

Leitfaden

Gebäude mit tiefen Treibhausgasemissionen

Projektsteuerung von Ziel- bis Umsetzung für Bauherrschaften



Impressum

Herausgeber und Konzeption

Verein ecobau
Röntgenstrasse 44
8005 Zürich
www.ecobau.ch

Ecobau vereinfacht das nachhaltige Planen und Bauen. Hierfür bieten wir nutzerfreundliche Nachschlagewerke, Checklisten und Arbeitsmittel. Unsere Standards integrieren wir in die Gebäudelabels Minergie-ECO und SNBS. Wir zertifizieren Baumaterialien und -teile nach gesundheitsrelevanten und ökologischen Kriterien, um Bauherren, Architektinnen und Fachplanern die Produktauswahl zu vereinfachen.

Redaktion

Severin Lenel, Senior Experte, Verein ecobau

Begleitgruppe

Elena Berta, Fachstelle umweltgerechtes Bauen, Stadt Zürich
Marloes Fischer, Circular Hub GmbH, Zürich
Urs-Thomas Gerber, sustain4you gmbh, Münchenbuchsee
Kurt Knöpfel, Leiter Abteilung Hochbauten, Amt für Immobilien Kanton Appenzell AR
Stefan Oeschger, JOM Architekten GmbH, Zürich
Marianne Stähler, Geschäftsführerin, Verein ecobau

Download und Copyright

Dieses Dokument ist als Download verfügbar: www.ecobau.ch/de/instrumente/graue-energie---co2
Ausdruck, Vervielfältigung und Veröffentlichung sind erlaubt.
© ecobau – alle Rechte vorbehalten

Änderungschronik

Version	Änderungen	Datum
2025/V1-0	Dokument erstellt	18.06.2025

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	4
1.1	Wozu dient dieses Dokument ?	4
1.2	Wieso ist die Begrenzung der Treibhausgasemissionen so wichtig ?	4
1.3	Welcher Betrachtungsrahmen soll gewählt werden ?	5
1.4	Welche Grenz- und Zielwerte für graue THGE gibt es bereits ?	6
1.5	Welche Wege führen zum Ziel ?	7
1.6	Wie kann vorgegangen werden ?	8
2	Aufgaben der Bestellenden nach SIA-Phasen	9
	Übersicht der Aufgaben nach SIA-Phasen	9
1	Strategische Planung	10
11	Bedürfnisformulierung, Lösungsstrategien	10
2	Vorstudien	11
21	Definition des Bauvorhabens, Machbarkeitsstudie	11
22	Auswahlverfahren	12
3	Projektierung	15
31	Vorprojekt	15
32	Bauprojekt	15
33	Bewilligungsverfahren	16
4	Ausschreibung	17
41	Ausschreibung, Offertvergleich, Vergabe	17
5	Realisierung	18
51	Ausführungsprojekt	18
52	Ausführung	18
53	Inbetriebnahme, Abschluss	19
3	Anhang	20
	Anhang 1: Grobe Abschätzung der THGE für Erstellung und Betrieb	20
	Anhang 2: Abschätzung der THGE für Erstellung und Betrieb	21
	Anhang 3: Tools zur Berechnung der THGE	30
	Anhang 4: Häufige Fehler in der Gebäudeökobilanzierung	30
	Anhang 5: Benötigte Mengen an Primär- oder Sekundärmaterialien	31
	Anhang 6: Vorlaufzeit für die Beschaffung lokaler Materialien	32
	Anhang 7: Optimierungsmassnahmen für Erstellung und Betrieb	33
	Anhang 8: Beispieldarstellung der Gebäudeökobilanz-Ergebnisse	35
	Anhang 9: Texte und Hilfsmittel für Teilnehmende in Auswahlverfahren	36

1 Einleitung

1.1 Wozu dient dieses Dokument ?

Die öffentlichen Bauherrschaften sollen eine Vorbildfunktion bezüglich «Good Governance» einnehmen - auch beim umweltschonenden Bauen. Das Klimaschutzgesetz¹ legt einerseits die Treibhausgasemissionen (THGE) als Messgrösse fest, andererseits wird darin das Netto-Null-Ziel bis 2050 definiert. Die zentrale Bundesverwaltung muss dieses bis 2040 erreichen, während die Kantone und die bundesnahen Betriebe dies anstreben. Um dieses Ziel zu erreichen, ist ein tief greifender Wechsel der Planungs-, Herstellungs- und Bauprozesse notwendig. Weil neue Wege immer auch unbekannte Wege sind, hat ecobau diesen praxisnahen Leitfaden zur Planung und Realisierung von Gebäuden mit tiefen Treibhausgasemissionen geschaffen. Er soll das dazu vorhandene KnowHow für öffentliche und private Bauherrschaften bündeln. Dies erlaubt ihnen, für Sanierungs-, Erweiterungs- oder Neubauvorhaben machbare Ziele zu setzen und diese auch sicher zu erreichen.

1.2 Wieso ist die Begrenzung der Treibhausgasemissionen so wichtig ?

Die Emission von Treibhausgasen – vor allem von Kohlendioxyd – ist Hauptursache des Klimawandels. Deshalb haben Bund und Kantone sowie viele Städte und Gemeinden einen Zeithorizont zur Reduktion der Emissionen auf Netto-Null² festgelegt. Die Umsetzung der dazu erforderlichen Massnahmen ist jedoch teilweise noch unklar; betroffen sind aber alle Lebensbereiche und viele Akteure. Bisher betrafen die Massnahmen vor allem den Energieverbrauch von Gebäuden und Fahrzeugen. Nun rücken auch die grauen Emissionen, d.h. die durch Rohstoffgewinnung, Herstellung und Verarbeitung von Gütern verursachten Umweltbelastungen, in den Fokus. Ein grosser Teil der damit verbundenen THGE geht auf die Bauwirtschaft zurück.

Deshalb wird der Bundesrat auf Grundlage des revidierten Umweltschutzgesetzes (USG Art. 35j) Grenzwerte zu den grauen Emissionen festlegen. Auch die in Erarbeitung befindliche Musterverordnung der Kantone im Energiebereich (MuKE n 2025) wird solche Grenzwerte enthalten. Das Umweltschutzgesetz fordert zudem eine Vorbildfunktion der öffentlichen Hand, welche darum – wie auch alle anderen Bauherrschaften - bei ihren Bauprojekten Massnahmen ergreifen sollen, um die THGE bestmöglich zu reduzieren.

¹ KIG vom 30.09.2022, SR 814.310, in Kraft seit 1.1.2024

² Netto-Null bedeutet, dass sich die Beträge der nicht vermeidbaren Emissionen und der Negativemissionen aufheben.

1.3 Welcher Betrachtungsrahmen soll gewählt werden ?

Heute entstehen über den ganzen Lebenszyklus eines Bauwerks Treibhausgasemissionen - von seiner Erstellung, dem Betrieb, dem Unterhalt und den baulichen Massnahmen bis zu seinem Rückbau und der Wiederverwendung oder Entsorgung der Bauteile. Im Interesse des Klimaschutzes muss deshalb stets der ganze Lebenszyklus betrachtet werden. Während bis vor ein, zwei Jahrzehnten der Betrieb der Gebäude mit überwiegend fossilen Energieträgern dazu führte, dass der Fokus für umweltgerechtes Bauen vor allem auf einem energieeffizienten Betrieb lag, führte der Wechsel hin zu erneuerbarer Energie dazu, dass sich die Schwergewichte erheblich verschoben. Heute entsteht bei den meisten modernen oder sanierten Gebäuden der Löwenanteil der THGE in der Erstellungs- bzw. Sanierungsphase.

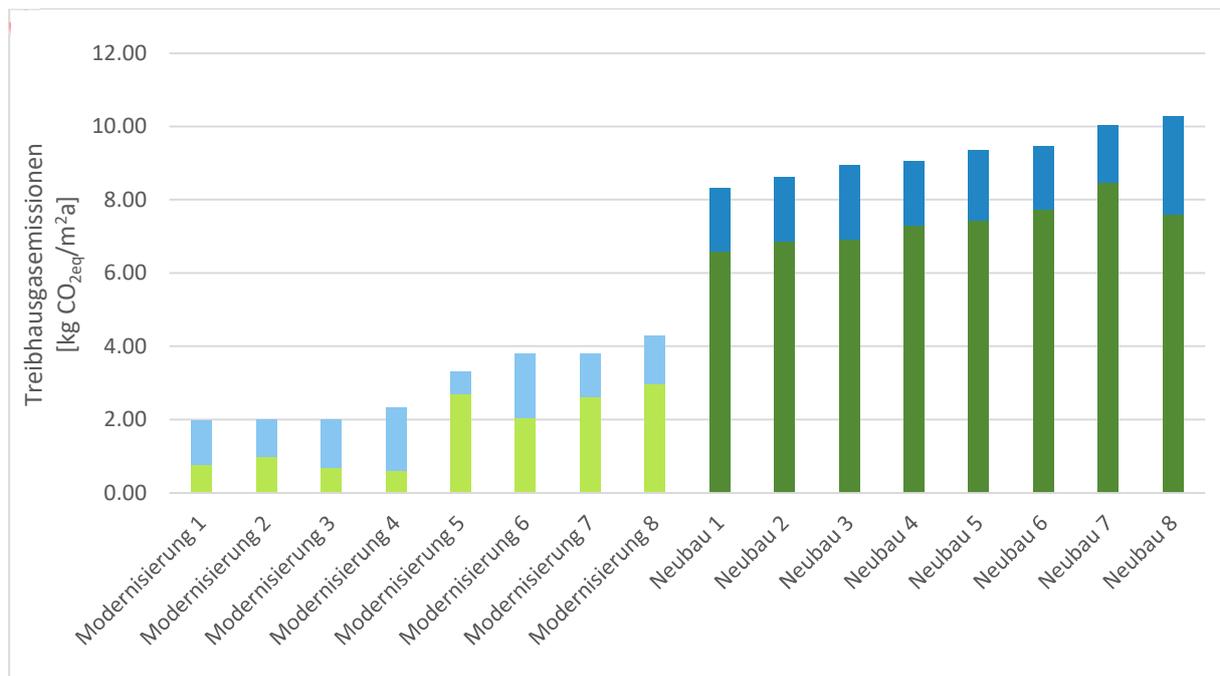


Abbildung 1: Treibhausgasemissionen für die Erstellung von Wohnsiedlungen (Sanierungen und Neubauten). Grün: Bauteile, blau: Gebäudetechnik. Auch unter Berücksichtigung des Betriebs resultieren bei Sanierungen tiefere Emissionen, da die meisten Bestandesbauten mit erneuerbarer Energie betrieben werden. Quelle: intep sg gmbh

In den heute verbreiteten Berechnungsverfahren³ für THGE werden nur die grauen Emissionen für Herstellung und Entsorgung betrachtet. Der z.B. in Holz oder Schafwolle eingelagerte Kohlenstoff wird deshalb nicht angerechnet, aber in vielen Tools separat ausgewiesen. Grund dafür ist, dass der Kohlenstoff im Bauwerk bzw. in den später wieder verwendeten Bauteilen über einen sehr langen Zeitraum verbleiben müsste, um klimawirksam zu sein. Da dies momentan (noch) nicht gewährleistet werden kann, findet keine Berücksichtigung statt.

Ecobau empfiehlt, das Potential zur Verlangsamung des Klimawandels durch solche «Kohlenstoff-Senken» schon heute bestmöglich zu nutzen.

³ SIA Merkblatt 2032:2023

1.4 Welche Grenz- und Zielwerte für graue THGE gibt es bereits ?

Weltweit gibt es eine Vielzahl von Labels, Standards, Normen oder Gesetzen, welche Grenzwerte für Treibhausgasemissionen für Gebäude festlegen. In diesem Leitfaden beschränken wir uns auf diejenigen Instrumente, welche in der Schweiz eine gewisse Verbreitung besitzen:

Label/Standard	Wohnen				Verwaltung				Schule [#]				
	GW 1*		GW 2*		GW 1*		GW 2*		GW 1*		GW 2*		
	Neu	San	Neu	San	Neu	San	Neu	San	Neu	San	Neu	San	
Minergie			12.4				13.6					12.4	
Minergie-ECO ⁴	8	OS ⁵	10	OS	8	OS	11	OS	8	OS	11	OS	
SNBS ⁶	8	OS	10	OS	8	OS	11	OS	8	OS	11	OS	
SIA Effizienzpfad ⁷	9	5			9	6			9	6			
SIA Klimapfad ⁸	7	7	11	9	8	8	12	10	7	7	11	9	

Tabelle 1: THGE-Grenzwerte Erstellung in Schweizer Labels und Standards. *GW1: Unterer Grenzwert bzw. Richtwert ambitioniert, *GW2: Oberer Grenzwert bzw. Richtwert Basis. [#]Schule: Volksschule gem. SIA 390/1. Grau hinterlegt: kein Grenzwert. Neu: Neubau, San: Sanierung. Quellen: Minergie, NNBS, SIA.

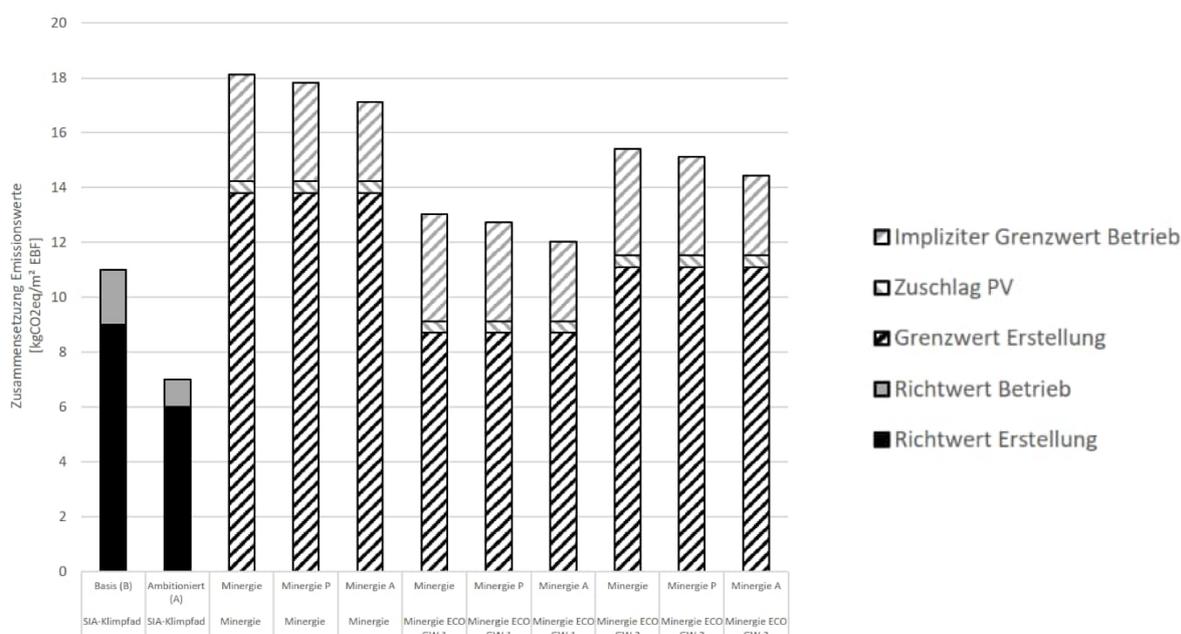


Abbildung 2: Vergleich von Grenz- bzw. Richtwerten für Erstellung und Betrieb am Beispiel eines Wohngebäude-Neubaus. Quelle: Netto-Null Treibhausgasemissionen im Gebäudebereich; Bundesamt für Energie, 2024.

⁴ Basis-Grenzwert, der anhand der unbeheizten Flächen und der Anlagen zur Gewinnung erneuerbarer Energie projektspezifisch angepasst wird.

⁵ Objektspezifischer Grenzwert, welcher anhand der Eingriffstiefe und der Art sowie Menge der bearbeiteten Bauteile berechnet wird.

⁶ Es werden je nach Erreichen von Schwellenwerten Punkte vergeben. Die Schwellenwerte orientieren sich an den Grenzwerten von Minergie-ECO.

⁷ SIA Merkblatt 2040:2017. Darin ist für die Erstellung nur ein unverbindlicher Richtwert definiert, da sich der verbindliche Zielwert (Grenzwert) auf Erstellung, Betrieb und Mobilität zusammen bezieht.

⁸ SIA 390/1:2025 «Klimapfad – Treibhausgasbilanz über den Lebenszyklus von Gebäuden». Werte nur für Erstellung und Betrieb, ohne Mobilität. GW1 entspricht «Ambitioniert», GW2 entspricht «Basis». Schule: ohne Hochschulen.

1.5 Welche Wege führen zum Ziel ?

Es gibt verschiedene Wege zur Bestellung von Gebäuden mit tiefen Treibhausgasemissionen:

- Zertifizierung mit einem Nachhaltigkeitslabel mit Emissionszielen für die Erstellung
Das ist die am einfachsten umsetzbare Variante. Man richtet sich nach den Vorgaben eines bekannten Nachhaltigkeitslabels und verwendet die darin beschriebenen Methoden bzw. Hilfsmittel. Die meisten Projekte können zertifiziert werden; im Zweifelsfall ist Kontakt mit der zuständigen Zertifizierungsstelle aufzunehmen. Die Anforderungen an die Emissionen ergeben sich aus dem gewählten Label, sind aber unterschiedlich streng.
- Zertifizierung mit einem Nachhaltigkeitslabel, aber mit selbst gesetztem, strengeren Emissionsgrenzwert für die Erstellung
Wer strengere Vorgaben für die Treibhausgasemissionen in der Erstellung will, aber trotzdem die Vorteile eines Nachhaltigkeitslabels nutzen möchte, kann innerhalb der Zertifikatsanforderungen strengere Grenzwerte festlegen. Auch diese Variante ist einfach umsetzbar, da man auf die bestehenden Methoden und Hilfsmittel der Labels zurückgreifen kann.
- Ausrichtung an einem Nachhaltigkeitslabel oder -standard mit den dort genannten Emissionsgrenzwerten für die Erstellung (ohne Zertifizierung)
Diese Variante eignet sich für Projekte, bei denen man sich an einem Label orientieren möchte, aber keine Zertifizierung anstrebt (bzw. diese nicht möglich ist). Wichtig ist, dass das Label bereits passende Emissionsgrenzwerte vorgibt. Diese sind je nach Label oder Standard unterschiedlich anspruchsvoll.
- Ausrichtung an einem Nachhaltigkeitslabel oder -standard mit selbst festgelegten Emissionsgrenzwerten für die Erstellung (ohne Zertifizierung)
Wenn ein Label keine passenden Grenzwerte bietet, man sich aber trotzdem daran orientieren möchte, kann man eigene Grenzwerte setzen. Diese Lösung erlaubt es, höhere Anforderungen zu stellen.
- Eigene Festlegung eines Emissionsgrenzwerts für die Erstellung (ohne Bezug zu einem Nachhaltigkeitslabel)
Wer sich ausschliesslich auf die Treibhausgasemissionen konzentrieren möchte, kann ganz unabhängig von Labels arbeiten. Allerdings muss das Vorgehen zur Berechnung und zum Nachweis genau definiert werden. Man kann sich dabei an bestehenden Labels orientieren.

Welcher Weg der richtige ist, hängt von verschiedenen Faktoren ab:

- Der Art und Ausgestaltung des Projekts
- Den Zielen und Ansprüchen der Bauherrschaft
- Den Vorgaben von Bund, Kanton oder Gemeinde (z. B. gesetzliche Klimaziele)
- Der Erfahrung und dem Fachwissen der beteiligten Personen

Deshalb ist es wichtig, sich über die oben genannten Rahmenbedingungen gut zu informieren.

Ecobau empfiehlt, prioritär möglichst die zweite Variante zu wählen und ansonsten die Erste. Denn so werden nicht nur die Treibhausgasemissionen berücksichtigt, sondern auch viele andere Aspekte der Nachhaltigkeit – was zu einem ausgewogenen Ergebnis führt. Außerdem lässt sich mit einem Zertifikat die Vorbildfunktion glaubwürdig belegen, und vorhandene Methoden sowie Werkzeuge können genutzt werden.

1.6 Wie kann vorgegangen werden ?

In den folgenden Kapiteln wird ein mögliches schrittweises Vorgehen beschrieben. Die verwendete Gliederung in Phasen entspricht der SIA-Norm 102. Die Bestellung, Planung, Umsetzung und der Betrieb von Gebäuden mit tiefen THGE ist immer eine Teamaufgabe. Die Verantwortlichkeiten sind je Aufgabe mittels folgender Kürzel zugewiesen:

- PL: Projektleitung/Bauherrenvertretung⁹
- PT: Planungsteam (in der Regel die Person in federführender Rolle, z.B. ArchitektIn)
- FP: Fachperson Nachhaltigkeit (siehe auch [Liste](#) der Fachpartner ecobau)

Zwar richtet sich dieses Dokument schwergewichtig an die Vertretung der Bauherrschaft, aber auch für ArchitektInnen, IngenieurInnen und weitere Fachplanende soll es eine Richtschnur darstellen, da sie im Rahmen von Projekten zur Wahrnehmung der Interessen der Bauherrschaft verpflichtet sind.

In den Tabellen im Anhang werden konkrete Zielwerte für die THGE in Erstellung und Betrieb aufgeführt. Diese wurden von ecobau nach bestem Wissen und Gewissen erarbeitet, trotzdem erfolgt die Anwendung auf eigene Verantwortung. Die Verfassenden sind den Anwendenden dankbar, wenn sie festgestellte Fehler, Anpassungswünsche oder sinnvolle Ergänzungen ecobau mitteilen.

Die im Folgenden beschriebenen Arbeitsschritte sind in den Zweck, einen Vorgehensvorschlag und das Resultat gegliedert.

⁹ Damit dieser Leitfaden einfach bleibt, wurde angenommen, dass die Projektleitung die Rollen der Bauherrenvertretung und der Eigentümervertretung vereint. Bei abweichenden Projektorganisationen sind die Zuständigkeiten und/oder Aufgaben entsprechend anders zu verteilen.

2 Aufgaben der Bestellenden nach SIA-Phasen

Übersicht der Aufgaben nach SIA-Phasen

SIA-Phase	Aufgabe	Ver.	
1	Strategische Planung		
11	Bedürfnisformulierung, Lösungsstrategien	A Abschätzung der THGE für die untersuchten Lösungsstrategien	PL
		B Abschätzung der Mehr- und Minderkosten	PL
		C Abschätzung der terminlichen Auswirkungen	PL
		D Festlegung des Anforderungsniveaus bezüglich THGE	PL
2	Vorstudien		
21	Definition des Bauvorhabens, Machbarkeitsstudie	A Festlegung des quantitativen Ziels	PL
		B Überslagsmässige Berechnung der THGE	PL
		C Abschätzung der Mehr- und Minderkosten	PL
		D Abschätzung der terminlichen Auswirkungen	PL
		E Abklärung der verfügbaren Materialressourcen	PL
		F Reservierung der benötigten Materialressourcen	PL
		G Bereithalten von Bauteilen zur Wiederverwendung	PL
22	Auswahlverfahren	A Beschreibung Ziel & Vorgehen zu THGE Programm Auswahlverf.	PL
		B Bereitstellung von Hilfsmitteln für die Teilnehmenden	PL
		C Auswahl einer geeigneten Fachperson	PL
		D Berechnung der THGE der Projekte	FP
		E Auswahl geeigneter Projekte	FP
		F Text im Jurybericht zu den THGE	FP
		G Benennung der zu verbessernden Punkte im Siegerprojekt	FP
3	Projektierung		
31	Vorprojekt	A Umsetzung der gem. Jurybericht zu verbessernden Punkte	PT
		B Nachführung und Prüfung der THGE-Berechnungen	PT
		C Zusätzliche Optimierungsmassnahmen	PT
32	Bauprojekt	A Einarbeitung der Optimierungsmassnahmen	PT
		B Nachführung und Prüfung der THGE-Berechnung	PT
		C Zusätzliche Optimierungsmassnahmen	PT
33	Bewilligungsverfahren	A Erstellung der für die Förderung benötigten Unterlagen	PT
		B Beantragung von Fördermitteln	PL
4	Ausschreibung		
41	Ausschreibung, Offertvergleich, Vergabe	A Vorbedingungen zur Nachhaltigkeit	PL
		B Überprüfung der Leistungsverzeichnisse	FP
		C Nachführung und Prüfung der THGE-Berechnung	PT
5	Realisierung		
51	Ausführungsprojekt	A Zusätzliche Optimierungsmassnahmen	PT
		B Kontrolle der Ausführungsplanung auf Übereinstimmung	PT
		C Nachführung und Prüfung der THGE-Berechnung	PT
52	Ausführung	A Kontrolle der Ausführung auf Übereinstimmung	PT
		B Nachführung und Prüfung der THGE-Berechnung	PT
53	Inbetriebnahme, Abschluss	A Zusammenstellung der Dokumentation	PT
		B Unterlagen für die Förderungsgesuche einreichen	PL
		C Abschlussgespräch und Prozess-Review	PL

Tabelle 2: Übersicht der Aufgaben von Bestellenden und der von ihnen beauftragten Personen nach SIA-Phasen. In der Spalte «Ver.» ist jeweils die hauptverantwortliche Person aufgeführt.

1 Strategische Planung

11 Bedürfnisformulierung, Lösungsstrategien

In der strategischen Planung werden die Rahmenbedingungen sowie der Bedarf untersucht und festgelegt, mögliche Lösungsstrategien (z.B. Erweiterung am Standort A, Umbau am Standort B) mit Kosten und Terminen skizziert sowie ein Entscheid für eine Lösungsstrategie gefällt.

Bereits in dieser Phase sollte das angestrebte Ziel eines Gebäudes mit tiefen Treibhausgasemissionen definiert und die möglichen Konsequenzen beim Entscheid für eine Lösungsstrategie einbezogen werden. In aller Regel sind Strategien mit Erhaltung bestehender Bauten, Gebäudeteile oder Bauteile bezüglich Treibhausgasemissionen deutlich im Vorteil. Deshalb ist sicherzustellen, dass auch solche Szenarien geprüft werden. Konkret sind folgende Massnahmen zu treffen:

- 11.A Abschätzung der Treibhausgasemissionen für die untersuchten Lösungsstrategien (PL)
Die in der Tabelle 3 im Anhang 1 enthaltenen Werte stellen Durchschnittswerte dar und dienen zur groben Orientierung, damit in den nachfolgenden Schritten realistische Anforderungen gestellt werden können.
Resultat: Orientierungswert für die zu erwartenden Treibhausgasemissionen in Erstellung und Betrieb.
- 11.B Abschätzung der allfällig anfallenden Mehr- bzw. Minderkosten (PL)
Grundsätzlich kostet treibhausgasreduziertes Bauen nicht mehr, es kommt jedoch stark auf die gewählte Strategie an. Der Verzicht auf Untergeschoss- und Raumflächen, Verkleidungen, Hightech etc. führt zu tieferen, während ein Holzbau, eine Rippendecke oder ein CO₂-optimierter Beton in der Regel zu höheren Investitionskosten führt. Leider gibt es dazu kaum verlässliche Zahlen. Man kann je nach Strategie grob zwischen 0% (tief) und 10% (hoch) ausgehen. Im Zweifelsfall sollte eine Fachperson für Kostenplanung beigezogen werden.
Resultat: Grobschätzung der durch die Reduktion von Treibhausgasemissionen zu erwartenden Mehr- oder Minderkosten.
- 11.C Abschätzung der allfälligen terminlichen Auswirkungen (PL)
Vor allem der umfangreiche Einsatz nachwachsender Rohstoffe und die Wiederverwendung von Bauteilen können zu terminlichen Abhängigkeiten führen. Wenn solche Strategien umgesetzt werden sollen, müssen diese im Terminplan berücksichtigt werden. Dies muss nicht zu einer längeren Projektdauer führen, wenn die Beschaffung rechtzeitig initiiert wird.
Resultat: Grober Terminplan.
- 11.D Festlegung des Anforderungsniveaus bezüglich Treibhausgasemissionen (PL)
Das Anforderungsniveau soll mit der Erfahrung und den Ambitionen der Beteiligten sowie dem Projektbudget im Einklang stehen. In den Tabellen im Anhang 2 und 3 werden drei verschiedene Anforderungsniveaus erwähnt. Mit «Hoch» wird nur das heute aus technischer Sicht machbare Minimum an Treibhausgasemissionen ausgestossen. Es ist mit gestalterischen und konstruktiven Einschränkungen sowie finanziellem und zeitlichem Mehraufwand zu rechnen. Es eignet sich deshalb dazu, die erforderlichen Fähigkeiten und Instrumente an einem Projekt zu erproben. «Mittel» verursacht gegenüber dem heute üblichen Vorgehen deutlich reduzierte Emissionen (unter dem Grenzwert 1 von Minergie-ECO). Dieses Niveau ist anstrengend, aber gut machbar. «Tief» ist in etwa zwischen dem Grenzwert 1 und 2 von Minergie-ECO angesiedelt und auch von ungeübten Planungsteams gut umsetzbar.
Resultat: Festgelegtes Anforderungsniveau.

2 Vorstudien

21 Definition des Bauvorhabens, Machbarkeitsstudie

Die in der vorhergehenden Phase festgelegte Lösungsstrategie wird in dieser Phase weiter ausgearbeitet. Dazu werden Lösungsansätze skizziert und deren Machbarkeit eruiert. Zudem sind die Organisation des Projekts, die Randbedingungen und Vorschriften sowie die Kosten und Termine des Vorhabens nochmals genauer zu erheben und ein Projektpflichtenheft zu erstellen. Als Abschluss steht der Entscheid an, ob das Projekt umgesetzt werden soll. Wiederum gibt es Aufgaben, welche zum treibhausgasreduzierten Bauen beitragen:

- 21.A Festlegung des quantitativen Ziels (PL)
Analog zum Vorgehen in der strategischen Planung ist das konkrete Ziel für die Emissionen in der Erstellung mit Hilfe der Tabellen in Anhang 2 festzulegen und im Pflichtenheft festzuhalten.
Resultat: Zielwert für die Treibhausgasemissionen in Erstellung und Betrieb.
- 21.B Überslagsmäßige Berechnung der Treibhausgasemissionen für die untersuchten Lösungsansätze veranlassen (PL)
Es gibt verschiedene Tools, um die Treibhausgasemissionen zu berechnen. In frühen Phasen können von den Bestellenden durchgeführte, grobe Berechnungen ausreichen, aber für genauere Berechnungen (d.h. mit konkreten Bauteilaufbauten und -geometrien) sollten detaillierte Berechnungen von Fachpersonen angestellt werden. Diese weisen zudem den Vorteil auf, dass sie über den ganzen Planungs- und Bauprozess verwendet und so die Berechnungen laufend aktualisiert werden können. Im Anhang 3 sind die gängigen Tools und ihre Anwendbarkeit nach Phasen aufgeführt. Die Resultate sind anschliessend um den Restwert von allfällig zurückzubauenden Gebäuden zu erhöhen und mit den im vorhergehenden Schritt festgelegten Zielwerten zu vergleichen.
Resultat: Treibhausgasemissionen in Erstellung und Betrieb für die untersuchten Lösungsvarianten und Einschätzung zur Einhaltung des Zielwerts.
- 21.C Abschätzung der allfällig anfallenden Mehr- bzw. Minderkosten (PL)
Vorgehen und Resultat siehe Schritt 11.B
- 21.D Abschätzung der allfälligen terminlichen Auswirkungen (PL)
Vorgehen und Resultat siehe Schritt 11.C
- 21.E Abklärung von auf dem Grundstück oder im direkten Umfeld verfügbaren Materialressourcen (PL)
Bei Lehmbauten, Betonbauten oder Holzbauten können allenfalls entweder Lehm, Kies oder Holz auf dem Grundstück oder in seiner nahen Umgebung gewonnen werden, was vor allem bei schweren Materialien (Steine, Kies, Erden etc.) zu tieferen Treibhausgasemissionen beitragen kann. Diese Ressourcen sind meist kostenlos und fallen sowieso beim Aushub bzw. bei Rodungen an. Sie sollten bestmöglich im eigenen (oder einem fremden) Projekt genutzt werden, was nur möglich ist, wenn sie frühzeitig und in adäquatem Umfang in der Projektplanung berücksichtigt werden. Eine geologische Untersuchung (Auswertung vorhandener Unterlagen, Baggerschlitz etc.) kann Auskunft über die nutzbaren lokalen Bodenressourcen geben, während eine Fachperson für Forstwirtschaft die Menge und die Arten (Laub-, Nadelholz etc.) an vorhandenem Nutzholz einschätzen kann.
Resultat: Arten und Menge der lokal verfügbaren Materialressourcen.

- **21.F Reservierung von benötigten Primär- oder Sekundärmaterialressourcen (PL)**
Für grosse Bauvorhaben werden auch grosse Mengen an Baumaterial benötigt. Wenn dieses lokal oder regional beschafft werden soll, so braucht es dazu eine Vorlaufzeit. Zum Beispiel muss Holz aus dem gemeindeeigenen Wald je nach Menge bis zu vier Jahre im Voraus geschlagen und getrocknet werden, damit es bei Baubeginn rechtzeitig zur Verfügung steht. Im Anhang 5 sind die ungefähr benötigten Materialmengen für verschiedene Bauweisen aufgeführt, damit eine erste grobe Abschätzung erfolgen kann. Die erforderliche Vorlaufzeit kann dem Anhang 6 entnommen werden.
Resultat: Abschätzung der benötigten Materialmengen, des möglichen Deckungsgrads aus lokalen oder regionalen Ressourcen und der benötigten Vorlaufzeit zu ihrer Bereitstellung.
- **21.G Bereithalten von geeigneten Bauteilen zur Wiederverwendung (PL)**
Ähnliches wie bei der Reservierung von Materialressourcen gilt bei der Bauteilwiederverwendung. Es müssen frühzeitig Abbruchobjekte eruiert, geeignete Bauteile ausgewählt, untersucht und demontiert sowie an einem geeigneten Ort zwischengelagert werden. Am einfachsten gelingt dies beim Rückbau von Bauteilen, welche im gleichen Objekt wieder eingebaut werden. Falls ein ganzes Gebäudeportfolio vorhanden ist, bietet sich an, dieses bezüglich Wiederverwendung zu untersuchen und zu dokumentieren, damit bei allen künftigen Bauvorhaben die Wiederverwendung aus eigenem Bestand erfolgen kann. Bei grossen oder komplizierten Bauten empfiehlt sich der Beizug einer geeigneten Fachperson. Einen Leitfaden für die Wiederverwendung von Bauteilen finden Sie [hier](#).
Resultat: Übersicht der im Projekt wieder verwendbaren Bauteile.

22 Auswahlverfahren

In dieser Phase werden das Vorgehen für das Verfahren zur Projektauswahl festgelegt, das Verfahren organisiert und durchgeführt sowie ein Planungsteam ausgewählt.

- **22.A Beschreibung des gesetzten Ziels und des bezüglich Treibhausgasemissionen gewählten Vorgehens im Programm des Auswahlverfahrens (PL)**
Die Vertretenden der Nachhaltigkeitsthemen und deren Rolle in der Jury müssen rechtzeitig bestimmt und im Programm erwähnt werden. Das gesetzte Ziel (siehe vorhergehende Phasen) ist im Programm klar zu benennen (z.B. die Treibhausgasemission der Projekte in Erstellung und Betrieb zusammen müssen unter 8 kg/m² EBF*a liegen). Die einzureichenden Dokumente bzw. Angaben (z.B. Berechnung der Treibhausgasemissionen; siehe Anhang 3) und der Ablauf der Vorprüfung sind zu beschreiben (z.B. grobe Vorprüfung aller eingereichter Projekte durch die Fachperson Nachhaltigkeit, vertiefte Vorprüfung der von der Jury nach einer ersten Auswahl selektionierten Projekte). Ebenfalls ist der Einbezug der Ergebnisse zur Nachhaltigkeit in die Gesamtbewertung¹⁰ zu beschreiben (z.B. Alle vier Bewertungskriterien werden gleich gewichtet). Beispieltex te dazu finden sich im Anhang 9.
Resultate: Textabschnitt zur Nachhaltigkeit im Programm, Jurymitglied zum Thema Nachhaltigkeit bestimmt.

¹⁰ Dabei handelt es sich um Zuschlagskriterien gemäss der Verordnung über das öffentliche Beschaffungswesen ([VöB](#)). Falls ein selektives Verfahren durchgeführt wird, sollten für die Auswahl der Anbietenden ebenfalls Nachhaltigkeitskriterien angewandt werden (Eignungskriterien gemäss VöB; z.B. Erfahrung mit Minergie-ECO, SNBS Hochbau, SIA Klimapfad).

- **22.B Bereitstellung von erläuternden Texten und Hilfsmitteln für die Teilnehmenden (PL)**
Viele Teilnehmende besitzen noch keine oder wenig Erfahrung mit der Steuerung und der Berechnung von Treibhausgasemissionen im Entwurfsprozess. Deshalb sollten die Veranstaltenden Texte und/oder Tools bereitstellen, welche diese Aufgaben ermöglichen bzw. erleichtern. Beispieltex-te dazu finden sich im Anhang 7.
Resultat: Bereitstellung der den Teilnehmenden zur Verfügung gestellten Hilfsmittel.
- **22.C Sicherstellung der Prüfung und Bewertung der Projekte durch eine Fachperson (PL)**
Mit der Auswahl des Projekts und des Projektteams werden die wichtigsten Weichen bezüglich der Nachhaltigkeit eines Vorhabens gestellt. Meist sind nachher nur noch geringfügige Projektanpassungen möglich, und die Erfahrung zeigt, dass diese oft zulasten der Nachhaltigkeit ausfallen. Die anspruchsvolle Prüfung und Bewertung der eingereichten Projekte sollte deshalb durch eine Person erfolgen, welche sowohl architektonisch-konstruktives Fachwissen als auch Erfahrung im nachhaltigen Bauen und der Gebäudeökobilanzierung besitzt¹¹.
Resultat: Geeignete Fachperson zur Prüfung und Bewertung der Projekte bezüglich Nachhaltigkeit ist bestimmt.
- **22.D Berechnung der THGE der Projekte in der engeren Wahl (FP, PL)**
Heute ist es leider noch kaum möglich, aus einem digitalen Gebäudemodell automatisch eine korrekte Gebäudeökobilanz zu erstellen. Deshalb müssen diese Berechnungen separat erfolgen, was Zeit und Fachwissen erfordert. Falls der Erhalt bestehender Gebäude oder Bauteile vorgesehen ist, so empfehlen wir, diese von der Berechnung auszunehmen¹², da sie in der Regel nur sehr geringe Treibhausgasemissionen verursachen. Wenn Gebäude abgebrochen werden sollen, welche jünger als 60 Jahre sind, so ist deren Restwert mit dem Minergie-ECO Restwerttool zu berechnen und das Ergebnis vom Zielwert abzuziehen.
Eine gestaffelte Vorprüfung erlaubt, effizient vorzugehen: In einem ersten Durchgang werden die Projekte qualitativ bewertet und eine Auswahl getroffen, um diese in einem zweiten Schritt genauer bezüglich ihrer Nachhaltigkeit zu untersuchen. Die Berechnung der Treibhausgasemissionen in Erstellung und Betrieb kann sowohl durch die Teilnehmenden (mögliche Tools siehe Anhang 3) als auch durch die Veranstaltenden erfolgen. In ersterem Fall sind die Berechnungen jedoch genau zu überprüfen, da diese oft fehlerhaft sind (eine Liste der häufigen Fehler befindet sich in Anhang 4). In der Bewertung der Projekte sollte zum Ausdruck kommen, ob sie den geforderten Zielwert einhalten. Da die Erfahrung zeigt, dass mit zunehmendem Detaillierungsgrad der Projekte die Werte der Treibhausgasemissionen meist ansteigen, empfiehlt es sich, die angestrebten Zielwerte in dieser Phase deutlich (z.B. um 20%) zu unterschreiten¹³. Die Darstellung der Ergebnisse sollte so erfolgen, dass diese auch von Laien verstanden werden kann¹⁴. Ein Beispiel dafür befindet sich im Anhang 8.
Resultat: Kurzbericht über die Treibhausgasemissionen der Projekte in der engeren Wahl.

¹¹ Idealerweise (aber nicht zwingend) ist dies auch diejenige Person, welche die Nachhaltigkeitsthemen in der Jury vertritt. Siehe auch Liste der Fachpersonen ecobau.

¹² Massnahmen zur Sanierung oder zur Ertüchtigung sind jedoch einzubeziehen.

¹³ In den nachfolgenden Phasen kann dieser Sicherheitszuschlag dann schrittweise bis auf Null reduziert werden.

¹⁴ Die von ecobau akkreditierten Tools erfüllen bereits diese Anforderung.

- 22.E Sicherstellung, dass nur Projekte ausgewählt werden, welche die genannten Bedingungen erfüllen (FP, PL)

In der Jurierung von Auswahlverfahren spielen nicht nur die Eigenschaften der Projekte, sondern auch die Konstellation in der Jury eine wichtige Rolle. Deshalb ist sicherzustellen, dass in der Jury mindestens eine Person mit Akzeptanz in den Fachkreisen (nicht zwingend eine Nachhaltigkeits-Fachperson) die Nachhaltigkeitsaspekte engagiert, glaubwürdig und hartnäckig vertritt. Zudem ist ein Bewertungs- und Auswahlverfahren anzuwenden, das die aus Sicht der THGE schlechtesten Projekte¹⁵ - ungesehen ihrer übrigen Qualitäten - ausscheidet. Nur so ist es möglich, dass Projekte mit hoher Qualität in Gestaltung und Nachhaltigkeit selektiert werden. Ecobau empfiehlt deshalb dringend die Benennung einer solchen geeigneten Person.

Resultat: Auswahl von Projekten, welche den definierten Zielwert einhalten können.

- 22.F Würdigung der Projekte bezüglich ihrer Treibhausgasemissionen im Jurybericht (FP)

Die Teilnehmenden eines Auswahlverfahrens haben viel Zeit und Engagement in ihre Projekte gesteckt. Insbesondere diejenigen, welche nicht gewonnen haben, würden deshalb gerne wissen, was sie in künftigen Projekten berücksichtigen sollten. Deshalb sollten die gut gelösten Punkte und die Kritikpunkte zumindest für die Projekte der engeren Wahl detailliert dargelegt werden.

Resultat: Textabschnitt zu THGE in Erstellung und Betrieb für jedes Projekt der engeren Wahl.

- 22.G Benennung der im Siegerprojekt zu verbessernden Punkte (FP)

Die intensive Auseinandersetzung einer Fachperson mit dem Siegerprojekt erlaubt, die noch nicht optimal gelösten Punkte klar zu benennen, Optimierungsvorschläge zu formulieren und damit die weitere Projektbearbeitung in die richtige Richtung zu lenken. Ein kurzer Text dazu, allenfalls mit einer Abschätzung der dadurch erzielbaren THGE-Reduktion, kann vor Abschluss des Verfahrens entweder im Rahmen des Juryberichts oder separat verfasst werden. Er kann als Grundlage für die weitere Projektierung dienen.

Resultat: Textabschnitt zu den zu verbessernden Punkten für das Siegerprojekt.

¹⁵ Die Projekte sind so wie sie dargestellt und beschrieben sind zu beurteilen. Oftmals wird von Juroren behauptet, dass sich ein Projekt ohne weiteres noch wesentlich bezüglich seiner Nachhaltigkeitseigenschaften verbessern liesse. Die Praxis beweist leider meist das Gegenteil.

3 Projektierung

31 Vorprojekt

Ziel der Vorprojektphase ist die Verfeinerung und Festlegung (z.B. anhand von Varianten) der wichtigen Konzepte (Landschaft, Architektur, Konstruktion, Statik, Nachhaltigkeit, Gebäudetechnik, Betrieb und Unterhalt etc.) des ausgewählten Projekts.

- 31.A Umsetzung der gemäss Jurybericht zu verbessernden Punkte im Vorprojekt (PT, PL)
Die im Bericht erwähnten zu verbessernden Punkte (siehe Phase 22) sind im Planungsteam zu diskutieren, ihre Umsetzung im Rahmen des Vorprojekts aufzuzeigen sowie der Projektleitung die erforderlichen Massnahmen und Konsequenzen (Treibhausgasemissionen, Gestaltung, Funktion, Kosten, Termine etc.) aufzuzeigen.
Resultat: Umsetzungskonzept für die zu verbessernden Punkte.
- 31.B Nachführung und Prüfung der THGE-Berechnungen im Vorprojekt (PT, FP)
Nach der Weiterbearbeitung des Projekts zum Vorprojekt werden die Konstruktion festgelegt und die damit verbundenen Leitdetails entwickelt. Anschliessend ist die Berechnung der Treibhausgasemissionen nachzuführen. Oft steigen mit zunehmendem Detaillierungsgrad die berechneten Kennwerte an, da zu Beginn die Annahmen zu Materialdicken etc. etwas optimistisch getroffen werden. Mit der Nachführung können allfällige Abweichungen vom in Phase 21 festgelegten quantitativen Ziel erkannt werden. Die Berechnung sollte von einer Fachperson überprüft werden. Eine Liste der häufigen Fehler befindet sich in Anhang 4.
Resultat: Aktualisierte Berechnung der Treibhausgasemissionen in Erstellung und Betrieb.
- 31.C Zusätzliche Optimierungsmassnahmen im Vorprojekt (PT, PL)
Falls die Treibhausgasemissions-Berechnungen des Vorprojekts zeigen, dass der definierte Zielwert voraussichtlich überschritten wird, so hat das Projektteam Massnahmen zur Einhaltung des Zielwerts (mit einer Prognose der Emissions-Einsparung pro Massnahme und deren weiteren Konsequenzen) vorzuschlagen. Die Projektleitung entscheidet anschliessend über deren Umsetzung oder allenfalls über eine Anpassung des Zielwerts. Listen mit Massnahmenvorschlägen für Erstellung und Betrieb finden sich im Anhang 7.
Resultat: Liste mit Optimierungsmassnahmen zur Reduktion der Treibhausgasemissionen.

32 Bauprojekt

In dieser Phase wird das Vorprojekt so weiter ausgearbeitet, dass es zur Baubewilligung eingereicht werden kann. Insbesondere werden die Bewilligungsfähigkeit im Detail abgeklärt, Kosten und Termine nochmals zusammengestellt und allenfalls Vorentscheide der Behörden herbeigeführt. Zum Abschluss hat die Bauherrschaft zu entscheiden, ob das Projekt umgesetzt wird.

- 32.A Einarbeitung der Optimierungsmassnahmen in das Bauprojekt (PT)
Die zur Umsetzung von der Projektleitung freigegebenen Massnahmen aus Schritt 31.C sind durch das Projektteam ins Bauprojekt einzuarbeiten.
Resultat: Bezüglich Treibhausgasemissionen optimiertes Bauprojekt.
- 32.B Nachführung und Prüfung der THGE-Berechnungen im Bauprojekt (PT, FP)
Bei relevanten Anpassungen des Vorprojekts empfiehlt es sich, die Treibhausgasemissions-Berechnungen auf Basis des Bauprojekts wieder nachzuführen, zu überprüfen und die Einhaltung der Zielwerte zu kontrollieren (siehe auch 31.B).
Resultat: Aktualisierte Berechnung der Treibhausgasemissionen in Erstellung und Betrieb.
- 32.C Zusätzliche Optimierungsmassnahmen im Bauprojekt (PT)

Falls die Treibhausgasemissions-Berechnungen des Bauprojekts gezeigt haben, dass der definierte Zielwert voraussichtlich überschritten wird, so hat das Projektteam Massnahmen zu dessen Einhaltung vorzuschlagen (siehe auch Schritt 31.C). Die Projektleitung entscheidet anschliessend über deren Umsetzung. Listen mit möglichen Massnahmen für Erstellung und Betrieb befinden sich im Anhang 7.

Resultat: Liste mit Optimierungsmassnahmen zur Reduktion der Treibhausgasemissionen.

33 Bewilligungsverfahren

Im Bewilligungsverfahren werden die Unterlagen für das Baugesuch sowie die Förderung erstellt und eingereicht. Als Abschluss liegen die Baubewilligung, die Förderzusagen sowie die Finanzierungszusagen vor.

- **33.A Erstellung der für die Förderung benötigten Unterlagen (PT, PL)**
Der Bund, die Kantone und die Kommunen fördern das nachhaltige Bauen mit diversen Programmen (Übersicht nach Standort: www.energiefranken.ch). In einem ersten Schritt ist abzuklären, für welche Förderprogramme sich das Projekt qualifiziert. Um Förderbeiträge zu erhalten, muss rechtzeitig ein entsprechendes Gesuch gestellt werden. Dazu sind in der Regel umfangreiche Unterlagen einzureichen. Das Planerteam muss deshalb vorgängig mit diesen Arbeiten beauftragt und die fristgerechte Erstellung durch die Projektleitung überwacht werden.
Resultat: Vollständiges Dossier mit den Unterlagen für die Förderung.
- **33.B Beantragung von Fördermitteln (PL)**
Die Einreichung des vollständigen Gesuchs erfolgt üblicherweise durch die Projektleitung. Es ist zu beachten, dass die Einholung der erforderlichen Unterschriften oft recht viel Zeit benötigt.
Resultat: Eingereichte Förderungsgesuche.

4 Ausschreibung

41 Ausschreibung, Offertvergleich, Vergabe

In der Phase Ausschreibung werden die benötigten Detailpläne und Leistungsverzeichnisse erstellt, Offerten eingeholt und verglichen, Abgebote eingeholt und die Arbeiten vergeben. Anschliessend werden die Werkverträge ausgefertigt. Ecobau empfiehlt, dazu Software zu verwenden, welche auf den bewährten Strukturen von CRB (BKP, NPK) basieren. Die ökologischen Vorgaben und Kennzeichnungen der ecoDevis sind darin bereits integriert.

- 41.A Gesetzte Ziele, Materialwahl und Regelung bei Verstössen (PL, FP)

In den Vorbedingungen zu den Leistungsverzeichnissen sind die gesetzten Zielwerte und die Verantwortung der Unternehmungen zur Wahl von treibhausgasreduzierten Varianten zu erwähnen. Zudem sollte eine Deklaration der eingesetzten Materialien und Produkte durch die Unternehmungen verlangt werden (dazu kann beispielsweise das [Produktmaterial-Deklarations-Tool](#) von ecobau verwendet werden). Ebenfalls ist das Vorgehen bei Verstössen zu definieren wie z.B. eine Pflicht zur Nachbesserung, Konventionalstrafe (falls Nachbesserung nicht oder nur mit hohem Aufwand möglich), Schadensersatz (z.B. bei Verfehlen eines Zertifikats).

Tipp: Die ecobau Instrumente [ecoBKP](#) und [ecoDevis](#) enthalten wertvolle Texte und Hinweise zum klimaschonenden Bauen.

Resultat: Textabschnitt in den projektspezifischen Vorbedingungen zur Nachhaltigkeit.

- 41.B Überprüfung der Leistungsverzeichnisse durch einen Spezialisten (FP)

Die Leistungsverzeichnisse (LV) werden oft von anderen Bauvorhaben kopiert oder es werden die «üblichen» Positionen ausgeschrieben. Um Materialien, Produkte und Verfahren mit tiefen THGE auszuscheiden, sollten in den LV nach Möglichkeit die mittels ecoDevis gekennzeichneten Positionen gewählt werden. Anschliessend sollte das LV durch eine Fachperson auf Übereinstimmung mit den vorhergehend erstellten THGE-Berechnungen kontrolliert und/oder Optimierungsvorschläge gemacht werden. Diese sind dann im Rahmen der Vergabeverhandlungen mit den Unternehmen zu besprechen.

Tipp: Die [ecoProdukte](#) stellen eine hervorragende Hilfe zur Auswahl treibhausgasreduzierter Produkte dar.

Resultat: Kurzer Prüfbericht pro Leistungsverzeichnis zu den Optimierungsmöglichkeiten der beschriebenen Leistungen.

- 41.C Nachführung und Prüfung der THGE-Berechnungen in der Ausschreibung (PT, FP)

Falls das Projekt in der Phase Ausschreibung relevante Änderungen (z.B. durch die Berücksichtigung von Unternehmervarianten) erfahren hat, so ist die Berechnung der Treibhausgasemissionen nachzuführen und zu überprüfen (siehe Schritt 31.B).

Resultat: Aktualisierte Berechnung der Treibhausgasemissionen in Erstellung und Betrieb.

5 Realisierung

51 Ausführungsprojekt

Die Pläne und Unterlagen zur Ausführung werden – sofern sie nicht bereits in einer vorhergehenden Phase erstellt wurden – ausgearbeitet, die Zahlungs- und Terminpläne für die Ausführung erstellt sowie die Dokumentation vorbereitet.

- 51.A Zusätzliche Optimierungsmassnahmen im Ausführungsprojekt (PT, PL)
Falls die Treibhausgasemissions-Berechnungen in der Ausschreibungsphase gezeigt haben, dass der definierte Zielwert voraussichtlich überschritten wird, so hat das Projektteam Massnahmen zu dessen Einhaltung vorzuschlagen (siehe auch Schritt 31.C). Die Projektleitung entscheidet anschliessend über deren Umsetzung. Listen mit möglichen Massnahmen für Erstellung und Betrieb befinden sich im Anhang 7.
Resultat: Liste mit Optimierungsmassnahmen zur Reduktion der Treibhausgasemissionen.
- 51.B Kontrolle der Ausführungsplanung auf Übereinstimmung mit bisheriger Planung (PT, FP)
In der Ausführungsplanung werden die Detaillösungen geplant. Deshalb ist zu untersuchen, ob es zwischen der bisherigen Planung und der Ausführungsplanung relevante Abweichungen gegeben hat und mit welchen Massnahmen diese aufgefangen werden können.
Resultat: Liste der Abweichungen und der möglichen Gegenmassnahmen.
- 51.C Nachführung und Prüfung der THGE-Berechnungen im Ausführungsprojekt (PT, FP)
Falls das Projekt im Ausführungsprojekt relevante Änderungen erfahren hat, so ist die Berechnung der Treibhausgasemissionen nachzuführen und zu überprüfen (siehe Schritt 31.B).
Resultat: Aktualisierte Berechnung der Treibhausgasemissionen in Erstellung und Betrieb.

52 Ausführung

Die Erstellung des Projekts erfolgt in dieser Phase. Dazu müssen die Ausführung, die Qualität, die Kosten und die Termine überwacht und die Ausführung dokumentiert werden.

- 52.A Kontrolle der Ausführung auf Übereinstimmung mit der bisherigen Planung (PT, FP)
Oft gibt es in der Ausführung Abweichungen von der Planung – beispielsweise, weil ein Produkt gerade nicht erhältlich ist. Diese Anpassungen müssen verfolgt und nötigenfalls Korrekturen vorgenommen werden - insbesondere dann, wenn der Zielwert nur knapp eingehalten werden kann (siehe auch Schritt 41.A). Die Deklarationen der eingesetzten Materialien und Produkte sind von den Unternehmungen einzufordern und durch eine Fachperson zu prüfen. Allenfalls sind zusammen mit den Unternehmungen umweltfreundlichere Varianten zu bestimmen.
Tipp: Die ecoProdukte stellen eine hervorragende Hilfe zur Auswahl geeigneter Produkte dar.
Resultat: Produktedeclaration für jedes Gewerk, Liste der Abweichungen und der Gegenmassnahmen.
- 52.B Nachführung und Prüfung der THGE-Berechnungen in der Ausführung (PT, FP)
Falls das Projekt in der Phase Ausführung relevante Änderungen erfahren hat, so ist die Berechnung der Treibhausgasemissionen - falls der Zielwert nur knapp eingehalten werden kann - nachzuführen und zu überprüfen (siehe Schritt 31.B).
Resultat: Aktualisierte Berechnung der Treibhausgasemissionen in Erstellung und Betrieb.

53 Inbetriebnahme, Abschluss

Das fertiggestellte Bauvorhaben muss vor der Übergabe an die Betreibenden ordentlich in Betrieb genommen und die Erfüllung der festgelegten Eckwerte gemäss Pflichtenheft überprüft werden.

- 53.A Zusammenstellung der Dokumentation (PT)
Die gesamten Berechnungen, Optimierungsschritte und Deklarationen sind in einem Schlussbericht zusammenzuführen. Er erlaubt den nachvollziehbaren Nachweis, dass die zu Beginn definierten Zielwerte eingehalten wurden.
Eine detaillierte Bauwerksdokumentation mit Fokus auf die Themen Unterhalt, Instandsetzung und Bauteilersatz erleichtert den ökologischen Bauwerkserhalt.
Resultat: Vollständiges Dossier zu den Treibhausgasemissionen des Projekts, Bauwerksdokumentation.
- 53.B Unterlagen für die Förderungsgesuche einreichen (PL, PT)
Viele Unterlagen für die Förderungsgesuche müssen nach Abschluss der Realisierung eingereicht werden. Es ist rechtzeitig zu kontrollieren, bis wann der Abschluss spätestens erfolgen muss, da die Fördergelder auch verfallen können.
Resultat: Rechtzeitige Einreichung der Dossiers Förderung.
- 53.C Abschlussgespräch und Prozess-Review (PL, PT)
Die Erfahrungen aus dem ganzen durchschrittenen Prozess sollten in einem gemeinsamen Abschlussgespräch diskutiert werden. Insbesondere sollten die Erkenntnisse aus dem Prozess, die positiv empfundenen Punkte sowie die zu vermeidenden Fehler kurz zusammengefasst werden, damit ein nächstes Projektteam darauf aufbauen kann.
Resultat: Liste mit Erkenntnissen, «do's» und «don'ts».

3 Anhang

Anhang 1: Grobe Abschätzung der THGE für Erstellung und Betrieb

In der Schweiz basieren die Berechnungsmethoden zu den Treibhausgasemissionen im Wesentlichen auf der Norm SIA 390/1 und ihren untergeordneten Merkblättern. Sie unterscheidet dazu die drei Bereiche Erstellung, Betrieb und Mobilität. In diesem Leitfaden werden der Einfachheit halber nur die Bereiche Erstellung und Betrieb betrachtet.

Die Erstellung umfasst die Herstellung und Errichtung, den Ersatz von Bauteilen während der Nutzung sowie den Rückbau und die Entsorgung eines Gebäudes.

Der Bereich Betrieb umfasst den Nutz- bzw. Endenergiebedarf für die Verwendungszwecke Wärme, Kälte, Lüftung, Beleuchtung, Geräte, Prozessanlagen und allgemeine Gebäudetechnik.

Die nachfolgende Tabelle dient zur groben Abschätzung der Treibhausgasemissionen in Erstellung und Betrieb zusammen für sehr frühe Projektphasen (SIA Phase 11). Die Einheit der Emissionswerte ist kg CO₂-Äquivalente pro m² Energiebezugsfläche und Jahr¹⁶.

Strategie	Wohnen		Verwaltung		Schule	
	Ambition	Bauherrschaft	Hoch	Gering	Hoch	Gering
Sanierung/Umnutzung einfach	3.0	4.0	3.5	4.5	3.5	4.5
Sanierung/Umnutzung aufwändig	4.5	6.0	5.0	6.5	5.0	6.5
Erweiterung/Aufstockung	5.5	7.0	5.5	7.5	6.0	7.5
Neubau	6.0	8.0	6.5	8.5	6.5	8.5

Tabelle 3: Treibhausgasemissionen in Erstellung und Betrieb für sehr frühe Projektphasen. Einheit: kg CO₂eq/m² EBF*a.
Quelle: eigene Berechnungen.

Bei Projekten, deren Fläche einigermaßen genau vorbestimmt werden kann, ist es möglich, den Zielwert absolut anzugeben (d.h. Multiplikation von Energiebezugsfläche mit Wert aus Tabelle, Einheit kg/a). In allen anderen Fällen sollte der Zielwert pro m² Energiebezugsfläche festgelegt werden. Er kann direkt aus der Tabelle herausgelesen werden.

Beispiel: Für die Sanierung einer bestehenden Schulanlage, die aufgrund des schlechten baulichen Zustands einen tiefen Eingriff erfordert, muss mit Treibhausgasemissionen von 5 bis 6.5 kg/m²*a gerechnet werden. Bei einer ambitionierten Zielsetzung müsste vom unteren, bei einer eher geringen Ambition vom oberen Wert ausgegangen werden.

Bei Vorhaben, welche unterschiedliche Gebäude bzw. Massnahmen umfassen, sind die Werte mit der voraussichtlichen Fläche pro Gebäude/Massnahme zu multiplizieren und durch die Gesamtfläche zu teilen.

¹⁶ Die Nutzungsdauer des Gebäudes und seiner Bauteile wird im Merkblatt SIA 2032 definiert.

Anhang 2: Abschätzung der THGE für Erstellung und Betrieb

Für eine genauere Abschätzung der Treibhausgasemissionen müssen diese in drei Schritten bestimmt werden: Erstellung der beheizten Fläche, Erstellung der unbeheizten Fläche und Betrieb.

Die nachfolgenden Tabellen erlauben, Zielwerte für Treibhausgasemissionen in frühen Projektphasen (SIA Phasen 21 und 22) für die Erstellung in Abhängigkeit des Ambitionsniveaus festzulegen. Die Treibhausgasemissionen sind für beheizte Flächen (Energiebezugsfläche EBF; Tabelle 4 bis Tabelle 6), unbeheizte Flächen (Geschossfläche GF minus EBF; Tabelle 7) und PV-Anlagen (Tabelle 8) separat zu bestimmen (Zusammenzug siehe Ende dieses Abschnitts).

Mit dem Zielwert «Tief» wird der Ausstoss von Treibhausgasen auf das heute aus technischer Sicht Machbare reduziert. Damit sind gestalterische und konstruktive Einschränkungen sowie finanzieller und zeitlicher Mehraufwand verbunden. Der Zielwert «Mittel» verursacht gegenüber dem heute üblichen Vorgehen deutlich reduzierte Emissionen (unter dem Grenzwert 1 von Minergie-ECO). Dieses Niveau ist anstrengend, aber gut machbar. Der Zielwert «Hoch» ist in etwa zwischen dem Grenzwert 1 und 2 von Minergie-ECO angesiedelt und auch von ungeübten Planungsteams gut und ohne spürbare Mehrkosten umsetzbar.

Zielwerte THGE Erstellung für beheizte Flächen von Wohngebäuden

Strategie	Bauweise	Kompaktheit	Zielwert tief	Zielwert mittel	Zielwert hoch
Sanierung / Umnutzung einfach	Holzbau	Hoch	2.5	3	4
		Tief	3	3.5	4.5
	Hybridbau	Hoch	2.5	3	4
		Tief	3	3.5	4.5
	Massivbau	Hoch	2.5	3.5	4
		Tief	3	4	4.5
Sanierung / Umnutzung aufwändig	Holzbau	Hoch	3	3.5	4
		Tief	3.5	4	4.5
	Hybridbau	Hoch	3	4	4.5
		Tief	3.5	4.5	5
	Massivbau	Hoch	3	4	4.5
		Tief	3.5	4.5	5
Erweiterung / Aufstockung	Holzbau	Hoch	4	5	6.5
		Tief	4.5	5.5	7
	Hybridbau	Hoch	4.5	6	7
		Tief	5	6.5	7.5
	Massivbau	Hoch	5	7	8
		Tief	5.5	7.5	8.5
Neubau	Holzbau	Hoch	5	6	7.5
		Tief	5.5	6.5	8
	Hybridbau	Hoch	5.5	7	8
		Tief	6	7.5	8.5
	Massivbau	Hoch	6	8	9
		Tief	6.5	8.5	9.5

Tabelle 4: Zielwerte Treibhausgasemissionen Erstellung für beheizte Flächen in Wohngebäuden. Einheit: kg CO₂eq/m² EBF*a. Quelle: eigene Berechnungen.

Zielwerte THGE Erstellung für beheizte Flächen von Verwaltungsgebäuden

Strategie	Bauweise	Kompaktheit	Zielwert tief	Zielwert mittel	Zielwert hoch
Sanierung / Umnutzung einfach	Holzbau	Hoch	3	3.5	4.5
		Tief	3.5	4	5.5
	Hybridbau	Hoch	3	3.5	4.5
		Tief	3	4	5.5
	Massivbau	Hoch	3	4	4.5
		Tief	3.5	4.5	5
Sanierung / Umnutzung aufwändig	Holzbau	Hoch	3.5	4	4
		Tief	4	4.5	4.5
	Hybridbau	Hoch	3.5	4.5	4.5
		Tief	4	5	5
	Massivbau	Hoch	3.5	4.5	5
		Tief	3.5	5	6
Erweiterung / Aufstockung	Holzbau	Hoch	4.5	6	7.5
		Tief	5	6.5	8
	Hybridbau	Hoch	5.5	7	8
		Tief	6	7.5	8.5
	Massivbau	Hoch	6	8	9
		Tief	6.5	8.5	9.5
Neubau	Holzbau	Hoch	5.5	7	8.5
		Tief	6	7.5	9
	Hybridbau	Hoch	6.5	8	9
		Tief	7	8.5	9.5
	Massivbau	Hoch	7	9	10
		Tief	7.5	9.5	10.5

Tabelle 5: Zielwerte Treibhausgasemissionen Erstellung für beheizte Flächen in Verwaltungsgebäuden. Einheit: kg CO₂eq/m² EBF*a. Quelle: eigene Berechnungen.

Zielwerte THGE Erstellung für beheizte Flächen von Schulen¹⁷

Strategie	Bauweise	Kompaktheit	Zielwert tief	Zielwert mittel	Zielwert hoch
Sanierung / Umnutzung einfach	Holzbau	Hoch	2.5	3.5	4.5
		Tief	3	4	5.5
	Hybridbau	Hoch	2.5	3.5	4.5
		Tief	3	4.5	5.5
	Massivbau	Hoch	2.5	3.5	4.5
		Tief	3	4	5
Sanierung / Umnutzung aufwändig	Holzbau	Hoch	3	3.5	4
		Tief	3.5	4	4.5
	Hybridbau	Hoch	3	4	4.5
		Tief	3.5	4	5
	Massivbau	Hoch	3	4.5	5
		Tief	3.5	5	6
Erweiterung / Aufstockung	Holzbau	Hoch	4	5.5	7.5
		Tief	4.5	6	8
	Hybridbau	Hoch	4.5	6.5	8
		Tief	5	7	8.5
	Massivbau	Hoch	5	7.5	9
		Tief	5.5	8	9.5
Neubau	Holzbau	Hoch	5	6.5	8.5
		Tief	5.5	7	9
	Hybridbau	Hoch	5.5	7.5	9
		Tief	6	8	9.5
	Massivbau	Hoch	6	8.5	10
		Tief	6.5	9	10

Tabelle 6: Zielwerte Treibhausgasemissionen Erstellung für beheizte Flächen in Schulen. Einheit: kg CO₂eq/m² EBF*a. Quelle: eigene Berechnungen.

¹⁷ Volksschulen gemäss Norm SIA 390/1.

Zielwerte THGE Erstellung für unbeheizte Flächen aller Nutzungen

Damit bei der Festlegung des Zielwerts der projektspezifische Bedarf an unbeheizter Fläche berücksichtigt werden kann, ist dieser mittels untenstehender Tabelle 7 separat zu bestimmen:

Strategie	Bauweise	Untergeschosse	Zielwert tief	Zielwert mittel	Zielwert hoch
Sanierung / Umnutzung einfach oder aufwändig	Massivbau	Eines	0.5	1	1
		Mehrere			
	Massivbau mit BGS*	Eines			
		Mehrere			
Erweiterung / Aufstockung	Massivbau	Eines	0.5	1	1
		Mehrere			
	Massivbau mit BGS*	Eines			
		Mehrere			
Neubau	Massivbau	Eines	2	2.5	3.5
		Mehrere	2.5	3	4
	Massivbau mit BGS*	Eines	3.5	4	4.5
		Mehrere	4	4.5	5

Tabelle 7: Zielwerte Treibhausgasemissionen Erstellung für unbeheizte Flächen in frühen Projektphasen. Einheit: kg CO₂eq/m² (GF-EBF)*a. *BGS: Baugrubensicherung (Spundwand, Rühlwand, Bohrpahlwand etc.). Die Werte gelten für alle Nutzungen. Quelle: eigene Berechnungen.

Zielwerte THGE Erstellung für PV-Anlagen

Da PV-Anlagen einen erheblichen Einfluss auf die THGE in Erstellung und Betrieb haben, müssen diese bei allen Nutzungen folgendermassen separat einbezogen werden:

PV-Typ	Flächenanteil an EBF	Zielwert tief	Zielwert mittel	Zielwert hoch
Alle Typen	0-2.5%	0	0	0
(Aufdach, Indach, Fassade)	2.5-7.5%	0.5	0.5	0.5
	7.5-15%	1.0	1.0	1.0
	15-25%	1.5	1.5	1.5
	25-35%	2.5	2.5	2.5

Tabelle 8: Zielwerte Treibhausgasemissionen Erstellung für PV-Anlagen in frühen Projektphasen. Einheit: kg CO₂eq/m²EBF*a. Quelle: eigene Berechnungen.

Der EBF-Anteil der PV-Anlage berechnet sich wie folgt:

$$\text{EBF-Anteil PV-Anlage} = \frac{\text{Fläche der PV-Anlage}}{\text{Energiebezugsfläche}}$$

In der Praxis beträgt die PV-Fläche voll belegter Flachdächer ca. 60-70% und bei Schrägdächern 70-90%.

Zusammenzug der Zielwerte THGE Erstellung

Der Zusammenzug der einzelnen Werte für beheizte Flächen, unbeheizte Flächen und PV-Anlagen zum Zielwert (ZW) Erstellung erfolgt folgendermassen:

$$\text{ZW Erstellung} = \frac{(\text{EBF} * \text{ZW beheizte Fläche}) + ((\text{GF} - \text{EBF}) * \text{ZW unbeheizte Fläche}) + \text{EBF} * \text{ZW PV-Anlage}}{\text{EBF}}$$

EBF: Energiebezugsfläche; GF: Geschossfläche

Falls die Flächen noch nicht ausreichend genau bestimmt werden können, sind die voraussichtlichen Flächenanteile an Stelle der Flächen einzusetzen.

Beispiel: Ein Neubau eines kompakten dreigeschossigen Verwaltungsgebäudes, das als Holzbau erstellt werden soll, besitzt eine EBF von 2'000 m² und eine GF von 2'800 m². Das Untergeschoss besitzt zwei Stockwerke und die Baugrube muss mit einer Baugrubensicherung erstellt werden. Die PV-Anlage belegt rund 70% der Dachfläche von 700 m² (D.h. der EBF-Anteil der PV-Anlage beträgt 70% * 700m² / 2000m² = 24.5%). Die Bauherrschaft strebt einen mittleren Zielwert (ZW) an.

Zielwert Erstellung =

$$\frac{(2000\text{m}^2 * 7\text{kg/m}^2*\text{a}) + ((2800\text{m}^2 - 2000\text{m}^2) * 4.5\text{kg/m}^2*\text{a}) + (2000\text{m}^2 * 1.5\text{kg/m}^2*\text{a})}{2000\text{m}^2} = 10.3 \text{ kg/m}^2*\text{a}$$

Zielwerte THGE Betrieb

Die nachfolgenden Tabellen erlauben, in frühen Projektphasen (SIA Phasen 21 und 22) Zielwerte für Treibhausgasemissionen im Betrieb festzulegen. Bei Projekten mit mehreren unterschiedlichen Teilen (z.B. Bestand und Sanierung) sind die Zielwerte anhand ihrer Flächenanteile zu verrechnen.

Wichtige Einflussgrößen für die Emissionen im Betrieb sind die Kompaktheit des Gebäudes, die energetische Qualität der Gebäudehülle, die Effizienz der Gebäudetechnik und die Grösse der PV-Anlage.

Die von einer PV-Anlage produzierte Energie besitzt einen grossen Einfluss auf die THGE im Betrieb. Dabei ist es entscheidend, wie gross das Verhältnis zwischen PV-Fläche und EBF ist. Es ist wesentlich von der Geschossigkeit abhängig und beispielsweise bei Hochhäusern wesentlich geringer als bei eingeschossigen Pavillons. Die grauen Emissionen der PV-Anlage werden in der Erstellung eingerechnet. Aufgrund der bei grossen Anlagen positiven Elektrizitäts-Bilanz des Gebäudes resultieren in den unten stehenden Tabellen teilweise negative Werte.

Beispiel: Schule mit 1'500 m² unsaniertem Bestand 25-80a (ohne PV) und 1'000 m² Erweiterung mit Minergie-P-Zertifizierung (10% PV), es wird ein mittlerer Zielwert angestrebt:

$$\text{Zielwert Betrieb für Projekt} = \frac{(6.0\text{kg/m}^2\cdot\text{a} * 1'500\text{m}^2) + (-0.5\text{kg/m}^2\cdot\text{a} * 1'000\text{m}^2)}{(1'500\text{m}^2 + 1'000\text{m}^2)} = 3.4\text{kg/m}^2\cdot\text{a}$$

Die Zielwerte für Erstellung und Betrieb zusammen werden durch Addition der Werte für Erstellung (beheizte und unbeheizte Fläche, Zusammenzug siehe Text über Tabelle 7) und Betrieb gebildet:

Zielwert Erstellung und Betrieb = Zielwert Erstellung + Zielwert Betrieb

Beispiel: (Werte aus vorstehendem Beispiel, Erweiterung kompakter Holzbau mit 1'500m² GF)

$$\text{Zielwert Erstellung für Projekt} = \frac{(6.5\text{kg/m}^2\cdot\text{a} * 1'000\text{m}^2) + (1.0\text{kg/m}^2\cdot\text{a} * 500\text{m}^2)}{1'000\text{m}^2} = 7.0\text{kg/m}^2\cdot\text{a}$$

$$\text{Zielwert Erstellung und Betrieb für Projekt} = 7.0\text{kg/m}^2\cdot\text{a} + 3.4\text{kg/m}^2\cdot\text{a} = 10.4\text{kg/m}^2\cdot\text{a}$$

Zielwerte THGE Betrieb für Wohngebäude

Strategie	Energet. Zustand Gebäude, Alter	PV-Fläche/ EBF	Zielwert tief	Zielwert mittel	Zielwert hoch
Bestand	Unsaniert, >80a	>10%	1.5	4.5	5.5
		0-10%	3.5	6.5	7.5
		0%	4.5	7.5	8.5
	Unsaniert, 25-80a	>10%	2.0	5.0	6.0
		0-10%	4.0	7.0	8.0
		0%	5.0	8.0	9.0
	Unsaniert, <25a	>10%	-0.5	2.0	3.0
		0-10%	2.5	4.5	5.5
		0%	4.5	6.5	8.0
	Saniert in den letzten 10 Jahren	>20%	-2.5	-1.5	0.0
		0-20%	0.5	1.5	3.0
		0%	3.5	4.5	6.5
Sanierung	Eingriffstiefe niedrig	>35%	-2.5	-1.5	0.0
		20-35%	0.5	1.5	3.0
		<20%	3.5	4.5	6.5
	Eingriffstiefe mittel	>35%	-3.0	-2.0	-0.5
		20-35%	0.0	1.0	2.5
		<20%	3.0	4.0	6.0
	Eingriffstiefe hoch	>35%	-5.0	-4.0	-2.5
		20-35%	-2.5	-1.5	0.5
		<20%	0.5	1.5	3.5
Neubau / Erweiterung / Aufstockung	Standard	>35%	-5.0	-4.0	-2.5
		20-35%	-2.5	-1.5	0.5
		<20%	0.5	1.5	3.5
	Minergie	>35%	-5.0	-4.0	-2.5
		20-35%	-2.5	-1.5	0.5
		<20%	0.5	1.5	3.5
	Minergie-P	>35%	-5.5	-4.5	-3.0
		20-35%	-3.0	-2.0	0.0
		<20%	0.0	1.0	3.0

Tabelle 9: Zielwerte Treibhausgasemissionen Betrieb für beheizte Flächen in Wohngebäuden. Einheit: kg CO₂eq/m² EBF*a. Quelle: eigene Berechnungen.

Zielwerte THGE Betrieb für Verwaltungsgebäude

Strategie	Energet. Zustand Gebäude, Alter	PV-Fläche/ EBF	Zielwert tief	Zielwert mittel	Zielwert hoch	
Bestand	Unsaniert, >80a	>10%	3.0	6.0	7.0	
		0-10%	5.0	8.0	9.0	
		0%	6.0	9.0	10.0	
	Unsaniert, 25-80a	>10%	3.5	6.5	7.5	
		0-10%	5.5	8.5	9.5	
		0%	6.5	9.5	10.5	
	Unsaniert, <25a	>10%	2.0	4.0	5.0	
		0-10%	4.0	6.0	7.5	
		0%	6.0	8.0	9.5	
	Saniert in den letzten 10 Jahren	>20%	0.0	1.0	2.5	
		0-20%	2.5	3.5	5.0	
		0%	5.5	6.5	8.5	
	Sanierung	Eingriffstiefe niedrig	>35%	0.0	1.0	2.5
			20-35%	2.5	3.5	5.0
			<20%	5.5	6.5	8.5
Eingriffstiefe mittel		>35%	-0.5	0.5	2.0	
		20-35%	2.0	3.0	4.5	
		<20%	5.0	6.0	8.0	
Eingriffstiefe hoch		>35%	-2.5	-1.5	0.0	
		20-35%	0.0	1.0	3.0	
		<20%	3.0	4.0	6.0	
Neubau / Erweiterung / Aufstockung	Standard	>35%	-2.5	-1.5	0.0	
		20-35%	0.0	1.0	3.0	
		<20%	3.0	4.0	6.0	
	Minergie	>35%	-3.0	-2.0	-0.5	
		20-35%	-0.5	0.5	2.5	
		<20%	2.5	3.5	5.5	
	Minergie-P	>35%	-3.5	-2.5	-1.0	
		20-35%	-0.5	0.5	2.5	
		<20%	2.5	3.5	5.5	

Tabelle 10: Zielwerte Treibhausgasemissionen Betrieb für beheizte Flächen in Verwaltungsgebäuden. Einheit: kg CO₂eq/m² EBF*a. Quelle: eigene Berechnungen.

Zielwerte THGE Betrieb für Schulen

Strategie	Energet. Zustand Gebäude, Alter	PV-Fläche/ EBF	Zielwert tief	Zielwert mittel	Zielwert hoch
Bestand	Unsaniert, >80a	>10%	-3.0	0.0	1.0
		0-10%	0.0	3.0	4.0
		0%	2.5	5.5	6.5
	Unsaniert, 25-80a	>10%	-2.5	0.5	1.5
		0-10%	0.5	3.5	4.5
		0%	3.0	6.0	7.0
	Unsaniert, <25a	>10%	-3.5	-1.5	0.0
		0-10%	-0.5	2.0	3.0
		0%	2.5	4.5	6.0
	Saniert in den letzten 10 Jahren	>20%	-4.0	-3.0	-1.5
		0-20%	-1.0	0.0	1.5
		0%	2.0	3.0	5.0
Sanierung	Eingriffstiefe niedrig	>35%	-4.0	-3.0	-1.5
		20-35%	-1.0	0.0	1.5
		<20%	2.0	3.0	5.0
	Eingriffstiefe mittel	>35%	-4.5	-3.5	-2.0
		20-35%	-1.5	-0.5	1.0
		<20%	1.5	2.5	4.5
	Eingriffstiefe hoch	>35%	-6.0	-5.0	-3.5
		20-35%	-3.5	-2.5	-0.5
		<20%	-0.5	0.5	2.5
Neubau / Erweiterung / Aufstockung	Standard	>35%	-6.0	-5.0	-3.5
		20-35%	-3.5	-2.5	-0.5
		<20%	-0.5	0.5	2.5
	Minergie	>35%	-6.5	-5.5	-4.0
		20-35%	-4.0	-3.0	-1.0
		<20%	-1.0	0.0	2.0
	Minergie-P	>35%	-7.0	-6.0	-4.5
		20-35%	-4.5	-3.5	-1.5
		<20%	-1.5	-0.5	1.5

Tabelle 11: Zielwerte Treibhausgasemissionen Betrieb für beheizte Flächen in Schulen. Einheit: kg CO₂eq/m² EBF*a. Quelle: eigene Berechnungen.

Anhang 3: Tools zur Berechnung der THGE

Die Berechnung der Treibhausgasemissionen erfolgt in der Regel mit einem Ökobilanztool. Die verwendete Berechnungsmethode ist im Merkblatt SIA 2032 beschrieben¹⁸.

Die folgenden Tools eignen sich zur Berechnung der Treibhausgasemissionen und der Grauen Energie von Bauprojekten (Unvollständige Auswahl, eine aktuelle Liste der durch ecobau akkreditierten¹⁹ Ökobilanztools befindet sich [hier](#)):

Name	Bereich	Phasen	Lizenz	Link
Enerweb	Erstellung, Betrieb	31-52	Miete	www.enerweb.ch
Greg	Erstellung	31-52	Kauf	https://www.energiekonzepte.ch/greg/
Lesosai	Erstellung, Betrieb	31-52	Kauf	www.lesosai.ch
THERMO	Erstellung, Betrieb	31-52	Kauf	www.thermo-bauphysik.ch
vyn	Erstellung, Betrieb	31-52	Miete	www.vyn.tech
Ecotool*	Erstellung, Betrieb	31-52	Kostenlos	www.ecotool.org
Minergie*	Erstellung	31-32	Kostenlos	www.minergie.ch
SIA 2040*	Erstellung, Betrieb	31-32	Miete	www.energytools.ch

Tabelle 12: Tools zur Berechnung der Treibhausgasemissionen und der Grauen Energie.

Die mit * bezeichneten Tools sind noch NICHT von ecobau akkreditiert und für den detaillierten Nachweis bei Minergie-ECO- bzw. SNBS-Projekten noch nicht zugelassen. Quelle: Website ecobau, ergänzt.

Anhang 4: Häufige Fehler in der Gebäudeökobilanzierung

In einer Studie der FHNW wurden diverse Probleme in der Gebäude-Ökobilanzierung beschrieben. Im Zusammenhang mit den Berechnungen wurden folgende Punkte erwähnt (nicht abschliessende Aufzählung):

- Fehlende Bauteile
- Fläche der Bauteile falsch bzw. abweichend von Energienachweis oder Planmodell
- Aufbau der Bauteile unvollständig (z.B. Aussenbekleidung fehlt, da für U-Wert irrelevant)
- Mengenannahmen falsch (z.B. bei überlappenden Bekleidungen/Deckungen)
- Mengen stimmen mit der funktionalen Einheit nicht überein (z.B. Angabe in m² statt m¹)
- Amortisationszeiten stimmen nicht mit den Vorgaben in Merkblatt SIA 2032 überein
- Dimension falsch (z.B. Kommafehler, Einheitenfehler; vor allem bei dünnen Schichten)
- Raumgewicht falsch (vor allem bei Dämmungen)
- Stahlbeton: Armierung vergessen oder zu tiefer Armierungsgehalt (vor allem bei Unterzügen, Stützen, Spannbeton etc.)
- Gebäudetechnik: fehlende Komponenten (z.B. PV-Anlagen, Lüftungsanlagen, Wärmeverteilung)
- Erneuerungen: neue Schichten werden als bestehend definiert (oder umgekehrt)

¹⁸ Zwischen der Berechnung für den SIA Klimapfad (Norm SIA 390/1) und derjenigen von Minergie-Eco (sowie SNBS Hochbau, SGNi etc.) gibt es Unterschiede, die hauptsächlich die unbeheizten Flächen und die Solaranlagen betreffen.

¹⁹ Von ecobau akkreditierte Ökobilanztools wurden hinsichtlich korrekter Implementierung der Berechnungsmethodik, Aktualität der verwendeten Daten und Lesbarkeit der generierten Resultate geprüft.

Anhang 5: Benötigte Mengen an Primär- oder Sekundärmaterialien

Je nach Bauweise und Nutzung werden unterschiedliche Materialmengen benötigt. Für eine grobe Abschätzung der benötigten Mengen je nach Bauweise und Gebäudenutzung dient die untenstehende Tabelle 13.

Bauweise	Material	Ungefährer Bedarf		
		MFH [m ³ /m ² EBF]	Verwaltung [m ³ /m ² EBF]	Schule [m ³ /m ² EBF]
Reiner Holzbau, schwer	Holz	0.46	0.58	0.57
Reiner Holzbau, leicht	Holz	0.33	0.45	0.47
Holz-Beton-Hybridbau	Holz	0.12	0.20	0.20
Lehmbau schwer	Lehm	0.79	1.00	0.92
	Holz	0.11	0.13	0.16
Lehmbau leicht	Lehm	0.20	0.24	0.18
	Holz	0.25	0.29	0.33
Strohbau lasttragend	Stroh	0.26	0.47	0.46
	Lehm	0.18	0.22	0.16
	Holz	0.23	0.26	0.30
Strohbau nicht tragend	Stroh	0.17	0.24	0.24
	Lehm	0.18	0.22	0.16
	Holz	0.26	0.31	0.33

Tabelle 13: Benötigte Mengen an Primär- oder Sekundärmaterialien. Quelle: eigene Berechnungen.

Anleitung: Die voraussichtliche Energiebezugsfläche ist mit den Werten aus der Tabelle 13 zu multiplizieren. Das Resultat entspricht der benötigten absoluten Materialmenge in m³.

Beispiel: Lehmbau leicht, Verwaltungsgebäude mit 1'800 m² Energiebezugsfläche.

Lehm: $0.24 * 1'800 = 430 \text{ m}^3$ (gerundet)

Holz: $0.29 * 1'800 = 520 \text{ m}^3$ (gerundet)

Anhang 6: Vorlaufzeit für die Beschaffung lokaler Materialien

Materialien aus lokalen Vorkommen besitzen einige Vorteile: Lange Transportwege entfallen, die Kosten sind meist geringer und die Herkunft sowie die Verarbeitungsprozesse sind bekannt. Allerdings braucht die Bereitstellung der Materialien vor allem bei grösseren Mengen eine Vorlaufzeit. Diese kann der nachfolgenden Tabelle 14 entnommen werden.

Material	Arbeitsschritte	Menge [m ³]	Ungefähre Vorlaufzeit vor Baubeginn [Monate]
Holz ²⁰	Forstliche Planung	0-200	30
	Holzschlag	200-500	31
	Aufsägen u. Verarbeitung	500-1'000	33
	Holztrocknung	>1'000	46 ²¹
	Transport		
Lehm ²²	Bodengutachten	0-200	10
	Vorbereitung Verarbeitung	200-500	13
	Aushub und Lagerung	500-1'000	20
	Verarbeitung und Trocknung	>1'000	26
	Wetterbedingte Wartezeit Transport von Fremdmaterial		
Stroh	Planung und Reservation	0-200	8
	Wartezeit bis zur Lieferung Transport	200-500	9
		500-1'000	12
	Lagerung	>1'000	24 ²³

Tabelle 14: Benötigte Vorlaufzeit für Materialien aus lokalen Vorkommen. Quelle: ecobau.

Bei Bauvorhaben, für welche eine Kombination von Materialien vorgesehen ist, muss der grössere der beiden Werte aus der oben stehenden Tabelle 14 verwendet werden.

Beispiel: Lehmhaus leicht, Verwaltungsgebäude mit 1'800 m² Energiebezugsfläche.

Lehm: 430 m³ -> 13 Monate

Holz: 520 m³ -> 31 Monate

Der Start zur Beschaffung des lokalen Materials muss also ungefähr 31 Monate vor Baubeginn erfolgen.

²⁰ Annahmen: Holzschlag im nächsten Winter, Wartezeit wird zur forstlichen Planung genutzt. Lufttrocknung der gesägten Querschnitte (ca. 18 Monate für grosse Querschnitte).

²¹ Bei sehr grossen Holzmengen muss der Holzschlag zur lokalen Beschaffung in zwei verschiedenen Jahren erfolgen.

²² Annahme: Lehm überwiegend aus eigener Baugrube, d.h. nur geringe Mengen müssen zugeführt werden.

²³ Bei sehr grossen Strohmenngen muss die Ernte zur lokalen Beschaffung in zwei verschiedenen Jahren erfolgen.

Anhang 7: Optimierungsmassnahmen für Erstellung und Betrieb

Massnahme	Phasen SIA 112				
	1	2	3	4	5
Flächen bzw. Volumen der Raumbestellung kritisch hinterfragen, nur zwingend notwendige Räume (ohne Reserve) ins Raumprogramm aufnehmen und Konzept für eine allfällige Erweiterung erstellen					
Anforderungen an die Räume (Schallschutz, Brandschutz, Temperatur/Feuchte, Ausrüstung Gebäudetechnik etc.) kritisch hinterfragen					
Synergien im Raumprogramm schaffen, um Raumbedarf zu minimieren (z.B. Mensa und Aula, Aufenthaltsraum und Besprechung kombinieren)					
Kompaktheit maximieren (Minimierung von Vor- und Rücksprüngen in der Gebäudehülle etc.)					
Effiziente Flächen- und Raumnutzung (Minimierung von Verkehrs-, Funktions- und Konstruktionsflächen)					
Untergeschossvolumen minimieren (Park-, Lager-, Archivflächen etc.)					
Baugrubensicherungen minimieren (Bohrpfahl- u. Spundwände etc.)					
Minimierung von Spezialfundationen (Pfählungen etc.)					
Angemessener Fensteranteil (Wohnen: <45%, Verwaltung/Schule: <35%)					
Direkte Lastableitung über alle Geschosse (keine Lastverteildecken, keine grossen Räume im EG)					
Wahl von an die Nutzung (und möglichen Umnutzungen) angepassten Spannweiten (Wohnen ca. 6m, Verwaltung und Schulen ca. 7.5m)					
Synergien bezüglich Anforderungen an Bauteile schaffen (z.B. Schallschutz, Brandschutz und thermische Masse in massiver Trennwand kombiniert)					
Einfache und möglichst wenige Konstruktionsprinzipien verwenden					
Guter Witterungsschutz der Fassaden (Vordächer, Sockelausbildung) oder witterungsbeständige Materialien					
Einsatz von wiederverwendeten Bauteilen (Stahlträger, Holzbalken, Betonstützen und -platten, Fenster etc.)					
Ersatz von Stahl- und Betonbauteilen durch Bauteile aus nachwachsenden oder lokal vorhandenen, unverarbeiteten Rohstoffen (Holz, Lehm, Stroh, Naturstein etc.)					
Ersatz von verleimten Holzprodukten (Brettschichtholz, Sperrholz, MDF etc.) durch unverleimte oder wenig verleimte Holzprodukte (Massivholz, Duobalken, keilverzinkte Massivhölzer, 3-Schicht-Platten)					
Minimierung von Kunststoffprodukten u. zementgebundenen Baustoffen					
Verzicht auf Putze, Verkleidungen, abgehängte Decken, Anstriche etc.					
Wahl von Produkten mit Nachhaltigkeitslabel (z.B. eco 1, eco 2)					

Tabelle 15: Mögliche Massnahmen zur Reduktion der Treibhausgasemissionen in der Erstellung. Dunkelgraue Flächen kennzeichnen ein hohes, hellgraue Flächen ein mittleres Potential. Quellen: SIA 390/1, ecobau.

Massnahme	Phasen SIA 112				
	1	2	3	4	5
Kompakte thermische Gebäudehülle, Gruppierung der Räume entsprechend ihrer Raumtemperatur					
Gebäudehülle mit hoher durchgehender Dämmdicke und konsequenter Vermeidung von Wärmebrücken (z. B. Kragplattenanschlüsse)					
Nutzung von natürlichen Prinzipien für Lüftung, Kühlung und Befeuchtung					
Wärme- und Kälteversorgung ausschliesslich mit erneuerbarer Energie					
Nutzung von geeigneten nicht begehbaren Dachflächen und allenfalls von Fassadenflächen für Photovoltaik-Anlagen					
Hocheffiziente Haustechnik-, Transport- und Beleuchtungsanlagen					
Konsequente Nutzung von anfallender Abwärme (EDV-Anlagen, gewerbliche Kälteanlagen, Abwasser, benachbarte Produktionsbetriebe etc.)					

Tabelle 16: Mögliche Massnahmen zur Reduktion der Treibhausgasemissionen im Betrieb. Dunkelgraue Flächen kennzeichnen ein hohes, hellgraue Flächen ein mittleres Potential. Quellen: SIA 390/1, ecobau.

Anhang 8: Beispieldarstellung der Gebäudeökobilanz-Ergebnisse

Die Darstellung der Gebäudeökobilanz-Ergebnisse sollte möglichst einfach und klar sein. Eine Unterteilung in Erstellung und Betrieb ist sinnvoll, da bei Bauten der öffentlichen Hand die Kosten für die beiden Teile in der Regel bei unterschiedlichen Einheiten anfallen.

Bei Vorhaben, deren Raumprogramm fix bestimmt werden kann und keine grösseren Abweichungen erwünscht sind, kann der Vergleich absolut (in kg CO₂eq/a) erfolgen. Bei allen anderen Vorhaben sollte er auf die Energiebezugsfläche bezogen werden.

Unten stehend ein Beispiel für einen Vergleich der Treibhausgasemissionen verschiedener Wettbewerbsprojekte.

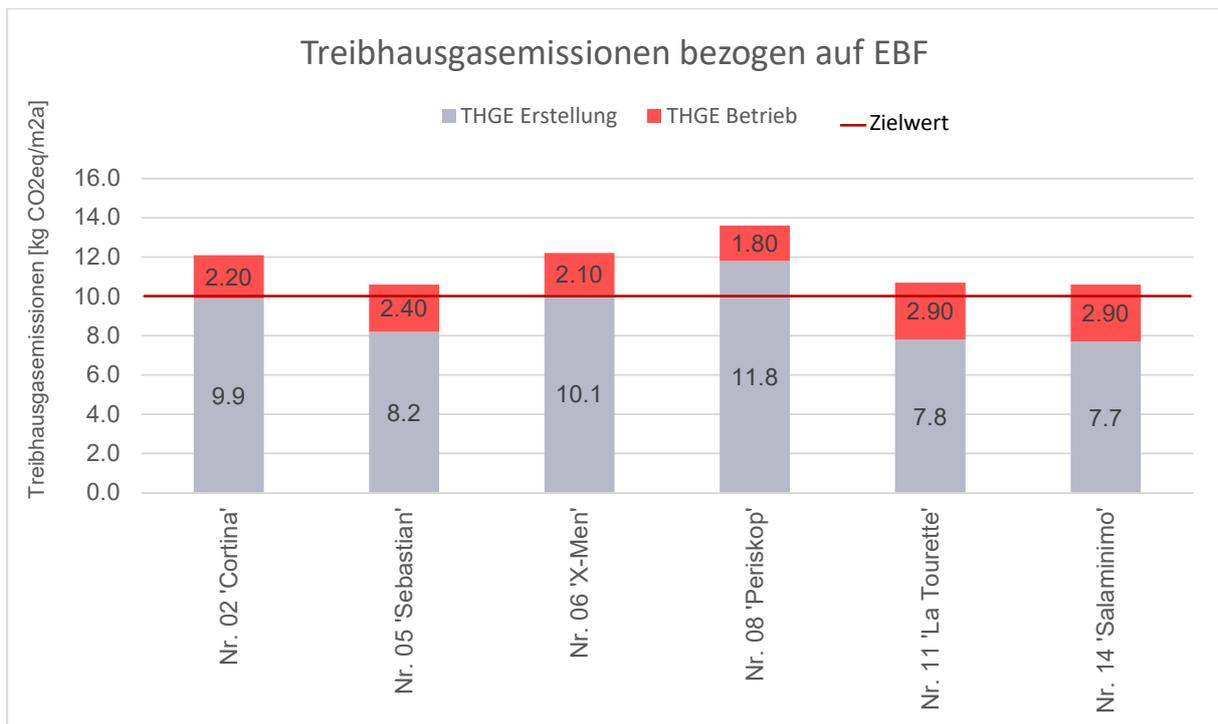


Abbildung 3: Grafische Darstellung der Treibhausgasemissionen in Erstellung und Betrieb für verschiedene Projekte sowie angestrebter Zielwert. Bezugsgrösse ist die Energiebezugsfläche. Quelle: intep sg gmbh.

Eine übersichtliche Darstellung der Ökobilanzergebnisse für ein einzelnes Projekt ist im [«Reglement zur Akkreditierung von Ökobilanz-Software für die Berechnung der Grauen Energie und THGE von Gebäuden für den Zusatz ECO»](#) beschrieben.

Anhang 9: Texte und Hilfsmittel für Teilnehmende in Auswahlverfahren

Nachhaltigkeitsziele der Bauherrschaft

Die Bauherrschaft ist einer nachhaltigen Bauweise verpflichtet. Neben einer hohen städtebaulichen und architektonischen Qualität hat das Gebäude eine langlebige Struktur, die über mehrere Generationen genutzt und weiterverwendet werden kann.

Die Emission von Treibhausgasen muss sowohl in der Erstellung als auch im Betrieb minimiert werden. Die Bauherrschaft hat deshalb dazu einen Grenzwert von X.X kg Treibhausgas/m² EBF festgelegt.

Hohe Nutzungsflexibilität

Im Neubau ist mit einem geschickt gewählten statischen Raster zu gewährleisten, dass die Strukturen flexibel genutzt werden können. Grosszügige Raumhöhen schaffen gute Bedingungen für eine vielfältige Raumnutzung, die natürliche Belichtung und ein angenehmes Raumklima. Eine konsequente Trennung von Bauteilen mit unterschiedlichen Nutzungszeiten (Systemtrennung) ermöglicht nachträgliche Anpassungen ohne unnötigen Rückbau von Bausubstanz und erlaubt die spätere Wiederverwendung (design to disassemble). Entsprechend sollen keine Heizungs-, Lüftungs- oder Abwasserleitungen in die Decken eingelegt werden. Ausreichend grosse, zentral gelegene, zugängliche Installationsschächte lassen zudem die flexible Erschliessung der Hauptnutzräume zu.

Hohe Nutzungsdichte

Je weniger gebaut werden muss, umso geringer sind die Umweltbelastungen, der Ressourcenverbrauch und die Kosten. Deshalb ist eine hohe Nutzungsdichte und Nutzungsintensität (z. B. mit Nutzungsüberlagerungen) anzustreben. Das Projekt soll eine effiziente innere Organisation (wenig Verkehrs-, Funktions- und Konstruktionsflächen) aufweisen.

Tiefe Technisierung und einfache Gebäudetechnik

Hochtechnisierte Lösungen zur Kontrolle des Raumklimas sind ressourcenintensiv und führen zu hohen Aufwendungen in Betrieb und Unterhalt. Aus diesem Grund soll im Projekt mit möglichst geringem technischem und energetischem Aufwand ein gutes Raumklima erzielt werden.

Es sind deshalb natürliche Be- und Entlüftungsprinzipien sowie eine witterungsgeschützte Nachtauskühlung zu prüfen. Damit verbundene Auswirkungen (z.B. Atrien, Innenhöfe, Schächte) sind in die volumetrische Gestaltung einzubeziehen. Fossile Energieträger sind nicht zulässig. Auf eine aktive Kühlung mit Kältemaschinen (ausgenommen in Kombination mit Sole-Wasser-Wärmepumpen) ist möglichst zu verzichten.

Das Installationskonzept ist so zu gestalten, dass auf sich verändernde Nutzungsbedürfnisse reagiert werden kann.

Tiefe Umweltbelastung in der Erstellung

Um den von der Bauherrschaft festgelegten Grenzwert einhalten zu können, sind folgende Massnahmen zu erwägen:

- Effiziente Flächen- und Raumnutzung (Minimierung von Verkehrs-, Funktions- und Konstruktionsflächen)
- Minimierung des Untergeschossvolumens (Parkgaragen etc.)
- Minimierung von Baugrubensicherungen (Bohrpfahlwände, Spundwände etc.)
- Minimierung von Spezialfundationen (Pfählungen etc.)
- Maximierung der Kompaktheit (Minimierung von Vor- und Rücksprüngen in der Gebäudehülle etc.)
- Konsequente Führung des Dämmperimeters ohne Schwachstellen und in genügender Dicke (Minimierung von Wärmebrücken wie z.B. Kragplattenanschlüsse)
- Angemessener Fensteranteil (Wohnen: <45%, Verwaltung/Schule: <35%; Achtung: bei Südfassaden kann auch ein kleinerer Anteil bereits zu Überwärmung führen)

- Direkte Lastableitung über alle Geschosse (keine Lastverteildecken, keine grossen Räume im EG)
- Wahl von an die Nutzung (und möglichen Umnutzungen) angepassten Spannweiten (Wohnen ca. 6m, Verwaltung und Schulen ca. 7.5m)
- Guter Witterungsschutz der Fassaden (Vordächer, Sockelausbildung) oder witterungsbeständige Materialien
- Ersatz von Stahl- und Betonbauteilen durch Bauteile aus nachwachsenden oder lokal vorhandenen, unverarbeiteten Rohstoffen (Holz, Lehm, Stroh, Naturstein etc.)

Tiefe Umweltbelastung im Betrieb

Um die von der Bauherrschaft festgelegten Grenzwerte einhalten zu können, sind folgende Massnahmen zu erwägen:

- Kompakte thermische Gebäudehülle, Gruppierung der Räume entsprechend ihrer Raumtemperatur
- Gebäudehülle mit hoher durchgehender Dämmdicke und konsequenter Vermeidung von Wärmebrücken (z. B. Kragplattenanschlüsse)
- Wärmeeinträge ausserhalb der Heizperiode minimieren (siehe auch Fensteranteil)
- Nutzung von natürlichen Prinzipien für Lüftung und Kühlung
- Wärme- und Kälteversorgung mittels erneuerbarer Energie
- Hocheffiziente Haustechnik-, Transport- und Beleuchtungsanlagen
- Konsequente Nutzung von anfallender Abwärme (EDV-Anlagen, gewerbliche Kälteanlagen, Abwasser etc.)
- Nutzung von nicht begehbaren Dachflächen und allenfalls von Fassadenflächen für Photovoltaik-Anlagen