten ist, dass der tatsächliche Zeitaufwand einer Auswertung bei allen Tools im Rahmen eines Konkurrenzverfahrens deutlich höher ausfällt, als oben erwähnt. Des Weiteren wird die oben genannte Diskrepanz zwischen den Tools mit Eingabe der Bauteile und Tools mit Eingabe der Schichtaufbauten weiterwachsen.

4.2 Berechnungsprozess

In Bezug auf den Berechnungsprozess unterscheidet sich das Minergie-Tool grundsätzlich von allen anderen untersuchten Tools.

Viride, EcoTool, Enerkalk sowie die Rechenhilfe SIA 390/1 berechnen die Ökobilanz nach dem Bottom-up-Prinzip: für jede Bauteilgruppe (wie beispielsweise Aussen-/Innenwände, Geschossdecken oder Dächer) werden Flächen sowie materialspezifische Werte für die Treibhausgasemissionen (THGE) zugewiesen. Diese Flächen und die entsprechenden THGE werden mittels Summenprodukt addiert. Daraus ergibt sich ein Projektwert für die THGE. Teilt man diesen Wert durch die Energiebezugsfläche, erhält man den spezifischen Projektwert. Diese Tools verwenden die KBOB-Ökobilanzdaten und bilanzieren gemäss Systemgrenze SIA 2032.

Das Minergie-Tool hingegen ermittelt den projektspezifischen Wert mit einer anderen Methode. Hier wird im Grundsatz ein Top-down-Ansatz angewendet: ausgehend von einem Modellgebäude und den Nutzereingaben erfolgt die Berechnung für das konkrete Objekt. Die zugrundeliegenden Modellgebäude repräsentieren ein „Standardgebäude“. Mithilfe von Faktoren wird abgebildet, in welchem Umfang das objektspezifische Gebäude vom Modellgebäude abweicht. Die anschliessende Zuteilung des Projektwerts auf die einzelnen Bauteile ist somit lediglich approximativ.

4.3 Resultate

4.3.1 Übersicht über alle Ergebnisse (alle Projekte, alle Eingaben)

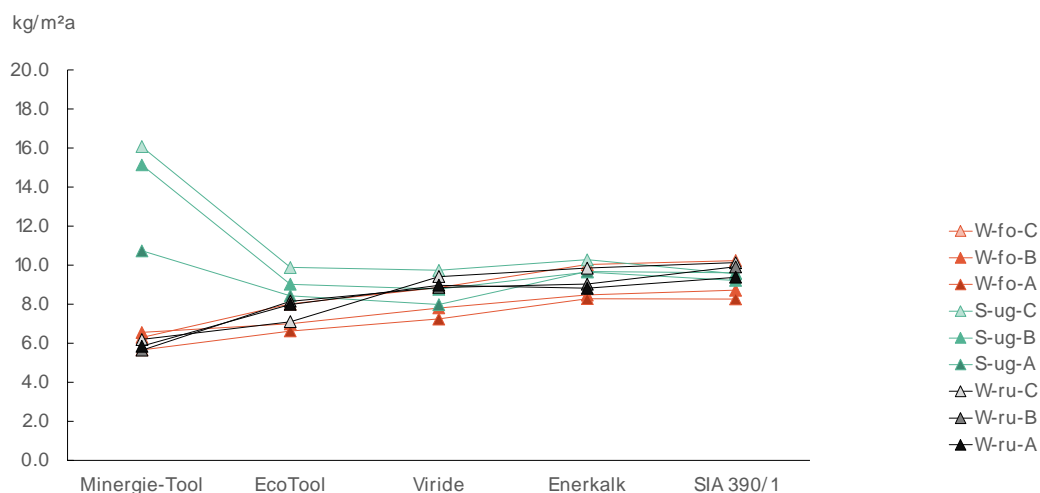


Abbildung 1: Übersicht der indirekten Treibhausgasemissionen aller Entwürfe und Tools

Die Ergebnisse liegen in einer Bandbreite von 5.8 – 17.2 kg/m²a. Tendenziell¹² (mit Ausnahme des Verfahrens S-ug) sind die Resultate des Minergie-Tools am niedrigsten, während jene nach RH SIA 390/1 am höchsten ausfallen. Die Ursachen hierfür sind:

– Minergie

Mit Ausnahme der Innenwände schneiden alle Bauteile im Minergie-Tool hinsichtlich der THGE besser ab als in den anderen Tools. Im Durchschnitt liegen die Werte dieser Bauteile um 40–60 %¹³ niedriger (vgl. Tabelle 3)

– EcoTool und Viride

Auffallend gut schneiden hier die Innenwände ab. Der Vorteil gegenüber Enerkalk und RH SIA 390/1 beträgt 0.5 kg/m²a (vgl. Tabelle 2). Grund hierfür ist die Annahme von generell doppelbeplankten Holzständerwänden.

– RH SIA 390/1

Besonders die Gebäudehülle über Terrain sowie die Geschossdecken erweisen sich als starke Treiber der THGE. Diese Bauteile liegen rund 25 % über dem Mittelwert (vgl. Tabelle 3).

	Minergie-Tool*	EcoTool	Viride	Enerkalk	SIA 390/1	Mittelwert
Vorarbeiten	0.2	0.5	0.6	0.4	0.4	0.4
Gebäudehülle unter terrain	0.5	1.2	1.3	1.1	1.1	1.0
Gebäudehülle über terrain	1.6	2.6	2.7	2.9	3.2	2.6
Geschossdecken	0.6	1.5	1.6	1.7	1.8	1.5
Innenwände	1.4	0.6	0.6	1.1	1.0	0.9
Gebäudetechnik	1.8	1.6	2.0	2.2	1.9	1.9
	6.0	8.0	8.6	9.3	9.4	

* Mittelwert ohne den Brunnenhof

Tabelle 2: Mittelwert der indirekten THGE pro Bauteilkategorie über alle Entwürfe – [kg/m²a]

	Minergie-Tool	EcoTool	Viride	Enerkalk	SIA 390/1
Vorarbeiten	-60%	29%	37%	-3%	-3%
Gebäudehülle unter terrain	-54%	14%	23%	10%	7%
Gebäudehülle über terrain	-40%	2%	3%	11%	24%
Geschossdecken	-56%	4%	10%	18%	24%
Innenwände	54%	-40%	-37%	16%	8%
Gebäudetechnik	-7%	-14%	4%	14%	3%

Tabelle 3: Abweichung gegenüber Mittelwert

¹² Von dieser Aussage werden die «Ausreisser» vom Verfahren S-ug welche mit dem Minergie-Tool ausgewertet worden sind ausgeschlossen

¹³ Von dieser Aussage werden die «Ausreisser» vom Verfahren S-ug welche mit dem Minergie-Tool ausgewertet worden sind ausgeschlossen

Indirekte THGE in frühen Planungsphasen

	Minergie-Tool	EcoTool	Viride	Enerkalk	SIA390/1	Alle Entwürfe
W-fo						
Mittelwert	6.2	7.2	8.0	8.9	9.1	7.9
W-fo-A	5.7	6.6	7.2	8.3	8.3	
W-fo-B	6.6	7.0	7.8	8.5	8.7	
W-fo-C	6.3	8.0	8.9	10.0	10.2	
S-ug						
Mittelwert	14.0	9.1	8.8	9.9	9.5	10.2
S-ug-A	10.7	8.4	8.0	9.7	9.6	
S-ug-B	15.1	9.0	8.8	9.6	9.2	
S-ug-C	16.1	9.9	9.7	10.3	9.5	
W-ru						
Mittelwert	5.9	7.7	9.1	9.2	9.8	8.3
W-ru-A	5.8	8.0	9.0	8.8	9.4	
W-ru-B	5.6	8.1	8.9	9.0	9.9	
W-ru-C	6.2	7.1	9.4	9.8	10.1	
Min	5.6	6.6	7.2	8.3	8.3	5.6
Max	16.1	9.9	9.7	10.3	10.2	16.1
%-Abweichung max zu min	185%	49%	34%	24%	24%	185%
Mittelwert	8.7	8.0	8.6	9.3	9.4	8.8

Tabelle 4 Projektwerte inkl. Mittelwert, Minimum und Maximum – [kg/m²a]

Im Mittel liegen die Werte für die W-fo mit 7.9 kg/m²a am niedrigsten, gefolgt vom W-ru mit 8.4 kg/m²a. Am höchsten sind die Werte beim S-ug mit 10.2 kg/m²a (vgl. Tabelle 4).

Abbildung 2 zeigt, dass W-fo weniger THGE in den Untergeschossen verursacht als W-ru. Noch höhere THGE in den Untergeschossen weist S-ug auf. Dies ist der Hauptgrund dafür, dass S-ug insgesamt die höchsten Werte erreicht. Dieses Resultat unterstreicht, wie entscheidend es ist, auf Untergeschosse möglichst zu verzichten. Eine Studie¹⁴ des AHB aus dem Jahr 2023 («Untersuchung von CO₂-Emissionen bei der Erstellung von Untergeschossen») zeigte, dass Baugrubensicherungen und Tiefgründungen erhebliche Treibhausgasemissionen verursachen. In Extremfällen, z.B. bei schwierigem Baugrund in Kombination mit weiten Tragwerken, können die Emissionen der Untergeschosse jene des gesamten oberirdischen Gebäudes gar übersteigen.

Dieser Umstand wird in den gängigen Berechnungstools nicht ausreichend abgebildet, da in der Regel primär das Aushubvolumen bilanziert wird. Spezifische Massnahmen wie Pfählungen oder Schlitzwände erfordern für eine korrekte Bilanzierung bauingenieurtechnisches Fachwissen, das in frühen Phasen oft noch fehlt. Das AHB stellt hierfür ein eigenes Excel-Berechnungstool zur Verfügung, welches seit 2025 standardmässig begleitend zu Enerkalk eingesetzt wird.

Im Rahmen des vorliegenden Berichts wurde auf die Anwendung dieses Zusatz-Tools verzichtet, um die methodische Konsistenz zwischen den untersuchten Tools zu wahren. Dies erklärt, warum die hier ausgewiesenen Emissionen für Untergeschosse tiefer ausfallen können als in den effektiven (Enerkalk) Auswertungen des AHBs.

¹⁴ <https://www.stadt-zuerich.ch/de/aktuell/publikationen/2023/untersuchung-co2-emissionen-studie.html>

Indirekte THGE in frühen Planungsphasen

Es darf die Frage gestellt werden, wie detailliert Abschätzungen im Wettbewerb sein müssen. Allerdings gehört das unterirdische Volumen, zusammen mit der Gebäudekompaktheit oder dem Bestandserhalt, zu den wesentlichen Parametern, welche im Wettbewerb gesetzt werden.

Dass W-ru trotz grösserer Untergeschosse nahe an den Wert der W-fo herankommt, ist auf den Einsatz von Re-Use-Bauteilen zurückzuführen. Wie in Abbildung 2 ersichtlich, schneiden die Bauteile, bei denen Re-Use-Komponenten verwendet wurden, insbesondere die Geschossdecken und die Gebäudehülle beim W-ru, besser ab als bei der W-fo.

Bei der Gebäudetechnik zeigt sich ein deutlicher Unterschied zwischen Wohn- und Schulbauten: Bei Wohnbauten sind die THGE für die Gebäudetechnik rund 30 % tiefer.



Abbildung 2: Gemittelte indirekte Treibhausgasemissionen pro Entwurf

Die grösste Abweichung, zwischen Minimal- und Maximalwert zeigt sich beim Minergie-Tool mit 10.4 kg/m²a (Projekt S-ug). Der Maximalwert liegt dabei 185 % über dem Minimalwert. Die geringste Abweichung zwischen den Wettbewerbsbeiträgen verzeichnen Enerkalk und RH SIA 390/1 mit 2.0 kg/m²a, wobei der Maximalwert hier den Minimalwert lediglich um 24 % übersteigt (vgl. Tabelle 3).

4.3.2 W-fo – Wohngebäude mit fortschrittlicher Bauweise

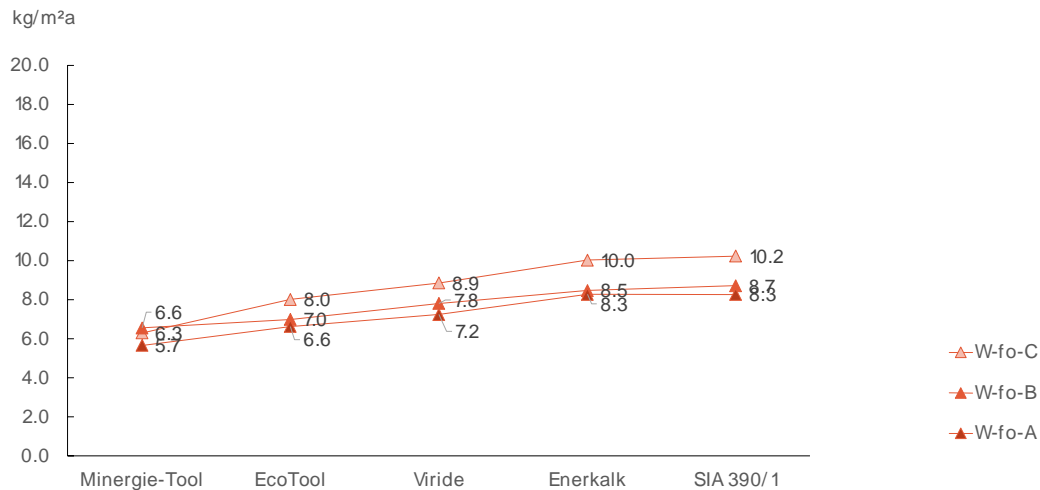


Abbildung 3: W-fo – indirekte Treibhausgasemissionen pro Entwurf und Tool

Die Reihenfolge der Ergebnisse beim Verfahren W-fo ist bei vier der fünf Tools weitgehend konsistent. Bei EcoTool, Viride, Enerkalk und RH SIA 390/1 schneidet W-fo-A am besten ab, während W-fo-C am schlechtesten abschneidet. Nur beim Minergie-Tool gibt es eine Abweichung: W-fo-B rutscht hier auf den letzten Platz.

Obwohl die absoluten Werte der Tools unterschiedlich ausfallen (EcoTool am niedrigsten, RH SIA 390/1 am höchsten), bleibt der Abstand vom Entwurf mit den höchsten THGE (W-fo-C) zu den beiden anderen Entwürfen über die Tools hinweg (ausser Minergie) konstant. Der Mittelwert von W-fo-A und W-fo-B liegt etwa 20 % (± 2 %) unter dem Wert von W-fo-C. Dies zeigt, dass die Ergebnisse über alle untersuchten Tools sehr konsistent sind.

Die höheren Werte von W-fo-C lassen sich durch folgende Punkte erklären:

- Gebäudehüllzahl (GHZ) um 15 % höher
- Fensterflächenanteil (FFA) um 40 % höher

Das unterirdische Volumen ist dagegen sehr ähnlich: Maximal- und Minimalwerte weichen nur um 5 % vom Mittelwert ab, und es ist insgesamt gering (GFui macht 18 % der gesamten GF aus).

Der Mittelwert beim Minergie-Tool liegt bei 6,2 kg/m²a, während er bei RH SIA 390/1 bei 9,1 kg/m²a liegt. Dies deutet darauf hin, dass Minergie die Erstellung tendenziell zu optimistisch einschätzt. Besonders deutlich wird dies bei W-fo-A, wo Minergie einen Wert von 5,7 kg/m²a berechnet.

Dass W-fo-B beim Minergie-Tool auf den letzten Platz rutscht, hängt mit der Materialisierung der Decken und deren Abbildung in den Ökobilanzdaten der Tools zusammen. Während W-fo-C und W-fo-A Brettschichtholzdecken verwenden, werden bei W-fo-B Hohlkastendecken eingesetzt. Beim Minergie-Tool zeigt sich folgender Unterschied (vgl. Tab. 4):

- 0,5 kg/m²a bei W-fo-C und W-fo-A (Brettstapeldecke)
- 1,3 kg/m²a bei W-fo-B (Hohlkastendecke)

Dieser Unterschied ist bei den anderen vier Tools nicht in dieser Ausprägung zu erkennen, da bei diesen beide Deckentypen auf Ebene THGE ähnlich bewertet werden. Folglich schneiden Projekte mit Hohlkastendecken im Minergie-Tool schlechter ab, was Rangänderungen gegenüber anderen Tools erklärt. Würde man bei W-fo-B für die Geschossdecken ebenfalls 0,5 kg/m²a ansetzen, wäre die Rangfolge identisch zu den anderen Tools. Gleiches gilt, wenn man bei W-fo-C und W-fo-A 1,3 kg/m²a einsetzen würde.

Indirekte THGE in frühen Planungsphasen

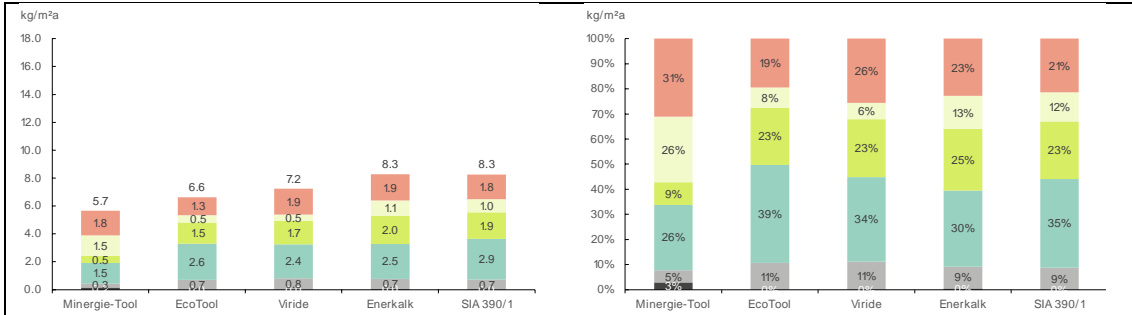


Abbildung 4: W-fo-A

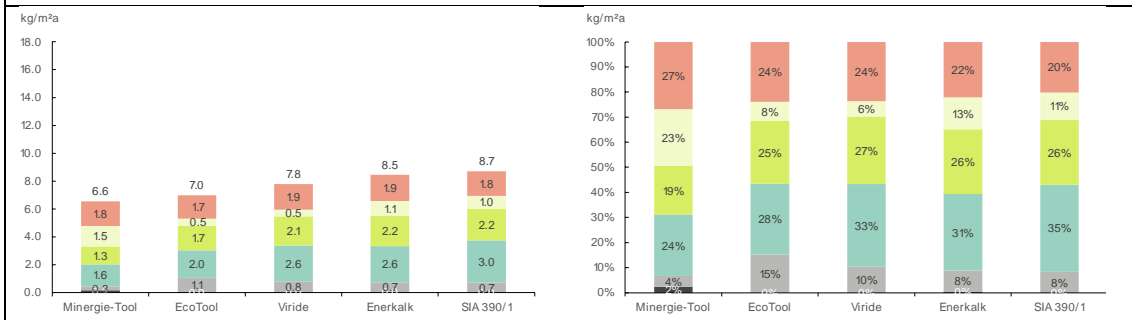


Abbildung 5: W-fo-B

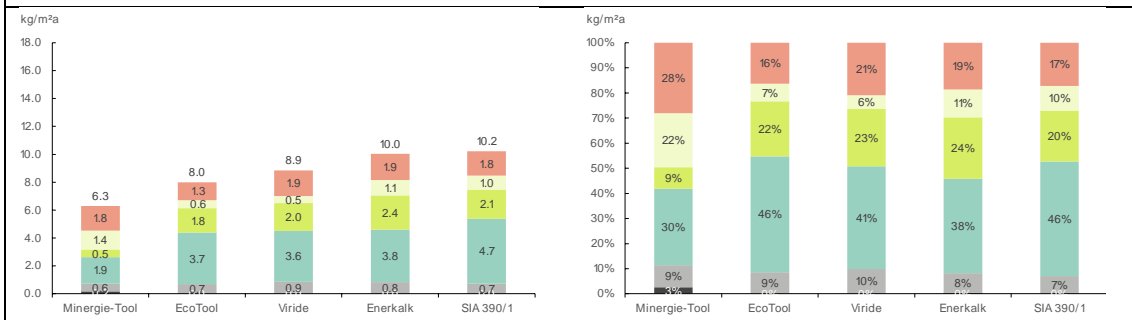


Abbildung 6: W-fo-C

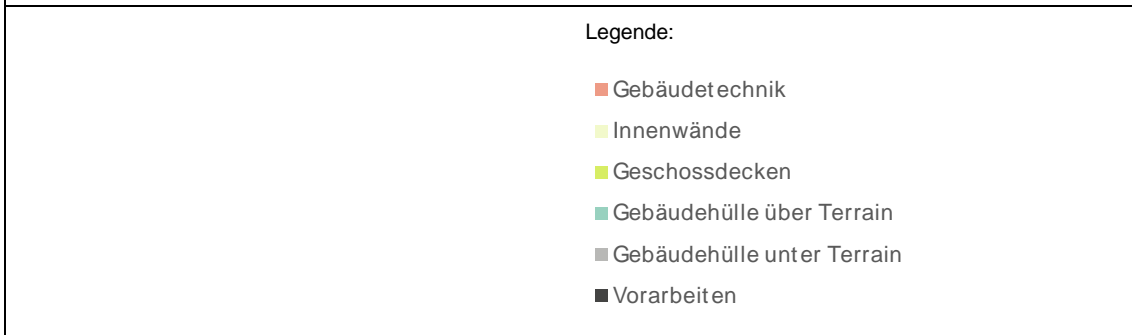


Tabelle 5: W-fo – indirekte Treibhausgasemissionen pro Bauteilgruppe; links absolute Werte; rechts relative Werte (prozentuale Verteilung nach Bauteilgruppen)

4.3.3 S-ug – Schul- und Sportbau

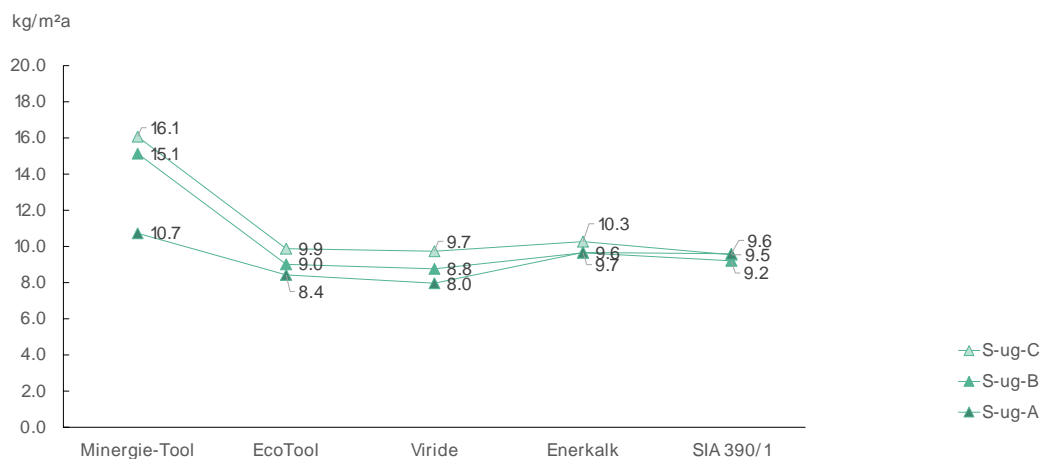


Abbildung 7: S-ug – indirekte Treibhausgasemissionen pro Entwurf und Tool

Die Rangreihenfolge ist nicht über alle Tools hinweg konsistent. Während beim Minergie-Tool, EcoTool und Viride S-ug-A am besten abschneidet, rutscht dieser Entwurf bei Enerkalk auf den zweiten Platz und bei SIA 390/1 auf den letzten Platz ab. Zwischen S-ug-B und S-ug-C zeigt sich über alle Tools hinweg ein paralleler Verlauf. S-ug-C liegt über alle Tools hinweg zwischen 4 % und 11 % unter den Werten von S-ug-B.

Dass S-ug-A abrutscht, liegt an der relativen Gewichtung zwischen Unter- und Obergeschoss. SIA 390/1 und in leicht abgeschwächter Form auch Enerkalk bewerten das Untergeschoss unter den gewählten Parametern (vgl. V0 Tabelle 6, linke Spalte) relativ zum Obergeschoss geringer (siehe auch 4.3.1). Folglich rutscht das Projekt bei diesen beiden Tools ohne Untergeschoss nach hinten. Eine Variantenstudie zum Untergeschoss zeigt, dass sich dieses Verhältnis in Abhängigkeit vom Baugrubenabschluss verändert.

	V0	V2
Baugrubenabschluss ¹⁵	Spundwand	Schlitzwand
Tiefengründung	Mikrobohrpfahl	Mikrobohrpfahl

Tabelle 6: Parameter UG

¹⁵ Ausnahme S-ug-A: Dieser Entwurf hat kein UG und kommt mit einer Böschung aus

Indirekte THGE in frühen Planungsphasen

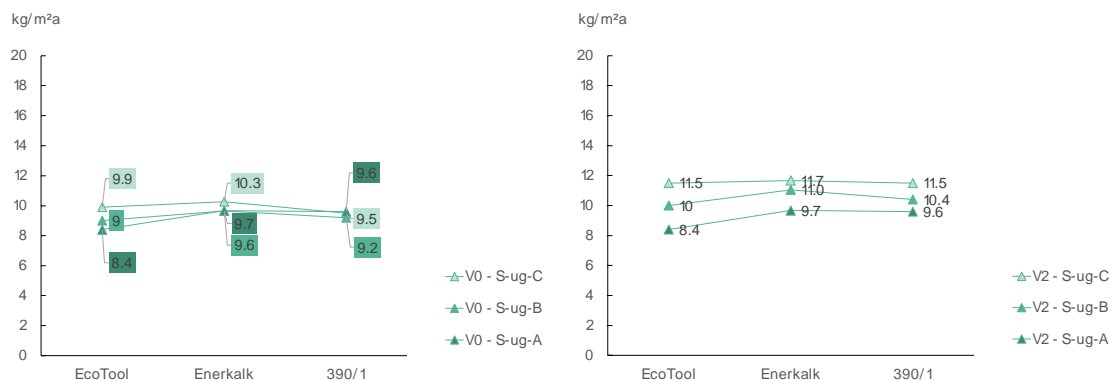


Abbildung 8: S-ug – indirekte Treibhausgasemissionen gemäss V0 (links) und gemäss V2 (rechts)

Wird ein Baugrubenabschluss gewählt, der höhere THGE verursacht, gewinnen die Untergeschosse bei Enerkalk und RH SIA 390/1 stärker an Bedeutung. Dadurch entsteht ein ähnliches Verhältnis wie beim Minergie-Tool, EcoTool und Viride. Folglich bleibt die Rangreihenfolge über alle Tools hinweg konsistent.

Auffallend ist die grosse Spreizung zwischen den Tools. Während der Mittelwert beim Minergie-Tool 18,5 kg/m²a beträgt, liegt der Mittelwert der vier anderen Tools bei 10,5 kg/m²a. Folgende Faktoren wurden als Ursachen für diese Diskrepanz identifiziert:

- Gebäudehülle unter Terrain
- Geschossdecken
- Innenwände

- Gebäudehülle unter Terrain

Die Auswertungen (siehe Tabelle 7 und Tabelle 8 rechte Spalte) zeigen, dass die Untergeschosse (Gebäudehülle unter Terrain und Vorarbeiten) beim Minergie-Tool viel stärker ins Gewicht fallen als bei den anderen Tools:

	Minergie-Tool	Vier andere Tools
S-ug-A	24 %	9 - 11 %
S-ug-B	50 %	22 - 31 %
S-ug-C	48 %	26 - 35 %

Tabelle 7: Prozentualer Anteil von Untergeschossen (Gebäudehülle unter Terrain und Vorarbeiten) an gesamten indirekten Treibhausgasemissionen

Der erwähnte Unterschied ist auf die Gebäudehülle unter Terrain zurückzuführen. Beim Minergie-Tool fällt dieser Wert unabhängig vom Entwurf doppelt so hoch aus wie bei den anderen Tools. Selbst beim Entwurf S-ug-A, bei dem kein Untergeschoss geplant¹⁶ ist. Die Vorarbeiten, also der zweite Teil der Untergeschosse, liegen

¹⁶ Im Minergie Tool als «kein UG» angegeben

hingegen je Entwurf bei allen Tools in etwa gleich (6–13 % bei S-ug-B und 4T1H, 1–3 % bei S-ug-A). Die vergleichsweise hohen Werte für die Gebäudehülle unter Terrain scheinen mit der Gebäudekategorie „Sportbau“ verknüpft zu sein. Bei den Untergeschossen der beiden anderen Konkurrenzprojekte (W-fo und W-ru) ist dieser Unterschied nicht zu beobachten; hier liefert das Minergie-Tool ähnliche Werte wie die anderen Tools.

– Geschossdecken

Auffallend ist die Eingabe der Geschossdecken und Dächer. Minergie beschränkt die Auswahlmöglichkeiten bei grossen Spannweiten. Im vorliegenden Fall ist bei der Nutzung „Sportbau“ die Mindestspannweite von 16–18 m vorgegeben, und die Auswahl der Aufbauten ist wie folgt eingeschränkt:

- Betonrippendecke
- Stahl-Beton-Verbunddecke
- Holz-Lehm-Decke

Folglich können Entwürfe mit Holzträgern (betrifft alle Entwürfe) nicht abgebildet werden. Diese Decken wurden jeweils als Betonrippendecken modelliert, da der Aufbau (Träger und Platten) analog ist.

Beim Entwurf S-ug-A weisen die Decken etwa halb so hohe Werte auf wie bei den anderen Tools (vgl. Tabelle 8, linke Spalte). Dies wirft die Frage auf, ob die Zuordnung zu einzelnen Kategorien (Geschossdecke, Innenwände, Gebäudehülle über Terrain etc.) durch die Top-down-Methode (siehe 4.2) fehlerhaft erfolgt ist oder ob die Berechnung fehlerhaft ist.

– Innenwände

Auffallend sind die hohen Werte der Innenwände (vgl. Tabelle 8, beide Spalten). Auch hier stellt sich die Frage, ob eine fehlerhafte Zuordnung durch die Top-down-Methode vorliegt.

Anmerkung: Die hohen Werte der Innenwände treten bei allen drei bewerteten Verfahren auf und sind somit nicht spezifisch für diesen Zweckbau.

Indirekte THGE in frühen Planungsphasen

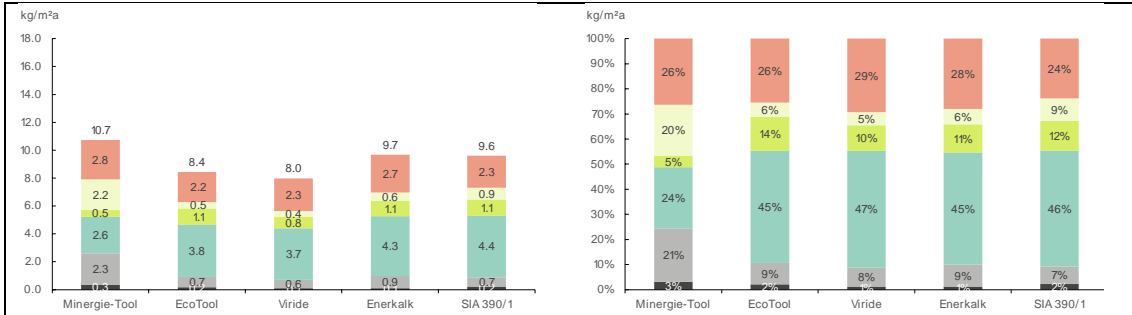


Abbildung 9: S-ug-A

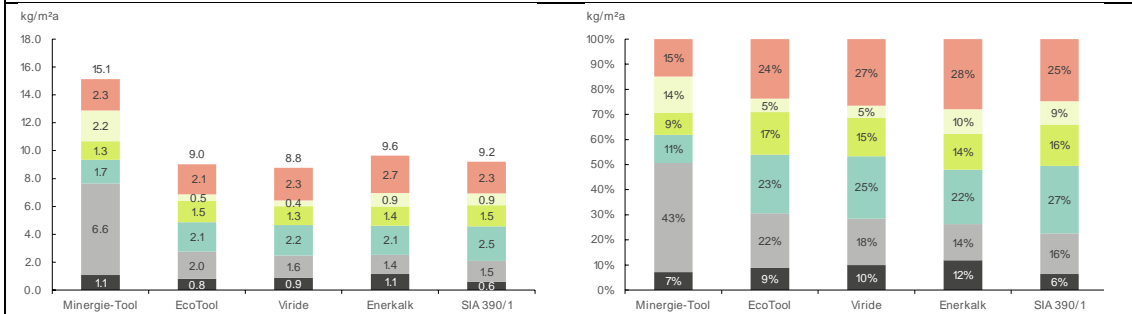


Abbildung 10: S-ug-B

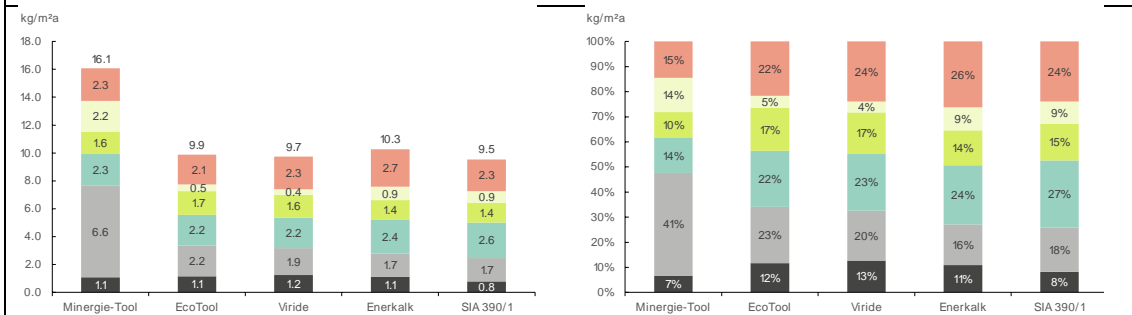


Abbildung 11: S-ug-C

Legende:

- Gebäudetechnik
- Innenwände
- Geschossdecken
- Gebäudehülle über Terrain
- Gebäudehülle unter Terrain
- Vorarbeiten

Tabelle 8: S-ug – indirekte Treibhausgasemissionen pro Bauteilgruppe; links absolute Werte; rechts relative Werte (prozentuale Verteilung nach Bauteilgruppen)

4.3.4 W-ru – Wohngebäude mit Re-Use Bauteilen

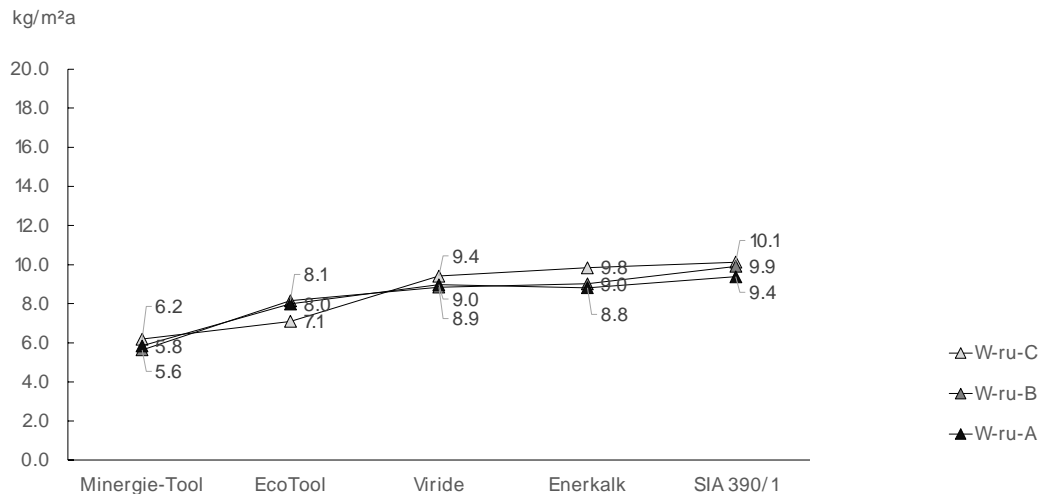


Abbildung 12: W-re – indirekte Treibhausgasemissionen pro Entwurf und Tool

Die Auswertung zeigt auf den ersten Blick weder einen klaren Gewinner noch einen eindeutigen Verlierer. Die Gründe hierfür sind vielfältig:

- Die Spreizung der Ergebnisse ist gering
- Die Abbildung der Entwürfe in den Tools ist nicht eindeutig

Beim W-ru liegen die Ergebnisse über alle Tools hinweg näher beieinander als bei den beiden anderen Verfahren. Im Durchschnitt ist der Maximalwert hier nur rund 10 % höher als der Minimalwert. Bei W-fo und S-ug beträgt die Spreizung dagegen etwa 20 %, also doppelt so viel. Das bedeutet, dass kleine Abweichungen, die durch die Eigenschaften der Tools entstehen, schneller zu Veränderungen in der Rangreihenfolge führen.

Dies wird am Beispiel W-ru-B und W-ru-A deutlich: Während W-ru-B beim Minergie-Tool und bei Viride besser abschneidet, erzielt W-ru-A beim EcoTool, bei Enerkalk und bei RH SIA 390/1 die besseren Resultate (vgl. Abbildung 12 und Tabelle 4).

Dass die Entwürfe auf Ebene THGE relativ nahe beieinander liegen, zeigt Tabelle 9. Sie listet zentrale Faktoren auf, die die Treibhausgasemissionen massgeblich beeinflussen. Dabei wird deutlich, dass sich bei jedem Entwurf positive und negative Parameter weitgehend ausgleichen.

	Gebäude- hüllzahl [-]	Fenster- flächenanteil [%]	Gebäude- Volumen _{ui} [m ³]	Re-Use*
W-ru-A	0.9	32	12'321	Mittel
W-ru-B	1.2	27	15'388	Hoch
W-ru-C	1.1	22	17'282	Hoch

Tabelle 9: Wichtige Einflussfaktoren auf die THGE und Kennzeichnung positiver (Grün) und negativer (Rot) Einflussfaktoren

* Einschätzung anhand der Eingabepläne

Es ist darauf hinzuweisen, dass für die vorliegende Auswertung der Umfang des Einsatzes von Re-Use-Bauteilen im Detail nicht vorlag. Der Einsatz wurde daher anhand der Abgabepläne abgeschätzt. Dies ist in frühen Phasen nicht unüblich und spiegelt gängige Konkurrenzverfahren wider.

Beim W-ru werden in grossem Umfang Re-Use-Bauteile vorgesehen. Rund die Hälfte der Decken soll mit gebrauchten Schwerlast-Rippendecken aus Beton realisiert werden. Dies ist eine im Wohnbau untypische Lösung. Tools, die mit Standardbauteilen arbeiten (Minergie-Tool, Enerkalk und RH SIA 390/1), können diese zweckentfremdeten Bauteile nicht direkt abbilden. Stattdessen müssen Annäherungen gewählt werden, die definitionsbedingt ungenau sind:

- die Dimensionen des Bauteils (z. B. Rippenbreite, Stärke, Sprungmass) müssen bekannt sein,
- im Tool muss ein äquivalentes Bauteil verfügbar sein,
- es braucht vertieftes Fachwissen, um das passende Ersatzbauteil auszuwählen.

Am Beispiel von RH SIA 390/1 wird die letzte Herausforderung deutlich: Für die Tragstruktur der Decken stehen folgende acht Varianten zur Verfügung:

1. Holz-Lehmdecke
2. Hohlkastendecke
3. Brettstapel
4. Holzbetonverbund
5. Betonelementdecke schlank (6+8cm) auf Unterzügen
6. Profiblech-Verbunddecke
7. Betondecke 25 cm
8. Betondecke 40 cm

Die Holzvarianten (1–4) können ohne vertieftes Wissen schnell ausgeschlossen werden. Ob jedoch eine Betonelementdecke (5) oder eine Betondecke (7) den Vorschlag des Architekten besser abbildet, lässt sich nicht pauschal beantworten. Dafür müssen einerseits die Dimensionen der Re-Use-Betondecke bekannt sein, andererseits die Eigenschaften der vordefinierten Bauteile im Tool. Entscheidend ist zudem, welcher Faktor als massgeblich angesehen wird: die Form des Bauteils (Rippendecke vs.

Flachdecke) oder die Masse der eingesetzten Materialien. Erst auf dieser Basis kann eine möglichst realistische Bauteilwahl erfolgen.

Gleichzeitig ist festzuhalten, dass eine exakte Abbildung des Entwurfs nicht zwingend nötig ist. Vergleichende Bewertungen können auch mit gewissen Ungenauigkeiten erfolgen vorausgesetzt, diese betreffen alle Entwürfe gleichermaßen.

Bei Enerkalk, so wie es in dieser Studie angewendet wurde¹⁷, ergeben sich zwei zusätzliche Herausforderungen:

- Für die Decken kann, anders als bei Viride oder RH SIA 390/1, nur eine Konstruktion ausgewählt werden. Entwürfe mit mehreren Deckenaufbauten erfordern daher eine Festlegung auf einen einzigen Deckentyp
- Re-Use kann nicht berücksichtigt werden

Im vorliegenden Fall¹⁸ stellt sich daher folgende Frage:

- Soll die Betonrippendecke ohne Berücksichtigung von Re-Use eingegeben werden?
- Oder soll alternativ eine Holzbauweise gewählt werden?

Im ersten Fall fällt das Ergebnis zu schlecht aus, im zweiten zu optimistisch. Für den W-ru wurde die Variante ohne Re-Use gewählt. Das erklärt, weshalb die Enerkalk-Auswertung trotz fehlender Berücksichtigung von Re-Use nicht schlechter abschneidet.

Das EcoTool hat mit den genannten Herausforderungen keine Mühe¹⁹. Durch die Eingabe individueller Schichtaufbauten lassen sich sowohl komplexe, inhomogene Bauteile wie Rippendecken als auch unkonventionelle (innovative) Aufbauten abbilden. Beides war im vorliegenden Fall nötig: Die Rippendecke konnte adäquat erfasst werden. Zudem sind beim EcoTool spezifische Re-Use Werte pro Material hinterlegt. Das Projekt W-ru-C hat einen sehr schlanken und emissionsarmen Deckenaufbau vorgeschlagen:

- 12 cm Rippendecke, ergänzt durch
- 5 cm Kalksplittschüttung,
- 2 cm Trittschalldämmung aus Zellulosefasern,
- 3 cm geschliffenen Anhydrit-Unterlagsboden.

Dieser Aufbau führte dazu, dass W-ru-C im EcoTool am besten abschnitt. Allerdings stellt sich die Frage, ob er in dieser Form überhaupt umsetzbar ist: Schallschutzanforderungen und die Integration einer Fussbodenheizung scheinen nicht berücksichtigt zu sein. Andere Tools verhindern solche unrealistische Schichtdicken und

¹⁷ Enerkalk bietet die Möglichkeit Bauteilkennwerte durch externe Berechnungen selbst zu definieren. Diese Möglichkeit wird durch das AHB im Zusammenhang mit Deckenkonstruktionen, Aushub und Re-Use regelmässig genutzt. In der vorliegenden Studie wurde auf diese Möglichkeit verzichtet.

¹⁸ Für alle drei Entwürfe ist die Sachlage identisch. Alle Entwürfe setzen neben den Re-Use Betonrippendecken auf Decken aus einer Holzbauweise.

¹⁹ Kenntnisse über eingesetztes (Re-Use) Bauteil müssen vorhanden sein

Bauteilaufbauten durch ihre vordefinierten Bauteilkataloge, wodurch eine gewisse Robustheit gegenüber unrealistischen Lösungen entsteht.

Flachdecke	120	mm
Rippe		
Stärke	350	mm
Breite	200	mm
Sprungmass	1250	mm

Tabelle 10: Die Abmessungen Rippendecke aus den Plänen eines Entwurfs

Bei genauerem Hinsehen wird die Rangreihenfolge nachvollziehbar. Wird davon ausgegangen, dass der gewählte Deckenaufbau von W-ru-C bauphysikalisch und konstruktiv nicht realisierbar ist, müsste stattdessen ein Aufbau analog zu W-ru-A und W-ru-B angenommen werden. In diesem Fall fällt W-ru-C auf den letzten Platz zurück und wäre somit über alle Tools hinweg das Schlusslicht (siehe Abbildung 13).

Die wechselnde Rangreihenfolge zwischen W-ru-B und W-ru-A erklärt sich durch ihre sehr ähnlichen Ergebnisse. Der Durchschnittswert von W-ru-A liegt bei 8.2, jener von W-ru-B bei 8.3. W-ru-B liegt damit lediglich 2 % über W-ru-A. Dieser Unterschied liegt deutlich innerhalb der üblichen Unschärfen, wie etwa jener der Flächengenauigkeit.

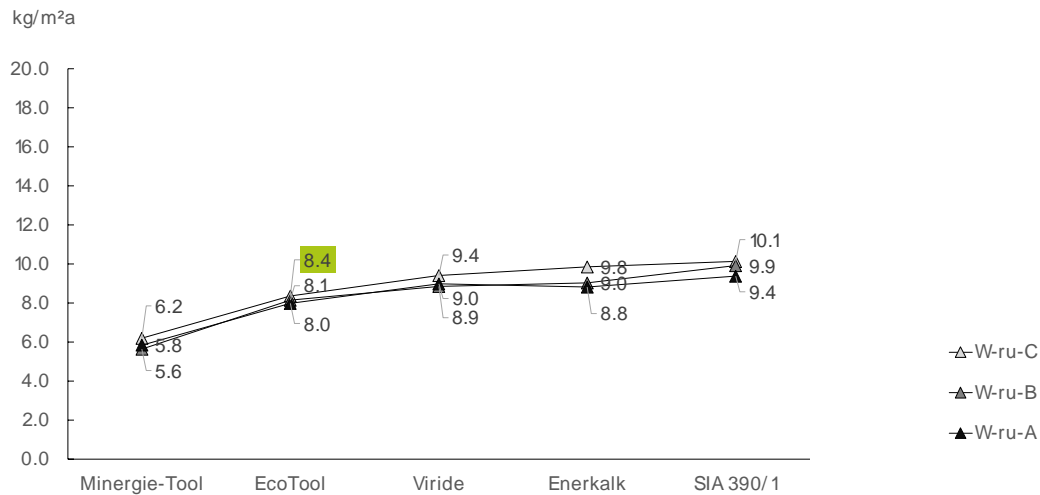


Abbildung 13: W-ru – indirekte Treibhausgasemissionen pro Entwurf und Tool inkl. hypothetischer Anpassung der Decken von W-ru-C beim EcoTool (siehe Wert in Grün)

Indirekte THGE in frühen Planungsphasen

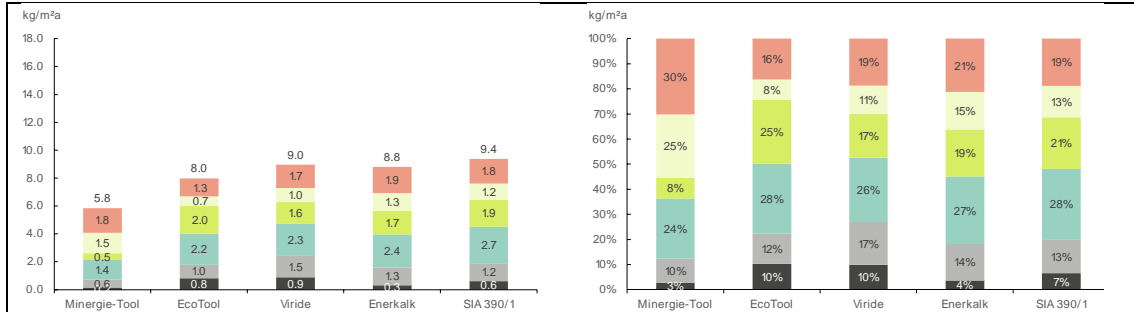


Abbildung 14: W-ru-A

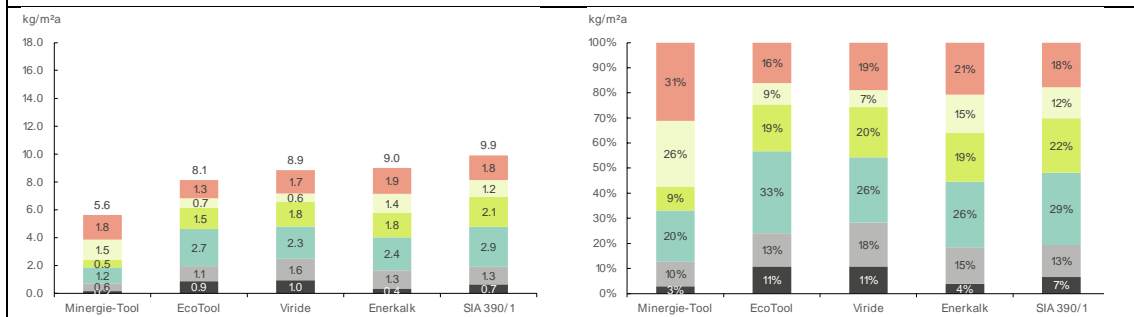


Abbildung 15: W-ru-B

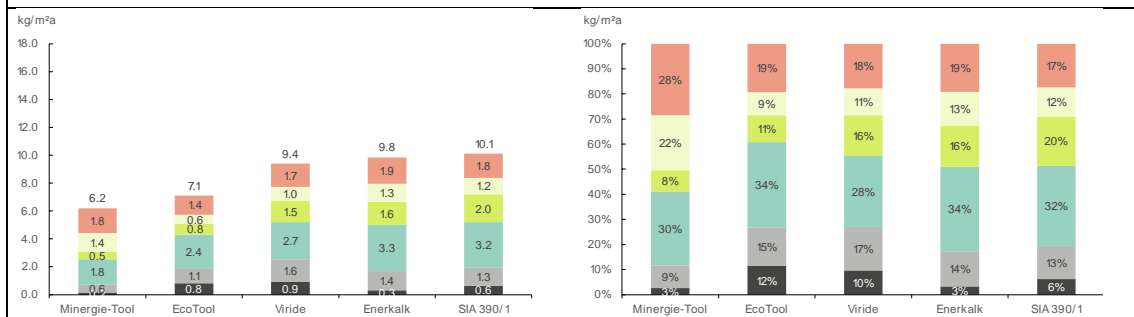


Abbildung 16: W-ru-C

Legende:

- Gebäudetechnik
- Innenwände
- Geschossdecken
- Gebäudehülle über Terrain
- Gebäudehülle unter Terrain
- Vorarbeiten

Tabelle 11: W-ru – indirekte Treibhausgasemissionen pro Bauteilgruppe; links absolute Werte; rechts relative Werte (prozentuale Verteilung nach Bauteilgruppen)

5 Fazit

Die Beurteilung der indirekten Treibhausgasemissionen aus der Erstellung wird zunehmend bei Wettbewerben als Entscheidungs- und Beurteilungskriterium angewendet. Die im Wettbewerb ausgewiesenen Werte dienen oft als Ausgangs- und Projektgrundlage zur weiteren Projektbearbeitung.

Gerade in frühen Projektphasen, wenn grundlegende Weichenstellungen vorgenommen werden, zeigt sich das gute Kosten-Nutzen-Verhältnis solcher Bewertungen. Mit relativ geringem Aufwand kann der Grundstein für wesentliche ökologische Optimierungen gelegt werden, die sich im weiteren Projektverlauf nur noch mit hohem Zusatzaufwand oder gar nicht mehr umsetzen lassen.

Aktuell stehen in der Schweiz verschiedene Tools zur Erfassung der indirekten Treibhausgase aus der Erstellung zu Verfügung. In der vorliegenden Studie wurden folgende fünf Tools miteinander verglichen:

1. EcoTool
2. Enerkalk
3. Minergie-Tool
4. RH SIA 390/1
5. Viride

Es stellt sich die Frage, welche Tools für die Durchführung von Konkurrenzverfahren am besten geeignet sind.

Im Rahmen der Vorprüfung muss ein solches Tool in erster Linie den Aufwand für die teilnehmenden Teams so gering wie möglich halten. Bereits heute ist die Teilnahme an einem Konkurrenzverfahren mit erheblichem Aufwand verbunden, weshalb in der Fachwelt nicht selten sogar die Forderung nach einer Abschaffung dieser Beschaffungsform zu hören ist²⁰. Hinzu kommt, dass aus technischer Sicht immer mehr Anforderungen gestellt werden, die teilweise von der eigentlichen Sache ablenken und wertvolle Ressourcen binden. Ebenso wichtig ist, dass auch für die Prüferinnen und Prüfer der Aufwand möglichst gering bleibt, da diese häufig nur über ein begrenztes Zeit- und Ressourcenbudget verfügen und daher einfache, schlanke Lösungen benötigen. Schliesslich muss ein geeignetes Tool sicherstellen, dass die Zielerreichung der Auftraggebenden überprüft werden kann. Nur so lässt sich gewährleisten, dass die Verfahren nicht nur formal korrekt ablaufen, sondern auch inhaltlich einen Mehrwert bieten und die tatsächlichen Bedürfnisse der Auftraggebenden im Mittelpunkt stehen.

²⁰ Wettbewerbslabor 2025

5.1 Verwendete Berechnungsmethodik

Hinsichtlich Berechnungsmethodik unterscheiden sich die Tools in folgenden Punkten:

1. Top-down- oder Bottom-up-Ansatz
2. Schichtaufbau oder Bauteileingabe

5.1.1 Top-down- und Bottom-up-Ansatz

Es konnte festgestellt werden, dass sich die untersuchten Tools in zwei Gruppen einteilen lassen: Jene mit einem Top-down-Ansatz und jene mit einem Bottom-up-Ansatz (siehe 4.2).

Die Bottom-up-Methodik entspricht der gängigen Berechnungsweise und wird von vier der fünf untersuchten Tools angewendet, namentlich EcoTool, Enerkalk, RH SIA 309/1 und Viride.

Die Top-down-Methode wird beim Minergie-Tool angewendet. Sie ist ein sehr pragmatisches Vorgehen, welches mit wenig Eingaben auskommen kann und auch prozessbedingt zu praxisnahen Werten führen kann. Ob die Ergebnisse akkurat sind, hängt davon ab wie realitätsgetreu die Ökobilanzdaten des Modellgebäudes sind und wie gut sich eine Analogie zwischen dem Projekt und dem Modellgebäude herstellen lässt. Für Wohngebäude liegen die Ergebnisse mit dem Minergie-Tool durchschnittlich bei 6.2 kg/m²a (Verfahren W-fo) und 5.9 kg/m²a (Verfahren W-ru). Die erzielten Ergebnisse liegen damit unter den Werten der anderen untersuchten Tools und erscheinen in absoluten Zahlen unrealistisch tief. (Tabelle 4).

Bei dem untersuchten Schul- und Sportbau als Sondernutzung «S-ug» sind die Ergebnisse des Minergie-Tools signifikant höher als die der anderen untersuchten Tools. Es wird vermutet, dass, sobald der Spielraum beim Entwurf gross ist (im vorliegenden Beispiel ist dies der Fall mit der Sporthalle im UG resp. im EG), es schwierig für diese Methode ist, eine Analogie zwischen dem Entwurf und dem Modellgebäude herzustellen.

5.1.2 Schichtaufbau oder Bauteileingabe

Weiter ist zu unterscheiden, ob ein Tool als Eingabe einen detaillierten Schichtaufbau erfordert, oder ob eine Bauteileingabe vorgesehen ist. Bei vier der fünf Tools, namentlich Enerkalk, Minergie-Tool, RH SIA 309/1 und Viride²¹, erfolgte die Eingabe anhand von Bauteilvorlagen. Dies ist grundsätzlich auch mit EcoTool möglich, der Fokus wurde aber auf die Erfassung mit dem flexiblen Bauteilgenerator gelegt.

²¹ Hinweis: Viride bietet beide Möglichkeiten an: Schichtaufbau und Bauteil. Im vorliegenden Dokument wurde Viride mittels Bauteileingabe bedient.

Die beiden Methoden unterscheiden sich in der möglichen Detailtiefe. Durch die Eingabe einzelner Schichten können Bauteile detailgetreu abgebildet werden.

Bei der Bauteileingabe sind die Anwenderinnen und Anwender durch die Vorauswahl der Entwicklerin bzw. des Entwicklers eingeschränkt. Die Vorauswahl wird als pragmatischer Lösungsansatz, welcher die phasenbedingte Unschärfe adressiert, interpretiert. Anders verhält es sich bei der Eingabe eines Schichtaufbaus: Hier lassen sich auch Bauweisen abbilden, die vom heute gängigen Standard abweichen: beispielsweise besonders schlanke Bauteile oder aussergewöhnliche Baustoffe (vorausgesetzt diese sind im Tool integriert). Diese Flexibilität birgt jedoch das Risiko, dass auch bauphysikalisch oder konstruktiv nicht funktionierende Aufbauten eingegeben werden können. Die Herausforderung liegt darin, solche Eingaben zu erkennen und zu korrigieren.

Des Weiteren liegen phasenbedingt einige Informationen, wie z.B. detaillierte Angaben zu Innen-/Trennwänden, nicht vor. Hierzu liefert die RH SIA 390/1 einen pragmatischen Lösungsansatz: sowohl die Bauteilfläche der Innenwände wird abgeschätzt als auch deren Ökobilanzierung vorgegeben. Dieses Vorgehen liefert somit realitätsnahe Ergebnisse, welche den Arbeitsaufwand beim Entwurfsteam reduzieren. Weiterhin wird die Eingabe von unrealistischen Bauteilschichten und -dicken vermieden.

5.2 Relative und absolute Vergleichbarkeit der Resultate

In den Konkurrenzverfahren gibt es hinsichtlich Nachhaltigkeit mehrere Aspekte zu prüfen. Die vorliegende Studie fokussiert sich auf die Treibhausgasemissionen in der Erstellung. Es versteht sich von selbst, dass eine gute Prüfung der Nachhaltigkeit viel weitreichender als die reine Ökobilanzierung ist. Nichtsdestotrotz ist die Ermittlung der Treibhausgasemissionen von hoher Relevanz, weil die Treibhausgasemissionen aus der Erstellung in der frühen Phase massgeblich beeinflusst werden.

5.2.1 Vergleichbarkeit der absoluten Werte

Für den späteren Vollzug/Baueingabe sind die absoluten Werte sowie der Vergleich mit einem Zielwert von zentraler Bedeutung. Ein Abgleich auf absoluter Ebene ist daher empfehlenswert, dies auch hinsichtlich Plausibilisierung der Ergebnisse.

Gleichzeitig wäre es jedoch verfehlt, die Resultate als absolute Wahrheit zu betrachten. Zum einen wird damit nicht berücksichtigt, dass sich die Projektierung im weiteren Verlauf verändern kann. Zum anderen bleibt unberücksichtigt, dass Konkurrenzverfahren stets mit einer gewissen Unschärfe behaftet sind. Detaillierte Angaben zur Beschaffenheit einzelner Bauteile, wie etwa zu Innenwänden, Baugrubensicherung oder Pfählung liegen in dieser Phase in der Regel nicht vor, haben jedoch einen erheblichen Einfluss auf die Resultate.

Die vorliegende Auswertung zeigt, dass die absoluten Ergebnisse je nach Tool unterschiedlich ausfallen. Tendenziell liefert das Minergie-Tool die niedrigsten Werte, während die Berechnungen mit RH SIA 390/1 am höchsten ausfallen.

5.2.2 Vergleichbarkeit der Rangreihenfolge (Relative Vergleichbarkeit)

Die relative Vergleichbarkeit befasst sich mit der Rangreihenfolge, was in Konkurrenzverfahren eine wichtige Kenngrösse ist. Sie trägt der phasengerechten Unschärfe, sowie der Idee des Konkurrenzverfahrens (ein Siegerprojekt, welches gesamthaft und nicht nur in einem Fachgebiet überzeugt) Rechenschaft.

Die vorliegende Studie hat gezeigt, dass die Tools zu unterschiedlichen Rangreihenfolgen führen können. Durch eine detaillierte Analyse der Ergebnisse und anschliessender Korrektur einzelner Parameter konnte eine einheitliche Rangreihenfolge hergestellt werden. So z.B. durch die Anpassung des Baugrubenabschlusses bei S-ug oder Deckenstärken bei W-ru. Unter realen Bedingungen ist ein Vergleich mit anderen Auswertungen nicht möglich.

Es folgt, dass sowohl Anwenderinnen und Anwender als auch Toolentwicklerinnen und -entwickler für korrekte Ergebnisse sorgen müssen. Die anwendende Person muss garantieren, dass sie das Tool richtig bedient und prüfen, ob die Eingaben plausibel sind. Dies gilt insbesondere bei Schichtaufbauten. Es dürfen nur Konstruktionen übernommen werden, welche technisch einwandfrei sind. Im Kapitel 4.3.4 wird gezeigt, wie eine Decke, welche bauphysikalisch nicht funktioniert, die Ergebnisse verzerrt. Zu erkennen, ob ein Bauteil technisch funktioniert, erfordert einen grossen Erfahrungsschatz, da dies das Wissen mehrerer Fachbereiche voraussetzt. Tools, welche vordefinierten Bauteile verwenden, sind gegenüber solchen Fehlern abgesichert und somit resilienter. Zum anderen ist die Toolentwicklung für die Gewährleistung der korrekten Berechnung verantwortlich. Diese Studie hat gezeigt, dass je nach verwendeten Baugrubenabschluss und Tiefengründung (siehe 4.3.3) die Rangreihenfolge variiert.

5.3 Ursachen der Streuung

Im Folgenden sind die Einflussfaktoren, welche die Streuung der Ökobilanzen beeinflussen, aufgelistet:

1. Entwürfe

Es versteht sich von selbst, dass von Entwurf zu Entwurf unterschiedlich hohe Treibhausgasemissionen aus der Erstellung anfallen. Gründe dafür sind unter anderem unterschiedlich kompakte Baukörper, variierende Fensterflächenanteile, sowie ein abweichender Materialeinsatz, um nur einige Aspekte zu nennen. Dieses Thema wird in Kapitel 4.3 vertieft dargestellt und untersucht.

Zentral ist, dass jedes leistungsfähige Tool die Auswirkungen dieser projektspezifischen Faktoren zuverlässig und nachvollziehbar abbildet.

2. Bedienung Tool und Umgang mit phasenbedingter Unschärfe
Im vorliegenden Fall wurden alle Entwürfe von derselben Person eingegeben und untersucht. Daraus folgt, dass die Tools einheitlich bedient wurden und gleiche Konstruktionen konsistent eingegeben worden sind. Potenzielle Bedienungs- oder Eingabefehler konnten dadurch ausgeschlossen, beziehungsweise über alle Entwürfe hinweg einheitlich vorgenommen werden. Dieser Aspekt gewinnt insbesondere an Bedeutung, da die finale Ökobilanzierung zum Zwecke der Vorprüfung erst am Ende des Entwurfsprozesses durchgeführt werden kann, wenn Städtebau und Architektur bereits festgelegt sind. Ob zu diesem Zeitpunkt eine Fachperson Nachhaltigkeit verfügbar ist, bleibt fraglich. Unter dem gegebenen Zeitdruck ist es daher wichtig, möglichst wenige Parameter eingeben zu müssen und das Tool möglichst übersichtlich zu gestalten. Beide Aspekte tragen entscheidend zur Qualität der Ergebnisse bei (siehe 4.1).

Die untersuchten Tools unterscheiden sich im erforderlichen Aufwand. Besonders überzeugen konnten jene Lösungen mit vordefinierten Bauteilen, namentlich RH SIA 390/1 und Enerkalk. In der Regel sind hier lediglich 30 bis 50 Eingaben notwendig, die sich auf Flächenangaben und Bauteile (über Drop-down-Menüs) verteilen. Bei den Flächen handelt es sich grösstenteils um dieselben Angaben, die auch bei der Wirtschaftlichkeitsprüfung verlangt werden. Dadurch entsteht eine Synergie und gleichzeitig eine gegenseitige Qualitätskontrolle auf Ebene der Flächenangaben. Ein besonderer Vorteil liegt in der automatischen Ermittlung jener Bauteile, die phasenbedingt noch nicht oder nur unzureichend vorliegen. So werden bei RH SIA 390/1 beispielsweise die Flächen der Baugrubensicherung, der Pfählung sowie der Innenwände (siehe Kapitel 4.3.1) automatisch abgeschätzt.

Das EcoTool erfordert den zehnfachen Umfang an Eingaben. Neben den Flächen muss hier zusätzlich der Schichtaufbau gewählt werden. Zwar dienen Standardbauteile als Orientierungshilfe, dennoch erfordert jedes Bauteil deutlich mehr Zeit in der Eingabe.

Das Minergie-Tool fragt zusätzlich Kennzahlen wie die Gebäudehüllzahl oder den Fensterflächenanteil ab, die separat berechnet werden müssen, was die Fehleranfälligkeit erhöht.

Zum geringen Aufwand gehört auch die Frage nach der Übersichtlichkeit: Je klarer die Struktur, desto korrekter sind die Resultate.

3. Abgabe der Eingabeparameter
In der vorliegenden Studie fliesst die Aufarbeitung der Eingabeparameter wie z.B. die Bauteilflächen nicht mit ein. Diese wurden im Vorfeld geprüft und plausibilisiert. Dies ist von grosser Wichtigkeit, weil einerseits die Auswirkungen signifikant sein

können und andererseits die Erfahrung zeigt, dass diese Angaben meist fehlerhaft sind.

Die Streuung²² beträgt je nach Konkurrenzverfahren 10 % (W-ru) bis 21 % (W-fo und S-ug). In absoluten Zahlen sind dies 0.8 bis 1.9 kg/m². Zu diesem Unterschied führen vor allem die unterschiedlichen Ausprägungen der Entwürfe (siehe 1 oben), sowie in geringerem Masse die Bedienung der Tools (siehe 2 oben Innenwände).

Die Auswirkungen, der in den Punkten 2 und 3 beschriebenen Aspekte lassen sich nicht pauschal quantifizieren, da sie entweder nicht Teil dieser Studie sind oder zu stark von der jeweiligen Situation abhängen. Es kann jedoch mit grosser Sicherheit gesagt werden, dass die Ergebnisse je nach Qualität der Eingaben und der Bedienung der Tools stark variieren. Ein typisches Beispiel ist der häufig auftretende Fehler bei der Eingabe der Fensterflächen, die oftmals nicht von der gesamten Fassadenfläche abgezogen werden. Dieser Fehler führt zu 5–10 % höheren Treibhausgasemissionen. Weil diese Punkte Teil des Konkurrenzverfahrens sind und signifikante Auswirkungen auf das Resultat haben, sind sie nicht zu vernachlässigen.

²² ausgedrückt in: wieviel höher ist der gemittelte Maximalwert gegenüber dem gemittelten Minimalwert

6 Schlussfolgerung und Empfehlung

Gemäss SIA 142 heisst es: «Konkurrenzverfahren wie Wettbewerbe oder Studienaufträge ermöglichen die Evaluation verschiedener Lösungen, die den baukulturellen, gesellschaftlichen, gestalterischen, technischen, ökologischen und ökonomischen Anforderungen am besten entsprechen.». Gemäss dieser Aussage haben wir mit dem Konkurrenzverfahren eine geeignete Form gefunden; nun gilt es, die korrekten Inhalte für die Evaluation zu liefern. Nur auf der Grundlage korrekter Ergebnisse kann eine sachgerechte Entscheidung getroffen werden.

Die vorliegende Studie befasst sich mit den indirekten Treibhausgasemissionen aus der Erstellung. Fünf Tools wurden miteinander verglichen und ihre Ergebnisse in Form von absoluten Werten und Rangierungen gegenübergestellt.

Dabei zeigt sich, dass das Minergie-Tool Resultate liefert, die im Gesamtvergleich sowohl nach oben²³ als auch in abgeschwächter Form nach unten abweichen. Die Ursache liegt in der Berechnungsmethodik (siehe 5.1), die sich von der der anderen Tools unterscheidet.

Weiter zeigt sich, dass die Rangreihenfolge der Resultate über die Tools hinweg konsistent sein kann. Solch konsistente Ergebnisse setzen jedoch ein hohes Mass an Qualität voraus, sowohl bei der Ermittlung und Eingabe der Parameter als auch bei der korrekten Handhabung und Berechnung der Tools sowie bei der anschliessenden Qualitätssicherung in der Vorprüfung. Die Studie zeigt, dass sowohl die Tools (in Form absoluter Zahlen; siehe 5.2.1) als auch menschliche Faktoren wie Auszug von Kennzahlen, Dateneingaben oder die Bedienung des Tools (siehe 5.3) zu unterschiedlichen Ergebnissen führen.

6.1 Qualität der Grundlegendaten

Um die Vergleichbarkeit der Projekte auf Seite der Bauherrschaft gewährleisten zu können, empfehlen wir, die Datenerhebung²⁴ und –Auswertung jeweils durch eine einzige Fachperson machen zu lassen. Nur so kann die methodische Konsistenz und Vergleichbarkeit über sämtliche Projekte gewährleistet werden. Ungeprüfte Daten von den Entwurfsteams zu übernehmen, erhöht den Fehlerbereich der Auswertungen. Analog zur Prüfung der Bauökonomie kann die Fachperson Nachhaltigkeit mit Kenntnis aller Entwürfe einen adäquaten und aussagekräftigen Vergleich erarbeiten. Zudem können Annahmen, wie beispielsweise Bauteile, die phasenbedingt noch nicht bekannt sind, einheitlich behandelt werden (siehe 5.1.2).

²³ Schlechtere Ergebnisse sprich höhere Treibhausgasemissionen

²⁴ Die Ermittlung von Flächenkennzahlen bleibt beim Entwurfsteam

6.2 Vorprüfung im Rahmen von Konkurrenzverfahren

Der Aufwand zur Berechnung der Ökobilanz variiert je nach verwendetem Tool beträchtlich. Grundsätzlich ist darauf zu achten, dass mit möglichst geringem Aufwand der Entwurfsteams möglichst belastbare Entscheidungen auf Seite Bauherrschaft gefällt werden können. Nur so können den Forderungen nach schlankeren²⁵ Verfahren gelebt und trotzdem eine phasengerechte Qualitätssicherung gewährleistet werden.

Zu beachten ist auch, dass die Ökobilanz nur einen Teil der Nachhaltigkeit ausmacht. Eine übermäßige Fokussierung auf die Ökobilanzierung wird zudem eine vertiefte Auseinandersetzung mit weiteren Nachhaltigkeitsthemen schwächen.

6.3 Optimierungen im Entwurfsprozess

Idealerweise werden die Tools von den Planenden während des Entwurfsprozesses zur Optimierung des eignen Entwurfs eingesetzt. Dem Planungsteams sollte dabei überlassen werden, welches Tool sie hierfür verwenden möchten.

Sollte die Berechnung der indirekten Treibhausgasemissionen als Nachweis für die Vorprüfung von den Entwurfsteams durchgeführt werden, empfehlen wir, darauf zu achten, dass die verwendeten Tools übersichtlich und intuitiv zu bedienen sind. In Konkurrenzverfahren erfolgt diese Berechnung oft erst am Ende des Entwurfsprozesses, wenn Städtebau und Architektur definiert sind. Ob zu diesem Zeitpunkt eine Fachperson Nachhaltigkeit verfügbar ist, ist allerdings fraglich. Die Anwenderinnen und Anwender der Tools sind somit möglicherweise keine Spezialistinnen oder Spezialisten und/oder haben das betreffende Tool über längere Zeit nicht genutzt. In Kombination mit Zeitdruck vor der Abgabe sind daher übersichtliche und benutzerfreundliche Tools unabdingbar.

6.4 Vorsicht bei anspruchsvollen Fragen: Untergeschosse und ReUse

Die Bedeutung von unterirdischen Bauten und die Verwendung von ReUse-Bauteilen sind Themen, welche in Bezug auf die indirekten Treibhausgasemissionen verstärkte Bedeutung zukommt. Eine korrekte Abbildung dieser Bereiche erfordert vertieftes Fachwissen und Erfahrung.

²⁵ Hochparterre 5/22

6.5 Empfehlungen zur zielführenden Verwendung

Die vorliegende Studie hat die Stärken und Schwächen der Tools ermittelt und aufgezeigt. Nachfolgend einige Empfehlungen zur zielführenden Verwendung der Tools.

1. EcoTool

Das EcoTool punktet bei der Abbildung komplexer und individueller Bauteilaufbauten. Durch die Eingabe individueller Schichtaufbauten lassen sich sowohl inhomogene Bauteile als auch unkonventionelle Aufbauten abbilden. Das EcoTool empfehlen wir insbesondere für versierte Architektinnen und Architekten zur systematischen Optimierung während der Entwurfsphase, wobei materialtechnische Optimierungen dabei im Vordergrund stehen. Für die Vorprüfung eignet sich das EcoTool nur bedingt; da der Aufwand für die Vorprüfenden relativ gross erscheint. Zu beachten ist ferner, dass die Ergebnisse aus dem EcoTool in der Regel Werte liefern, welche unter dem Durchschnittswert sämtlicher Berechnungstools liegen; die Ergebnisse dürften damit eher auf der optimistischen Seite liegen.

2. Enerkalk

Enerkalk ist ein Tool, welches spezifisch für die Vorprüfung von Wettbewerben entwickelt wurde und auch für strategische Entscheidungen in sehr frühen Phasen geeignet ist. Ein wichtiger Grund hierfür ist der phasengerechte Umgang mit Informationen.

EnerKalk liefert in der Regel Ergebnisse, die über dem Durchschnitt aus sämtlichen Tools liegen und rechnet damit relativ konservativ. Die korrekte Berücksichtigung von Spezialthemen wie ReUse und Baugrubenabschlüssen ist nur durch versierte Anwenderinnen und Anwender möglich.

Insgesamt erlaubt EnerKalk eine schnelle und angemessen präzise Vergleichbarkeit und wird für die Vorprüfung von Wettbewerben empfohlen.

3. Minergie-Tool

Dieses Tool ergänzt die betriebsorientierte Sichtweise von Minergie um den Aspekt der Erstellung. Da sich Minergie als Label für die breite Masse versteht, wird damit das relevante Thema der Erstellung einem grossen Publikum zugänglich gemacht. Die korrekte Verwendung des Minergie-Tools setzt die Arbeit innerhalb des "Minergie-Universums" voraus, was für den Anwender oft eine relativ hohe Eintrittsschwelle darstellt. Das Minergie-Tool rechnet relativ optimistisch, seine Ergebnisse unter dem Durchschnittswert sämtlicher Berechnungstools liegt. Bei aussergewöhnlichen Konstruktionen zeigt das Minergie-Tool systembedingt (Top-Down-Methode) zudem klare Schwächen.

4. Rechenhilfe (RH) SIA 390/1

Die Rechenhilfe SIA 390/1 ist ein sehr pragmatisches Tool, welches durch seine Übersichtlichkeit und Robustheit überzeugt. Es eignet somit für frühe Planungsphasen, wo strategische Entscheidungen getroffen werden. Tendenziell resultieren aus der RH SIA 390/1 eher konservative Resultate. Aufgrund seiner einfachen Handhabung dürfte es bei der Diskussion und der Optimierung grundlegender Entwurfparameter sehr wertvoll sein.

Insgesamt erlaubt die Rechenhilfe SIA390/1 eine schnelle und angemessen präzise Vergleichbarkeit und wird für die Vorprüfung von Wettbewerben empfohlen.

5. Viride

Das Tool kann mit manuellen Eingaben aber auch durch das Einlesen von BIM Modellen (IFC Uplad, nicht Teil dieser Studie) bedient werden. Dieser Ansatz bedingt entsprechende Vorarbeiten von Seiten Planende, trägt aber insbesondere der fortlaufenden Digitalisierung der Planung Rechenschaft. Im Vergleich der Tools liefert das Viride robuste Werte, welche relativ nahe beim Durchschnitt sämtlicher Tools liegen.

7 Stellungnahme durch Entwickler

Die Ökobilanzierung der indirekten Treibhausgasemissionen aus der Erstellung gewinnt bei der Beurteilung der ökologischen Nachhaltigkeit von Bauprojekten zunehmend an Bedeutung. Sie kommt dabei in verschiedenen Anwendungsbereichen zum Einsatz: im Entwurfs- und Planungsalltag unterstützt sie bereits in der frühen Konzeption die Entwicklung ökologisch vorteilhafter Entwürfe und Konstruktionen. In Planerwahlverfahren dient sie der Bewertung der gesamthaften Umwelteinwirkungen, insbesondere der indirekten Treibhausgasemissionen, der eingereichten Projektvorschläge. In den anschließenden Planungsphasen der Projektierung werden Ökobilanzen nicht nur als Planungsinstrument zur Steuerung der Projekte, sondern zusätzlich als Mittel zur Dokumentation und zur Nachweisführung genutzt.

Die Herausgebenden der in dieser Studie untersuchten Tools wurden als Mitglieder in die Begleitgruppe eingeladen. Ihnen sei an dieser Stelle für ihr Engagement und ihre konstruktive Mitarbeit gedankt. Die Entwicklung von Ökobilanzierungstools – insbesondere für die Anwendung in der SIA-Leistungsphase 2 – verläuft derzeit ausgesprochen dynamisch. Der Leistungsumfang der in dieser Studie betrachteten Tools stellt daher eine Momentaufnahme dar. Aus diesem Grund erhalten die Herausgebenden der untersuchten Tools im Folgenden die Möglichkeit, eine kurze Stellungnahme zu den Ergebnissen der Studie abzugeben.

7.1 EcoTool

Besten Dank für die vorliegende Analyse und die daraus gewonnenen Erkenntnisse. Der Vergleich der LCA-Tools bietet eine wichtige Grundlage für die Einordnung von Ökobilanzierung im Wettbewerbsverfahren.

Seit der Evaluation wurde EcoTool gezielt weiterentwickelt. Dazu zählen insbesondere die Einführung eines integrierten Qualitäts- und Plausibilitätschecks, die Weiterentwicklung der Bauteilvorlagen sowie der Ausbau der Analyse- und Auswertungsfunktionen.

EcoTool ermöglicht sowohl eine schichtgenaue Modellierung als auch die Arbeit mit standardisierten Bauteilvorlagen. Der Detaillierungsgrad kann durch die Nutzer:innen je nach Projektphase und Fragestellung gewählt werden.

Aus Sicht von EcoTool ist es wesentlich, ökologische Nachhaltigkeit frühzeitig in den Planungsprozess zu integrieren und Entwurfsteams zu befähigen, eigenständig Ökobilanzen zu erstellen. Dies unterstützt die Qualität und Vergleichbarkeit der Projekte im Wettbewerbsumfeld.

Ergänzend ist festzuhalten, dass EcoTool auch Funktionen als digitale Wettbewerbsplattform zur Bewertung der ökologischen Nachhaltigkeit bietet, welche nicht Gegenstand der Studie waren.

7.2 Minergie-Tool

Wir begrüßen solche Untersuchungen von Tools, die das Voranbringen einer vereinfachten Ökobilanzierung zum Ziel haben, damit die Minimierung der Treibhausgasemissionen in der Erstellung auch in der breiten Masse umgesetzt wird. Das Minergie-Tool setzt entsprechend den Fokus auf eine benutzerfreundliche Anwendung, auch für Nicht-Fachexpertinnen und -experten, und wird laufend optimiert.

Die Erkenntnisse sowie punktuelle Abweichungen (insbesondere bei spezifischen Bauteileingaben), die diese Studie hervorbringt, werden in die weitere Optimierung einbezogen. Einzelne quantitative Ergebnisse der verschiedenen Tools sind in der Studie aufgrund methodischer Abweichungen und kleine Zahl an untersuchten Objekten nur beschränkt vergleichbar.

Der Rechenkern des Tools ist so programmiert, dass dieser bei Bedarf aus dem Minergie-Nachweis herausgelöst und als eigenständiges Tool zur Minimierung der Treibhausgasemissionen für die breite Masse eingesetzt werden kann.

7.3 Rechenhilfe SIA 390/1

Wir danken herzlich für die sorgfältig gemachte Studie. Die phasengerechte Zuverlässigkeit und Bedienungsfreundlichkeit von Tools, welche in Wettbewerben und Studienaufträgen eingesetzt werden, ist zentral. Die Resultate für die Rechenhilfe SIA 390/1 bestätigen uns, dass wir mit dem einfachen und reduzierten Tool auf einem guten Weg sind.

In der frühen Entwurfsphase ist das Mengengerüst eines Projektes – Kompaktheit, Anteile unter Terrain, das Verhältnis zwischen Geschoss- und Energiebezugsfläche – entscheidend. Die Beschränkung auf wenige, bauphysikalisch gesicherte Standardkonstruktionen ist unserer Meinung nach deshalb richtig. Dass jede Ökobilanz mit einer qualitativen Einschätzung der Projekte ergänzt werden muss, bleibt dabei so selbstverständlich wie zwingend.

7.4 Viride

Die vorliegende Studie ist zum Ergebnis gekommen, dass die Plattform von Viride bereits im Wettbewerb gut verwendet werden kann und solide Resultate liefert.

Seit der geprüften Version haben wir die Plattform weiterentwickelt: Wir haben mit der Version 1.0 die Zertifizierung von ecobau für die graue Energie und die indirekten Treibhausgasemissionen für die Phase Vorprojekt erreicht. Damit kann das Tool für die erste Stufe der Minergie-ECO und SNBS Zertifizierung verwendet werden.

Die Auswertung SIA Klimapfad 390/1 kann für Betrieb und Erstellung ausgewertet werden. Hierfür wurde nun auch die SIA Norm 380/1 Heizwärmebedarf in die Plattform integriert (Beta-Version). Zudem liegt eine erste Version eines Zirkularitätsindex mit einer Auswertung für Design for Disassembly vor. Für Feedbacks sind wir offen.

Alle Standards können mit GreenDesign über manuelle Flächenangaben oder GreenBIM über Upload von 3D Modellen als IFC-Files bedient werden. Zudem besteht die Möglichkeit, die Bauteile als ganze Bauteile oder Bauteilschichten auszuwählen. Es wird empfohlen, sich im Vorfeld der Anwendung mit den Funktionalitäten im Rahmen einer kostenlosen Kurzschulung einzuarbeiten. Im Rahmen der vorliegenden Studie fand keine Einführung statt.

Wir danken den Studienverfassenden für den spannenden Vergleich und das kritische Feedback. Viride wird auch im Bereich der visuellen Übersicht und Usability noch weiter optimiert werden.

Stadt Zürich
Amt für Hochbauten
Lindenhofstrasse 21
Postfach, 8021 Zürich
T+ 41 44 412 11 11
stadt-zuerich.ch/hochbau