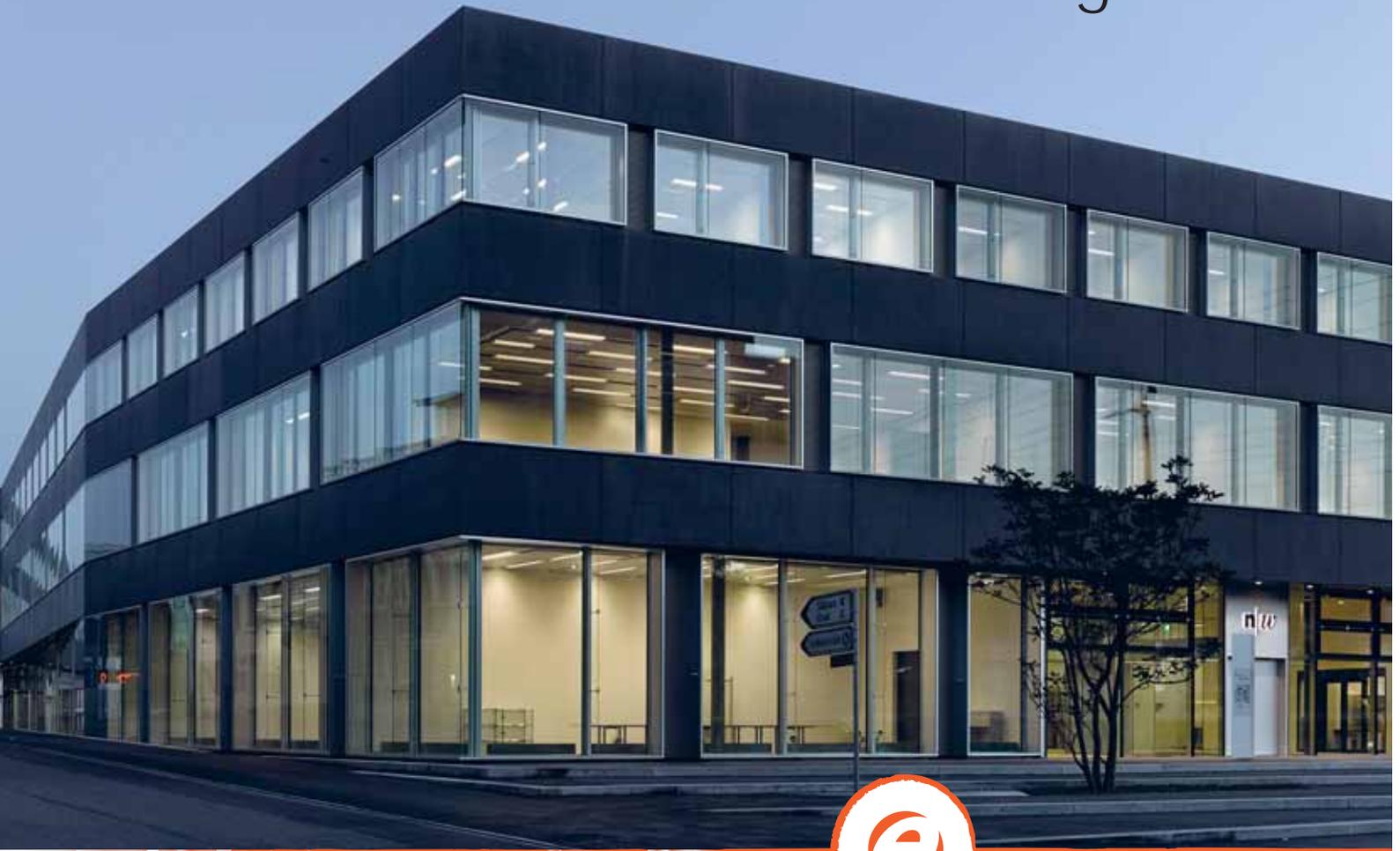


Gugerli | Lenel | Sintzel  
Gesund und  
ökologisch bauen  
mit Minergie-Eco



energieschweiz.ch

## Neubau

Kapitel	Ausschlusskriterium, Vorgabe		Folge			Zuständigkeit
	Nr.	Thema	Investition	Folgekosten	Bauprozess	
2. Tageslicht	Nachweis	Tageslicht-Tool				Architekt, Fachplaner
3. Schallschutz	NS01	Gebäudehülle				Bauphysiker
	NS02	Gebäudehülle: Erhöhte Anforderungen	↑			Bauphysiker
	NS03	Zwischen Nutzungseinheiten				Bauphysiker
	NS04	Zwischen Nutzungseinheiten: Erhöhte Anforderungen	↑			Bauphysiker
	NS05	Haustechnische Anlagen: Anforderungsniveau 1				HLKS-Planer
	NS06	Haustechnische Anlagen: Anforderungsniveau 2	↑			HLKS-Planer
	NS07	Innerhalb Nutzungseinheit: Stufe 1				Bauphysiker
	NS08	Innerhalb Nutzungseinheit: Stufe 2	↑			Bauphysiker
	NS09	Raumakustik				Bauphysiker
	NS10	Aufenthaltsbereiche im Aussenbereich				Bauphysiker
	NS11	Beizug Fachperson Schallschutz			👤	Architekt
4. Innenraumklima	NA01	Schadstoffe in Gebäuden: Gebäudevoruntersuchung	↑		👤	Architekt**
	NA02	Chemischer Holzschutz in Innenräumen				Architekt**
	NA03	Mit Biozid ausgerüstete Produkte in beheizten Innenräumen				Architekt**
	NA04	Formaldehyd-Emissionen aus Baumaterialien	↑			Architekt**
	NA07	Raumluftmessungen: Formaldehyd	↑		👤	Architekt
	NA08	Lösemittel-Emissionen aus Bau- und Hilfsstoffen			⌚	Architekt**
	NA14	Raumluftmessungen: TVOC	↑		👤	Architekt
	NI01*	Entfernen schadstoffhaltiger Bauteile	↑		⌚	Architekt**
	NI02	Rauchen im Gebäude				Architekt
	NI03	Rauchen ausserhalb Gebäude				Architekt
	NI04	Glatte Bodenbeläge				Architekt**
	NI05	Lungengängige Fasern				Architekt**
	NI06	Lüftungsanlagen: Reinigungsfähigkeit luftführender Bauteile		↓		Lüftungsplaner
	NI07	Lüftungsanlagen: Einregulierung Luftmengen Konzept				Lüftungsplaner
	NI08	Lüftungsanlagen: Einregulierung Luftmengen Umsetzung				Lüftungsplaner
	NI09	Lüftungsanlagen: Anordnung Aussen-/Fortluft				Lüftungsplaner
	NI10	Lüftungsanlagen: Keine Luftkonditionierung	↓	↓		Lüftungsplaner
	NI11	Legionellen: Temperatur im Leitungssystem				Sanitärplaner
	NI12	Legionellen: Temperatur im Warmwasserspeicher				Sanitärplaner
	NI13	Legionellen: Leitungen und Armaturen				Sanitärplaner
	NI14	Legionellen: Kühltürme oder Nass-Rückkühler				Sanitärplaner
	NI15	Radon: Analyse der Belastung				Architekt
	NI16	Radon: Massnahmen zur Reduktion der Belastung	↑			Architekt
	NI17	Nichtionisierende Strahlung: Zonenplan				Elektroplaner
	NI18	Nichtionisierende Strahlung: Hauptleitungen				Elektroplaner
	NI19	Nichtionisierende Strahlung: Einführung Werkleitungen				Elektroplaner
NI20	Nichtionisierende Strahlung: Konzept Erdungsanlage				Elektroplaner	
NI21	Nichtionisierende Strahlung: Verlegung von Leitungen				Elektroplaner	
NI22	Auslüftung nach Fertigstellung			⌚	Architekt	
NI23	Raumluftmessungen CO <sub>2</sub>	↑		👤	Architekt	
NI25*	Raumluftmessungen Radon			👤	Architekt	
NI26	Abnahmemessung nichtionisierende Strahlung	↑		👤	Elektroplaner	

## Modernisierung

4. Innenraumklima	MA14	Raumluftmessungen: Radon			👤	Architekt
	MA15	Sanierung von schadstoffhaltigen Bauteilen und Anlagen	↑↑		⌚	Architekt**
	MI27	Bestehende Lüftungsanlagen: Inspektion			👤	Lüftungsplaner
	MI28	Bestehende Lüftungsanlagen: Sanierung	↑			Lüftungsplaner

## Legenden

Kriterien-Nr.: ■ = Ausschlusskriterium (A); ■ = Vorgabe; N = Neubau; M = Modernisierung; S = Schallschutz; I = Innenraumklima; ↑↓ = höhere/tiefere Kosten; ⌚ = längere Bauzeit; 👤 = logistische Mehraufwendungen

\* Kriterium entfällt in Vorgabenkatalog Modernisierung

\*\*Beauftragung einer Fachperson für Innenraumklima und Materialökologie prüfen

# Inhalt

<b>1. Gesund und ökologisch bauen</b>	<b>5</b>	<b>6. Materialien und Bauprozesse</b>	<b>101</b>
1.1 Mehrwert durch gesundes und ökologisches Bauen	5	6.1 Übersicht	101
1.2 Bedeutung und Begriffe	7	6.2 Lösungsansätze	106
1.3 Erfolgsfaktoren im Planungsablauf	14	6.3 Anforderungen, Qualitätssicherung, Dokumentation	116
1.4 Die neun wichtigsten Grundsätze	20	6.4 Quellen und Tools	119
1.5 Minergie-Eco	23	<b>7. Graue Energie</b>	<b>121</b>
1.6 Weitere gebräuchliche Standards und Labels	30	7.1 Übersicht	121
1.7 Beispiele aus der Praxis	35	7.2 Lösungsansätze	130
1.8 Quellen	41	7.3 Anforderungen, Nachweis, Qualitätssicherung, Dokumentation	148
<b>2. Tageslicht</b>	<b>43</b>	7.4 Praxisbeispiel Neubau: Mehrfamilienhaus in Kriens	150
2.1 Übersicht	43	7.5 Quellen und Tools	153
2.2 Lösungsansätze	49	<b>8. Anhang</b>	<b>155</b>
2.3 Anforderungen, Nachweis, Qualitätssicherung, Dokumentation	52	8.1 Autoren	155
2.4 Quellen und Tools	54	8.2 Stichwortverzeichnis	156
<b>3. Schallschutz</b>	<b>55</b>		
3.1 Übersicht	55		
3.2 Lösungsansätze	58		
3.3 Anforderungen, Nachweis, Qualitätssicherung, Dokumentation	60		
3.4 Beispiele aus der Praxis	63		
3.5 Quellen und Tools	64		
<b>4. Innenraumklima</b>	<b>65</b>		
4.1 Übersicht	65		
4.2 Lösungsansätze	72		
4.3 Anforderungen, Qualitätssicherung, Dokumentation	79		
4.4 Quellen und Tools	84		
<b>5. Gebäudekonzept</b>	<b>85</b>		
5.1 Übersicht	85		
5.2 Lösungsansätze	85		
5.3 Anforderungen, Qualitätssicherung, Dokumentation	95		
5.4 Beispiel aus der Praxis	96		
5.5 Quellen und Tools	100		

## Impressum

**Gesund und ökologisch bauen mit Minergie-Eco**

**Herausgeberin:** Fachhochschule Nordwestschweiz, Institut Energie am Bau

**Hauptautoren und Koordination:** Heinrich Gugerli, Severin Lenel, Barbara Sintzel

**Autoren:** Roland Ganz (Kapitel 4), Heinrich Gugerli (Kapitel 6), Manfred Huber (Kapitel 7), Peter C. Jakob (Kapitel 5), Luboš Krajčí (Kapitel 3), Severin Lenel (Kapitel 1 und 4), Michael Pöll (Kapitel 4 und 6), Yorick Ringeisen (Kapitel 5), Markus Simon (Kapitel 4), Barbara Sintzel (Kapitel 1), Christian Vogt (Kapitel 2), Roger Waeber (Kapitel 4).

**Projektleitung:** Achim Geissler, Fachhochschule Nordwestschweiz; Institut Energie am Bau, Muttenz

**Lektorat und Seitenherstellung:** Faktor Journalisten AG, Zürich; Othmar Humm, Sandra Aeberhard, Christine Sidler

**Titelbild:** Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW, Olten. Architektur: Bauart Architekten und Planer, Bern, Neuenburg, Zürich. Foto: Alexander Gempeler

**Hinweis:** Die in diesem Buch erwähnten Vorgaben, Anforderungen, Grenzwerte oder Gebühren sind nicht verbindlich und haben nur informativen Charakter. Die aktuell gültigen Angaben finden Sie auf [www.minergie.ch](http://www.minergie.ch).

Diese Publikation ist Teil der Fachbuchreihe «Nachhaltiges Bauen und Erneuern». Grundlage bilden die Zertifikatskurse des Masterstudienganges «Energie und Nachhaltigkeit am Bau» ([www.enbau.ch](http://www.enbau.ch)), ein Weiterbildungsangebot von fünf schweizerischen Fachhochschulen. Die Publikation wurde durch das Bundesamt für Energie BFE/EnergieSchweiz und die Konferenz Kantonalen Energiedirektoren (EnDK) finanziert.

**Bezug:** Als Download (kostenfrei) unter [www.energieschweiz.ch](http://www.energieschweiz.ch) → Bildung → Publikationen → Fachbücher oder als Buch beim Faktor Verlag, [info@faktor.ch](mailto:info@faktor.ch) oder [www.faktor.ch](http://www.faktor.ch)

Juli 2015

ISBN: 978-3-905711-36-3

**In Zusammenarbeit mit:**



**MINERGIE®**

Mehr Lebensqualität, tiefer Energieverbrauch  
Meilleure qualité de vie, faible consommation d'énergie

# Selbstverständliche Qualitäten



*Erweiterung Schulhaus Ballwil nach Minergie-Eco mit gesunden und stimmungsvollen Innenräumen und einer effizienten, nachhaltigen Bauweise. (Objekt: Schulhaus Ballwil, Architektur: Fiechter & Salzmann, Foto: Lucas Peters Fotografie)*

■ **Die ersten Jahre.** Seit fast 25 Jahren setzen Hochbauämter von Kantonen und Städten Ziele des nachhaltigen Bauens um. In dieser Zeit entstanden eine Vielzahl von Werkzeugen, vor allem zur Planung und zur Bewertung von Bauvorhaben, die kontinuierlich optimiert wurden. Zwar wurden Planungshilfen als Informationsquellen rege genutzt, beispielsweise die schweizweit harmonisierten Merkblätter nach Baukostenplan, doch mangelte es an der systematischen Umsetzung in den Bauprojekten. Diese Diskrepanz war der Auslöser für Minergie-Eco. Ziel war ein kostengünstiger und praxisorientierter Baustandard, der auf eine breite Akzeptanz im Markt stösst.

■ **Minergie-Eco.** Gesundheitliche und ökologische Qualitäten eines Projektes konnten ab 2006 mit dem breit abgestützten Standard Minergie-Eco bewertet und zertifiziert werden. Die Kooperation von eco-bau und Minergie erlaubte eine geschickte Ergänzung der angestammten Minergie-Kriterien Komfort und Energieeffizienz um die Eco-Themen Gesundheit und

Bauökologie. 2011 wurde der Standard modifiziert und deutlich vereinfacht. Heute sind über 1100 Gebäude definitiv nach Minergie-Eco, Minergie-P-Eco oder Minergie-A-Eco zertifiziert (Mai 2015). Dem Standard kommt eine Schrittmacherfunktion zu, indem er über gesetzliche Vorgaben hinausgeht. Gesetzliche Anforderungen sind nur in Bereichen Teil des Standards, in denen ein Vollzugsdefizit dokumentiert ist (z. B. Schallschutz, Radon).

■ **Multiplizierbare Systematik.** Die Kriterien von Minergie-Eco dienen auch anderen Standards als Basis, insbesondere dem SNBS Standard Nachhaltiges Bauen Schweiz bei den Kriterien Gesundheit, Wohlbefinden, Energie, Ressourcen und Umweltschonung. Der Aufwand für die Erstellung von Häusern für die 2000-Watt-Gesellschaft – Stichwort graue Energie – wird nach dem Prinzip von Minergie-Eco bilanziert. Die Nutzung von Minergie-Eco-Bewertungssystemen in anderen Standards vereinheitlicht die Verfahren und erleichtert damit die Planung und Zertifizierung von Bauvorhaben.

■ **Der Standard in der Planung.** Wesentliche Kriterien von Minergie-Eco wurden bislang in einer Planung kaum beachtet. Es verwundert deshalb nicht, dass ein Planungsteam das notwendige Wissen zuerst erwerben muss – durch Weiterbildung oder durch den Beizug von spezialisierten Fachleuten. Die von Minergie-Eco geforderten Qualitäten lassen sich innerhalb des Spektrums der traditionellen Fachplanung nicht klar zuordnen. Zudem ergibt sich ein Bedarf an Koordination durch den Architekten. Denn erst eine konsequente integrale Planung unter Berücksichtigung gesundheitlicher und bauökologischer Aspekte ermöglicht eine optimierte Gesamtlösung und dadurch eine wirtschaftliche Realisierung. Auch deshalb bedingt Minergie-Eco eine Veränderung in der Planungskultur.

■ **Der Standard in der Realisierung.** Ein gesundes und ökologisches Haus zu erstellen, ist mit verschiedenen Herausforderungen verbunden. Denn die Kenntnis der Einflussfaktoren allein genügt nicht. Vor allem in der Ausschreibung und beim Bau ist die Spezifikation von Materialien, Systemen und Produkten aufgrund mangelnder Kennzeichnungen respektive Labels aufwändig, die Auswahl von geeigneten Produkten deshalb schwierig. Entsprechend wichtig sind Kontrollen auf der Baustelle sowie die obligatorischen Messungen der Raumluftqualität. Minergie-Eco bedingt Disziplin in der Umsetzung – und ein neues Qualitätsverständnis am Bau.

■ **An wen richtet sich dieses Fachbuch?** An das Planungsteam von Hochbauprojekten! Es sollte also Teil einer Handbibliothek im Planungsbüro und Lehrmittel in Kursen, Workshops und Studiengängen sein.

**Tipp!** Die einzelnen Kapitel richten sich nach den Funktionen im Planungsteam:

■ Als Bauherr, Architektin oder Gesamtleiter von Bauvorhaben informieren Sie sich im Kapitel 1 über die Zusammenhänge, über Stellschrauben und Erfolgsfaktoren. Der Buchteil zeigt auch die Position von Minergie-Eco im Kontext der in der Schweiz verbreiteten Standards. Kapitel 5 gibt einen Überblick in der Sprache des Architekten anhand eines konkreten Beispiels.

■ Als Fachplaner und Bauleiterin finden Sie in den Kapiteln 2 bis 7 – thematisch differenziert – gesetzliche und normative Vorgaben, typische Problemstellungen mit den entsprechenden Lösungsansätzen sowie Infos zu Anforderungen, zur Umsetzung, Qualitätssicherung und Dokumentation.

■ **Dank.** Die Autorin und die Autoren danken den Bundesämtern, den Hochbauämtern und Verbänden, welche die Ausarbeitung, Lancierung und Weiterentwicklung von Minergie-Eco unterstützt haben. Dem Verein Minergie gilt ein besonderer Dank, denn durch diese Trägerschaft werden die gesunden und ökologischen Qualitäten zu selbstverständlichen Merkmalen eines Gebäudes.

Heinrich Gugerli, Severin Lenel,  
Barbara Sintzel

# Gesund und ökologisch bauen

## 1. 1 Mehrwert durch gesundes und ökologisches Bauen

Nach wie vor ist ökologisches Bauen nicht Stand der Technik. Bauen ist ein relevanter Umweltfaktor und viele Baumaterialien enthalten auch heute noch Bestandteile, die bei den Gebäudenutzern zu gesundheitlichen Problemen oder zu Umweltbelastungen führen können. Zahlreiche Gesundheitsrisiken und Umweltbeeinträchtigungen lassen sich aber durch optimierte Planung und Ausführung minimieren. Dadurch entsteht für alle Beteiligten – Eigentümer, Bauherrin, Planer, Nutzerinnen – in verschiedener Hinsicht ein Mehrwert:

■ **Gesamtsicht auf Projekt.** Nachhaltiges Bauen ist mehr als die Summe einzelner Massnahmen zugunsten von Umwelt und Nutzenden. Es geht darum, eine Gesamtsicht auf ein Projekt zu erhalten. Erst diese Gesamtsicht generiert Mehrwerte für die Nutzenden, das Quartier und die Umwelt. Dabei sind verschiedene Kriterien wichtig: die sinnvolle städtebauliche Einbettung in das Quartier, die nachhaltige Gestaltung von Aussen- und Zwischenräumen, die Integration von Nutzeranliegen, die Umset-

zung eines energieeffizienten und klimafreundlichen Gebäudekonzepts, die Schonung der Ressourcen, ein gesundes Innenraumklima und vieles mehr.

■ **Gute Wohn- und Arbeitsplatzqualität.** Da wir durchschnittlich 80 % unseres Lebens in Gebäuden verbringen, ist ein gutes Innenraumklima wichtig. Durch eine sorgfältige Planung nach Minergie-Eco kann eine gute Wohn- respektive Arbeitsplatzqualität erzielt werden. Optimale Tageslichtverhältnisse, geringe Lärmbelastung, wenig Schadstoffe und eine geringe Strahlenbelastung führen zu einem gesunden Innenraumklima.

■ **Hohe Wertbeständigkeit.** Gebäude, die ökologisch und gesund gebaut sind, zeichnen sich in der Regel durch eine bessere Wertbeständigkeit aus. Ein wesentlicher Grund hierfür ist die höhere Flexibilität, die ein nachhaltiges Gebäudekonzept mit sich bringt. Auch die intensive Auseinandersetzung mit Ma-

«Der Mensch verbringt 80 Prozent seiner Zeit in geschlossenen Räumen. Entsprechend wichtig ist die Innenraumqualität – Luft, Licht, Schutz vor Lärm und Schadstoffen.» Roger Waeber, Bundesamt für Gesundheit



Abbildung 1: Helle Räume, eine gute Durchlüftung und eine sorgfältige Materialisierung führen zu einer guten Aufenthaltsqualität (Projekt: Schulhaus Ballwil, Foto: Lucas Peters Fotografie).

terialien, Herkunftsnachweise und eine sorgfältige Verarbeitung führen dazu, dass Konstruktionen von Grund auf durchdacht werden, was zu einer längeren Lebensdauer führt. Zudem kann davon ausgegangen werden, dass die Risiken von Schadstoffsanierungen kleiner sind. All diese Faktoren dürften sich auch bei der Finanzierung bemerkbar machen.

■ **Ressourcenschonung und Umweltaffizienz.** Gebäude, die nachhaltig geplant und gebaut werden, verbrauchen weniger Ressourcen und belasten die Umwelt deutlich weniger stark als konventionelle.

Dies geht über die Aspekte der Betriebsenergie hinaus und betrifft sowohl den Landverbrauch, den Rohstoff- und Energiebedarf, die Schadstoffemission als auch den Klimawandel bei Bau und Rückbau eines Gebäudes.

Durch die Bilanzierung der grauen Energie (und anderen Grössen wie Treibhausgasemissionen oder Gesamtumweltbelastung UBP) werden Gebäude vergleichbar und Einsparpotenziale sichtbar gemacht.

■ **Denken im Gebäudelebenszyklus.** Um relevante Aussagen über die Nachhaltigkeit eines Gebäudes machen zu können, muss dessen gesamter Lebenszyklus betrachtet werden. Dieser fängt bei der Planung an und erstreckt sich über die Phasen Errichtung, Nutzung, Betrieb und Rückbau. Mit anderen Worten: Der Lebenszyklus bildet den zeitlichen Rahmen zur Beurteilung der Nachhaltigkeit.

■ **Erhöhte Qualität am Bau.** Eine Qualitätssicherung, die sich über alle Phasen der Planung, der Realisierung und des Betriebs erstreckt, ist entscheidend für den Projekterfolg. Sinnvollerweise ist eine Fachperson für diese Qualitätssicherung verantwortlich. Eine hohe Umsetzungssicherheit ergibt sich bereits durch die Qualitätskontrollen im Zertifizierungsverfahren von Minergie-Eco.

■ **Neutrale und transparente Bewertung.** Hinsichtlich der ökologischen und gesundheitlichen Qualität liefert Minergie-Eco neutrale und nachvollziehbare Bewertungskriterien und Nachweisverfahren. Diese bilden oft die Grundlagen für Beiträge und Vergünstigungen durch Finanzierungsinstitutionen, sind aber auch gute Argumente beim Verkauf und können dadurch den Preis beeinflussen.

«Das Bauwerk Schweiz ist für rund die Hälfte des Ressourcenbedarfs und der Emissionen in unserem Lande verantwortlich. Nutzen Sie diesen Hebel!» Heinrich Gugerli

Abbildung 2: Bei der Planung von Gebäuden bereits an spätere Nutzungen denken. Umbau der ehemaligen Weichenbauhalle zu einem Hörsaalgebäude der Universität Bern (Architektur: Giuliani Hönger, Foto: Karin Gauch, Fabien Schwartz).



## 1.2 Bedeutung und Begriffe

Dieses Buch behandelt das gesunde und ökologische Bauen und stellt diese beiden wichtigen Aspekte im Kontext des nachhaltigen Bauens im umfassenden Sinne dar. Damit entspricht es dem Teil «Eco» des Standards Minergie-Eco. Gleichzeitig deckt es sich auch mit den Kernthemen des Vereins eco-bau, der sich zum Ziel gesetzt hat, diese Aspekte als Bestandteil des nachhaltigen Bauens schweizweit zu etablieren.

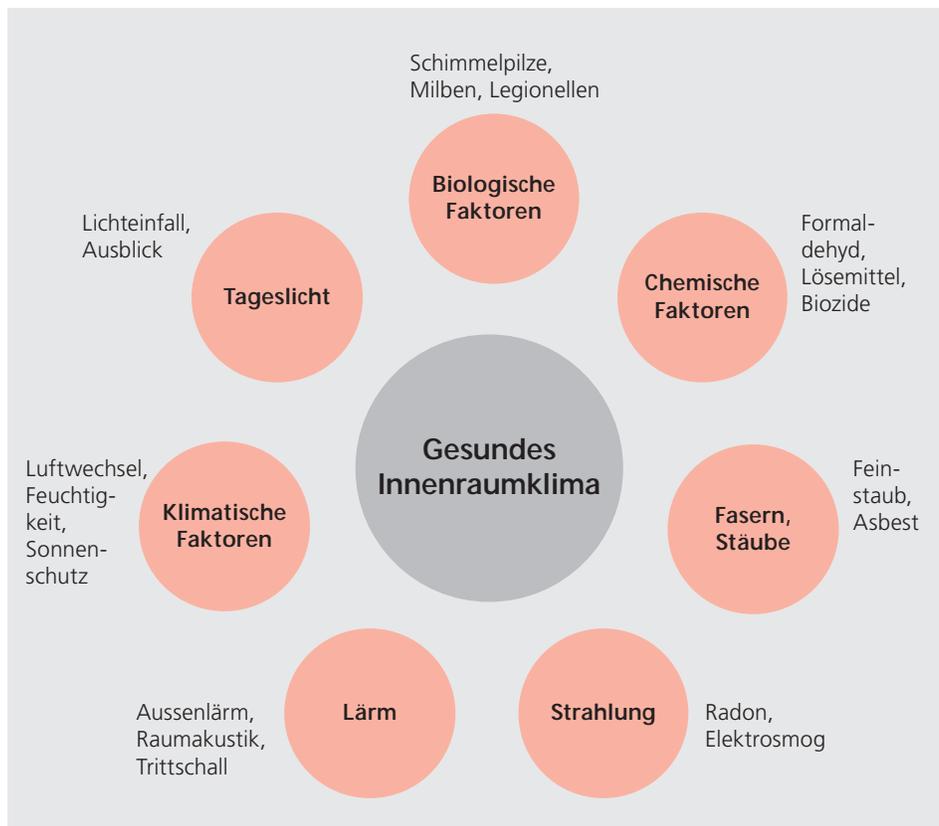
### Gesundes Bauen

■ **Bedeutung.** Der überwiegende Teil der Schweizer Bevölkerung hält sich die meiste Zeit des Lebens in Innenräumen auf. Deshalb haben die gesundheitlichen Eigenschaften der Gebäude einen grossen Einfluss auf die Menschen. Bei einem schlechten Innenraumklima fühlen wir uns unwohl, ohne Energie oder gar krank; man spricht in diesem Zusammenhang vom «Sick Building Syndrome». Ein gesundes Innenraumklima hingegen fördert die Gesundheit und führt zu einem hohen Leistungsvermögen (Tabelle 1).

Umso erstaunlicher ist es, dass diesen Aspekten bei der Planung und dem Bau von Gebäuden noch immer nicht genügend Gewicht beigemessen wird. Bei den meisten Bauten wird dieses Thema nur ungenügend beziehungsweise zu spät berücksichtigt. Um gesundheitliche Risiken beim Bauen zu vermeiden, ist einiges an Fachwissen erforderlich. Nur mit einer lückenlosen, präzisen Umsetzung von der Planung über die Ausschreibung bis zur Ausführung auf der Baustelle können jene Eigenschaften eines Gebäudes gesteuert werden, die Einfluss auf die Gesundheit der Nutzenden haben.

Beispiel	Sick Building Syndrome	Gesunde Gebäude
Müdigkeit	60 %	20 %
Schwerer Kopf	36 %	10 %
Kopfschmerzen	36 %	10 %
Schwindel	9 %	1 %
Konzentrationschwäche	11 %	3 %
Brennende Augen	46 %	20 %
Laufende Nase	42 %	7 %

*Tabelle 1: Anteil Beschäftigter mit mindestens wöchentlichen Beschwerden (Vergleichszahlen aus der Literatur. Quelle: Hinnen, AEH, Zürich).*



*Abbildung 3: Gesundes Bauen berücksichtigt die unterschiedlichen Einflussfaktoren in der Planung (Quelle: Merkblatt Innenraumklima eco-bau).*

### **Ausschlusskriterien Minergie-Eco:**

**Gesundheit.** Aufgrund des flexiblen Bewertungssystems von Minergie-Eco ist die Wahl der getroffenen Massnahmen hinsichtlich einer gesunden Bauweise grösstenteils den Antragsstellenden überlassen. Um trotzdem einen Mindestqualitätsstandard sicherstellen zu können, wurden für den Bereich Gesundheit Ausschlusskriterien definiert, die zwingend eingehalten werden müssen:

- Keine Biozide und Holzschutzmittel in Innenräumen
- Keine lösemittelverdünnbaren Produkte in Innenräumen
- Kein Einsatz von Produkten, welche Formaldehyd in relevanten Mengen emittieren
- Gebäudecheck auf Schadstoffe und Entfernung der schadstoffhaltigen Bauteile bei Modernisierungen

### **Kriterien Minergie-Eco: Gesundheit.**

Bezüglich Gesundheit sind die Anforderungen von Minergie-Eco den drei folgenden Kriterien zugeordnet:

■ **Tageslicht** wirkt stimulierend auf Menschen, es synchronisiert die «innere Uhr» und führt zu einem besseren Wohlbefinden. Deshalb ist bei Minergie-Eco-Gebäuden ein hoher Anteil an Tageslicht erforderlich (Kapitel 2).

■ **Schallschutz.** Lärm beeinträchtigt die Erholung und den Schlaf, mindert körperliche und geistige Leistungsfähigkeit und stört, je nach Intensität, die sprachliche Kommunikation. Schallschutzmassnahmen reduzieren Auswirkungen des Lärms in Innenräumen von aussen und zwischen Nutzungseinheiten sowie im Aussenbereich (Kapitel 3).

■ **Innenraumklima.** Menschen halten sich überwiegend in Innenräumen auf. Entsprechend wichtig ist die Raumluftqualität für die Gesundheit. Dieses Ziel wird bei Minergie-Eco durch eine Minimierung der Schadstoffemissionen aus Baumaterialien erreicht. Die ionisierende (Radongas) und die nichtionisierende Strahlung NIS (Elektromog) werden begrenzt (Kapitel 4).

■ **Begriff.** Ein ganzheitlicher Gesundheitsbegriff thematisiert nicht nur die Schadstoffe im Gebäude. Vielmehr gilt es, eine Vielzahl von Wirkungen im Auge zu behalten, welche die Gesundheit der Menschen beeinflussen können, die das Gebäude nutzen (Abbildung 3). Dabei können sich die verschiedenen Wirkungen auch kumulieren – mit den entsprechenden Folgen für die Nutzenden.

■ **Lebenszyklus.** Wichtige Entscheidungen, die über die gesundheitliche Qualität des Gebäudes bestimmen, werden bereits in einer frühen Phase der Planung gefällt. So ist beispielsweise der Lärmschutz in wesentlichen Teilen eine Frage des Gebäudekonzepts, da die Platzierung der Baute auf dem Grundstück und die Anordnung der lärmempfindlichen Räume im Gebäude dafür zentral sind. Auch sind die Tageslichtsituation, die thermische Behaglichkeit und der systematische Luftaustausch mit konzeptionellen Fragen eng verknüpft; sie müssen von Planungsbeginn an berücksichtigt werden.

## Ökologisches Bauen

■ **Bedeutung.** Das Bauwesen hat einen grossen Anteil am Ressourcenverbrauch der Schweiz und verursacht einen beträchtlichen Teil der Schadstoffe, die in die Umwelt emittiert werden. Die Herstellung und der Einsatz von Materialien sowie die Prozesse auf der Baustelle sind immer mit Umweltbelastungen verbunden. Im Vergleich zum Energiebereich sind der Ressourceneinsatz und die Umwelteinwirkungen beim Bauen jedoch weit weniger reguliert.

■ **Begriff.** Die Bauökologie thematisiert den effizienten Ressourceneinsatz sowie möglichst geringe Umweltauswirkungen für die Erstellung und den Rückbau von Gebäuden und der dazu verwendeten Baumaterialien und Systeme. Dabei sollen Luft, Wasser und Boden möglichst wenig durch Schadstoffe beeinträchtigt und die CO<sub>2</sub>-Emissionen minimiert werden. Die bauökologischen Aspekte werden bei Minergie-Eco mittels eines dualen Verfah-

rens bewertet. Der quantitative Teil beinhaltet die Bilanzierung der grauen Energie (Kapitel 7), während im qualitativen Teil mit dem Vorgabenkatalog Fragen zum Gebäudekonzept (Kapitel 5), zu Materialien und Bauprozessen (Kapitel 6) bewertet werden.

■ **Lebenszyklus.** Thematisiert wird der gesamte Lebenszyklus des Gebäudes von der Rohstoffgewinnung und Herstellung der notwendigen Baumaterialien und Komponenten über die Verarbeitung auf der Baustelle und die Nutzung in der Betriebsphase bis zum Rückbau und der anschliessenden Entsorgung.

Mit der grauen Energie werden in Minergie-Eco die energetischen Ressourcen für die Erstellung der Gebäude quantifiziert. Diese Werte (Sachbilanz) können auch als Ausgangsdaten für die Bewertung des Klimaschutzes (Indikator: Treibhausgasemissionen) oder der Gesamtumweltbelastung (Indikator: Ökologische Knappheit, Umweltbelastungspunkte UBP) genutzt



Abbildung 4: Übersicht der bauökologischen Aspekte. Bauökologie ist eng verknüpft mit dem ökologischen Gebäudekonzept, bei dem die Weichen in einer frühen Planungsphase gestellt werden. Aspekte der Betriebsenergie und der Natur werden in diesem Buch nicht behandelt (Quelle: eco-bau).

### **Ausschlusskriterien Minergie-Eco:**

**Bauökologie.** Um einen Mindestqualitätsstandard hinsichtlich einer ökologischen Bauweise sicherstellen zu können, wurden Ausschlusskriterien definiert, welche zwingend berücksichtigt werden müssen:

- Keine schwermetallhaltigen Baustoffe (Blei sowie grossflächige Aussenanwendungen von Kupfer, Zink und Titan-Zink an Dach oder Fassade ohne Einbau eines Filters für anfallendes Regenwasser)
- Genügender Einsatz von Recycling-Beton
- Kein aussereuropäisches Holz ohne Nachhaltigkeitszertifikat
- Keine Montage- und Füllschäume

### **Kriterien Minergie-Eco: Bauökologie.**

Bezüglich Bauökologie lassen sich die Anforderungen von Minergie-Eco den drei folgenden Kriterien zuordnen:

■ **Gebäudekonzept.** Das Gebäudekonzept ist Teil der qualitativen Bewertung von Minergie-Eco. Verschiedene Eigenschaften wie Nutzungsflexibilität, Austauschbarkeit von Bauteilen, Massnahmen zum Witterungsschutz oder Zugänglichkeit der technischen Installationen werden mittels des Vorgabenkataloges einbezogen (Kapitel 5).

■ **Materialien und Bauprozesse.** Weitere ökologische Materialeigenschaften lassen sich mit der grauen Energie nicht abbilden – etwa der Einsatz von Recycling-Baustoffen oder von Produkten mit Labels. Sie werden anhand eines Vorgabenkataloges bewertet (Kapitel 6).

■ **Graue Energie.** Die graue Energie von Baukonstruktionen und Gebäudetechnikanlagen ist ein wichtiger Indikator für die Umweltbelastung des gesamten Gebäudes. Basis für die Bilanzierung stellt die Liste der Aussenbauteile aus dem Energienachweis nach Norm SIA 380/1 dar. Für die ebenfalls einzubeziehenden Innenbauteile steht ein eigenes Verfahren zur einfachen Erfassung der grauen Energie zur Verfügung (Kapitel 7).

werden. Bei den stofflichen Ressourcen werden ein hoher Anteil an mineralischen Recyclingbaustoffen sowie die nachhaltige Beschaffung von Holz und Holzwerkstoffen bewertet.

In die Verarbeitung fliessen Fragen der Baustellenorganisation (Rückbau, Bauheizung) und Umgebung (Rodungen, Bodenschutz) ein.

Bei der Nutzung ist die Nutzungszeit von Bauteilen und technischen Systemen eine der wichtigsten Grössen und wird auch in der Bilanz der grauen Energie berücksichtigt. Die effektive Nutzungszeit des Gebäudes wird allerdings auch massgeblich durch qualitative Aspekte des Gebäudekonzeptes beeinflusst. Minergie-Eco bewertet dazu Fragen wie Flexibilität, Zugänglichkeit, Systemtrennung und Witterungsbeständigkeit. In der Nutzungsphase fliesst zudem das Potenzial an umweltrelevanten Bestandteilen in die Bewertung ein wie auch weitere Emissionen der eingesetzten Baustoffe (Schwermetalle, chemischer Wurzelschutz), die in die Umwelt freigesetzt werden.

Im Hinblick auf die zukünftige Entsorgung einzelner Bauteile respektive den Rückbau des Gebäudes werden eine gute Verwertbarkeit der eingesetzten Baustoffe beziehungsweise die Deponierbarkeit oder eine unschädliche Verbrennung bewertet.

Es soll hier aber auch darauf hingewiesen werden, dass zwischen den Aspekten Gesundheit und Bauökologie immer wieder Zielkonflikte entstehen können. So sind Naturbaustoffe als erneuerbare Rohstoffe zu begrüssen. Wenn deren Verwendung aber zur Folge hat, dass beispielsweise bei Schafwolle zum Schutz vor Schädlingen toxische Substanzen eingesetzt werden müssen, dann schneiden Naturbaustoffe bei einer Gesamtbetrachtung nicht gut ab.

## Nachhaltiges Bauen

■ **Bedeutung.** Das Bauwesen ist für die nachhaltige Entwicklung der Schweiz von zentraler Bedeutung: Bei einem Anteil an Arbeitsplätzen von lediglich 7% und am Brutto-Inland-Produkt von 10% verbraucht das Bauwerk Schweiz 40% der Energie und 50% des Materialinputs. Ausserdem emittieren die Gebäude rund 40% der Treibhausgase und verursachen 75% der Abfälle (Abbildung 6). Damit gehört das Bauwesen zu den Branchen mit dem grössten Materialumsatz und der grössten Umweltbelastung. Jährlich werden viele Millionen Tonnen Rohstoffe abgebaut, transportiert, verarbeitet, wiederverwertet und entsorgt. Bei den damit verbundenen Umweltwirkungen spielen die grossen Mengen an energetischen und stofflichen Ressourcen eine ebenso wichtige Rolle wie die umweltrelevanten Stoffe, die in kleinen Mengen in die Umwelt freigesetzt werden.

■ **Begriff.** Die Empfehlung SIA 112/1 «Nachhaltiges Bauen – Hochbau» definierte bereits 2004 in einem umfassenden Kriteri-

enkatalog die Themen des nachhaltigen Bauens, unterteilt in die Bereiche Gesellschaft, Umwelt und Wirtschaft. Sie ergänzt die Ordnung SIA 112 Leistungsmodell und dient primär der Leistungsvereinbarung zwischen Auftraggeber und Planungsteam. Die Kriterien des gesunden und ökologischen Bauens sind in Abbildung 5 mit «Minergie-Eco» gekennzeichnet. Daraus ist ersichtlich, dass gesundes und ökologisches Bauen einen wichtigen Beitrag zum nachhaltigen Bauen leistet. Im vorliegenden Buch nicht behandelt werden die Themen Energieeffizienz und Komfort, die durch Minergie abgedeckt sind. Der Teil Eco bezieht sich aber, wie dieses Buch auch, vor allem auf die Kriterien am Gebäude selbst. Auch nachhaltige Umgebungsgestaltung und Mobilität sind nicht Thema dieses Buches. Im SIA-Effizienzpfad Energie – dem Baustandard der 2000-Watt-Gesellschaft – werden die Energiethemen über den ganzen Lebenszyklus behandelt, von der grauen Energie für die Erstellung über die Betriebsenergie bis hin zur Mobilität.

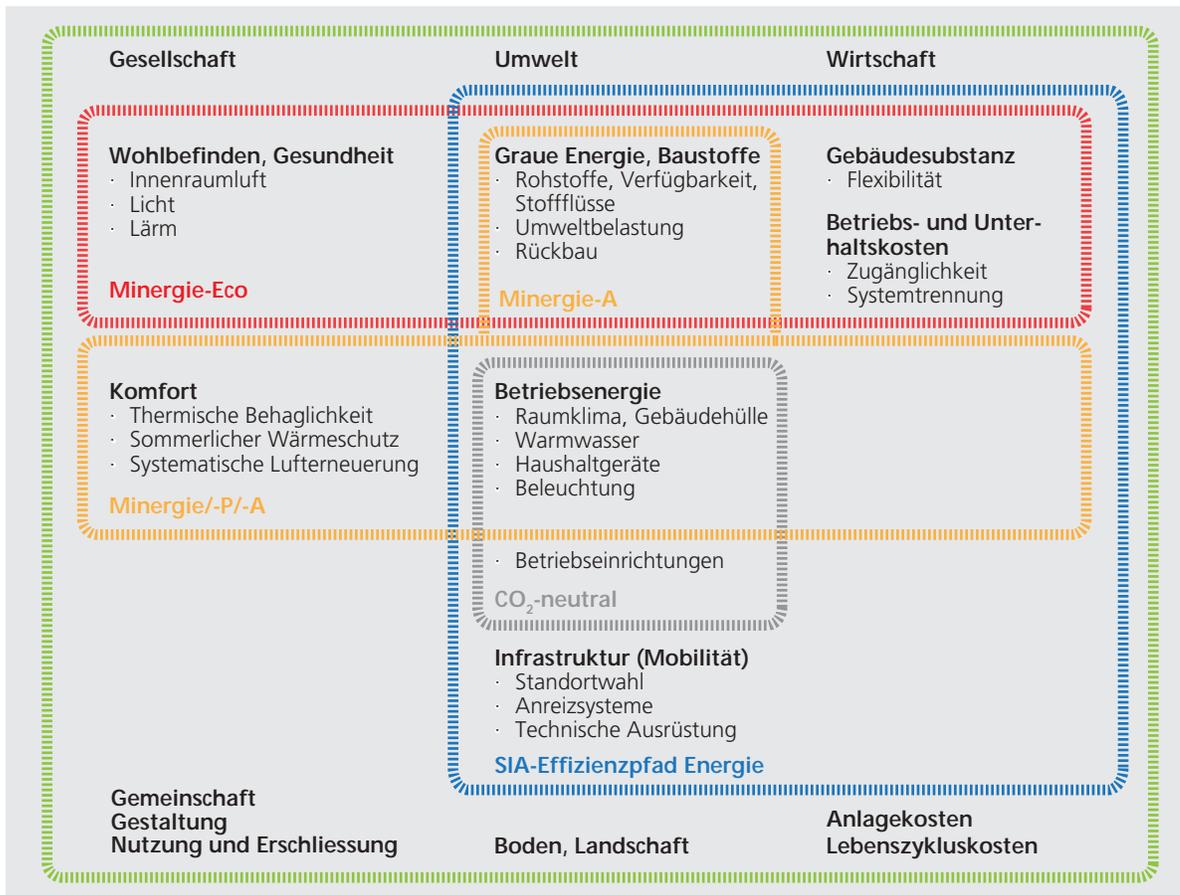


Abbildung 5: Die Kriterien gemäss Empfehlung SIA 112/1 Nachhaltiges Bauen – Hochbau. Eco (rot umrahmt), also das gesunde und ökologische Bauen, deckt einen wesentlichen Teil davon ab (Quelle: Stadt Zürich, Amt für Hochbauten).

## Nachhaltig Bauen mit Planungsinstrumenten von eco-bau

eco-bau entwickelt seit über 10 Jahren Planungsinstrumente für das gesunde und ökologische Bauen (Abbildung 7). Dazu gehören etwa die Eco-BKP-Merkblätter Ökologisch Bauen sowie die eco-devis, die ursprünglich zur Unterstützung von öffentlichen Bauträgern, welche als Vorbilder für gesundes und ökologisches Bauen vorangehen wollten, entwickelt wurden. Bereits bei diesen ersten Instrumenten ging es insbesondere darum, wie sich Eco-Aspekte phasengerecht in der Planung und Realisierung einführen lassen.

■ **Minergie-Eco.** Wichtige Entscheide für nachhaltiges Bauen müssen bereits vor der Projektierung gefällt werden. Aus diesem Grund wurde das Gebäudelabel eco-bau entwickelt und 2005 der Öffentlichkeit vorgestellt. Um das Label nicht allein öffentlichen Bauherren vorzubehalten, sondern auch für Private zu öffnen, wurde 2006 der Standard Minergie-Eco lanciert. Dabei umfasst Eco die gesundheitlichen und ökologischen Anforderungen, während Minergie für Energieeffizienz und Komfort steht.

Die ersten Minergie-Eco-Zertifikate wurden 2006 verliehen. Mit Minergie-Eco 2011 wurden die Gebäudebilanz «Graue Energie» und diverse Vereinfachungen im Fragekatalog eingeführt. Das neueste Nachweisinstrument ist als Online-Tool

verfügbar und stellt die Resultate übersichtlich dar. Bei der Definition des Standards Nachhaltiges Bauen Schweiz (SNBS) hat sich eco-bau erfolgreich dafür eingesetzt, dass für das gesunde und ökologische Bauen dieselben Kriterien verwendet werden.

■ **Bauteilkatalog.** Der elektronische Bauteilkatalog ermöglicht gleichzeitig die ökologische Bewertung von Baukonstruktionen und die Berechnung des U-Wertes. Mit den erweiterten Optionen können Gebäudebilanzen «Graue Energie» für Minergie-Eco 2011 und Minergie-A kostenpflichtig berechnet werden.

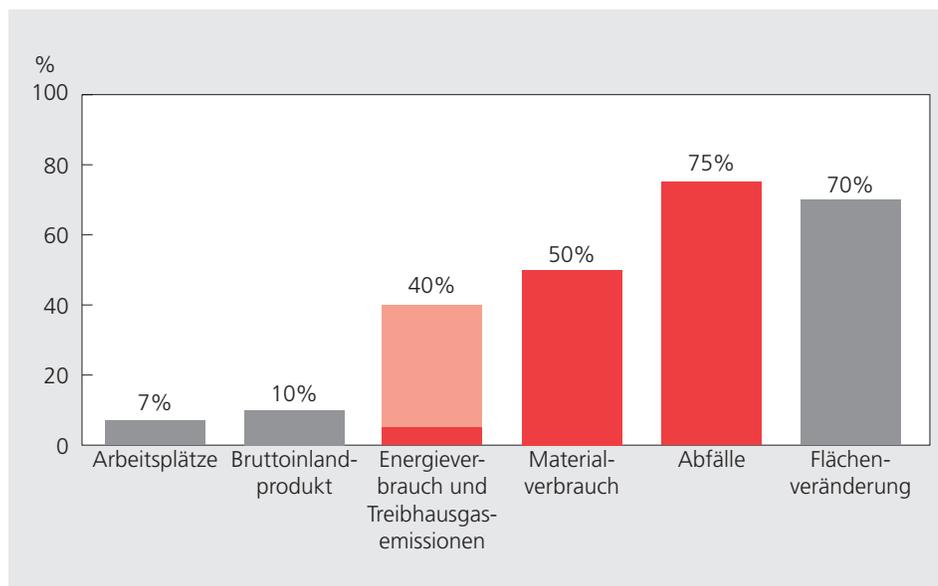
■ **Eco-BKP.** Die Merkblätter Ökologisches Bauen beinhalten Vorgaben für die Wahl ökologischer und gesundheitsverträglicher Materialien und Verarbeitungsprozesse. Sie dienen als Werkzeug in der Projektierung, für das Materialisierungskonzept und während der Ausschreibung. Gleichzeitig verweisen Sie auf Ausschlusskriterien von Minergie-Eco und auf Eco-Produkte.

■ **eco-devis.** eco-devis kennzeichnen ökologisch interessante Leistungen für die Ausschreibung. Die eco-devis-Bewertungen werden als Zusatzkomponente im Normpositionenkatalog NPK publiziert. Sie dienen zudem als Basis für die Eco-BKP und für die Auszeichnung von Eco-Produkten.

■ **Eco-Produkte.** Die Auszeichnung als Eco-Produkt ist das jüngste eco-bau-Werkzeug. Damit soll das Informationsbedürfnis

Abbildung 6: Zentrale Bedeutung des Bauwesens für die nachhaltige Entwicklung der Schweiz.

■ Aspekte Minergie-Eco  
■ Aspekte Minergie



von Architekten, Bauleitern und Planern abgedeckt und das Einholen sowie die Interpretation von Produktedeklarationen erspart werden. Die Eco-Produkte werden die Umsetzung von Minergie-Eco im Planungsbüro und auf der Baustelle wesentlich vereinfachen.

■ **Innenraumklima.** Mit Ausnahme der Erschütterungen hat eco-bau für alle relevanten Aspekte des gesunden Bauens in enger Zusammenarbeit mit dem Bundes-

amt für Gesundheit Planungsinstrumente entwickelt.

■ **Empfehlungen KBOB, eco-bau, IPB.** Die Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren KBOB hat mit der Interessengemeinschaft privater professioneller Bauherren und eco-bau verschiedene Empfehlungen zum nachhaltigen Bauen herausgegeben, die eine wichtige Grundlage für die eco-bau-Planungsinstrumente darstellen.

**eco-bau – Nachhaltigkeit im öffentlichen Bau**

eco-bau ist die Plattform öffentlicher Bauherren, zu der sich die Bauämter des Bundes mit der KBOB und den Hochbauämtern von Kantonen und Städten zusammengeschlossen haben. Später sind CRB und Bildungsinstitutionen für Bau und Architektur dazu gekommen. Ziel des Vereins ist, das nachhaltige Bauen in der Schweiz zu harmonisieren und breit zu verankern. Gleichzeitig wird die Nutzung von Synergien in Bildung, Forschung und Entwicklung ermöglicht. Im Zentrum der Aktivitäten stehen die Entwicklung und Verbreitung von Planungswerkzeugen für eine nachhaltige, ökologische und gesunde Bauweise. Sie helfen bei Planung, Realisierung und Rückbau. Mit der Website eco-bau.ch und Weiterbildungen för-

dert eco-bau die breite Anwendung der Planungswerkzeuge durch öffentliche und private Bauherrschaften, Planende und weitere Interessierte. Zurzeit zählt der Verein eco-bau rund 60 Mitglieder. Eine Mitgliedschaft ist möglich für öffentliche Bauträger und Bildungsinstitutionen im Bau. Sie profitieren von verschiedenen Dienstleistungen rund um das nachhaltige Bauen. Kontakt: info@eco-bau.ch. Mittlerweile steht ein ausgereiftes Set an Instrumenten zur Verfügung, das phasengerecht notwendiges Wissen zur Verfügung stellt (Abbildung 7). Insbesondere die Eco-BKP-Merkblätter sowie die eco-devis helfen Planenden beim gesunden und ökologischen Bauen. Alle Instrumente sind auf [www.eco-bau.ch](http://www.eco-bau.ch) zu finden, viele stehen zum kostenlosen Download zur Verfügung.

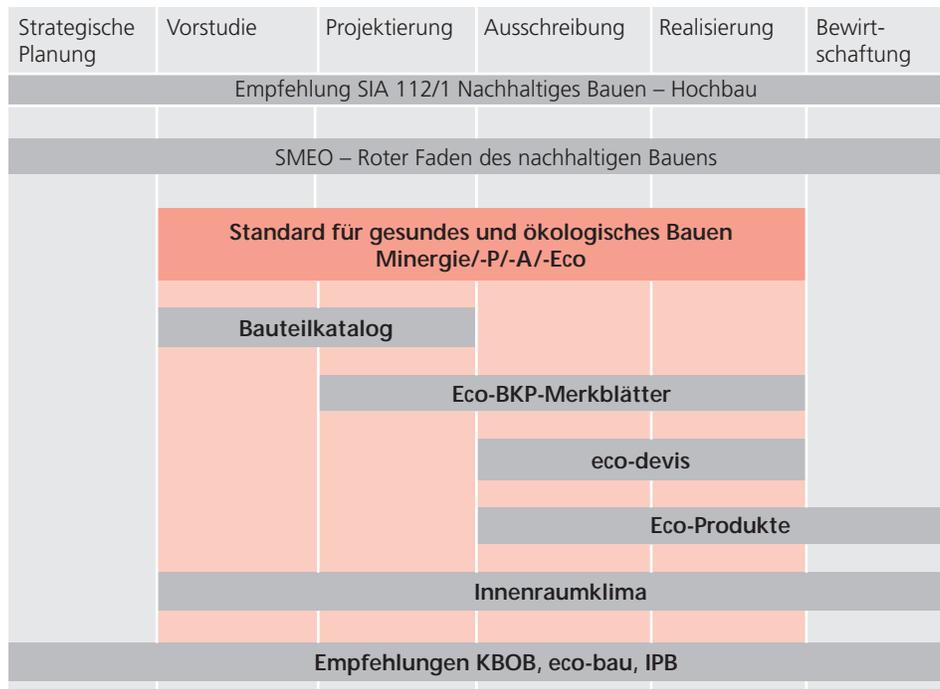


Abbildung 7: Die Planungswerkzeuge von eco-bau unterstützen die Umsetzung des gesunden und ökologischen Bauens über alle Projektphasen (Quelle: eco-bau).

### 1.3 Erfolgsfaktoren im Planungsablauf

Die organisatorischen Voraussetzungen sind für den Projekterfolg entscheidend. Denn allein technische Massnahmen für die Umsetzung der Kriterien, wie sie in den Kapiteln 2 bis 7 dargestellt werden, genügen nicht. Aus der Planungs- und Ausführungspraxis von realisierten Bauten wurden Thesen für die erfolgreiche Abwicklung von Bauprojekten mit Anforderungen zum nachhaltigen Bauen abgeleitet.

#### Strategische Planung und Vorstudien

■ **Positionierung der Bauherrschaft.** Ein klares Bekenntnis der Bauträgerschaft respektive des Investors für das nachhaltige Bauen steht am Anfang einer Projektidee und schafft die besten Voraussetzungen für den Erfolg. Diese Position dient als Richtschnur bei wichtigen Entscheidungen und hat für Mitarbeitende und Auftragnehmende programmatischen Charakter in der Projektarbeit. Die Übereinkunft bezüglich des Baustandards beruht auf einer Absichtserklärung (im Sinne eines Leitbildes) der Bauträgerschaft respektive der Auftraggebenden. Sofern sinnvoll und nötig, wird das vorhandene Baufachwissen durch externe Beratung und gezielte Weiterbildung von Mitarbeitenden ergänzt.

■ **Zielsetzung nachhaltiges Bauen.** Die Ziele für nachhaltiges Bauen müssen früh in den Planungsablauf integriert werden, das heisst, bereits bei der strategischen

Projektplanung. Die Möglichkeiten zum Minimieren von Umweltbelastung und Kosten eines Gebäudes sind gerade in dieser Phase am grössten (Abbildung 8). Mit zunehmendem Projektfortschritt verringern sich der Entscheidungsspielraum und damit auch das Optimierungspotenzial. Deshalb sollten die Anforderungen bezüglich Nachhaltigkeit bereits als Grundlage für den Architekturwettbewerb oder den Projektauftrag eingefordert werden.

■ **Machbarkeitsstudie.** Die Erfahrung hat gezeigt, dass die Prüfung der Machbarkeit eine zentrale Rolle spielt beim erfolgreichen Umsetzen von Nachhaltigkeitsstandards. Das Ergebnis soll aufzeigen, welche Anforderungen an eine Bauaufgabe sinnvollerweise gestellt werden können. Es gilt eine optimale Lösung zu finden und nicht stets das Maximum zu fordern. Denn nicht für jede Bauaufgabe ist alles möglich: Kompakte Grossformen können den städtebaulichen Massstab sprengen, denkmalpflegerische Auflagen schränken Massnahmen an der Gebäudehülle ein, Lärmschutzvorschriften reduzieren die mögliche Kompaktheit, Altlasten oder frühere Bauwerke (z. B. bestehende Tiefgaragen) verunmöglichen effiziente Lösungen.

■ **Auswahlverfahren.** Die Vorgaben zum nachhaltigen Bauen müssen für die Auswahl eines Projektes mitentscheidend sein. Die Festlegung der Projektanforderungen ist Teil der Vorstudie – bei Wettbewerben in Form des Programms, bei Studien oder

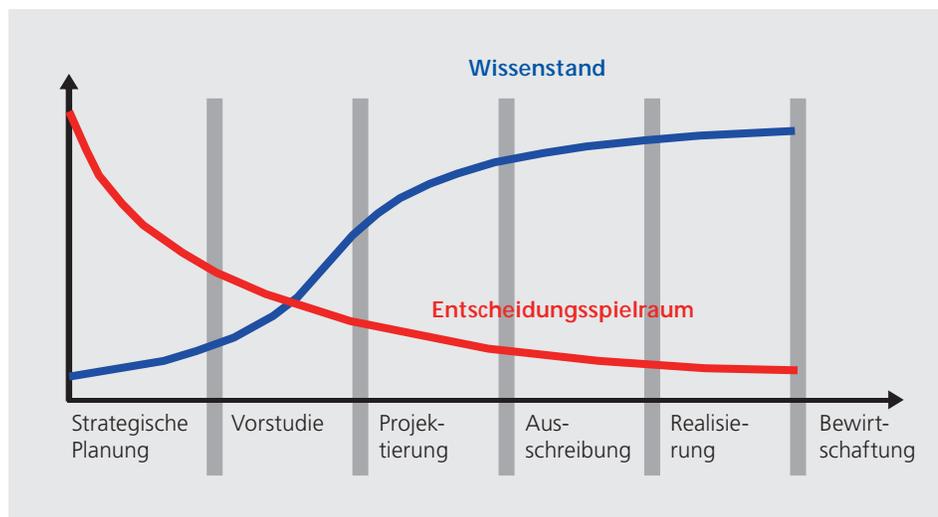


Abbildung 8: Einflussmöglichkeiten und Entscheidungsspielraum im Projektlauf (Quelle: Albatros).

Direktaufträgen als Teil des Projektpflichtenhefts. Die konsequente Berücksichtigung der Nachhaltigkeitsaspekte im Wettbewerbsprogramm, in der Vorprüfung und in der Auswahl schafft für alle Beteiligten eine verlässliche Ausgangslage und garantiert Transparenz. Die Experten der Vorprüfung spielen bei der Jurierung die Rolle eines Anwaltes für die Ziele des nachhaltigen Bauens. Bei Studien oder Direktaufträgen sollen die Projektvarianten im Hinblick auf die Erfüllung der Vorgaben des Projektpflichtenheftes einer Prüfung unterzogen werden, allenfalls unter Beizug von Experten.

■ **Teamwork.** Die interdisziplinäre Fachkompetenz des Planungsteams ist Voraussetzung für nachhaltiges Bauen. Dies gilt insbesondere für die ersten, die spätere Entwicklung massgeblich prägenden Entwurfsschritte, bei denen Architekten und Fachplaner eng zusammenarbeiten sollten (Abbildung 9). Von den Vorgaben abweichende Festlegungen lassen sich später kaum mehr – oder nur mit grossem Aufwand – korrigieren. Deshalb ist die Zusammenarbeit von Spezialisten und Architekten in einer frühen Phase unverzichtbar.

**Minergie-Eco: Umsetzung in Vorstudie**

- Festlegung der Anforderungen Minergie-Eco
- Erstellung eines Projektpflichtenheftes

**Wesentliche Aufgaben vor dem Projektstart**

- Standortentscheid fällen.
- Machbarkeitsstudie durchführen, um städtebauliche Einordnung, Verdichtung sowie Ziele und Standards des nachhaltigen Bauens festzulegen.
- Ziele des nachhaltigen Bauens mit weiteren Kriterien zum nachhaltigen Bauen ergänzen (z. B. Anforderung an ökologische und benutzerfreundliche Umgebungsplanung).
- Aspekte des nachhaltigen Bauens bei Ausarbeitung des Projektpflichtenheftes einbeziehen.
- Integration der Anforderungen des nachhaltigen Bauens in Architekturwettbewerb, Vorprüfung der entwerfsrelevanten Themen und angemessene Vertretung in der Jury.

**Vorprojekt**

■ **Vorgaben und Leistungen.** Bei der Beauftragung ist es wichtig, die Anforderungen bezüglich Nachhaltigkeit klar zu kommunizieren. Hierbei hilft ein Pflichtenheft für das nachhaltige Bauen. Die wichtigsten Leistungen sollen auch in den Planerverträgen festgehalten werden. Dabei können die Empfehlung «Nachhaltiges Bauen in Planer- und Werkverträgen» von KBOB, eco-bau und IPB und die zugehörigen «Bedingungen für Planungsleistungen» als Grundlage dienen. Auch die Qualitätssicherung muss geregelt werden. Hilfreich beim Projektstart ist auch eine Kickoff-Sitzung mit dem Planungsteam,

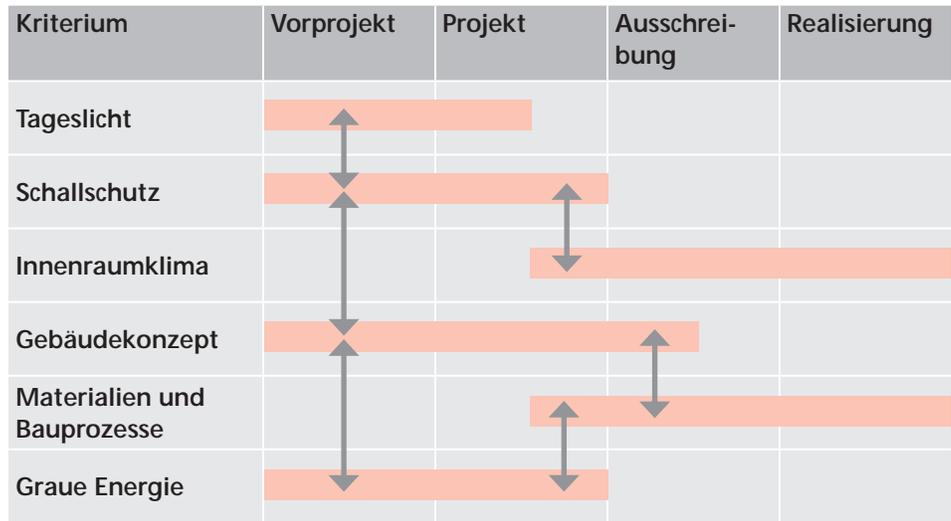


Abbildung 9: Berücksichtigung der Kriterien von Minergie-Eco in den Projektphasen und ihre Abhängigkeiten. Bereits im Vorprojekt werden wichtige Weichen gestellt (Quelle: Intep).

insbesondere mit dem Architekten, dem Bauphysiker, dem Heizungs- und Lüftungsplaner, dem Akustiker und dem Qualitätsverantwortlichen. An diesem Anlass werden die Besonderheiten des nachhaltigen Bauens und des angestrebten Standards besprochen. Zudem werden die Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten im Planungsteam geklärt.

■ **Gebäudekonzept.** Zentral in dieser Phase ist das Gebäudekonzept, zu dem auch das Festlegen und Überprüfen des Raumkonzepts gehört. Weiter ist die Bauweise entscheidend (Holz-, Massiv- oder Hybridbauweise) in Kombination mit den Anforderungen an die Statik, den Brandschutz sowie das Energie- und Steigzonenkonzept. Das nachhaltige Gebäudekonzept bezieht jedoch auch die Nahtstelle zum Aussenraum frühzeitig in die Planung mit ein. Wo ergeben sich Synergien zwischen innen und aussen, wo sind Verbindungen oder Durchblicke sinnvoll und möglich? Wie bewegen sich die Menschen durch das Areal und wo lässt sich ein Mehrwert für die Nutzenden und die Natur schaffen?

#### **Minergie-Eco: Umsetzung im Vorprojekt**

Im Vorprojekt erfolgt – aufgrund der Festlegung der entwurfsrelevanten Anforderungen wie Kompaktheit, graue Energie, Flexibilität, Systemtrennung, Tageslicht, Schallschutz etc. – eine erste Abschätzung zur Erreichbarkeit von Minergie-Eco. Die Erörterung des Projekts hinsichtlich der Resultate von Minergie-Eco zeigt den Optimierungsbedarf auf. Die Aufgaben im Einzelnen:

- Zuständigkeiten für Nachweis Minergie-Eco im Planungsteam klären.
- Graue Energie entwurfsbegleitend berechnen.
- Nachweis mit Tageslicht-Tool führen.
- Erfassen der Projekteigenschaften mit Nachweisinstrument.

#### **Bauprojekt**

■ **Optimierung Gebäudekonzept.** Im Rahmen des Bauprojekts erfolgt eine Optimierung des Gebäudekonzepts hinsichtlich Betriebsenergie, grauer Energie, Licht, Wasser etc. Die Gestaltung wird mit den Anforderungen des nachhaltigen Bauens – Tragstruktur, Konstruktionen und Gebäudetechnik – in Einklang gebracht. Wichtig ist auch die Behaglichkeit der Räume. So wird beispielsweise die optimale Nutzung von Tageslicht angestrebt. Herausragende Bauten zeichnen sich oft durch überraschend einfache und kreative Ansätze aus. Dies ist kein Zufall: Die Optimierung zur Reduktion der grauen Energie und zur Schonung von Ressourcen verlangt nach schlanken Lösungen und neuen Organisationsformen, etwa die Installation eines Fachcontrollings für den Planungs- und Bauprozess.

■ **Materialisierung.** Es gilt, die Bauteile hinsichtlich Systemtrennung zu überprüfen. Auch steht die Ausarbeitung des Materialisierungskonzepts an, das den Vorgaben für Gesundheit und Ökologie gerecht werden soll. Bei der Auswahl der Materialien und Produkte helfen die Eco-BKP-Merkblätter und die Eco-Produktelisten.

#### **Minergie-Eco: Umsetzung im Bauprojekt**

Die Unterlagen für den provisorischen Antrag werden erstellt. Die meisten Eigenschaften des Gebäudes stehen bereits bei Abschluss des Bauprojektes fest. Was noch nicht festgelegt ist, kann im Sinne einer Absichtserklärung erfasst und zu einem späteren Zeitpunkt korrigiert werden. Die Aufgaben sind:

- Graue Energie optimieren, Tageslicht mit Tool von Minergie-Eco überprüfen, Schallschutznachweise erstellen.
- Nachweise zu Innenraumklima: Lüftungsanlagen, Legionellen, Radonbelastung Standort, NIS-Zonenplan (nichtionisierende Strahlung) und Massnahmen zu deren Reduktion festlegen.
- Nachweise Gebäudekonzept: Nutzungsflexibilität, Zugänglichkeit, Witterungsbeständigkeit, effizienter Einsatz von Trinkwasser, Vogelschutz, Erweiterungsmöglichkeiten, Reserve.
- Materialisierungskonzept, Festlegung der Bauteile mit Recycling-Beton.
- Projektstand im Nachweisinstrument nachführen.
- Antrag für provisorische Zertifizierung Minergie-Eco einreichen.

## Ausschreibung

Bei der Ausschreibung von Bauleistungen mit hohen gesundheitlichen und ökologischen Anforderungen gibt es zahlreiche Herausforderungen. So stellt sich etwa die Frage, ob die Anforderungen präzise genug ausgeschrieben werden können. Zu beachten ist, dass Schnittstellen zwischen Entwurf und Ausführung zu Informationsverlusten führen können. Zudem ist es wichtig, die beteiligten Unternehmen für genügend Aufmerksamkeit dem Thema gegenüber zu sensibilisieren.

■ **eco-devis.** Die eco-devis sind bei der Ausschreibung hilfreich. Die ökologischen Positionen sind in diversen gängigen Bauadministrationsprogrammen verfügbar. Die grünen Positionen zeigen, wo auf ökologische Bauleistungen geachtet werden muss.

■ **Rechtliche Widersprüche.** Wichtig ist, dass die Devis insgesamt keine widersprüchlichen Aussagen enthalten. Sollten die Vorbedingungen abweichende oder widersprüchliche Regelungen gegenüber den einzelnen Positionen enthalten, dann gilt die Leistungsbeschreibung.

■ **Offerten und Werkverträge.** Bei den Eingaben ist zu prüfen, ob die Offerten die Vorgaben erfüllen. Die ökologischen Leistungen sind auch in den Werkverträgen genügend zu dokumentieren. Hierbei helfen die Empfehlung «Nachhaltiges Bauen in Planer- und Werkverträgen» von KBOB, eco-bau und IPB sowie die zugehörigen «Bedingungen für Werkleistungen».

### Minergie-Eco: Umsetzung in der Ausschreibung

Basierend auf den Ergebnissen aus der Projektierungsphase, z.B. Gebäudekonzept, Materialisierungskonzept, Massnahmen aus Bodenschutzkonzept usw., werden die Ausschreibungen erstellt. Dabei sind die Vorgaben und Hinweise aus dem Vorgabenkatalog respektive der Checkliste Minergie-Eco zu berücksichtigen. Die Aufgaben im Einzelnen:

■ In Vorbedingungen Verbote und Vorgaben zur Einhaltung Minergie-Eco aufführen, insbesondere für Ausschlusskriterien.

- In Leistungsbeschrieben nur Positionen ausschreiben, welche die Vorgaben von Minergie-Eco erfüllen.
- Devisierung allenfalls mit eco-devis (in Devisierungssoftware) oder unter Berücksichtigung der Eco-BKP.

## Ausführung und Abnahme

■ **Kommunikation.** In der Phase Ausführung ist es wichtig, die Kommunikation für die Umsetzung sicherzustellen. Hier haben sich Kickoff-Schulungen mit Unternehmen und Hinweistafeln auf Baustellen mit den besonderen Anforderungen des jeweiligen Projekts bewährt. In regelmässigen Bausitzungen soll das nachhaltige Bauen als Traktandum nicht fehlen: Dort werden die Themen praxisgerecht im Bauablauf eingespeist. So gelingt es der Bauleitung, bei kritischen Prozessen präsent zu sein und bei Problemen rechtzeitig Einfluss zu nehmen. Sinnvoll sind auch Informationsanlässe, bei denen die Belegschaft auf kritische Punkte im Bauprozess hingewiesen wird – etwa darauf, dass keine lösemittelhaltige Anstrichsysteme verwendet werden dürfen.

■ **Dokumentation.** Ein heikler Punkt sind Materiallieferungen. Angelieferte und verbaute Materialien müssen laufend dokumentiert werden. Projektänderungen und Unternehmervarianten müssen hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Nachhaltigkeit überprüft werden. Dies bedingt die Information von Bauherrschaft und Architekt.

### Minergie-Eco: Umsetzung in der Ausführung und Abnahme

Die Anforderungen, die Minergie-Eco in Bezug auf Innenraumklima und Ökologie an die in den Werkverträgen festgelegten Materialien und Bauprozesse stellt, müssen allen Beteiligten kommuniziert und bei der Materialbeschaffung sowie auf der Baustelle durchgesetzt werden. Die Aufgaben im Einzelnen:

- Vor Arbeitsbeginn mit beauftragten Unternehmen die zu verwendenden Produkte und Massnahmen festlegen.
- Vor Arbeitsbeginn Vorarbeiter und Handwerker instruieren und auf Verbote gemäss Werkvertrag aufmerksam machen.

- Umsetzung mittels Baustellenbesuchen kontrollieren (z.B. Anlieferung in Originalgebinden) und Nachweis eventuell mittels Fotografien (besonders wichtig bei Ausschlusskriterien).
- Produkte-, Sicherheitsdatenblätter und Zertifikate aller wesentlicher Produkte vom Unternehmer einfordern.
- Lieferscheine sammeln und Gesamtmenge kontrollieren (Recyclingbeton, Zementarten, Rückbau, Entsorgung).
- Einregulierung (Luftmengen) sowie Kontrollmessungen organisieren und durchführen (z.B. Schallschutz, Wassertemperaturen, Nichtionisierende Strahlung).
- Zwei Monate vor Fertigstellung: Zertifizierungsstelle benachrichtigen, damit allfällige Baustellenbesuche und die Raumluftmessungen (Formaldehyd, VOC, Radon, CO<sub>2</sub> etc.) veranlasst werden können.
- Raumluftmessungen nach Fertigstellung rechtzeitig einplanen; Abschluss der Messungen bis spätestens 3 Monate nach Baufertigstellung.
- Projekteigenschaften gemäss Stand Ausführung im Nachweisinstrument nachführen und Antrag für definitive Zertifizierung Minergie-Eco einreichen.

## Qualitätssicherung, Dokumentation

■ **Qualitätssicherung.** Entscheidend für den Projekterfolg ist eine Qualitätssicherung, die alle Phasen der Projektierung und Realisierung abdeckt. Der Weg zu einem herausragenden Gebäude ist mit einer Bergwanderung vergleichbar (Abbildung 10). Ausgangspunkt ist die Projektanforderung zum nachhaltigen Bauen – also beispielsweise die Zertifizierung nach Minergie-Eco. Unterwegs zum Gipfel gibt es Stationen, bei denen der Projektfortschritt hinsichtlich der Erreichung der Zielvorgaben überprüft wird. Konkret wird beispielsweise in Vorprojekt, Bauprojekt, Ausschreibung, Ausführung und Abnahme beurteilt, welche Anforderungen erfüllt sind und welche nicht. Nur so ist gewährleistet, dass die ursprünglichen Vorgaben der Bauherrschaft bezüglich Nachhaltigkeit auch ihren Weg in das fertige Gebäude finden.

Bereits die Qualitätskontrollen der Zertifizierung stellen eine gewisse Qualitätssicherung dar (vergleiche Abschnitt 1.5). Eine umfassende Lösung bietet ein Fachcontrolling, das als eigenständige Stelle im Planungsteam agiert und über den gesamten Planungs- und Bauprozess für die Umsetzung der Projektanforderungen des nachhaltigen Bauens gemäss Pflichtenheft zuständig ist. Auch Zwischenlösungen,

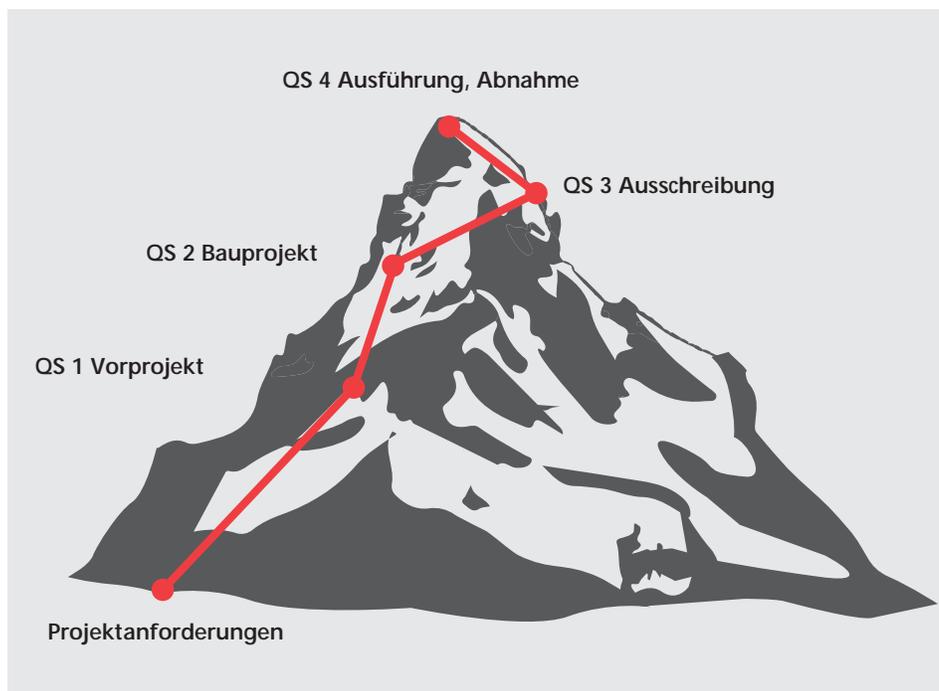


Abbildung 10: Qualitätssicherung nachhaltiges Bauen nach der Formel 1 plus 4 (1 Projektanforderung und 4 Stationen zu deren Überprüfung).  
Quelle: Amt für Grundstücke und Gebäude des Kantons Bern, Bruno Rankwiler, Fachtagung eco-bau 2007

z. B. mit Fachspezialisten für Materialökologie und Innenraumklima, welche die Erstellung des Nachweises Minergie-Eco koordinieren, haben sich in der Praxis bewährt. Dies insbesondere, wenn die nötigen Fachkenntnisse in Bauchemie fehlen oder das Planungsteam erstmals ein Minergie-Eco-Projekt bearbeitet.

■ **Dokumentation.** Die systematische Dokumentation der relevanten Bauprodukte und -prozesse ermöglicht die Nachverfolgung der Informationen und stellt eine wichtige Voraussetzung für eine wirksame Qualitätssicherung dar.

**Tipp!** Die Qualitätskontrollen, welche Sie zur Sicherstellung der Umsetzung der einzelnen Minergie-Eco-Vorgaben durchführen sollten, sind in den Kapiteln 2 bis 7 im Abschnitt «Anforderungen, Qualitätssicherung, Dokumentation» als Tabellen aufgeführt.

### Rolle des Planungsteams

■ **Zuständigkeiten.** Um einen Standard wie Minergie-Eco bis zur Inbetriebnahme erfolgreich umzusetzen, ist ein gutes Zusammenspiel von Bauherrschaft, Architekten und Fachplanenden unabdingbar (Abbildung 11). Dabei sind die wichtigsten Einflussgrößen, die im Zuständigkeitsbereich der Fachplaner liegen, vom Architekten zu koordinieren. Die Leistungen des Planungsteams werden den einzelnen Mitgliedern im Projektpflichtenheft zugewiesen und in den Verträgen vereinbart.

■ **Rolle des Architekten.** Dass Architekten beim nachhaltigen Bauen ihre Rolle überdenken müssen, hat Manfred Huber, Inhaber des Büros aardeplan, bei der Realisierung des SNBS-Panelprojekts MFH Kirchrain Kriens erfahren. «Früher war die generalistische Ausrichtung gefragt; heute droht unserem Berufsstand die Gefahr, zu Spezialisten für die Raumgestaltung degradiert zu werden.»

Wichtig sei jedoch, das grosse Ganze im Auge zu behalten und sich fachliche Kenntnisse im nachhaltigen Bauen

zu verschaffen. Es gelte, komplexe konstruktive und technische Abhängigkeiten bei der Planung in den Griff zu bekommen. Hubers Appell ist im Grunde genommen einfach.

«Nehmen wir das Heft beim Bauen wieder selbst in die Hand.»

Manfred Huber, Architekt

**Tipp!** Legen Sie frühzeitig die Zuständigkeit für die Umsetzung der Anforderungen Minergie-Eco fest. Prüfen Sie die Beauftragung eines Fachcontrolling oder einer Fachperson für Innenraumklima und Materialökologie. Eine Übersicht der Zuständigkeiten von Architekt und Bauleitung sowie Fachplanenden für die Umsetzung der einzelnen Vorgaben finden Sie in den Übersichtstabellen in der vorderen (Gesundheit) und hinteren (Bauökologie) Umschlagsklappe.

Kriterium	Architekt	Bauingenieur	Bauphysiker	Gebäude-techniker	Unternehmer
Tageslicht	■			■	■
Schallschutz	■		■	■	■
Innenraumklima	■*		■	■	■
Gebäudekonzept	■	■		■	
Materialien und Bauprozesse	■*	■	■	■	■
Graue Energie	■	■	■	■	■

\*Beauftragung einer Fachperson für Innenraumklima und Materialökologie prüfen

Abbildung 11: Zuständigkeiten von Architekt und Fachplanern für die Kriterien von Minergie-Eco (Quelle: Intep). ■ Federführung oder massgebliche Mitarbeit ■ Mitarbeit

## 1. 4 Die neun wichtigsten Grundsätze

### Tageslichtnutzung (Kapitel 2)

Durch eine optimale Tageslichtnutzung entstehen helle und freundliche Räume, was sich positiv auf die Gesundheit der Nutzenden auswirkt. Tageslicht steigert das Wohlbefinden und die Konzentrationsfähigkeit und ermöglicht die Synchronisation der inneren Uhr. Dabei gilt es, den optimalen Fensteranteil an der Fassade auszuloten. Zu viele Fenster können zu Blendung, Wärmeverlust im Winter oder Überhitzung im Sommer führen. Durch den optimalen Einsatz von Tageslicht lässt sich der Kunstlichtanteil reduzieren.

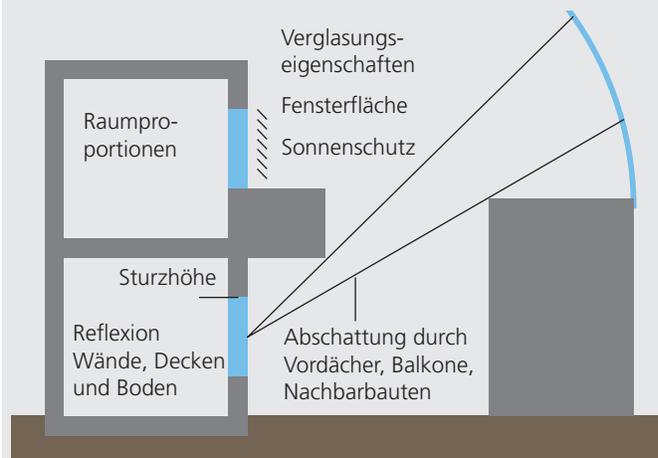


Abbildung 12: Einflussfaktoren für eine optimale Tageslichtnutzung.

### Schallschutz (Kapitel 3)

Lärm fördert Stresserkrankungen und stellt ein umweltmedizinisch bedeutendes Problem dar. Deshalb ist ein konsequenter Schallschutz gegen aussen wie auch zwischen den Nutzungseinheiten wichtig. Bei erhöhten Schallschutzanforderungen braucht es eine optimale Anordnung der lärmempfindlichen Räume, fachgerechte Fassadenplanung sowie hohe Sorgfalt bei der Planung von gebäudetechnischen Anlagen und beim Trittschall.

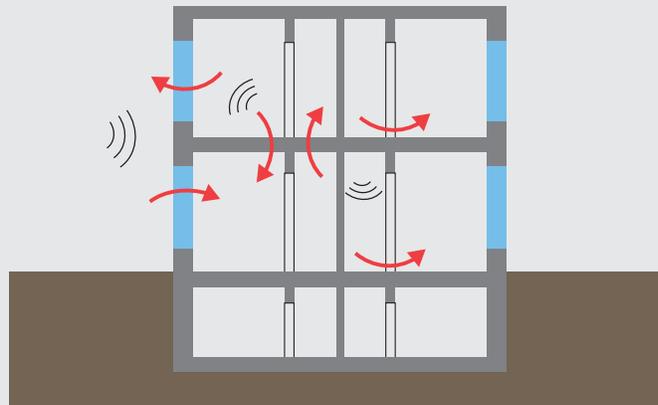


Abbildung 13: Schallschutz beim Gebäude.

### Genügender Luftaustausch und Vermeidung von Strahlung (Kapitel 4)

Heute werden Gebäude dicht gebaut, so dass wenig natürlicher Luftaustausch gegeben ist. Umso sorgfältiger muss der Luftwechsel geplant werden, um das CO<sub>2</sub> und weitere Schadstoffe abzulüften. Oft wird der Luftwechsel mittels Lüftungsgeräten mit Wärmerückgewinnung sichergestellt. Bei der Planung ist dabei auf eine optimierte Leitungsführung mit kurzen Wegen zu achten. Auch die Reinigung und Wartung der Filter muss zweckmässig eingeplant werden. Dem radonfreien Bauen, der planerischen Reduktion von Elektromog, dem wassersparenden Bauen inklusive Reduktion des Legionellenrisikos ist ebenfalls Rechnung zu tragen.

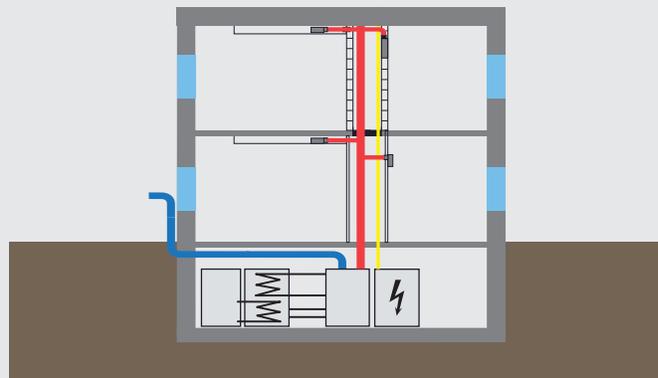


Abbildung 14: Bauten werden immer dichter. Eine gute Durchlüftung mit Wärmerückgewinnung bringt positive Effekte. Auch die Belastung durch Strahlung von Elektromog soll reduziert werden.

## Baustoffe für schadstofffreie Innenräume und ökologische Materialisierung (Kapitel 4 und 6)

Insbesondere bei inneren Oberflächen ist darauf zu achten, dass keine Materialien eingebaut werden, die Formaldehyd (Holzwerkstoffe), Lösemittel oder Biozide (VOC) ausdünsten.

Aber auch die Emissionen von umweltrelevanten Bestandteilen in Luft, Wasser, Boden (z. B. Schwermetalle von Bedachungsmaterialien) sind möglichst weitgehend zu reduzieren.

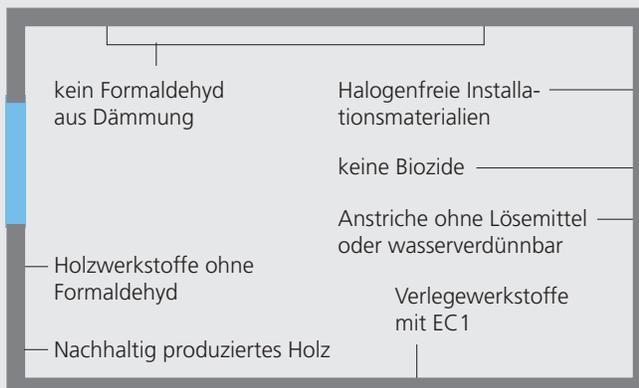


Abbildung 15: Materialisierung von Innenräumen unter gesundheitlichen und ökologischen Gesichtspunkten. Grundlagen dazu liefern die Eco-BKP-Merkblätter.

## Flächeneffiziente Grundrisse und kompakte Baukörper (Kapitel 5 und 7)

Kompakte Baukörper haben ein günstiges Verhältnis von Gebäudeoberfläche gegen Aussenluft und Untergrund zur Geschossfläche. Dies reduziert in der Regel nicht nur den Betriebsenergieverbrauch (Ausnahme: Gebäude mit hohen internen Wärmelasten), sondern auch die zu verbauende Materialmenge und damit die Umweltbelastung sowie die Baukosten.

Nebst der Kompaktheit spielt auch die Flächeneffizienz eine Rolle. Dabei geht es um eine optimale Ausnutzung des Raums zugunsten der Nutzenden mit möglichst wenig Verkehrs- oder Restflächen, die kaum sinnvoll genutzt werden können.

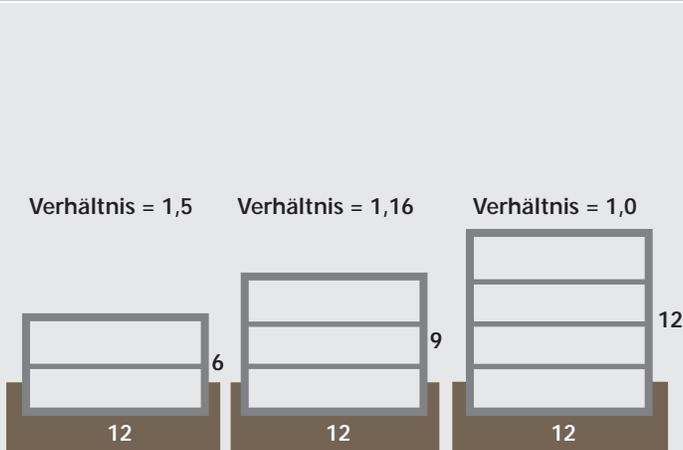


Abbildung 16: Kompaktheit verschiedener Gebäude.

## Einpassung in die Topografie, Minimierung der Untergeschosse (Kapitel 5 und 7)

Die Platzierung des Gebäudes in der Topografie bestimmt die Menge der Erdbewegungen und des Aushubs. Untergeschosse bestehen in der Regel aus Beton. Der zu transportierende Aushub und die grosse Masse der nötigen Baustoffe belasten die Umwelt stark. Bei der Planung muss deshalb schon früh entschieden werden, ob das Volumen der Untergeschosse reduziert werden kann, z. B. durch Verlagerung von Räumen in oberirdische Volumen. Solche Massnahmen können auch die Erstellungskosten senken.

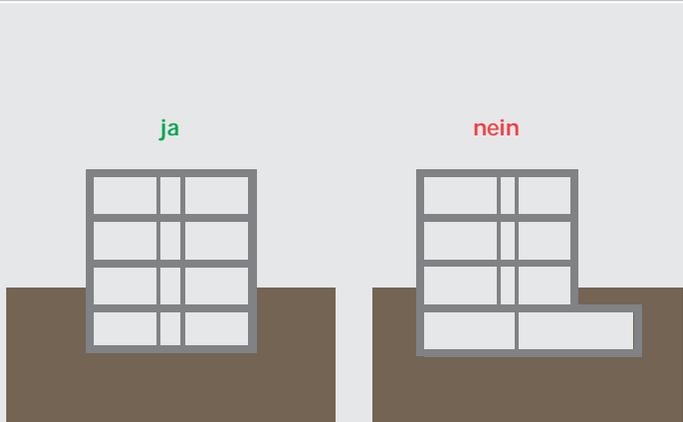


Abbildung 17: Eine oberirdische Anordnung der Nutzungen verringert in der Regel den Aufwand für Aushub, Baugrubensicherung, Baumaterial und Wasserhaltung.

## Einfaches statisches Konzept und flexible Nutzung (Kapitel 5 und 7)

Mit einer einfachen Tragstruktur und einer geradlinigen Lastabtragung über alle Geschosse können die tragenden Elemente minimal dimensioniert und dadurch Material und Kosten gespart werden.

Im Hinblick auf eine spätere Veränderung der Nutzung (z. B. Wechsel von Einzelbüros zu Grossraumbüros, steigende Ansprüche bezüglich Wohnfläche, Umnutzung von ganzen Gebäuden) sollte die Tragstruktur so ausgebildet werden, dass sie Umgestaltungen ohne Eingriffe in die Primärstruktur erlaubt (z. B. Skelett- oder Schottenbauweise, Schaltzimmer).

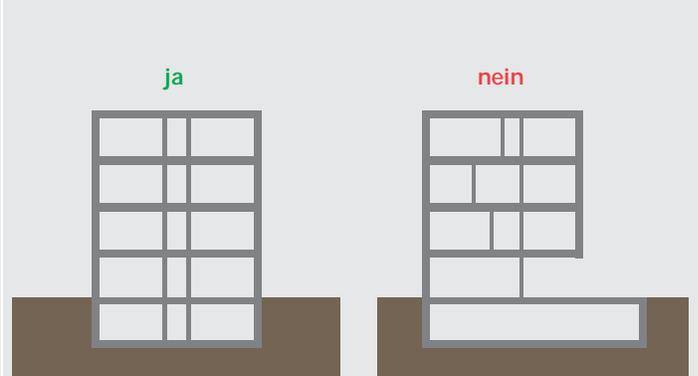


Abbildung 18: Die geradlinige Lastabtragung mit kurzen Spannweiten ermöglicht einen effizienten Ressourceneinsatz

## Systemtrennung und Nutzungsdauer der Bauteile (Kapitel 5 und 7)

Eine geeignete Systemtrennung ermöglicht einfache und effiziente Instandhaltungs- und Instandsetzungsarbeiten durch gute Zugänglichkeit und Trennung der Bauteile. Hierfür braucht es z. B. ein klares Steigzonenkonzept und eine geeignete Anbindung an Technikräume. Die gewählte Tragkonstruktion soll Flexibilität für spätere Veränderungen des Sekundärsystems bieten. Bestimmend sind Raster, Geschosshöhen, Gebäudetiefen und Lasten.

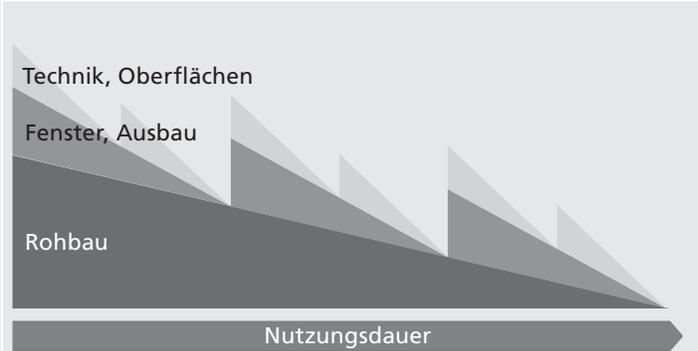


Abbildung 19: Ressourceneinsatz für Erstellung und Erneuerung der Bauteile in Abhängigkeit von ihrer Nutzungsdauer.

## Geringer Ressourcenbedarf und Emissionen (Kapitel 6 und 7)

Die bei der Herstellung von Baumaterialien verursachten Umweltwirkungen sind nicht zu vernachlässigen. Die Ökobilanzierung von Bauteilen hilft mit, das Gebäude nicht nur bezüglich grauer Energie, sondern auch die Treibhausgasemissionen und die Gesamtumweltbelastung (ökologische Knappheit, UBP) zu optimieren.

Die Stoffkreisläufe gilt es durch den Einsatz von Recyclingprodukten (z. B. Recyclingbeton) möglichst weitgehend zu schliessen und dadurch den Bedarf von Primärressourcen zu senken.

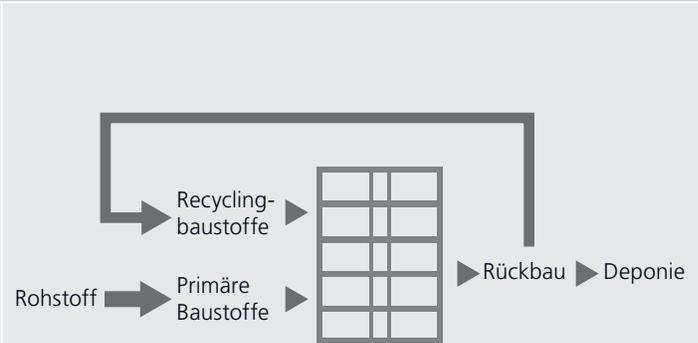


Abbildung 20: Schliessen der Stoffkreisläufe durch Einsatz von Recyclingprodukten.

## 1.5 Minergie-Eco

### Entwicklung von Minergie und Eco

■ **Minergie.** Das Label Minergie wurde 1998 vom gleichnamigen Verein lanciert, der damals durch die Kantone und den Bund getragen wurde. Es ist ein freiwilliges Qualitätslabel für Neubauten sowie modernisierte Altbauten und umfasst alle Gebäudekategorien nach Norm SIA 380/1. Es behandelt insbesondere den Energieverbrauch. Der Komfort für die Nutzerschaft, der bei der Kommunikation im Vordergrund steht, lässt sich im Wesentlichen über einen guten winterlichen (mit einer gut gedämmten Gebäudehülle) und sommerlichen Wärmeschutz erreichen sowie über einen systematischen Luftwechsel. Bei der Energieeffizienz kennt Minergie folgende Anforderungen:

1. Die «Primäranforderung für die Gebäudehülle» orientiert sich am Grenzwert für den Heizwärmebedarf gemäss SIA 380/1. Diese Anforderung gilt für Neubauten, ist jedoch für Modernisierungen nicht anwendbar.

2. Der «Minergie-Grenzwert» entspricht dem gewichteten Endenergiebedarf. Da die Norm SIA 380/1 nur den Nutzener-

giebedarf berechnet, gibt es für den Minergie-Nachweis ein Rechenformular, mit dem die Effizienz der Gebäudetechnik sowie weitere Aspekte erfasst werden. Die Energieträger werden mit den nationalen Gewichtungsfaktoren bewertet, die von den «wissenschaftlichen» Faktoren (wie z. B. Primärenergiefaktoren, Treibhausgasemissionskoeffizienten gemäss KBOB-Liste, vergleiche Kapitel 7) teilweise erheblich abweichen.

3. Bei Nichtwohnbauten bestehen als Zusatzanforderung zudem Vorgaben für den Energiebedarf der Beleuchtung.

■ **Minergie-P.** Das 2001 lancierte Label Minergie-P ist ein analoges Konzept zum in Deutschland verbreiteten Passivhaus-Standard. Es wurden strengere Grenzwerte bezüglich der Primäranforderung an die Gebäudehülle sowie für den gewichteten Endenergiebedarf festgelegt. Zudem wurden Anforderungen an Haushaltgeräte und an die Luftdichtheit der Gebäudehülle eingeführt.

■ **Minergie-A.** Seit 2011 gibt es den Standard Minergie-A. Hier gilt dieselbe Primäranforderung wie bei Minergie, aber eine gegenüber Minergie-P nochmals ver-

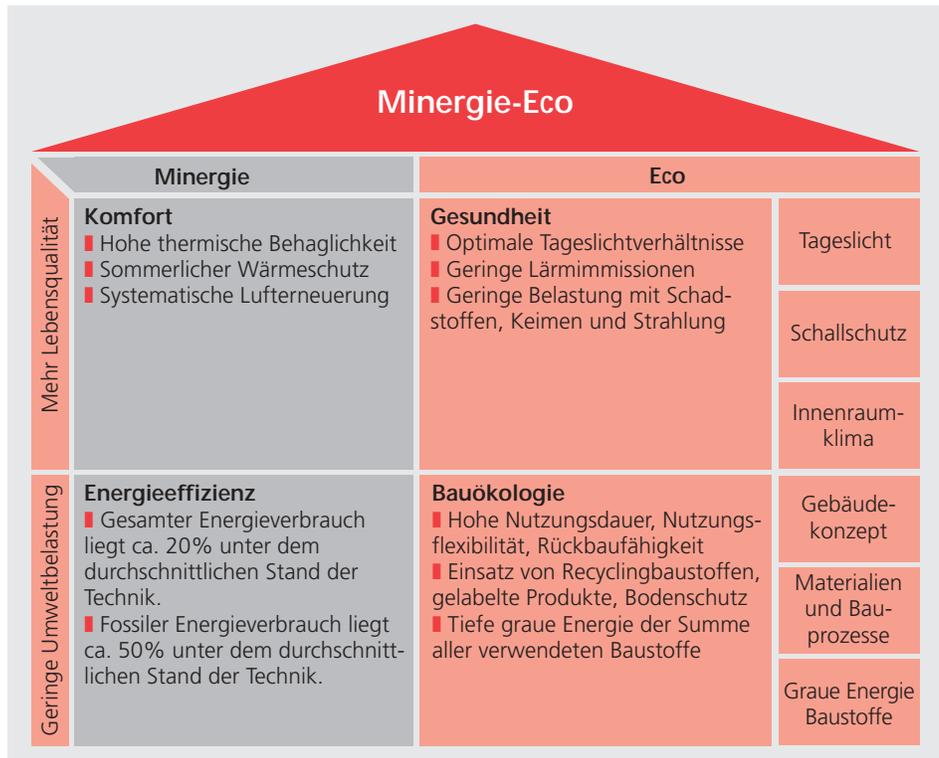


Abbildung 21: Die Kriterien von Minergie-Eco. Links die Kriterien von Minergie (Minergie-P und Minergie-A), rechts die Kriterien des Zusatzes Eco (Quelle: Minergie).

schärfte Anforderung an den gewichteten Endenergiebedarf.

■ **Minergie-Eco.** Mit dem 2006 lancierten Zusatz Eco, der mit allen drei vorgängig erwähnten Minergie-Standards kombiniert werden kann, wurde Minergie um die Aspekte Gesundheit und Bauökologie erweitert. Analog zu Minergie richten sich die zertifizierbaren Gebäudekategorien nach der Norm SIA 380/1. Bei Minergie-Eco können die Kategorien I bis IV zertifiziert werden, also Einfamilienhäuser, Mehrfamilienhäuser, Verwaltungsgebäude und Schulgebäude – dies sowohl für Neubauten als auch für Modernisierungen. Es ist geplant, Minergie-Eco auf weitere Gebäudekategorien zu erweitern.

**Tipp!** Für Anfragen zur Zertifizierbarkeit abweichender Gebäudekategorien wenden Sie sich an die Zertifizierungsstellen.

■ **Systemgrenze.** Systemgrenze ist das Gebäude. Dadurch fallen die Umgebungsgestaltung oder allfällige Spezialfundationen beziehungsweise Baugrubensicherungen ausser Betracht. Obwohl diese Elemente aus ökologischer Sicht relevanten Anteil an der gesamten Umweltbelastung eines Gebäudes haben können, werden sie im Interesse der Vergleichbarkeit aller Gebäude innerhalb einer Nutzungskategorie nicht in die Bewertung einbezogen.

■ **Marktdurchdringung.** Minergie ist eine Erfolgsgeschichte. Bis Ende 2013 waren in der Schweiz über 33 000 Gebäude nach den unterschiedlichen Minergie-Labels ausgezeichnet. Heute sind schon über 1500 nach Minergie-Eco zertifiziert. Weltweit weist kein anderes Gebäudelabel eine ähnlich grosse Marktdurchdringung auf.

### Die Kriterien

Unter dem gemeinsamen Dach von Minergie-Eco steht Minergie für die Themen Komfort und Energieeffizienz während Eco die Kriterien Gesundheit und Bauökologie umfasst (Abbildung 21).

Eines der erklärten Ziele bei der Entwicklung von Minergie-Eco war, möglichst viele bewährte und akzeptierte Methoden ein-

zubinden (Tabelle 2). (Die bei Minergie-Eco eingesetzten Planungsinstrumente sind in den Kapiteln 4 bis 7 detailliert beschrieben.) Mit Ausnahme des Bewertungsverfahrens wurden deshalb keine neuen Methoden entwickelt.

### Bewertungsmethodik

Mit einem eigens entwickelten Nachweisverfahren werden die Ergebnisse aus den einzelnen Kriterien zusammengezogen und gewichtet (Abbildung 22).

■ **Ausschlusskriterien** sind die Anforderungen, die unbedingt und lückenlos eingehalten werden müssen, damit ein Gebäude zertifiziert werden kann. Sie sind in den jeweiligen Kapiteln des Buchs zu finden. Damit wird ein Minimalstandard sichergestellt.

■ **Erfüllungsgrad pro Kriterium.** Für die Erfüllung der übrigen Anforderungen werden Punkte vergeben. Als Mindesterfüllungsgrad ist eine minimale Anzahl an Punkten festgelegt. Sie beträgt in jedem Kriterium 50 % der maximal erreichbaren Punktezahl, die sich aus der Anzahl der beim konkreten Projekt anwendbaren Vorgaben ergibt. Unter 50 % (respektive über dem oberen Grenzwert (GW2) für die graue Energie) steht die Ampel auf Rot, zwischen 50 % und 70 % (respektive zwischen GW1 und GW2 für die graue Energie) auf Gelb und über 70 % (respektive unter dem unteren GW1 für die graue Energie) auf Grün. Die Teilergebnisse werden mithilfe eines Ampelsystems zusammengezogen.

■ **Gesamtbewertung.** Jedes Kriterium muss mindestens zu 50 % erfüllt sein. Beim Innenraumklima heisst das etwa, dass die Hälfte aller Anforderungen erfüllt werden

*Tabelle 2: Bei Minergie-Eco verwendete Planungsinstrumente (SNARC D 0200 ist eine Dokumentation des SIA, um die Nachhaltigkeit im Architekturwettbewerb zu beurteilen).*

	Kriterien	Planungsinstrumente
Gesundheit	Tageslicht	Norm SIA 380/4 Elektrische Energie im Hochbau
	Schallschutz	Norm SIA 181 Schallschutz im Hochbau
	Innenraumklima	Innenraumklima, SWKI Richtlinie VA 104-01
Bauökologie	Gebäudekonzept	Eco-BKP, Modul Recyclingbaustoffe, SNARC
	Materialien und Bauprozesse	
	Graue Energie Baustoffe	Merkblatt SIA 2032 Graue Energie von Gebäuden

muss. Ein gewisser Ausgleich zwischen den Kriterien eines Bereichs ist aber möglich. Insgesamt wird ein Minergie-Eco-Objekt dann zertifizierbar, wenn ein Minergie-Standard erreicht wird, die Ausschlusskriterien erfüllt sind und eine Ampel bei Gesundheit oder Bauökologie auf Grün und die andere auf Gelb steht.

### Nachweis Minergie-Eco

■ **Nachweisinstrument.** Das Nachweisinstrument unter [www.minergie.ch](http://www.minergie.ch) enthält die Vorgabenkataloge, welche online auszufüllen sind. Die Resultate der Grenz- und Projektwerte aus dem Tageslichtnachweis und der Berechnung der grauen Energie sind manuell in das Online-Nachweisinstrument einzutragen. Zur Beantwortung einzelner Vorgaben stehen Checklisten oder Nachweisformulare zur Verfügung. Bei Minergie-Eco werden die Eigenschaften des Gebäudes zu zwei Zeitpunkten abgefragt:

- In der Phase «Vorstudie, Projektierung» werden schwergewichtig die konzeptionellen Eigenschaften des Gebäudes bewertet.
- In der Phase «Ausschreibung, Realisierung» stehen die Konstruktions- und Materialwahl im Vordergrund.

Das Verfahren basiert auf einem Vorgabenkatalog, einer Checkliste für die Umsetzung, einer Berechnung des Tageslichterfüllungsgrads und einer Berechnung der grauen Energie (Tabelle 3). Die Berechnungen werden in der Phase Projektierung eingereicht und müssen nur dann nach der Ausführung aktualisiert werden, wenn das Projekt wesentliche Änderungen erfahren hat.

■ **Ausfüllen Vorgabenkatalog.** Grundsätzlich werden die Fragen mit Ja oder Nein beantwortet. Falls Vorgaben nicht anwendbar sind, weil sie für das jeweilige Projekt nicht relevant sind, so dürfen diese mit «Nicht anwendbar» bezeichnet werden. Sie werden bei der Bewertung nicht berücksichtigt.

**Beispiel:** In einem Gebäude werden keine Hölzer verbaut. Das Ausschlusskriterium MNA12 zum Thema Hölzer bzw. Holzprodukte aussereuropäischer Herkunft ohne FSC-, PEFC- oder gleichwertigem Label ist daher nicht anwendbar.

**Tipp! 80-Prozent-Regel.** Um eine Vorgabe zu erfüllen, müssen ihr lediglich 80% der betroffenen Bauteile entsprechen. Die Prozentangabe bezieht sich jeweils auf einen sinnvollen Massstab zur Beurteilung.

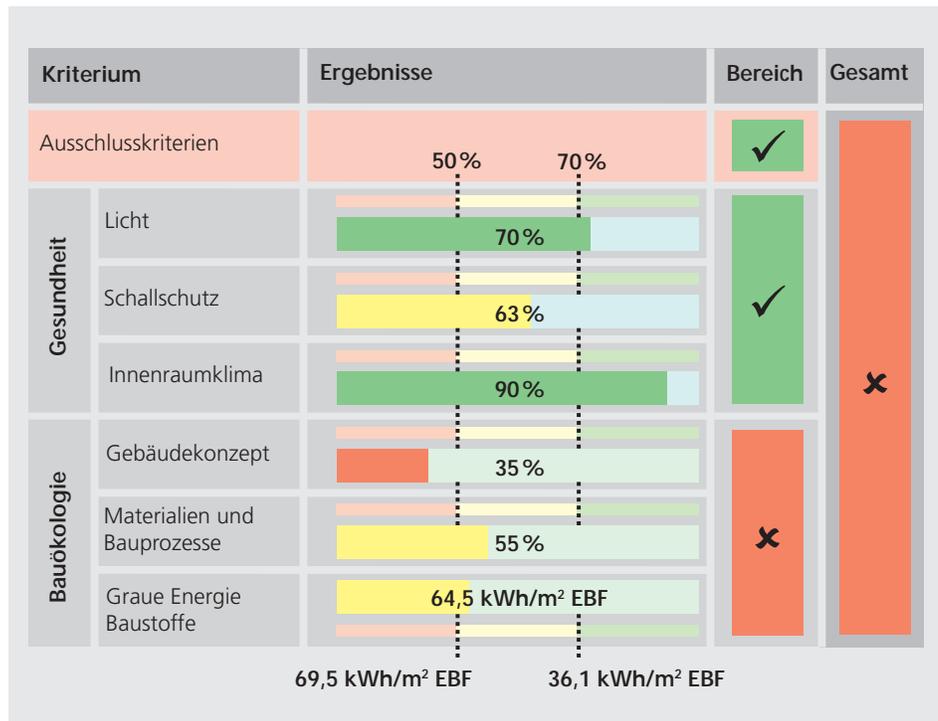


Abbildung 22: Elemente des Bewertungssystems und geforderte Erfüllungsgrade (Ergebnisse und Grenzwerte graue Energie nur hypothetisch, Anforderungen Minergie-Eco sind nicht erfüllt).

Ziel dieser Regel ist die praxismgerechte Handhabung der Vorgaben. Es gibt in fast jedem Gebäude zwangsläufig einige wenige Ausnahmen, die den Vorgaben nicht entsprechen. Die 80-Prozent-Regel gilt jedoch nicht für Ausschlusskriterien; hier müssen 100% der betroffenen Bauteile die Vorgabe erfüllen.

**Beispiel:** In einem Mehrfamilienhaus wird die Luftverteilung zugänglich gestaltet, in den Küchen muss sie jedoch in die Betondecke eingelegt werden. Falls die Länge der eingelegten Rohre weniger als 20% der gesamten Rohrlänge beträgt, ist das Kriterium «Zugänglichkeit horizontaler HT-Installationen» erfüllt.

**Tipp!** Prüfen Sie bei einem Projekt als Erstes die Erfüllung der Ausschlusskriterien und der Grenzwerte von Tageslicht und grauer Energie. Fahren Sie erst danach mit der Erfassung der übrigen Eigenschaften fort. Schaffen Sie unbedingt einen genügend grossen Spielraum in der Bewertung, da ansonsten bei Nichterfüllung einer einzigen Vorgabe das Projekt allenfalls nicht mehr zertifiziert werden kann.

Tabelle 3: Nachweismethode mit Phasenzuordnung von Vorgabenkatalog, Berechnung und Checkliste. (Berechnung) bedeutet, dass eine aktualisierte Berechnung nur nötig ist, falls das Projekt geändert wurde.

Kriterien	Vorstudien, Projektierung	Ausschreibung, Realisierung
Tageslicht	Berechnung	(Berechnung)
Schallschutz	Vorgabenkatalog	Checkliste
Innenraumklima	Vorgabenkatalog	Checkliste
Gebäudekonzept	Vorgabenkatalog	Checkliste
Materialien und Bauprozesse	Vorgabenkatalog	Checkliste
Graue Energie Baustoffe	Berechnung	(Berechnung)

### Zertifizierungsablauf

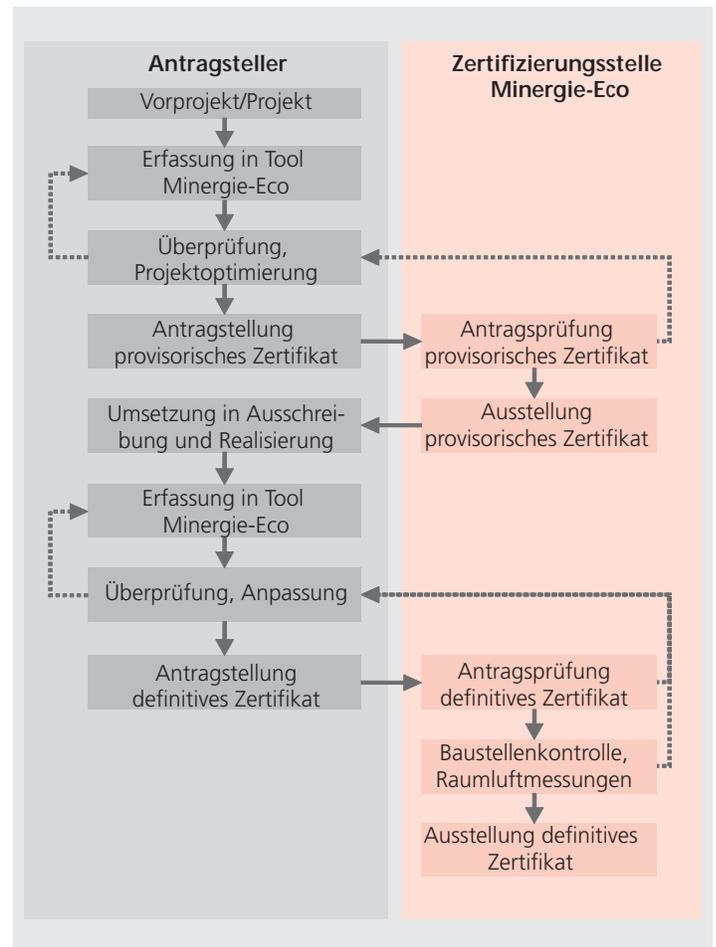
Der Zertifizierungsprozess lehnt sich stark an denjenigen von Minergie an. Am generellen Ablauf ändert sich – abgesehen von der zusätzlichen Einreichung der Eco-Dossiers – kaum etwas.

■ **Provisorisches Zertifikat.** Anträge sind der zuständigen Minergie-Zertifizierungsstelle (respektive Minergie-P- oder Minergie-A-Zertifizierungsstelle) einzureichen.

Anschliessend stellt die zuständige Zertifizierungsstelle den Eco-Teil des Antragsdossiers der Stelle zu, die intern die technische Prüfung und weitere Qualitätskontrollen für Minergie-Eco durchführt.

■ **Definitives Zertifikat.** Nach der Prüfung der Unterlagen für das provisorische Zertifikat durch die Zertifizierungsstelle kann der Antragsteller, falls notwendig oder erwünscht, eine Projektoptimierung durchführen. Im Unterschied zum Minergie-Teil liegt beim Eco-Teil ein Schwergewicht auf der Phase Ausschreibung und Realisierung. Deshalb ist in dieser Phase nochmals darzulegen, wie die Vorgaben umgesetzt wurden. Weil auch kleinere Fehler starke Auswirkungen haben können, werden im Eco-Teil intensive Qualitätskontrollen sowie Raumluftmessungen durchgeführt.

Abbildung 23: Ablauf der Zertifizierung mit den Leistungen des Antragstellers und der Zertifizierungsstelle Minergie-Eco.



## Qualitätskontrollen in der Zertifizierung

Da mit einem Label definierte Eigenschaften eines Produkts verlässlich eingehalten werden müssen, ist es unumgänglich, konsequente Qualitätskontrollen durchzuführen. Die Komponenten für Minergie-Eco zeigt Tabelle 4.

Die von der Zertifizierungsstelle durchgeführten Qualitätskontrollen liefern einen wesentlichen Beitrag zur Qualitätssicherung von Minergie-Eco (vergleiche Kapitel 1.4, Abschnitt Qualitätssicherung). Sie entlasten die Bauherrschaft von Aufgaben, die sie ansonsten selbst wahrnehmen oder beauftragen müsste. In diesem Sinne sind die Zertifizierungskosten gut investiertes Geld.

### Einfluss auf Kosten

Bei allen Vergleichen von konventionellen Bauten mit solchen, die einem Standard entsprechen, stellt sich die Frage, mit welchen Mehrkosten die Zertifizierung verbunden ist. Diese Frage ist nicht einfach zu beantworten. Um zu einem sinnvollen ökonomischen Vergleich zu gelangen, sind unter anderem folgende Punkte zu klären:

- Welche Kosten werden betrachtet? Die Investitions-, Betriebs- oder Lebenszykluskosten?
- Womit soll verglichen werden? So wird beispielsweise ein Minergie-P-Eco-Gebäude mit Sicherheit anders konzipiert als ein konventionelles Gebäude.

- Wie wird der monetäre Nutzen von Massnahmen, die zwar mit Investitionen verbunden sind, aber beispielsweise «nur» dem Komfort bzw. der Gesundheit dienen, eingesetzt?

Obwohl diese Unsicherheiten eine präzise Aussage erschweren, können einige Faktoren benannt werden, die kostenseitig einen spürbaren Einfluss haben (Tabelle 5).

■ **Zertifizierungskosten.** Die Zertifizierungskosten für den Zusatz Eco sind abhängig von der Energiebezugsfläche des Gebäudes und unterscheiden sich für Wohnbauten (Gebäudekategorien I und II) sowie Nicht-Wohnbauten (Gebäudekategorien III bis XI). Die aktuellen Werte sind auf der Minergie-Website publiziert. Für die Zertifizierung mehrerer identischer Gebäude gelten reduzierte Gebührensätze. Die Raumluftmessungen werden – sofern sie über Minergie abgewickelt werden – separat verrechnet.

■ **Investitionskosten.** Bei den Investitionskosten wirken sich die Massnahmen zur Bedarfssenkung der grauen Energie in der Regel auch kostensenkend aus. Diese Stellschrauben können jedoch nur frühzeitig in der Planung aktiviert werden (Abbildung 24). Eine Quantifizierung der Kosteneinsparung ist kaum möglich, da entsprechende Referenzentwürfe fehlen. In späteren Planungsphasen können demgegenüber geringfügige Mehrkosten für die Materialisierung entstehen.

<b>Antragserstellung</b>	■ Unterstützung durch die Zertifizierungsstellen Minergie-Eco
<b>Antragsprüfung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Vollständigkeitsprüfung der Unterlagen</li> <li>■ Kontrolle der Berechnungen und der Selbstdeklaration anhand der Pläne und weiterer Unterlagen (Phase Vorstudien, Projektierung)</li> <li>■ Kontrolle der Selbstdeklaration anhand von Checklisten, Produktdatenblättern, Devis etc. (Phase Ausschreibung und Realisierung)</li> <li>■ Nachführung allfälliger Differenzen, Erstellung einer neuen Auswertung und eines Prüfberichts</li> <li>■ Rückweisung des Antrags, falls mehr als 10 % der deklarierten Eigenschaften nicht verifiziert werden können</li> </ul>
<b>Baustellenkontrollen</b>	■ Stichproben bei ca. 30 % der Gebäude
<b>Raumluftmessungen</b>	■ Auswertung der Messprotokolle
<b>Statistische Auswertungen</b>	■ Umfragen, Auswertung der Daten auf der Minergie-Online-Plattform, Auswertungen der Ergebnisse der Raumluftmessungen etc.

Tabelle 4: Qualitätskontrollen der Zertifizierungsstelle.

**Tipp!** Berücksichtigen Sie die Kriterien von Minergie-Eco bereits in den frühen Planungsphasen, um die kostensenkenden Faktoren auszuschöpfen. Dadurch können Sie eine über den Lebenszyklus betrachtet optimale ökologische und ökonomische Lösung finden (Abbildung 24).

tes Gebäude – zumindest theoretisch – eine höhere Qualität als ein nicht gelabeltes Pendant aufweist.

■ **Qualitätssicherung.** Die Zertifizierung beinhaltet eine Qualitätssicherung. Die vom Antragsteller gemachten Angaben werden durch eine unabhängige Stelle überprüft. Bei vielen Labels wird auch vor Ort kontrolliert, was zu einer höheren Qualität des zertifizierten Gebäudes führt. Zusätzlich werden die Bauherrschaft oder ihre Beauftragten von Qualitätssicherungsmaßnahmen entlastet, die sie sonst selbst ergreifen müssten.

*Tabelle 5: Kosten-senkende und -steigernde Faktoren für die Planungs-, Zertifizierungs-, Erstellung- und Folgekosten von Minergie-Eco-Gebäuden.*

**Nutzen einer Zertifizierung**

Mit der Zertifizierung von Gebäuden werden mehrere Ziele erreicht:

■ **Anforderungen.** Das Gebäude muss die Anforderungen des Labels erfüllen, was meist nur mit zusätzlichen Anstrengungen möglich ist. Das heisst, dass ein zertifizier-

	Kostensteigernde Faktoren ↑	Kostensenkende Faktoren ↓
<b>Zertifizierungs- und Planungskosten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Zertifizierungskosten</li> <li>■ Zusätzliche Aufwendungen der Planenden für die Umsetzung der Anforderungen, Qualitätssicherung, Dokumentation und Antragserstellung, insbesondere bei erstmaliger Anwendung des Standards</li> </ul>	
<b>Investitionskosten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Allfällige Massnahmen zum Schallschutz (insbesondere bei Erfüllung der erhöhten Anforderungen)</li> <li>■ Allfällige Aufwendungen für die Systemtrennung (Revisionsöffnungen etc.)</li> <li>■ Teilweise teurere Materialisierung (formaldehydfreie, lösemittelfreie Produkte, Produkte mit Labels, halogenfreie Produkte etc.)</li> <li>■ Vorinvestitionen in eine verbesserte Umnutzungsflexibilität (z. B. Stützen anstatt Wände)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Konzeptionelle Massnahmen zur Senkung der grauen Energie wie beispielsweise Kompaktheit, geringe Gebäudehüllzahl, geringes unterirdisches Volumen, Tragstruktur mit geradliniger Lastabtragung und kurzen Spannweiten usw. reduzieren in der Regel auch die Investitionskosten.</li> </ul>
<b>Folgekosten</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Ein tieferer Krankenstand und eine höhere Produktivität der Nutzenden wird durch die besseren gesundheitlichen Eigenschaften des Gebäudes begünstigt*.</li> <li>■ Die gute Tageslichtnutzung in den Hauptnutzräumen führt zu geringerem Elektrizitätsverbrauch und damit zu reduzierten Betriebskosten.</li> <li>■ Durch konsequenten Verzicht auf gesundheitsgefährdende Materialien wird das Risiko von teuren späteren Sanierungen reduziert.</li> <li>■ Eine hohe Nutzungsflexibilität erlaubt kostengünstigere Anpassungen an zukünftige Nutzungen und verlängert die Nutzungsdauer des Gebäudes.</li> <li>■ Die gute Auswechselbarkeit und Erweiterbarkeit der Installationen und Apparate erlaubt die kostengünstige Erneuerung der verhältnismässig kurzlebigen Gebäudetechnikkomponenten.</li> <li>■ Die gute Demontierbarkeit der Bauelemente sowie deren problemlose Wiederverwendung, -verwertung oder Entsorgung führen zu tieferen Aufwendungen für den späteren Rückbau.</li> </ul>

\* Es gibt eine Vielzahl von Studien zu diesem Thema. Zum Beispiel wird im American Journal of Public Health 9/2010 im Artikel «Effects of Green Buildings on Employee Health and Productivity» dargelegt, dass die Benutzer von LEED-zertifizierten Gebäuden signifikant weniger Krankentage, geringeres Stressempfinden und eine erhöhte Produktivität haben.

■ **Kommunikation.** Das Label ist ein Kommunikationsinstrument, das erlaubt, die komplexen labelspezifischen Anforderungen beziehungsweise die Eigenschaften des Gebäudes auf einfache Weise zu kommunizieren. Für den Antragsteller besteht darin meist der grösste Anreiz, weil er damit seine Vorbildfunktion nach aussen zeigen kann (dazu muss das Label aber sowohl einen genügenden Bekanntheitsgrad als auch eine gewisse Verlässlichkeit aufweisen, da es sonst von seinen Anspruchsgruppen als wertlos empfunden wird).

■ **Verkaufspreis respektive Mieteinnahmen.** Die Wahrnehmung des Labels am Markt kann auch zu einem höheren Verkaufspreis oder höheren Mieteinnahmen führen, wie im Falle des Labels Minergie auch empirisch nachgewiesen wurde.

### Nicht zertifizierte Gebäude

■ **Unterschiede zu zertifizierten Gebäuden.** Bei nicht zertifizierten Gebäuden ist schwierig zu ermitteln, inwiefern sie sich von einem herkömmlichen Gebäude tatsächlich unterscheiden. In der Praxis wird denn auch viel von Gebäuden gesprochen, die ungefähr Minergie entsprechen. Sie erfüllen zwar meist die Vorgaben von Gesetzen und Normen, erreichen aber bezüglich Komfort und Energieeffizienz dennoch nicht die Qualität zertifizierter Gebäude. Dies betrifft insbesondere Minergie-Eco, wo die Qualitätssicherung in der Realisierung zur Erreichung der Anforderungen bezüglich Gesundheit und Bauökologie unverzichtbar ist.

■ **Standards.** Demgegenüber legen Standards nur Anforderungen fest und liefern

allenfalls Hilfsmittel. Es gibt weder eine Qualitätssicherung noch ein nennenswertes Marketing. Beispiel dafür sind die meisten SIA-Normen, in denen zwar Grenz- und Zielwerte festgelegt und in einigen Fällen Hilfsmittel publiziert werden. Die Umsetzung in der Praxis wird aber allein dem Planungsteam überlassen.

**Tipp!** Folgen für Kosten und Bauprozess. Die Vorgaben von Minergie-Eco, die relevant höhere (↑) oder tiefere (↓) Investitionskosten respektive Folgekosten im Betrieb auslösen können, sind in den Übersichtstabellen in der vorderen Umschlagsklappe (Gesundheit) und hinteren Umschlagsklappe (Bauökologie) entsprechend gekennzeichnet. Weitergehende Informationen zu den Kostenkonsequenzen einzelner Vorgaben von Minergie-Eco finden Sie bei den jeweiligen Kriterien (Kapitel 2 bis 7) im Abschnitt «Lösungsansätze».

Dies betrifft auch die Vorgaben, welche sich auf den Bauprozess auswirken, sei dies durch eine relevant längere Bauzeit (⌚) oder logistische Mehraufwendungen (👉).

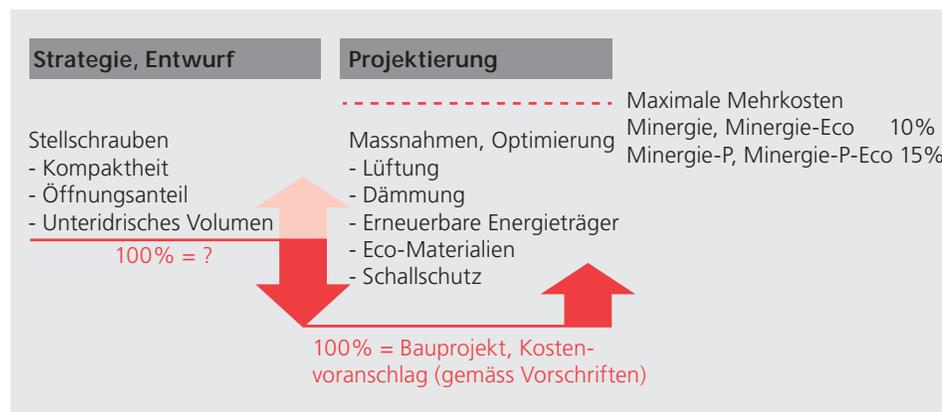


Abbildung 24: Bei den Investitionskosten von Minergie-Eco-Projekten stehen einem beträchtlichen Senkungspotenzial in der Entwurfsphase geringfügige Mehrkosten in späteren Planungsphasen gegenüber (Quelle: Stadt Zürich, Amt für Hochbauten).

## 1.6 Weitere gebräuchliche Standards und Labels

Weltweit gibt es viele Gebäudelabels, in der Schweiz haben allerdings nur wenige eine Bedeutung im Markt. Unterscheiden lassen sich die Labels hinsichtlich ihrer Ausrichtung. Auf der einen Seite richtet sich Minergie als wichtigstes Schweizer Gebäudelabel – gemeinsam mit DGNB Swiss und dem Standard Nachhaltiges Bauen Schweiz SNBS – vornehmlich am heimischen Markt aus. Auf der anderen Seite zielen LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) und DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen) stark auf den internationalen Markt.

### Vergleich verschiedener Standards anhand der Kriterien der SIA 112/1

Bei der Entwicklung von Minergie-Eco und SNBS wurde darauf geachtet, dass die Kriterien mit der Empfehlung SIA 112/1 «Nachhaltiges Bauen – Hochbau» abgestimmt sind. Damit ist es möglich, ein Bauvorhaben bezüglich Einhaltung der meisten Kriterien der SIA 112/1 objektiv und vergleichbar zu bewerten.

Mit LEED und DGNB gibt es zwei internationale Standards, die in der Schweiz eine gewisse Bedeutung haben. Ersterer stammt aus den USA, Zweiterer aus Deutschland. Beide pflegen einen eigenen Ansatz bei ihrem Kriteriensystem. Während sich LEED stark mit der Umweltwirkung befasst, verlangt DGNB eher eine ganzheitliche Betrachtung eines Projekts. Tabelle 6 schlüsselt die Abdeckung wichtiger Bereiche durch die verschiedenen

Standards auf. Der Vergleich zeigt, dass es sich bei Minergie-Eco und LEED um fokussierte Standards handelt, währenddem DGNB und SNBS umfassende Nachhaltigkeitsstandards darstellen.

### Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)

Das vom U.S. Green Building Council (USGBC) entwickelte und 1998 der Öffentlichkeit präsentierte Label LEED zielt auf die Planung und Erstellung von umwelt- und ressourcenschonenden Gebäuden. Der USGBC ist ein Verein mit ungefähr 20 000 Mitgliedern. Seit seiner Einführung (Version 1.0) wurde LEED mehrmals überarbeitet. Die aktuell gültige Version 3 erschien 2009, derzeit findet der Wechsel zur Version 4 statt. Die LEED-Kriterien der Version 3 sind in sieben Bereiche gegliedert:

- Sustainable Sites (Nachhaltiges Grundstück)
- Water Efficiency (Wassereffizienz)
- Energy & Atmosphere (Energie und Atmosphäre)
- Materials & Resources (Material und Ressourcen)
- Indoor Environmental Quality (Innenraumkomfort)
- Innovation in Design (Innovation im Entwurf)
- Regional Priority (Regionale Priorität)

Die Kriterien gliedern sich in Prerequisites (Vorbedingungen), die zwingend zu erfüllen sind und keine Punkte generieren, und Credits (Kriterien), die abhängig vom Grad ihrer Erfüllung Punkte generieren können. Die Summe der Punkte entspricht dem

**Tabelle 6:**  
Abdeckung der Kriterien der Empfehlung SIA 112/1 durch Minergie-Eco, LEED, DGNB und SNBS (Quelle: Intep).

■ Kriterium weitgehend abgedeckt  
■ Kriterium teilweise oder indirekt abgedeckt  
■ Kriterium im Wesentlichen nicht abgedeckt

Bereich	Thema	Minergie-Eco	LEED	DGNB	SNBS
Gesellschaft	Gemeinschaft				
	Gestaltung				
	Nutzung, Erschliessung				
	Wohlbefinden, Gesundheit				
Wirtschaft	Gebäudesubstanz				
	Anlagekosten				
	Betriebs- und Unterhaltskosten				
Umwelt	Baustoffe				
	Betriebsenergie				
	Boden, Landschaft				
	Infrastruktur				

Schlussresultat. Bei LEED können maximal 110 Punkte und vier verschiedene Zertifizierungsniveaus erreicht werden: Certified (40–49 Punkte), Silver (50–59 Punkte), Gold (60–79 Punkte) und Platinum (80–110 Punkte).

Der Nachweis wird mittels Formularen und weiteren Unterlagen geführt, die über eine anwenderfreundliche Online-Plattform verwaltet und eingereicht werden können. Für die Qualitätssicherung ist ein eigens vom USGBC gegründetes Institut, das Green Building Certification Institute (GBCI), zuständig. Die Prüfung ist zweiphasig (Design Review, Construction Review). Allerdings gibt es keine Baustellenkontrollen. Die Zertifizierungskosten hängen von der Grösse des Objekts ab. Für ein 5000-m<sup>2</sup>-Gebäude beträgt die Registrationsgebühr beispielsweise 1200 US \$, die Design Review 2250 US \$ und die Construction Review 750 US \$.

Da LEED auf US-amerikanischen Normen und Gesetzen beruht, gibt es bei der Anwendung in anderen Ländern verschiedene Hürden zu überwinden. Vor allem ist die Berechnung des Energieverbrauchs (Energy Modeling) aufwendig und bedarf grosser Erfahrung, da mit der dem Verfahren zugrundeliegenden ASHRAE-Norm die Einsparung der Energiekosten im Vergleich mit einem hypothetischen Referenzgebäude berechnet werden muss. Aber auch

Probleme wie die mangelnde Verfügbarkeit geeigneter Produkte, die Umrechnung in US-Einheiten oder die Übersetzung der Dokumente gilt es bei einer Zertifizierung zu meistern. Um solche Hürden zu verkleinern, wurde LEED an verschiedene Länder angepasst. So gibt es Varianten für Kanada, Brasilien, Indien, Italien und weitere Länder.

Insgesamt wurden bis Ende 2014 36 000 Projekte zertifiziert, davon 5600 ausserhalb der USA und 16 in der Schweiz. Eines der Erfolgsrezepte des USGBC ist die kostenpflichtige Ausbildung von Fachleuten per Fernstudium. So kann man sich zum LEED Accredited Professional (LEED AP), zum LEED Green Associate und zum LEED Fellow, der höchsten Auszeichnung für LEED-Fachleute, ausbilden lassen. Wenn ein LEED-Antrag durch einen LEED AP eingereicht wird, so kann man damit einen Extrapunkt generieren. Weltweit gibt es ungefähr 75 000 LEED-Professionals.

### Deutsches Gütesiegel Nachhaltiges Bauen (DGNB)

Mit dem 2008 von der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen erstmals vorgestellten DGNB-System können Gebäude und Stadtquartiere, die gewissen Nachhaltigkeitskriterien entsprechen, ausgezeichnet werden. Die Grundsystematik wurde gemeinsam von der DGNB und dem

Rating System	Reference Guide
<ul style="list-style-type: none"> <li>LEED for New Construction</li> <li>LEED for Core &amp; Shell</li> <li>LEED for Schools</li> <li>LEED for Healthcare*</li> <li>LEED for Retail*</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Green Building Design &amp; Construction 2009 Edition</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>LEED for Commercial Interiors</li> <li>LEED for Retail Interiors*</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Green Interior Design &amp; Construction</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>LEED for Existing Buildings</li> <li>LEED for Existing Schools*</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Green Building Operations &amp; Maintenance 2009 Edition</b></p>

\* These rating systems are under development or in pilot. Once they are available supplements will be sold for the new LEED 2009 Reference Guides.

Abbildung 25: Die verschiedenen LEED-Rating-Systeme und die entsprechenden Handbücher. Nicht abgebildet sind die Systeme für Wohnbauten (LEED for Homes) und für Quartiere (LEED for Neighbourhood Development).

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) entwickelt. Das Nachhaltigkeitskonzept des DGNB-Systems ist weit gefasst und schliesst nebst dem bekannten Dreisäulenmodell der Nachhaltigkeit (Ökologie, Ökonomie, soziokulturelle und funktionale Aspekte) auch die Qualität der technischen Lösungen, der Prozesse und des Standorts mit ein. Damit umfasst das DGNB-System alle wesentlichen Aspekte des nachhaltigen Bauens. Derzeit lassen sich 13 verschiedene Gebäudetypen und seit 2011 auch ganze Quartiere zertifizieren.

Die Bewertungen basieren auf dem gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes. Auch das DGNB-System bewertet keine einzelnen Massnahmen, sondern die Gesamtleistung eines Gebäudes bzw. Stadtquartiers. Für die je nach Systemvariante ungefähr 50 Kriterien werden bis zu 10 Bewertungspunkte vergeben, wenn festgelegte Zielwerte erreicht werden. Aus der Kombination der Bewertungspunkte mit der jeweiligen Gewichtung eines Kriteriums errechnet sich der Erfüllungsgrad für die sechs Themenfelder. Für das Gesamtprojekt errechnet sich der Gesamterfüllungsgrad aus fünf Themenfeldern entsprechend ihrer Wertigkeit. Die Standortqualität fliesst dabei nicht ein und wird separat ausgewiesen.

Je nach erzieltm Erfüllungsgrad wird das DGNB-Zertifikat in Bronze, Silber oder Gold vergeben. Für einige der Kriterien sind Mindesterfüllungsgrade festgelegt, die für eine erfolgreiche Zertifizierung erreicht werden müssen. Ausserdem gibt es in den Themenfeldern Mindesterfüllungsgrade, die in Abhängigkeit vom Zertifizierungsniveau gelten.

Zertifiziert wird in zwei Phasen. In der fakultativen Vorzertifizierung wird überprüft, ob das Projektpflichtenheft den Anforderungen des DGNB-Systems entspricht. Die eigentliche inhaltliche Prüfung folgt erst in der zweiten Zertifizierungsphase. Mit der Erstellung der Antragsdokumente zur Zertifizierung kann einer der über 650 (Stand Ende 2013) von der DGNB zugelassenen Auditoren beauftragt werden. Die Zertifizierungsgebühren erreichen für Büroebauten bis 4000m<sup>2</sup> Geschossfläche 10000 Euro; Mitglieder erhalten Rabatte. Die Kosten für den Auditor sind darin nicht enthalten.

Das DGNB-Zertifizierungssystem ist international anwendbar. Adaptierte Versionen gibt es für Bulgarien, Dänemark, Österreich, die Schweiz und Thailand. Die Schweizer Variante wurde durch die Schweizer Gesellschaft für Nachhaltige Immobilienwirtschaft (SGNI) entwickelt. Sie strebt eine Übereinstimmung mit den SIA-Normen und -Merkblättern sowie wei-

Gesamterfüllungsgrad	Mindesterfüllungsgrad	Auszeichnung	
ab 35%	—	Zertifiziert	
ab 50%	35%	Bronze	
ab 65%	50%	Silber	
ab 80%	65%	Gold	

Abbildung 26: Anforderungen und Zertifizierungsniveaus des DGNB.

teren Schweizer Instrumenten des nachhaltigen Bauens an. Momentan befindet sie sich in einer Pilotphase.

Bis Ende 2013 wurden insgesamt 760 Gebäude gemäss DGNB zertifiziert. Zur Unterstützung der Antragstellenden hat die DGNB ein Instrument entwickelt, das die strukturierte Nachweisführung und die elektronische Einreichung der Unterlagen erlaubt.

### Standard Nachhaltiges Bauen Schweiz (SNBS)

Von 2011 bis 2012 wurde der Standard Nachhaltiges Bauen Schweiz (SNBS) im Auftrag des Bundesamtes für Energie entwickelt. Der Sinn dahinter war, ein gemeinsames Verständnis des nachhaltigen Bauens in der Schweiz und eine Grundlage für eine umfassende Nachhaltigkeitsbeurteilung eines Gebäudes zu schaffen.

	Themen	Nr.	Kriterien
Gesellschaft	<b>Kontext und Architektur</b>	101	Ortsanalyse
		102	Themen und Pflichtenheft
	<b>Planung und Zielgruppen</b>	103	Planungsverfahren
		104	Diversität
	<b>Nutzung und Raumgestaltung</b>	105	Halböffentliche Räume
		106	Private Räume
	<b>Wohlbefinden, Gesundheit</b>	107	Visueller, akustischer, thermischer Komfort
		108	Raumluftqualität
Wirtschaft	<b>Kosten</b>	201	Lebenszykluskosten
		202	Objektgrösse und Eigentumsverhältnisse
	<b>Handelbarkeit</b>	203	Bausubstanz
		204	Vermietungssituation
	<b>Ertragspotenzial</b>	205	Erreichbarkeit
		206	Bevölkerung und Arbeitsmarkt
		207	Mietzinsniveau in der Gemeinde
208	Nutzbarkeit des Grundstücks		
209	Lagequalität und Entwicklungsperspektiven		
<b>Regionalökonomie</b>	210	Regionalökonomisches Potenzial	
Umwelt	<b>Energie</b>	301	Primärenergie nicht erneuerbar
		302	Treibhausgasemissionen
	<b>Ressourcen- und Umweltschonung</b>	303	Umweltschonende Erstellung
		304	Umweltschonender Betrieb
		305	Umweltschonende Mobilität
	<b>Natur und Landschaft</b>	306	Artenvielfalt
		307	Landschaftszersiedelung

Abbildung 27: Die Kriterienliste des SNBS (Quelle: Netzwerk Nachhaltiges Bauen Schweiz).  
■ *mehrheitlich abgedeckte Kriterien*  
■ *2000-Watt-Gesellschaft, Minergie, Minergie-Eco*  
■ *teilweise abgedeckte Kriterien*

Der SNBS ist eine Massnahme der Strategie «Nachhaltige Entwicklung» des Bundesrates. Er berücksichtigt bewährte, aber auch neue und innovative Instrumente, welche die schweizerische Planungs-, Bau- und Verwaltungskultur widerspiegeln und ermöglicht die Beurteilung von Neu- und Bestandesbauten.

Der SNBS wird durch das von der öffentlichen Hand und der Wirtschaft gemeinsam ins Leben gerufene und breit abgestützte Netzwerk Nachhaltiges Bauen Schweiz (NNBS) getragen. Da es sich um einen Standard handelt, besteht noch keine Zertifizierungsorganisation und es werden keine Zertifikate ausgestellt.

Der SNBS umfasst ein ähnlich breites Themenfeld wie das DGNB-System. Gegliedert in die drei bekannten Nachhaltigkeitsdimensionen Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft – im SNBS Bereiche genannt – werden in 12 Themen 25 Kriterien mit insgesamt 78 Indikatoren beschrieben.

Im Bereich Gesellschaft wurden Elemente aus dem bewährten Schweizer Wohnungsbewertungs-System (WBS) sowie von Minergie-Eco (für das Thema Gesundheit) übernommen. Neu wurden Kriterien zu städtebaulichen und architektonischen Qualitäten, zu einer zielgruppengerechten Planung sowie ein Verfahren zur Bewertung des Ausblicks entwickelt. Im Bereich Wirtschaft wurden als bestehende Instrumente die Lebenszykluskosten-Rechnung (IFMA-Tool), der Lageklassenschlüssel des SVIT sowie Daten des Bundesamts für Statistik (BFS) übernommen. Neu entwickelt wurden Instrumente für die Themen Handelbarkeit und Ertragspotenzial sowie Regionalökonomie. Auch der Bereich Umwelt baut auf Bewährtem auf. Energieeffizienz und Bauökologie basieren auf Minergie-Eco, die Mobilität auf dem SIA-Effizienzpfad Energie. Neu entwickelt wurden Verfahren zur Bewertung der Biodiversität und der Landschaftszersiedelung.

Bewertet wird jeder Indikator auf einer Skala von 1 bis 6, wobei 4 als genügend gilt (Schweizer Schulnotensystem). Die Bereiche Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt besitzen dasselbe Gewicht wie auch

die je vier Themen pro Bereich. Innerhalb eines Themas sind alle Kriterien gleich gewichtet. Teilweise unterschiedlich gewichtet werden einzelne Indikatoren pro Kriterium. Aus den themenweise zusammengezogenen Bewertungen wird anschliessend das Gesamtergebnis ermittelt. Das Profil ermöglicht es, die Stärken und Schwächen eines Projekts über alle Bereiche, Themen und Kriterien zu erkennen.

## 1.7 Beispiele aus der Praxis



### Foyer Zug, Zug

Auf einem ehemaligen Industrieareal wurde an zentraler Lage in Zug der Gebäudekomplex Foyer durch das Real Estate Asset Management der Credit Suisse erstellt. Der Neubau dient der Mieterin, der Pharmafirma Cilag International, als Hauptsitz. Das Foyer wurde nicht nur nach Minergie-Eco, sondern sowohl Grundausbau wie auch Innenausbau jeweils nach LEED Platinum zertifiziert. Die Wärmeerzeugung erfolgt mittels Grundwasserwärmepumpe.

### Beteiligte und Objektdaten

- Bauherrschaft: Credit Suisse Real Estate Asset Management, Zürich
- Architekt: Axess Architekten, Zug
- Nachhaltigkeitsspezialist: Intep – Integrale Planung GmbH, Zürich
- Energiebezugsfläche: 29 400 m<sup>2</sup>
- Geschossfläche: 23 500 m<sup>2</sup>
- Kosten Grundausbau ca. 85 Mio. Fr.
- Kosten Mieterausbau ca. 35 Mio. Fr.
- Investitionskosten mit Land: ca. 200 Mio. Fr.

### Profil Minergie-Eco: ZG-002-003-ECO

#### Gesundheit 87,1

Licht	75%
Lärm	80%
Raumluft	95,5%
Zusatzfragen	0%

#### Bauökologie 66,7

Rohstoff	75,6%
Herstellung	82,5%
Entsorgung	85,7%
Zusatzfragen	0%

- Besonderheit: Doppelzertifizierung Minergie-Eco und LEED Platinum, erstes LEED zertifiziertes Restaurant in der Schweiz. Regenwasserzisterne.



### Weichenbauhalle Von Roll Areal, Bern

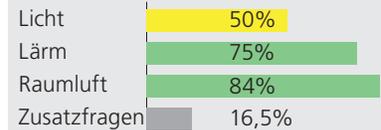
Die 1914 erbaute Halle diente während mehrerer Jahrzehnte der Herstellung von Weichen für Bahngleise. Als Herzstück des neuen Erziehungswissenschaftlichen Zentrums von Uni und PH Bern wurde sie zu einem Gebäude mit 7 Hörsälen und insgesamt 1500 Plätzen umgebaut. Im Inventar der Denkmalpflege ist das Gebäude als erhaltenswert eingestuft, sodass der Umbau unter denkmalpflegerischen Gesichtspunkten erfolgte. Das Konzept folgt dem Raumprinzip vom Haus im Haus mit einem Zwischenraum mit weniger hohen klimatischen Anforderungen zwischen alter Halle und Hörsälen.

### Beteiligte und Objektdaten

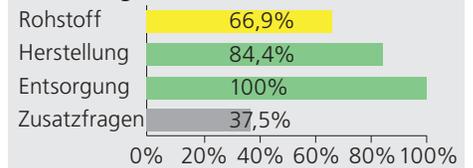
- Bauherrschaft: Amt für Grundstücke und Gebäude Kanton Bern, Bern
- Bauphysik: Bakus Bauphysik & Akustik GmbH, Zürich
- Architekt: giuliani. höniger architekten, Zürich
- Energiebezugsfläche: 7160 m<sup>2</sup>
- Geschossfläche: 4370 m<sup>2</sup>
- Energiekennzahl Minergie: 25,7 kWh/m<sup>2</sup>
- Heizwärmebedarf nach SIA 380/1 mit Standardluftwechsel Q<sub>h</sub>: 44,7 kWh/m<sup>2</sup>
- Investitionskosten BKP 1–9: 28,9 Mio. Fr.

### Profil Minergie-Eco: BE-002-P-ECO

#### Gesundheit 76,1



#### Bauökologie 91,0



- Besonderheit: Das einfache und erprobte Prinzip vom «Haus im Haus» ermöglicht den integralen Erhalt der bestehenden Gebäudehülle und schafft die Voraussetzung für die Energieeffizienz.



### Schulhaus Schönenwegen, St. Gallen (SG-001-ECO)

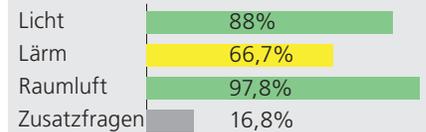
Der Neubau integriert sich selbstverständlich in die bestehende Schulanlage, zeigt aber durch seine prägnante Materialität und Bauform auch den aktuellen Eingriff auf. Es wurde auf eine klare räumliche Strukturierung und die Verwendung ursprünglicher Materialien geachtet. Es handelt sich um das erste Minergie-Eco-zertifizierte Schulgebäude im Kanton St. Gallen.

### Beteiligte und Objektdaten

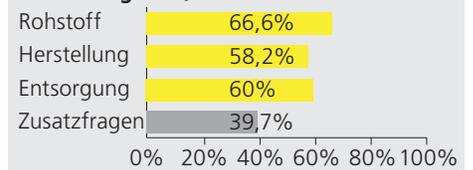
- Bauherrschaft: Hochbauamt der Stadt St. Gallen
- Architekt: BGS Architekten GmbH, Rapperswil
- Nachhaltigkeitsspezialist: Bau- & Umweltchemie, Zürich
- Energiebezugsfläche: 7940m<sup>2</sup>
- Geschossfläche: 6110 m<sup>2</sup>
- Investitionskosten: 18,5 Mio. Fr.

### Profil Minergie-Eco: SG-001-Eco

#### Gesundheit 88,7



#### Bauökologie 66,6



- Besonderheit: 100% Fernwärme



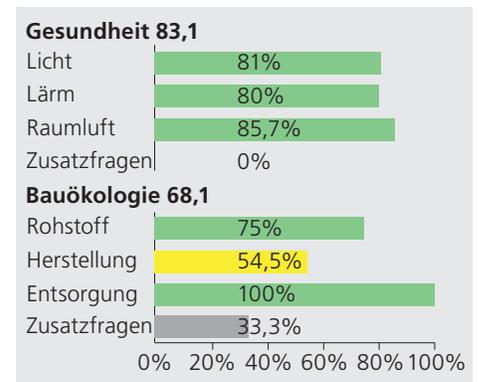
### SRG SSR Idée Suisse, Bern

Das bestehende Hochhaus und der Längsbau wurden mit einem Zwischenbau ergänzt und damit zu einer gemeinsamen Adresse vereint. Das mit bepflanzten Innenhöfen durchsetzte, eingeschossige Empfangs- und Forumsgebäude erstreckt sich bis an die geschwungene Aussenmauer an der Autobahn und löst den Öffentlichkeitsanspruch des Unternehmens nun auch räumlich ein. Der Bestand wurde bis auf den Rohbau rückgebaut und umfassend neu gestaltet. Als übergeordnetes Prinzip wurde ein prägnantes Fassadenbild angestrebt, das die Gebäude optisch zusammenbindet und den Turm aus der Ferne in einer eleganten Leichtigkeit erscheinen lässt.

### Beteiligte und Objektdaten

- Bauherrschaft: SRG SSR Idée Suisse, Bern
- Architekt: Rykart Architekten AG, Liebefeld
- Gebäudetechnikspezialist: Roschi + Partner AG, Ittigen
- Energiebezugsfläche (EBF) Längsbau Neubau: 9680 m<sup>2</sup>
- EBF Hochhaus Modernisierung: 4860 m<sup>2</sup>
- EBF Hochhaus Neubau: 910 m<sup>2</sup>
- Geschossfläche: 22 000 m<sup>2</sup>
- Heizung: 85 % Wärmepumpe Aussenluft, 15 % Gasfeuerung
- Warmwasser: 56% Wärmepumpe Aussenluft, 44% Gasfeuerung
- Investitionskosten: ca. 60 Mio. Fr.

### Profil Minergie-Eco: BE-009-ECO





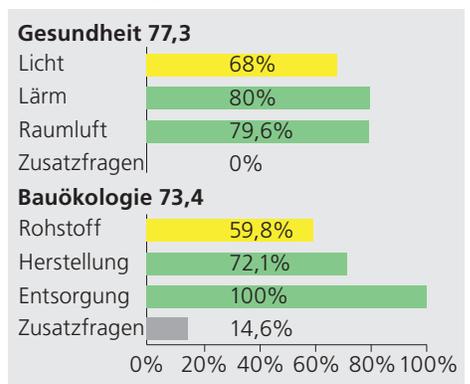
### Siedlung Bommert Widnu

In der zentral gelegenen Siedlung Bommert in Widnu ist der Name Programm. Die sechs Minergie-P-Eco-Wohnhäuser mit ihren grosszügigen 2,5-, 3,5- und 4,5-Zimmer-Mietwohnungen sind nach den damals gepflanzten Hochstamm-Obstbaum-sorten benannt. Die dreistöckigen Häuser verfügen je über zwei Attika-Wohnungen mit Alpsteinblick. Zudem ist jede Wohnung mit einem gedeckten Aussenraum ausgestattet. Dank Parkmöglichkeiten im Untergeschoss ist die Verkehrsfläche zwischen den Wohnhäusern autofrei und es bleibt genügend Raum, um den Obstgarten wieder aufleben zu lassen. Dem nachhaltigen Konzept wird auch in der Materialwahl Rechnung getragen: das Natürliche hat Vorrang vor dem Imitat. Die Grundrisse mit hochwertigem Ausbaustandard und Komfortlüftung sind funktionell.

### Beteiligte und Objektdaten

- Bauherrschaft: ALIM St. Gallen AG; Lubrino AG, Berneck; NeoVac Gruppe, Oberriet; Pensionskasse Bühler, Uzwil; Pensionskasse Lienhard Office Group
- Architekt: Bänziger Lutze Architektur AG, 9442 Berneck, Björn Lutze
- Energiebezugsfläche: 8160 m<sup>2</sup>
- Geschossfläche: 10380 m<sup>2</sup>
- Energiekennzahl Minergie: Langhaus 23,9 kWh/m<sup>2</sup>; Punkthaus 21,7 kWh/m<sup>2</sup>
- Investitionskosten: 25 Mio. Fr. ohne Landanteil

### Profil Minergie-Eco: SG-009-014-P-ECO



■ Besonderheit: Nebst ökologischen, energetischen und wirtschaftlichen Kriterien wurde auch der Soziologie spezielles Augenmerk geschenkt. So dürfen die Mieter die Ernte im Kräuterbeet oder von den Hochstammbäumen beliebig verwenden. Ebenso geteilt wird ein Elektrosmart. Gebucht und abgerechnet wird via App.



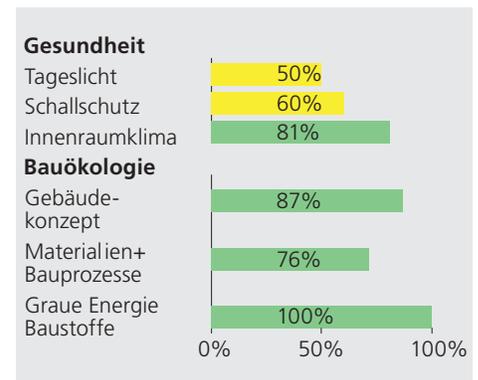
### Mehrfamilienhaus Kirchwegsteig, Oberengstringen

Das aus den 50er Jahren stammende Haus Hardegger in der Dorfkernzone von Oberengstringen ist schweizweit eines der ersten Mehrfamilienhäuser, das nach Minergie-P-Eco umgebaut wurde. Dank einer grossen Photovoltaikanlage weist das Gebäude eine positive Energiebilanz (Heizung, Lüftung, Warmwasser und Haushaltsstrom) auf. Der berechnete Minergie-P Grenzwert des Vierfamilienhauses beträgt 29,5 kWh/m<sup>2</sup>. Raumwärme und Warmwasser werden mittels einer Wärmepumpe von lediglich 8 kW Leistung erzeugt. Die Photovoltaikanlage mit 118 Modulen auf dem Nord- und Süddach leistet rund 31 kWp, was einen Jahresertrag von gegen 25500 kWh ergibt. Auf eine Photovoltaikanlage an der Fassade wurde verzichtet, da die Belegung des Norddachs aus wirtschaftlicher Sicht interessanter war (weniger Ertrag, aber tiefere Erstellungskosten).

### Beteiligte und Objektdaten

- Bauherrschaft: Thomas Hardegger, Leehaldenweg 22b, 8153 Rümlang
- Architekt: Bauatelier Metzler GmbH, Frauenfeld
- Gebäudetechnik: Firma Fuchs Aadorf
- Energiebezugsfläche: 509 m<sup>2</sup>
- Energiekennzahl Minergie: 29,5 kWh/m<sup>2</sup> (Grenzwert Minergie-P)
- 28,1 kWh/m<sup>2</sup> (Primäranforderung Gebäudehülle)
- Investitionskosten BKP 2 + 4: 1,83 Mio. Fr.

### Profil Minergie-P-Eco: ZH-142-P-ECO



■ Besonderheit: Da die Grundsubstanz in gutem Zustand und die Grundrisse auf angemessene Weise anpassbar waren, lohnte sich ein Umbau auch aus wirtschaftlicher Sicht. Dadurch konnten auch angemessene Mietpreise erzielt werden. In diesem Fall ermöglichte der Umbau auch eine grössere Kubatur, weil die angebrachten Zusatzdämmungen über die bestehende Baulinie hinausragen.

## 1.8 Quellen

- Einmaleins. Nachhaltiges Bauen für Bauherren und Planer. Stadt Zürich, Amt für Hochbauten, 2008: [www.stadt-zuerich.ch/nachhaltiges-bauen](http://www.stadt-zuerich.ch/nachhaltiges-bauen) → Vorgaben nachhaltiges Bauen
- Nachhaltiges Bauen – Hochbau, Empfehlung SIA 112/1, 2005: [www.sia.ch](http://www.sia.ch) → Norm → SIA-Shop
- Strategie nachhaltige Entwicklung 2012 – 2015: [www.are.admin.ch](http://www.are.admin.ch) → Nachhaltige Entwicklung
- Bauteilkatalog: [www.bauteilkatalog.ch](http://www.bauteilkatalog.ch)
- Eco-BKP Merkblätter Ökologisches Bauen: [www.eco-bau.ch](http://www.eco-bau.ch) → Planungswerkzeuge
- Eco-devis: [www.eco-bau.ch](http://www.eco-bau.ch) → Planungswerkzeuge
- Eco-Produkte: [www.eco-bau.ch](http://www.eco-bau.ch) → Planungswerkzeuge
- Bauen für die 2000-Watt-Gesellschaft. Sieben Thesen zum Planungsprozess: [www.stadt-zuerich.ch/nachhaltigesbauen](http://www.stadt-zuerich.ch/nachhaltigesbauen) → 2000-Watt-Gesellschaft
- Nachhaltiges Bauen in Planer- und Werkverträgen, KBOB/eco-bau/IPB-Empfehlung 2008/1: [www.kbob.admin.ch](http://www.kbob.admin.ch) → Publikationen/Empfehlungen/Musterverträge → Nachhaltiges Bauen
- Gesundheit und Ökologie im Hausbau, Info für Bauherrschaften, 2008: [www.minergie.ch](http://www.minergie.ch) → Publikationen & Kiosk → Publikationen → Minergie → Minergie-Eco
- Nachhaltig bauen mit Minergie-Eco, Informationen für Bauherrschaften und Planende, 2011: [www.minergie.ch](http://www.minergie.ch) → Publikationen & Kiosk → Publikationen → Minergie → Minergie-Eco
- Reglement zur Nutzung der Qualitätsmarke Minergie-Eco: [www.minergie.ch](http://www.minergie.ch) → Dokumente & Tools → Minergie-Eco
- Qualitätssicherungssystem des Vereins Minergie für das Gebäudelabel Minergie-Eco: [www.minergie.ch](http://www.minergie.ch) → Dokumente & Tools → Minergie-Eco
- Der Minergie-Boom unter der Lupe. Der Nachhaltigkeit von Immobilien einen finanziellen Wert geben. ZKB, CCRS, 2010: [www.ccrs.uzh.ch](http://www.ccrs.uzh.ch) → Forschung → Nachhaltige Immobilien → Publikationen

- Effects of Green Buildings on Employee Health and Productivity, American Journal of Public Health 9/2010
- Leadership in Energy and Environmental Design, LEED: [www.usgbc.org](http://www.usgbc.org)
- Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen: [www.dgnb.de/de](http://www.dgnb.de/de)
- Standard Nachhaltiges Bauen Schweiz: [www.nnbs.ch](http://www.nnbs.ch) → Standard SNBS

**Tipp!** Ein detailliertes Literaturverzeichnis zum gesunden und ökologischen Bauen finden Sie auf der eco-bau Homepage. Dort sind auch ausführliche Verzeichnisse mit Links/Quellen sowie Gesetzen/Verordnungen verfügbar: [www.eco-bau.ch](http://www.eco-bau.ch) → Publikationen

# Tageslicht

## 2.1 Übersicht

Das Tageslicht ist die ursprünglichste Form von Licht, die wir kennen. Über Jahrtausende hat sich das menschliche Sehorgan an die Lichtverhältnisse im Freien angepasst. Für die Wahrnehmung relevant sind die räumlichen oder auch architektonischen Tageslichtverhältnisse.

### Himmelslicht und Sonnenlicht

Für das Verständnis der architektonischen Tageslichtverhältnisse ist es notwendig, beim Tageslicht zwischen zwei Lichtquellen zu differenzieren: Himmelslicht und Sonnenlicht. Auch wenn das Licht physikalisch gesehen ausschliesslich von unserer Sonne kommt, so sind die räumliche Wirkung der leuchtenden Himmelshalbkugel und die der sichtbaren Sonne doch sehr unterschiedlich.

■ **Lichtfarbe.** Beide Lichtquellen weisen eine sich verändernde Farbtemperatur (und damit Lichtfarbe) auf, eine als optimal angesehene Farbwiedergabe und einen beträchtlichen Ultraviolett- und Infrarot-Anteil. Die Farbigekeit des Himmels entsteht durch die Brechung und Streuung der Sonnenstrahlung beim Durchtritt durch die Erdatmosphäre. Da dies bei kurzwelliger (also

blauer) Strahlung stärker der Fall ist als bei langwelliger (roter), erscheint der Himmel blau und das direkte Sonnenlicht – insbesondere am Morgen und Abend – rötlich.

■ **Gesundheitliche Aspekte.** Diese stetige Veränderung des Tageslichts respektive dessen verschiedene Faktoren (Lichtfarbe, Einstrahlungsrichtung, Helligkeit, Schattigkeit und Spektrum) ist für die Gesundheit des Menschen wichtig, da sich sowohl Körper als auch Psyche über Jahrtausende daran angepasst haben. Unter dem Aspekt der Gesundheit ist die Nutzung von Tageslicht in Gebäuden wichtig, da die damit in Zusammenhang stehenden Kriterien wie Erholungsfähigkeit, Leistungsfähigkeit und allgemeines Wohlbefinden der Nutzenden erhalten oder sogar verbessert werden können.

■ **Tageslichtnutzung.** Folgende Punkte gilt es bei der Nutzung von Tageslicht im Raum zu berücksichtigen und zu beurteilen:

- Lichtmenge im Raum und deren zeitliche Veränderung
- Blendungsgefahr aufgrund der Tageslichtöffnungen
- Menge der in den Raum gelangenden Wärmeleistung

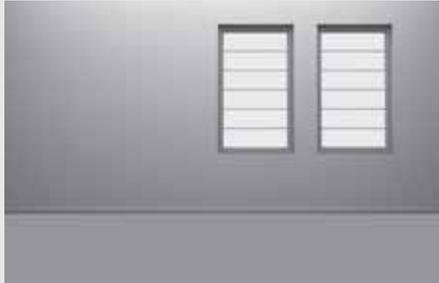
Himmelslicht	Sonnenlicht
	
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Grosse leuchtende Fläche, die das Licht sehr diffus und vom gesamten oberen Halbraum her abgibt.</li> <li>■ Geringe Helligkeitsunterschiede und diffuse Abstrahlung bewirken weiche Schattenübergänge.</li> <li>■ Bei bedecktem Himmel sind die am hellsten leuchtenden Flächen im Zenit und bei klarem Himmel am Horizont.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Punktförmige Lichtquelle mit einer sehr hohen Helligkeit (Leuchtdichte) und damit auch guter Lichtlenkbarkeit.</li> <li>■ Parallele Lichtstrahlen führen zu harten Schattenübergängen.</li> <li>■ Über Tag und Jahr sich kontinuierlich ändernde Lichteinfallsrichtung.</li> </ul>

Tabelle 7: Eigenschaften von Himmels- und Sonnenlicht.

- Farbspektrum des in den Raum gelangenden Tageslichtes und dessen Wirkung auf die Farbstimmung
- Einstrahlungsrichtung respektive Lichtverteilung im Raum und deren zeitliche Veränderung
- Lichtfarbe des Tageslichts im Raum und deren Zusammenspiel mit dem Farb- und Materialkonzept

### Lichtstrom

■ **Beleuchtungsstärke.** Die auf den relevanten Flächen auftreffende Tageslichtmenge (Himmelslicht und Sonnenlicht) wird mit der sogenannten Beleuchtungsstärke (Einheit Lux, abgekürzt lx) angegeben. Die Beleuchtungsstärke ist nichts an-

deres als der pro Quadratmeter auftreffende Lichtstrom (Einheit Lumen, abgekürzt lm). 100 Lux entsprechen also 100 Lumen pro Quadratmeter.

Die maximale Lichtmenge in der Schweiz liegt im freien Feld bei etwa 120 000 Lux – am Äquator werden gar rund 200 000 lx erreicht. An einem grauen, düsteren Tag sind es immer noch über 10 000 Lux.

■ **Beleuchtungsstärke am Arbeitsplatz.** Im Innern von Gebäuden nimmt die Menge an Tageslicht drastisch ab – sogar an einem Fensterarbeitsplatz beträgt die Tageslichtmenge auf dem Arbeitstisch an einem durchschnittlichen, eher schönen Tag um die Mittagszeit lediglich etwa 2500 Lux. Aus volkswirtschaftlichen und energetischen Gründen beträgt die in der aktuellen Norm für die Beleuchtung von Arbeitsstätten (EN SN-12464 Teil 1) vorgegebene minimale Lichtmenge für Büroarbeiten 500 Lux, in anderen Regelwerken sind es gar nur 300 Lux. Da sich der Körper des Menschen über Jahrtausende an die im Freien vorherrschenden Lichtmengen gewöhnt hat, führt die wesentlich geringere Lichtmenge in Innenräumen (Tages- und Kunstlicht) zu Mangelerscheinungen, welche sich negativ auf die Gesundheit auswirken können. Dies äussert sich unter anderem in «Saisonal Abhängigen Depressionen» (SAD), unter denen in der Schweiz mehrere

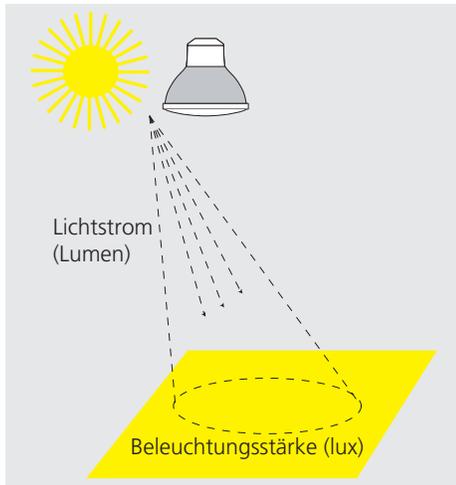


Abbildung 28: Lichtstrom und Beleuchtungsstärke.

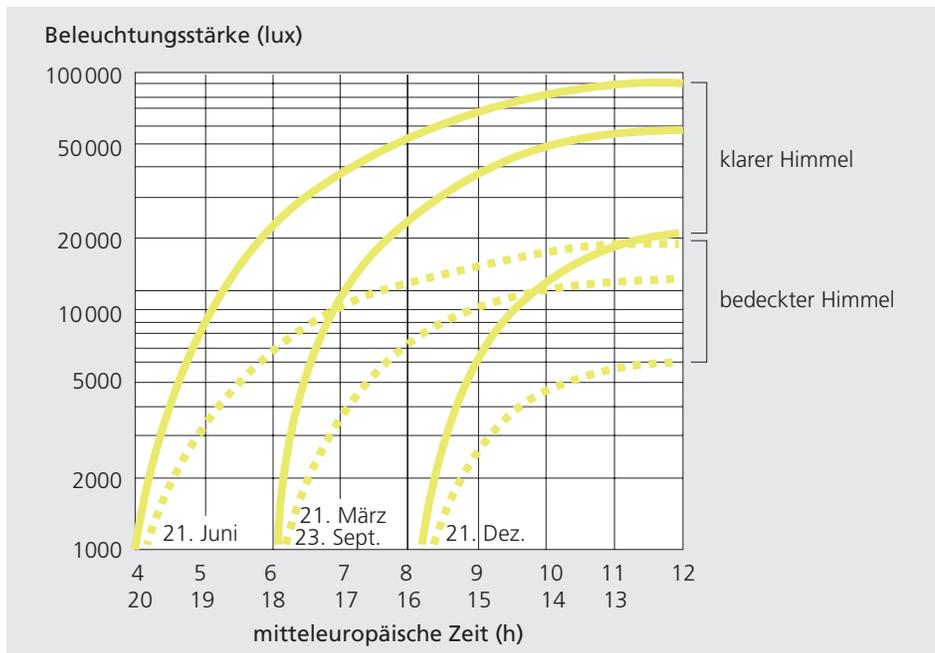


Abbildung 29: Durchschnittliche europäische Tageslichtbeleuchtungsstärken.

tausend Menschen leiden. Betrachtet man die medizinisch anerkannte Tatsache, dass unser «Sehapparat» – also das Auge und die Bildübermittlung ins Gehirn – erst ab etwa 1200 Lux am Auge optimal funktioniert, so wäre eine entsprechende hohe Lichtmengenvorgabe in der Norm «gesund». Dies würde etwas mehr als 2000 Lux auf der Arbeitsfläche bedeuten, was bei künstlicher Beleuchtung aber mit dem Gebot des Energiesparens kollidiert.

### Blendung

Es gibt zwei verschiedene Arten von Blendung. Die Absolutblendung – also zu viel Licht fürs Auge – kommt in Innenräumen sehr selten vor.

■ **Kontrastblendung.** Die sogenannte Kontrastblendung – ein als unangenehm empfundener Helligkeitskontrast – ist in Gebäuden jedoch häufig anzutreffen. Wird die Blendung lediglich als störend wahrgenommen, ohne dass sie die Seharbeit verunmöglicht, so wird von psychologischer Kontrastblendung gesprochen. Ist die Störung so gross, dass die Seharbeit nicht mehr oder nur teilweise möglich ist, so liegt eine physiologische Kontrastblendung vor. Beide Blendungsarten beeinflussen die Gesundheit des Menschen und können sowohl bei Kunstlicht als auch bei Tageslicht auftreten.

### Physikalische Charakterisierung des Tageslichts

■ **Globalstrahlung.** Die sogenannte Globalstrahlung ist die Summe aus Sonnen- und Himmelslicht und beinhaltet auch die angrenzenden Ultraviolett (UV)- und Infrarot (IR)-Anteile. Physikalisch gesehen umfasst dieses Strahlungsspektrum Wellenlängen von 290 nm bis 100 µm. Die Globalstrahlung erreicht bei wolkenlosem Himmel im Sommer in Mitteleuropa etwa 1000 W/m<sup>2</sup> und sinkt bei trübem, wolkegem Wetter auf unter 100 W/m<sup>2</sup>.

■ **Lichtspektrum.** Das Tageslicht enthält unendlich viele Farben. Transparente Bauteile aus Glas, Kunststoff etc. verändern in der Regel dieses Spektrum. Das heisst, dass das Lichtspektrum im Innenraum meist anders ist als im Freien. Hinzu kommt die Interaktion des Tageslichts mit farbigen Oberflächen im Raum. Dies kann dazu führen, dass der Farbeindruck von Raumboflächen verfälscht wird.

■ **Richtung des Lichteinfalls.** Die Richtung, aus welcher der Hauptanteil des Tageslichts einfällt, dient dem Menschen als geradezu archaisches Orientierungssystem. Die Hauptlichtrichtung gibt ihm Informationen über Zeit und geographische Lage. Sie spricht urzeitliche Gefühle an und definiert im Privaten die tageslichtoptimierte Nutzung von Räumen (Morgen-

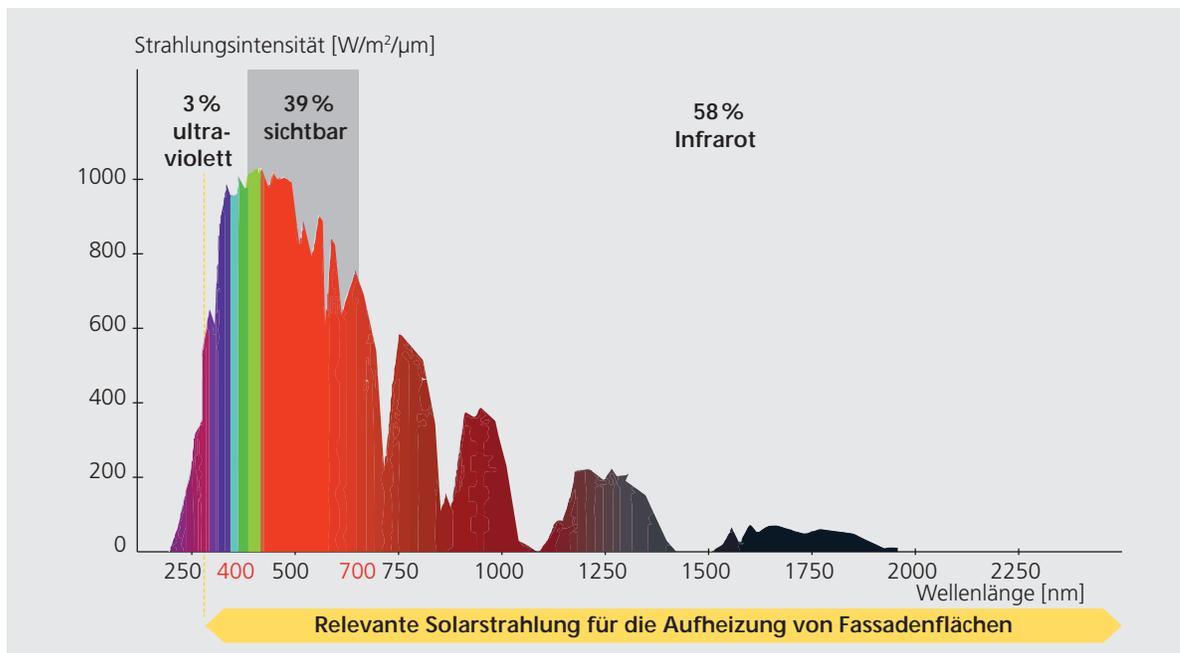


Abbildung 30: Spektrale Strahlungsleistung des Tageslichtes (Durchschnittsgrösse).  
Quelle: Brillux.

sonne in Schlafzimmer und Bad, Abendsonne auf Terrasse oder Balkon und im Wohnzimmer). Orientierungslosigkeit ist den meisten Menschen unangenehm. Bei Arbeitsplätzen kann die Orientierungshilfe «Tageslicht» bereits mit sehr kleinen Tageslichtöffnungen sichergestellt werden. Ist dies aus baulichen Gründen, etwa bei unterirdischen Arbeitsräumen oder in Einkaufszentren, nicht möglich, so sollten entsprechend gesteuerte Kunstlichtinstallationen (z. B. künstliche Fenster) in Betracht gezogen werden.

■ **Lichtfarbe.** Die Lichtfarbe wird durch die Farbtemperatur definiert und anhand des Wärmeindrucks von wahrgenommenem weissem Licht in Kelvin (K) beschrieben. Die Lichtfarbe beeinflusst den Hormonhaushalt des Menschen und damit dessen Leistungs- und Konzentrationsfähigkeit. Die Tageslicht-Prägung des Menschen zeigt sich hier besonders gut: Warmes Licht (1500 K bis etwa 3500 K) bedeutet Sonne oder Feuer und damit eine warme Raumsituation. Licht mit einer höheren Farbtemperatur steht für Mond-

schein oder Kälte. Diese tiefe Verankerung beim Menschen führt dazu, dass die Lichtfarbe die Wahrnehmung der Raumtemperatur um  $\pm 2^\circ\text{C}$  beeinflussen kann. Aber auch Lichtmenge und räumliche Lage des Hauptlichtanteils beeinflussen die menschliche Psyche. So fördern warme Lichtfarben mit geringer Lichtmenge und Konzentration im unteren Halbraum (sogenannte Lichtinseln) die Entspannung, da damit Situationen wie Lagerfeuer oder Sonnenuntergang angedeutet werden.

### Schattigkeit

Mit der Schattigkeit werden der Schattenwurf eines Objektes und die Schatten auf diesem Objekt beschrieben. Sie ist ein Mass für die räumliche Wiedergabe, also die Erkennbarkeit von Körpern, und in der visuellen Ergonomie eine der wichtigsten Grössen. Angestrebt wird bei Arbeitsplätzen ein mittleres Mass, da sich bei zu geringer Schattigkeit (Licht von allen Seiten) Körper nur noch schwer erkennen lassen und bei zu grosser Schattigkeit Raum und Objekte sehr dramatisch wirken. Bezüglich Tageslicht bedeutet dies, dass möglichst grossflächige und deckennahe Öffnungen geschaffen werden sollten.

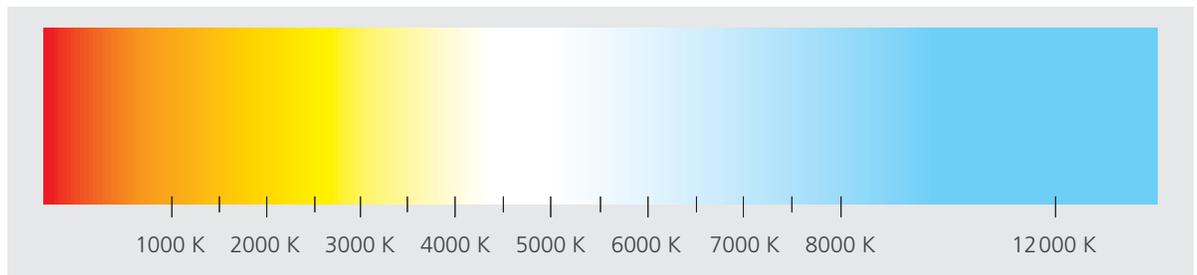
### Himmelslicht

In der Planung wird meist mit dem «Gleichmässig bedeckten Himmel nach CIE» gerechnet. Die CIE (Commission International d'Eclairage) hat als weltweit oberstes «Lichtgremium» hierfür die Helligkeitsverteilung des Himmels definiert und damit einen Zustand festgelegt, der unabhängig von Sonnenstand oder Gebäudeausrichtung ist. Aufgrund der daraus resultierenden einfachen Berechnung und der – sehr wichtigen – Vergleichbarkeit verschiedener Tageslicht-Nutzungsverfahren



Abbildung 31:  
Lichtlenkende  
Installationen bringen  
fehlendes  
Tageslicht ins Innere  
(Foto: Heliobus).

Abbildung 32: Die  
Lichtfarbe wird in  
Kelvin (K) angegeben:  
Je niedriger  
der Kelvin-Wert,  
desto «wärmer», je  
höher, desto «kälter»  
(bläulich) wirkt  
das Licht.



basieren die meisten Tageslichtberechnungen auf diesem Himmelsmodell. Die Helligkeitsverteilung ist jedoch bei teilweise bedecktem oder klarem Himmel sehr unterschiedlich und über die Zeit veränderlich. Deshalb wird oft – insbesondere bei Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen – mit einem «mittleren Himmel» gerechnet, der die Sonnenscheinwahrscheinlichkeit am betreffenden Ort einbezieht. Langfristig gehen die Bestrebungen jedoch in Richtung einer Datenbank, in der die für jeden Ort realen Helligkeitsverteilungen des Himmels über Jahrzehnte gespeichert sind. Das würde wesentlich realitätsnähere Prognosen ermöglichen.

### Verbauung

Als Verbauung bezeichnet man jenen Teil des Himmelsgewölbes, der vom Betrachtungspunkt aus gesehen durch Hindernisse im Aussenraum (Berge, Pflanzen, Häuser etc.) verdeckt wird.

### Tageslichtquotient

Die Beleuchtungsstärke bei Tag hängt vom Sonnenstand und der Bewölkung ab, ändert sich also dauernd. Deshalb ist es nicht sinnvoll, Beleuchtungsstärken durch Tageslicht im Innenraum als absolute Werte anzugeben. Sinnvoller ist eine Angabe relativ zur horizontalen Beleuchtungsstärke  $E_h$  im Freien bei unverbautem Horizont. Der Tageslichtquotient (auch Daylight Factor D) wird durch das Verhältnis zwischen der Beleuchtungsstärke  $E_i$  im Innenraum und der gleichzeitig gemessenen Aussenbeleuchtungsstärke  $E_h$  gebildet. Er setzt sich zusammen aus:

- dem Himmelslichtanteil  $D_v$ , den jener Himmelsausschnitt erzeugt, der vom Betrachtungspunkt aus sichtbar ist
- dem Aussenreflexionsanteil  $D_c$ , den das von der Verbauung reflektierte Licht erzeugt; massgebend sind auch hier die Flächen, die vom Betrachtungspunkt aus sichtbar sind.
- dem Innenreflexionsanteil  $D_i$ , den die Reflexion an den Raumboflächen liefert.

Der Tageslichtquotient wird in der Regel unter Annahme eines «gleichmässig be-

deckten Himmels nach CIE» berechnet, also mit diffusem Himmelslicht. Direktes Sonnenlicht wird dann nicht berücksichtigt. Der so definierte Tageslichtquotient gilt für die Rohbauöffnungen und wird um die folgenden Faktoren reduziert:

- Transmissionsgrad  $\tau$  (Tau) der Verglasung
- Schwächungsfaktor  $k_1$  für Fenstersprossen und -rahmen
- Schwächungsfaktor  $k_2$  für Innen- und Aussenverstaubung der Verglasung

Damit ergibt sich für den Tageslichtquotienten D im fertigen Innenraum folgender Zusammenhang:

$$D = (D_v + D_c + D_i) \cdot \tau \cdot k_1 \cdot k_2$$

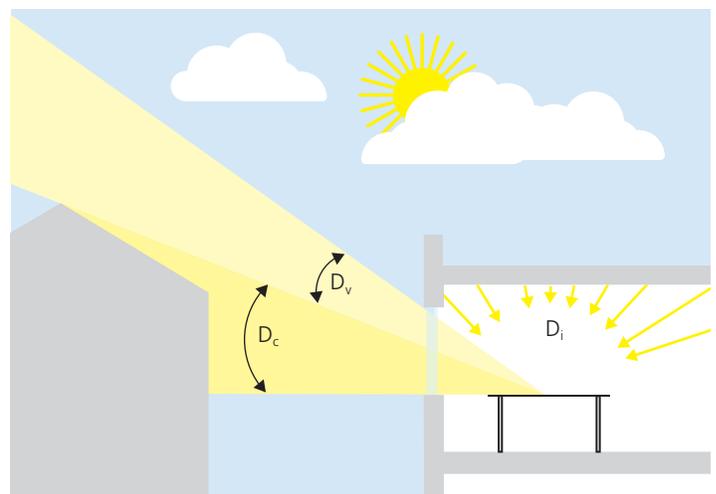
In Abhängigkeit vom Tageslichtquotienten und der erforderlichen Beleuchtungsstärke ergeben sich die Betriebszeiten, in denen ausschließlich mit Tageslicht gearbeitet werden kann.

### Ziele Tageslichtnutzung

Für eine «gesunde Tageslichtnutzung» sollten folgende Ziele angestrebt werden:

- Verglasung mit hohem Lichttransmissionsgrad und möglichst geringer Veränderung des Tageslichtspektrums beziehungsweise Verschiebung der Lichtfarbe (in Abstimmung mit Farb- und Materialkonzept des Innenraumes).
- Tageslichtquotient auf vertikalen Flächen in Gesichtshöhe und in Hauptblickrichtung von mindestens 1 % und auf der Arbeitsfläche zwischen 1 % und 3 %.
- Absenz von physiologischer Kontrastblendung.

Abbildung 33: Zusammensetzung des Tageslichtquotienten.



- Flexible Entblendungsmöglichkeit zur Reduktion der psychologischen Kontrastblendung (idealerweise ein von unten nach oben verlaufender Screen, der auch im geschlossenen Zustand den Ausblick ermöglicht).
- Eine in erster Linie vertikale Tageslichtführung (Licht auf Wänden und allenfalls Decke), da der Raum heller wirkt.
- Planerische Antwort auf die bei Nacht zu «schwarzen Löchern» werdenden Tageslichtöffnungen.
- Sichtverbindung nach aussen.
- Planungsparameter Sonnenlicht.

### Sonnenscheindauer

Die Sonnenscheindauer gibt die Anzahl Stunden mit Sonnenschein innerhalb einer bestimmten Zeitspanne (Tag, Monat, Jahr) an. Es wird zwischen folgenden Begriffen unterschieden:

- **Astronomische Sonnenscheindauer.** Sonnenscheindauer, wenn keinerlei Verbauungen (Häuser, Bäume, Hügel etc.) vorhanden wären und die Sonne jeden Tag durchgehend scheinen würde.
- **Mögliche Sonnenscheindauer.** Sonnenscheindauer unter Berücksichtigung der Verbauung durch Berge, Bäume, Häuser etc. unter der Voraussetzung, dass die Sonne jeden Tag durchgehend scheint.

■ **Relative Sonnenscheindauer.** Verhältnis der tatsächlichen Sonnenscheindauer am betrachteten Ort (also mit Bewölkung, Regen etc.) zur möglichen Sonnenscheindauer innerhalb der gleichen Zeitspanne.

■ **Sonnenscheinwahrscheinlichkeit.** Meist mehrjährig ermittelter Durchschnittswert der relativen Sonnenscheindauer für einen bestimmten Ort.

### Sonnenstand

Der Sonnenstand wird durch zwei Winkel gekennzeichnet:

- den Azimut (A), also den Winkel gegen den Süden, Drehrichtung im Uhrzeigersinn.
- den Erhebungswinkel über dem Horizont, also die Höhe (h).

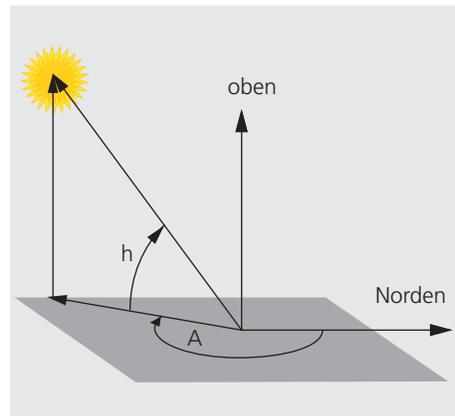
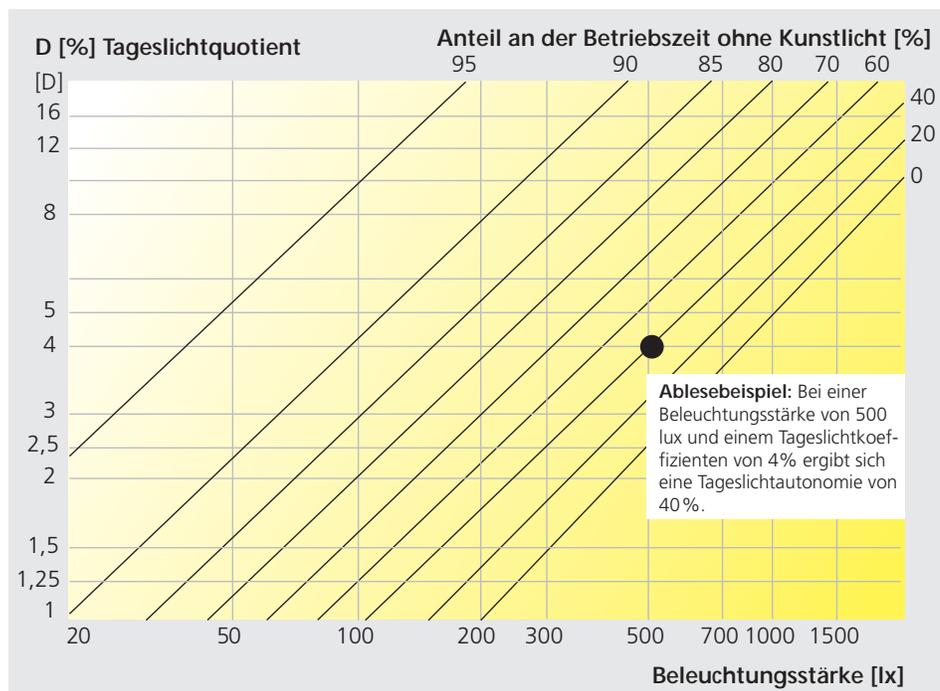


Abbildung 35: Sonnengeometrie mit Sonnenhöhe  $h$  und Azimuth  $A$  (Nordabweichung). Quelle: Licht im Haus, Faktor Verlag 2012

Abbildung 34: Einschaltzeiten der künstlichen Beleuchtung in Abhängigkeit des Tageslichtquotienten (Quelle: Impuls-Programm Hessen 1/2000).



**Ablesebeispiel:** Bei einer Beleuchtungsstärke von 500 lux und einem Tageslichtkoeffizienten von 4% ergibt sich eine Tageslichtautonomie von 40%.

## 2.2 Lösungsansätze

### Hoher Tageslichtquotient

Bei seitlicher Befensterung und mittlerer Verbauung fällt der Tageslichtquotient mit zunehmendem Abstand vom Fenster sehr rasch ab. Ein mittlerer Tageslichtquotient von 2 % ist in der Regel nur bis zu einer Raumtiefe von maximal der doppelten Fensterhöhe gegeben. In seitlich befensterten Räumen wirken Raumzonen mit Tageslichtquotienten unter 2 % subjektiv als eher dunkel und abgeschlossen, über 10 % als hell und nach aussen geöffnet.

### Helle Raumbooberflächen

Die Raumwirkung wird durch eine helle Decke und Rückwand deutlich verbessert, auch wenn sich der Tageslichtquotient dadurch kaum erhöht. Je höher der Reflexionsgrad der Raumbegrenzungsflächen ist, desto besser lässt sich bei seitlicher Befensterung das Tageslicht in der Raumtiefe nutzen. Unbehandelte Sichtbetonflächen eignen sich in der Regel nicht für eine genügende Lichtreflexion.

### Fenstersturz

Fenster sollten möglichst nahe der Decke angeordnet werden. Abgehängte Decken sollten fassadenseitig abgeschrägt zum Fenster hin nach oben verlaufen oder genügend Abstand von den Fenstern halten, um den Fenstersturz höher als die Deckenuntersicht anordnen zu können. Bereits ein geringfügig höher gelegter Fenstersturz führt in der Raumtiefe zu einer spürbar höheren Tageslichtmenge.

### Kombination von Tageslicht mit Kunstlicht

Wenn in tiefen Räumen zusätzlich Kunstlicht benötigt wird, sollten vor allem auch vertikale Flächen und die Decke beleuchtet werden, um für die hinteren Arbeitsplätze den Kontrast zu den hellen Fensterflächen zu mildern.

### Lichtlenkung

Lichtlenkungsmassnahmen durch zusätzliche Reflektoren oder lichtlenkende Verglasungen lohnen sich am ehesten für

direktes Sonnenlicht. Bei diffusem Himmelslicht kann damit nur der Maximalwert des Tageslichtquotienten gesenkt und damit die Gleichmässigkeit auf reduziertem Niveau verbessert werden. Eine Ausnahme sind verspiegelte oder weisse Simsreflektoren vor den Fenstern von Räumen mit starker Verbauung (z.B. in den unteren Geschossen von Gebäuden in enger Bebauungssituation oder in Innenhöfen). Damit lässt sich die Zenit-Leuchtdichte des Himmels an die Raumdecke spiegeln und so der geringe Aussenreflexionsanteil des Tageslichtquotienten verbessern. Eine weitere Möglichkeit besteht speziell bei niedrigen Bauten darin, den Vorplatz mit einem gut reflektierenden Belag zu versehen (heller Kies, Sand oder aufgehellter Beton). Das hier reflektierte Licht trifft im Raum auf Decke und obere Wandpartien und verbessert so die Gleichmässigkeit der Beleuchtung.

### Sonnenschutz

Sonnenschutzeinrichtungen sollten so gestaltet werden, dass sie auch in abgesenktem Zustand eine genügende Versorgung mit Tageslicht erlauben. Beispielsweise ermöglichen Lamellenstoren in heller Farbe die Lichtreflexion ins Rauminnere. Feststehende Sonnenschutzeinrichtungen (z. B. Sonnenschutzverglasungen, Vordächer, statische Blenden oder Prismenscheiben mit Retroreflexion) haben den Nach-



Abbildung 36: Kombination von Kunst- und Tageslicht.

teil, dass sie bei bedecktem Himmel oder seitlichem Sonnenstand unnötig viel Licht schlucken. In Anbetracht der Tatsache, dass in der Schweiz der Himmel während zwei Dritteln des Jahres mehr oder weniger bedeckt ist, sind feststehende Sonnenschutzmassnahmen nicht sinnvoll.

### Fensteranteil

Ein Raum wird subjektiv dann als genügend befenstert wahrgenommen, wenn der Fensteranteil ungefähr 30% der Fassadefläche beträgt. Ein höherer Fensteranteil kann jedoch schnell zu sommerlicher Überwärmung des Raumes führen.

### Oberlichter

Horizontale Oberlichter sind bezüglich Wirkungsgrad und Gleichmässigkeit des Tageslichtquotienten wesentlich besser als vertikale Fenster. Bei gleicher Öffnungsgrösse ist bei bedecktem Himmel der mittlere Tageslichtquotient etwa fünfmal höher.

### Abschrägungen

Abschrägungen an den Leibungen von Oberlichtern und Kellerfenstern sind eine sehr einfache Methode, um bei gleicher Öffnungsgrösse mehr Licht in den Raum zu bringen.

### Verglasung

Bei der Wahl der Verglasung sollte ein möglichst hoher Lichttransmissionsgrad angestrebt werden. Gleichzeitig sollte der

Farbwiedergabe-Index  $R_a$  höher als 90 sein – am besten über alle 14 Testfarben, also der Mittelwert über  $R_a$  von Testfarbe 1 bis 14 (DIN 6169).

### Verschattungsanalysen

Verschattungsanalysen helfen, die Besonnungssituation realistisch einzuschätzen und damit allfällige Beschattungsmassnahmen oder Raumausrichtungen zu optimieren.

### Simulationen

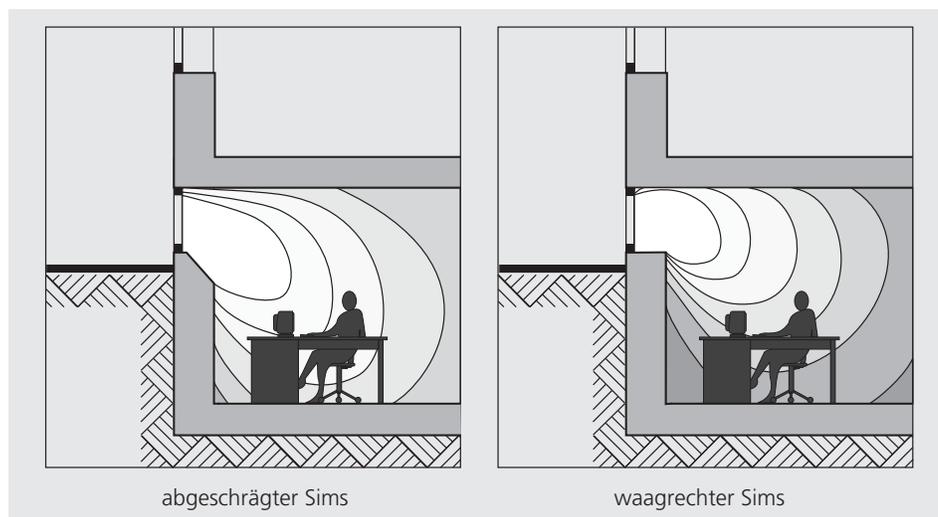
Computersimulationen sind gute Möglichkeiten, um die Wirksamkeit verschiedenster Tageslichtmassnahmen rasch zu überprüfen.

### Modellmessungen

Modellmessungen im verbauungsfreien Aussenraum oder unter künstlichem Himmel können als Analysemittel sehr rasch Ergebnisse liefern. Das gilt besonders, wenn es um Oberflächen- respektive Materialbeurteilungen geht. Zwingend ist dabei jedoch, dass reale Verglasungsmaterialien verwendet werden.

Die in manchen Bauordnungen vorgegebenen minimalen Fensterflächen, angegeben in Prozent der Nutzfläche des Raums, gewährleisten in der Regel keine ausreichende Tageslichtversorgung. Sie lassen wesentliche Einflussgrössen wie Verschattung, Sturzhöhe, Raumfarben, Verglasungseigenschaften, Rahmenmasse etc. unbeachtet.

Abbildung 37: Einfluss von Abschrägungen (Quelle: Zeitgemässe Beleuchtung von Bürobauten, Bundesamt für Konjunkturfragen).

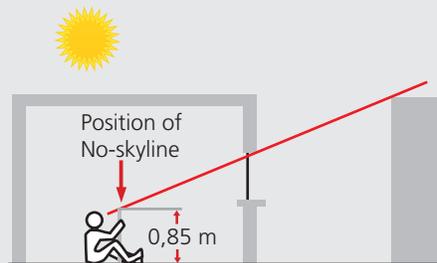


## Tageslichtplanung, einfache grafische Schätzmethode

Es gibt verschiedene approximative Methoden und Faustregeln, mit denen man einfache Fragen wie die untenstehenden schnell beantworten kann.

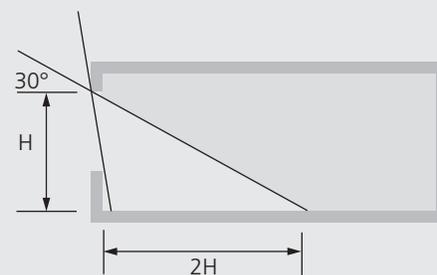
### Die No-Sky-Line (Kein-Himmel-Linie)

unterteilt den Himmel in den einer Arbeitsfläche, von dem aus der Himmel gesehen werden kann und in den Teil, von dem aus dies nicht möglich ist. Je weiter die No-Sky-Line in der Raumtiefe liegt, desto heller erscheint der Raum. Ein Raum erscheint hingegen düster wenn mehr als 50% hinter der No-Sky-Line liegen.



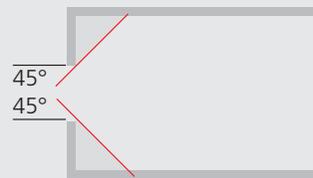
### Die 30°-Regel

Für die Beurteilung der Raumtiefe gilt: ein Raumbereich ist ausreichend hell, wenn von diesem Bereich aus die Oberkante des Fensters in einem Höhenwinkel von mindestens 30° zu sehen ist. Das bedeutet, dass Tageslicht in ausreichender Menge bis in eine Raumtiefe eindringt, die gleich dem Zweifachen der Höhe der Fensteroberkante im Raum ist.



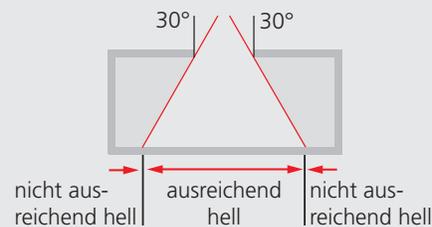
### Die 45°-Regel

Für die seitliche Lichtausbreitung hinter einem Fenster gilt die 45°-Regel: Ein vertikales Fenster liefert ausreichend seitliches Licht in die Bereiche des Raumes, die in einem Winkel von 45° links und rechts des Fensters liegen.



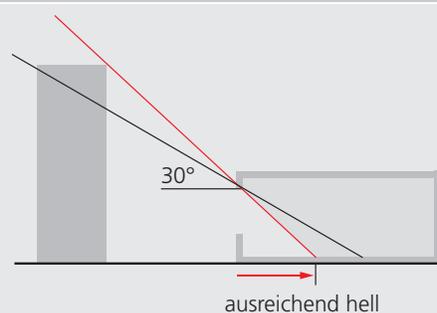
### Oblichter

Für Oberlichter gilt entsprechend der 30°-Regel folgendes: Ein Oberlicht belichtet alle Raumzonen ausreichend, die im Radius eines Öffnungswinkel von 30° unterhalb des Fensters liegen. Daraus ergibt sich ein Bereich unter der Öffnung, der so breit ist wie die Raumhöhe plus Oberlichtbreite.



### Verschattung durch Verbauung

Die Hauptursache für düstere Räume liegt in der Verschattung durch Verbauung. Besonders stark ist die Abschattung durch gegenüber liegende Objekte, weil sie die Direktverbindung zwischen Himmel und Nutzfläche insbesondere in der Raumtiefe unterbrechen. Ist das Objekt so weit weg (oder so klein), dass der 30°-Winkel nicht abgeschattet wird, ist der Weg zwischen Himmel und Raumtiefe wieder frei.



Quelle: CAS Minergie-Eco, Tageslichtplanung von Daniel Tschudy

## 2.3 Anforderungen, Nachweis, Qualitätssicherung, Dokumentation

### Nachweisinstrumente

■ **Tageslicht-Tools von Minergie-Eco.** In Minergie-Eco wird die Tageslichtsituation mit Hilfe eines speziellen Rechenformulars nachgewiesen, dem Tageslicht-Tool Minergie-Eco. Das Verfahren für die Berechnung des Tageslichterfüllungsgrads von Minergie-Eco wurde der Norm SIA 380/4 Elektrische Energie im Hochbau entnommen. Für die Berechnung des Energieverbrauchs von Beleuchtungsanlagen werden die Volllaststunden berechnet. Mit der gleichen Methode kann auch die Dauer bestimmt werden, während der das Tageslicht genügt. Im Folgenden wird das Vorgehen anhand des Tageslicht-Tools von Minergie-Eco erläutert.

■ **Weitere Nachweisinstrumente.** Alternativ kann der Nachweis auch mit Relux Energy CH, Lesosai 7.1 und höher oder mit Dialux 5.0 und höher erbracht werden.

### Anforderungen

■ **Mindesterfüllungsgrad.** Beim Tageslicht gibt es kein eigentliches Ausschlusskriterium. Jedoch kann ein Projekt, das die Mindestanforderung des Tageslichterfüllungsgrads von 50 % nicht erreicht, nicht zertifiziert werden. Tageslichterfüllungs-

grade von 50 % bis 70 % werden als genügend (gelb), solche von 70 % bis 100 % als gut (grün) bewertet.

### Nachweis

■ **Erfassung der typischen Räume.** In der Berechnung müssen nur Hauptnutzräume, d.h. Räume, in denen sich Menschen üblicherweise für eine längere Zeit aufhalten, erfasst werden. Nebennutzflächen, d.h. Räume, die nur für kurze Zeit genutzt werden wie Verkehrsflächen, WC, Bad, Dusche, Küche etc., müssen nicht erfasst werden. Unter typischem Raum wird verstanden, dass verschiedene Räume mit geringfügigen Abweichungen (z.B. Zimmer mit gleicher Befensterung und ähnlicher Fläche) als ein Typus erfasst werden können. Die pro Raum zu erfassenden Informationen können Abbildung 39 entnommen werden.

■ **Tageslichterfüllungsgrad.** Aus den raumweise bestimmten Tageslichterfüllungsgraden werden der flächengewichtete Tageslichterfüllungsgrad aller Hauptnutzräume und die Summe der Räumflächen mit einem ungenügenden Tageslichterfüllungsgrad berechnet. Um die Anforderungen von Minergie-Eco zu erfüllen, muss der Erfüllungsgrad für das Tageslicht mehr als 50 % betragen, und die Raumfläche mit ungenügendem Erfüllungsgrad darf 20 % der gesamten Fläche der Hauptnutzung nicht übersteigen.

Abbildung 38:  
Tageslicht-Tool  
Minergie-Eco, Erfassung der typischen Räume.

Typische Räume und Tageslicht

Nr.	Typischer Raum	Auswahl Hauptnutzung	Raummasse und Anzahl					Tageslichtnutzung								
			Länge m	Tiefe m	Höhe m	Fläche m <sup>2</sup>	Anzahl Stk	Glasfläche m <sup>2</sup>	Oberlichter -	Raum-Reflexion -	Transmission Glas %	Fenster zu Decke m	Sonnenschutz Typ -	Auskragungen m	Verbauungswinkel °	
1	NW_1	Verkauf Lebensmittel	4.5	13.8	3.6	62.1	2.0	13.5	nein	normal	71%	0.7	mittel	1.16	45°	
2	NW_2	Verkauf Lebensmittel	5.0	11.7	3.6	58.4	2.0	12.6	nein	normal	71%	0.7	mittel	1.16	60°	
3	NW_5	Grossraumbüro	17.3	7.5	2.6	129.0	4.0	30.0	nein	normal	71%	0.13	mittel	0.57	60°	
4	NE_1	Einzel-Gruppenbüro	3.0	4.1	3.7	12.3	1.0	13.7	nein	normal	71%	0.7	mittel	2	0°	
5	NE_8	Sitzungszimmer	5.8	12.0	2.6	69.0	2.0	11.0	nein	normal	71%	0.13	mittel	0.57	45°	
6	NE_9	Grossraumbüro	18.5	7.5	2.6	139.0	2.0	46.0	nein	normal	71%	0.13	mittel	0.57	45°	
7	NE_14	Grossraumbüro	12.0	6.8	2.6	81.0	1.0	26.0	nein	normal	71%	0.13	mittel	0.57	30°	
8	NE_15	Grossraumbüro	12.0	13.5	2.6	162.0	1.0	52.0	nein	normal	71%	0.13	mittel	0.57	30°	
9	NE_16	Grossraumbüro	12.0	13.5	2.6	162.0	1.0	52.0	nein	normal	71%	0.13	mittel	0.57	30°	
10	SW_1	Verkauf Lebensmittel	5.0	11.7	3.6	58.4	2.0	12.6	nein	normal	71%	0.7	mittel	2	45°	
11	SW_4	Grossraumbüro	36.0	7.5	2.6	268.0	4.0	60.2	nein	normal	71%	0.13	mittel	0.57	30°	
12	S_1	Verkauf Lebensmittel	4.0	8.8	3.6	35.0	5.0	9.0	nein	normal	71%	0	mittel	3.8	30°	
13	S_2	Restaurant	7.5	18.3	2.8	137.5	1.0	64.4	nein	normal	71%	0	mittel	3.8	30°	
14	S_3	Grossraumbüro	12.5	7.5	2.6	93.0	4.0	21.0	nein	normal	71%	0.13	mittel	0.57	20°	
15	S_4	Grossraumbüro	21.6	7.5	2.6	162.0	2.0	53.0	nein	normal	71%	0.13	mittel	0.57	20°	
16	SE_1	Restaurant	7.5	15.0	3.7	112.5	1.0	52.7	nein	normal	71%	0	mittel	2	0°	
17	SE_2	Grossraumbüro	6.0	36.7	2.6	220.0	1.0	45.0	nein	normal	71%	0.13	mittel	3.3	0°	
18	SE_3	Grossraumbüro	12.0	10.1	2.6	121.0	2.0	40.0	nein	normal	71%	0.13	mittel	0.57	0°	
19	SE_6	Grossraumbüro	18.5	7.5	2.6	139.0	1.0	45.0	nein	normal	71%	0.29	mittel	0.57	0°	

Eingabe: gelb

Auswahl: blau

**Tipp!** Beim Tageslicht-Tool hat die Orientierung und Proportion des Raumes keinen Einfluss, da es auf der Annahme des «Gleichmässig bedeckten Himmels» basiert. Es spielt deshalb keine Rolle, in welcher Reihenfolge Sie Länge oder Tiefe eingeben.

Oberlichter dürfen mit der doppelten Glasfläche (nicht doppelte Länge und Breite!) erfasst werden. Auskragungen und Verschattungen müssen nicht für jeden Raum separat eingegeben werden, sondern können beispielsweise je Fassade gemittelt werden. Bei raumhohen Fenstern mit Balkon muss die Verschattung durch die Brüstung berücksichtigt werden. Bei mehrschichtigen Glasfassaden werden die Tau-Werte aller Verglasungen miteinander multipliziert.

**Modernisierung:** Um unnötig tiefe Eingriffe in bestehende Fassaden zu vermeiden, wird bei Modernisierungen mittels eines Fragenkatalogs erhoben, ob sich die Tageslichtsituation in den Hauptnutzungsräumen verschlechtert. Falls dies nicht der Fall ist, wird der minimale Erfüllungsgrad erreicht. Es steht den Antragstellern aber frei, zur Erzielung eines besseren Resultats eine detaillierte Berechnung durchzuführen. Diese muss auch dann erfolgen, wenn sich die Tageslichtsituation durch die Modernisierung verschlechtert.

Die maximale Hauptnutzfläche mit ungenügendem Erfüllungsgrad darf bei Modernisierungen 35 % nicht überschreiten (bei Neubauten sind es 20 %).

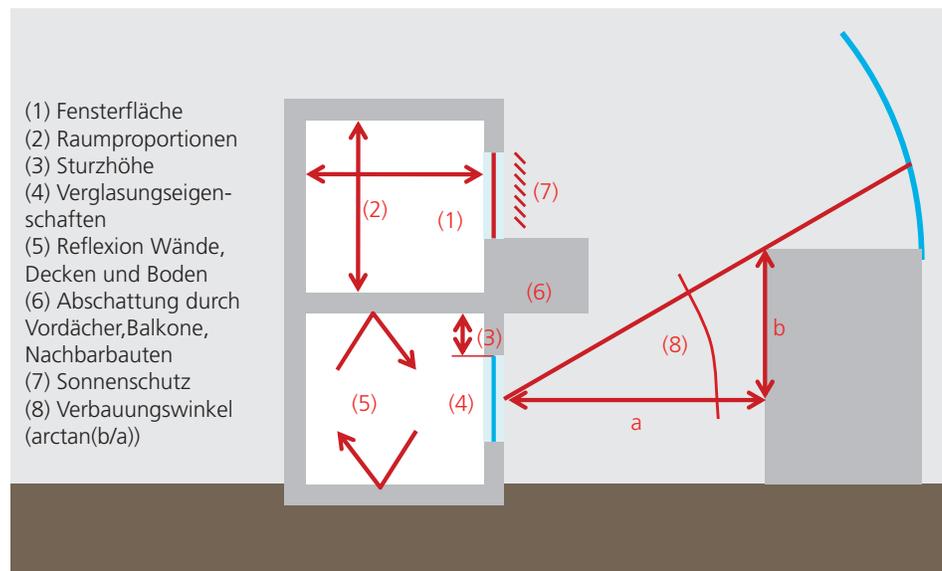


Abbildung 39: Eingabeparameter der Tageslichtberechnung von Minergie-Eco.

Tabelle 8: Umsetzung, Überprüfung und Dokumentation der Massnahmen im Bereich Tageslicht.

Nr.	Thema	Umsetzung	Qualitätskontrolle	Dokumentation
-	Tageslicht	V, P: Prüfung Gebäudeausrichtung und Verschattung (z. B. mittels Horizontoskop), Vorort-Bildauswertung, grossräumige Simulation. Prüfung Eigenverschattung von Gebäudeteilen, Modellmessungen, Optimierung Öffnungsart und -anordnung von Fenstern, Erstellung Beschattungskonzept und grobes Farb- und Materialkonzept, Verglasungswahl.	V, P: Berechnungen Tageslicht-Tool Minergie-Eco, Simulationen. A: Kontrolle Tageslicht-Transmission Verglasungen (Tau-Wert) in Ausschreibung Fenster bzw. Verglasungen. R: Kontrolle der Verglasungseigenschaften anhand Aufkleber (Nachfragen beim Produzenten), Messung mit lichttechnischen Geräten.	V, P: Berechnung Tageslicht-Tool Minergie-Eco (Einreichung elektronisch) R: Projektänderungen, die Einfluss auf Tageslichtsituation haben können (Fenstergrössen, Raumflächen, Änderungen von Auskragungen oder Rücksprüngen etc.), im Tageslicht-Tool nachführen und überarbeiteten Nachweis einreichen.

**Legenden**

Kriterien-Nr.:  = Vorgabe

Bauphasen: V = Vorprojekt; P = Projekt; A = Ausschreibung; R = Realisierung

## 2.4 Quellen und Tools

### Quellen

- **Intelligente Glasfassaden.** Andrea Compagno, Birkhäuser Verlag, 5. Auflage, 2002, ISBN 978-3-764366-94-0
- **Tageslichtdynamische Architektur:** Grundlagen, Systeme, Projekte. Helmut Köster, Birkhäuser Verlag, 2004, ISBN 978-3-764367-29-9
- **Solarfibel.** Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg, 2007. [www.badenwuerttemberg.de](http://www.badenwuerttemberg.de) → Presse & Service → Publikationen → Solarfibel
- **Tageslichttechnik in Gebäuden.** Doris Haas-Arndt, Fred Ranft, VDE Verlag, 1. Auflage, 2007, ISBN 978-3-788077-90-7
- **Licht und Gesundheit.** Cakir, A.; Cakir, G., Ergonomic Institut Berlin, 3. erweiterte Auflage, 1998, ISBN 978-3-925251-04-7
- **LichtEinfall: Tageslicht im Wohnbau.** Michelle Corrodi, Klaus Spechtenhauser, Birkhäuser Verlag, 1. Auflage, 2008, ISBN 978-3-764386-34-4
- **Tageslicht Kunstlicht: Grundlagen, Ausführung, Beispiele.** Ulrike Brandi, Detail Verlag, 1. Auflage, 2005, ISBN 978-3-920034-12-6

### Tools

- **Minergie-Eco Tageslicht-Tool:** [www.minergie.ch](http://www.minergie.ch) → Dokumente & Tools → Minergie-Eco
- **Relux:** Berechnungsprogramm zur Berechnung von Kunst- und Tageslicht. Unter anderem für die Simulationen von Besonnungsdiagrammen und Tageslichtquotienten auf verschiedenen Ebenen geeignet. [www.relux.com](http://www.relux.com)
- **Dialux:** Berechnungsprogramm zur Berechnung von Kunst- und Tageslicht. Unter anderem für die Simulationen von Besonnungsdiagrammen und Tageslichtquotienten auf verschiedenen Ebenen geeignet. [www.dialux.com](http://www.dialux.com)
- **Horizontoskop nach Tonné:** Ein sehr einfaches Gerät zur raschen Beurteilung von Verbauungssituationen vor Ort. Zudem lassen sich damit die optimale Geometrie von Markisen, Balkonen und Vordächern bestimmen ([www.ift-stuttgart.de](http://www.ift-stuttgart.de))
- **RayMan:** Mit RayMan können diverse stadtklimatische Fragen, Besonnungssimulationen und Verbauungen berechnet und dargestellt werden (Matzarakis et al., 2010). [www.urbanclimate.net/rayman](http://www.urbanclimate.net/rayman)
- **Gosol:** Computermodell zur Beurteilung der Besonnungsverhältnisse komplexer Siedlungsstrukturen unter Berücksichtigung jahreszeitlich wechselnder Belaubung von Bäumen und Bepflanzungen. Der Schwerpunkt liegt auf der energetischen Beurteilung (Goretzki, 2012). [www.gosol.org](http://www.gosol.org)
- **ReluxEnergy CH:** Berechnungs- und Nachweistool für Beleuchtung gemäss Norm SIA 380/4 (kostenpflichtig). [www.relux.com](http://www.relux.com)

# Schallschutz

## 3.1 Übersicht

### Gesundheitliche, soziale und wirtschaftliche Bedeutung von Lärm

■ **Lärmquellen.** In der Schweiz sind 1,3 Mio. Menschen übermässigem Lärm ausgesetzt (Stand April 2013). Die wichtigste Quelle ist der Strassenverkehr, danach folgen Eisenbahn- und Flugverkehr. Weitere Lärmquellen sind Schiessanlagen, Industrie- und Gewerbeanlagen, Bauarbeiten, Maschinen- und Alltagsaktivitäten (Nachbarschaftslärm, Veranstaltungslärm, Sportplätze etc.). Übermässiger Lärm ist gesundheitsgefährdend, mindert die Standortqualität der betroffenen Gebiete und verursacht hohe volkswirtschaftliche Kosten. Besonders trifft dies auf Städte und Agglomerationen zu, wo rund 90 % der vom Lärm betroffenen Personen leben.

■ **Gesundheitliche Beeinträchtigungen.** Lärm verursacht nicht nur Gehörschäden, sondern auch weitere gesundheitliche Beeinträchtigungen. Bei den psychischen Auswirkungen von Lärm handelt es sich um Konzentrationsstörungen, Beeinträchtigung der Erholung und der Kommunikation, aber auch Verstimmungen oder Schlafstörungen. Bei einem Lärmpegel von über 60dB(A) schlafen die Menschen schlechter, was zu Ermüdung, Nervosität, Stress oder erhöhter Reizbarkeit führt. Die körperlichen Symptome zeigen sich im Anstieg von Blutdruck und Herzfrequenz sowie durch Stoffwechselstörungen, werden aber oft nicht bewusst wahrgenommen. So lassen sich bei Untersuchungen von Schlafenden hormonelle Veränderungen im Körper als Folge von Lärmeinwirkungen feststellen. Studien deuten darauf hin, dass

chronische Lärmbelastung das Risiko für Herz-Kreislaufkrankungen bis hin zum Herzinfarkt deutlich erhöht.

■ **Soziale Auswirkungen.** Bei den gesellschaftlichen Auswirkungen ist neben Kommunikationsstörungen (Unterbrechung von Gesprächen) vor allem die mit Lärm zusammenhängende soziale Entmischung zu nennen. In lärmexponierten Wohngebieten ist der Anteil allein stehender Personen, Rentner, Ausländer und Menschen im Bereich der Armutsgrenze besonders hoch, weil sich diese Gruppen ruhigere Wohnlagen nicht leisten können. Lärm wird zu einem sozialen Problem, das zwar von allen verursacht, aber mehrheitlich von den finanziell Schwächeren getragen wird.

■ **Wirtschaftliche Auswirkungen.** Wie die gesundheitlichen Konsequenzen werden auch die wirtschaftlichen Auswirkungen des Lärms oft unterschätzt. Berechnungen haben gezeigt (Bundesamt für Raumentwicklung ARE und Bundesamt für Umwelt BAFU 2008), dass im Jahr 2005 die gesamten durch den Verkehr verursachten Lärmkosten 1,2 Mrd. Franken betragen. Sie setzen sich aus Gesundheitskosten und Mietzinsausfällen zusammen. Wohnungsmieten sind in lärmbelasteten Gebieten tendenziell niedriger als in ruhigeren Wohnlagen, im Extremfall können auf Basis der eidgenössischen Lärmschutzverordnung Gebäude und Grundstücke sogar mit Nutzungsbeschränkungen belegt werden. Für den Grossteil der Kosten (94 %) ist der Strassenverkehr verantwortlich, während der Schienenverkehr viel geringere Kosten (6 %) verursacht.

### Stand der Technik

■ **Vom baulichen Lärmschutz zu Massnahmen an der Quelle.** Die bisher durchgeführten Lärmschutzmassnahmen zeigen Wirkung, reichen jedoch zum Schutz der Bevölkerung nicht aus. Deshalb wird sich der Schwerpunkt in Zukunft auf die Lärmvermeidung an der Quelle verlagern müssen. Politik, Behörden und Verursachende

*Tabelle 9: Von Lärm betroffene Personen in der Schweiz (Quelle: Lärmbelastung in der Schweiz, BAFU 2009).*

	Betroffene Personen		Arbeitsplätze
	Tag	Nacht	Tag
Strassenverkehrslärm	1 200 000	700 000	420 000
Eisenbahnlärm	70 000	140 000	25 000
Fluglärm	65 000	95 000	85 000

sind gefordert, die Belastung aus vorhandenen und zukünftigen Lärmquellen zu reduzieren. Bisher lag der Fokus zur Lärm-bekämpfung auf baulichen Massnahmen, welche die Lärmausbreitung vermindern (z. B. Lärmschutzwände) oder den Schallschutz der Gebäudehülle verbessern (z. B. Schallschutzfenster). Diese haben lokal erhebliche Wirkung entfaltet, können jedoch die Bevölkerung nicht umfassend vor schädlichem Lärm schützen. Es braucht deshalb Anreizsysteme, um die Lärmreduktion an der Quelle wirtschaftlich attraktiv zu machen und Investitionen zu fördern. Ziel muss sein, leisere Motoren und Reifen, lärmarme Strassenbeläge, leises Rollmaterial für Eisenbahnen etc. zu entwickeln.

■ **Planerische Massnahmen vor baulichem Lärmschutz.** Zudem muss der Schutz vor Lärm auf den gesamten Lebensraum ausgedehnt werden, indem vor allem mit raumplanerischen (Gebäudeposition, Nutzung, Ausrichtung) sowie gestalterischen Massnahmen (Grundrisse, Erker, Atrien, Balkone, Loggien) störende Lärmimmissionen vermindert werden. Weil planerische Lösungen in der Regel kostengünstiger und mit weniger Ressourcenverbrauch verbunden sind, sollten sie rein baulichen Massnahmen vorgezogen werden. Häufig sind aber Kombinationen beider Massnahmenarten der einzige gangbare Weg. Da Minergie-Eco ein gebäudebezogener Standard ist, sind die Kriterien im Bereich Schallschutz notwendigerweise auf bauliche und gestalterische Massnahmen beschränkt.

## Umweltschutzgesetz (USG)

Gesetzliche Grundlage bilden das Bundesgesetz über den Umweltschutz (USG) und die Lärmschutz-Verordnung (LSV). Gemäss Art. 15 des USG sind die Immissionsgrenzwerte (IGW) für Lärm und Erschütterungen so festzulegen, dass die Bevölkerung in ihrem Wohlbefinden nicht erheblich gestört wird. Das USG verweist dazu auf die LSV, worin der Schutz vor Lärmimmissionen und die Minderung von Lärmemissionen festgelegt werden.

## Lärmschutz-Verordnung (LSV)

■ **Belastungsgrenzwerte und Empfindlichkeitsstufen.** Mittels Belastungsgrenzwerten regelt die LSV den Schutz der Bevölkerung vor Lärm von Strassenverkehr, Eisenbahn, Flugzeugen, Industrie- und Gewerbe sowie Schiessanlagen. Die Belastungsgrenzwerte nach LSV (Tabelle 10) beziehen sich auf den von aussen auf das Gebäude einwirkenden Lärm, der Schallschutz der Gebäudehülle wird also nicht berücksichtigt.

Die Empfindlichkeitsstufen aus Tabelle 10 werden von den Gemeinden im Zonenplan dem jeweiligen Grundstück zugeordnet. Die Gültigkeit der Belastungsgrenzwerte (PW, IGW bzw. AW) wird je nach Situation festgelegt (Tabelle 11).

■ **Immissionsgrenzwert.** Ist auf einer Bauparzelle der Immissionsgrenzwert überschritten, so werden im Bauprojekt planerische, gestalterische oder bauliche Massnahmen erforderlich, durch welche die Einhaltung des Immissionsgrenzwertes an den Fenstern lärmempfindlicher Räume si-

Tabelle 10: Belastungsgrenzwerte gemäss LSV für Strassenverkehrslärm, Eisenbahnlärm sowie Industrie- und Gewerbelärm.

Empfindlichkeitsstufen	Charakterisierung der Zone	Planungswerte (PW) L <sub>r</sub> dB(A)		Immissionsgrenzwerte (IGW) L <sub>r</sub> dB(A)		Alarmwerte (AW) L <sub>r</sub> dB(A)	
		Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
<b>I Erholungszone</b>	Erhöhtes Lärmschutzbedürfnis	50	40	55	45	65	60
<b>II Wohnzone</b>	Keine Störung durch Betriebe	55	45	60	50	70	65
<b>III Wohn- und Gewerbezone</b>	Mässig störende Betriebe sind zugelassen (Mischzonen)	60	50	65	55	70	65
<b>IV Industriezone</b>	Stark störende Betriebe sind zugelassen	65	55	70	60	75	70

chergestellt wird. Ist auch das nicht möglich, so darf eine Baubewilligung nur erteilt werden, wenn an der Errichtung des Gebäudes ein «überwiegendes Interesse» besteht und die kantonale Behörde zustimmt.

■ **Alarmwert.** Als Schallschutzmassnahme an bestehenden Gebäuden, bei denen der Alarmwert überschritten wird, kann die Vollzugsbehörde die Eigentümer verpflichten, bei Räumen mit lärmempfindlicher Nutzung Schallschutzfenster einzubauen.

■ **Übrige Lärmarten.** Emissionsquellen, für welche die LSV keine Belastungsgrenzwerte vorsieht, werden als «übrige Lärmarten» bezeichnet. Dies können etwa der Lärm von Geräten und Maschinen (Laubgebläse, Rasenmäher, etc.), Baustellen, Sportanlagen, Gaststätten sowie Schallereignisse wie spielende Kinder, Hundegebell, Glockengeläut oder das Plätschern eines Brunnens sein. Gemäss LSV müssen auch diese Lärmarten im Sinne der Vorsorge soweit begrenzt werden, wie dies technisch möglich und wirtschaftlich tragbar ist.

#### SIA 181 Schallschutz im Hochbau

Bezüglich des Schallschutzes der Gebäudehülle und der internen Bauteile verweist die LSV auf die Anforderungen der Norm SIA 181 Schallschutz im Hochbau. Diese regelt den baulichen Schutz vor externen (Strassenlärm, Eisenbahnlärm, Fluglärm, Industrie- und Gewerbelärm) und inter-

nen Lärmquellen (Luftschall und Trittschall zwischen Nutzungseinheiten). Zudem sind darin Anforderungswerte an den Schutz gegen abgestrahlten Körperschall im Gebäude (Aufzugsanlage, haustechnische Geräte) sowie Empfehlungen für den Schallschutz innerhalb von Nutzungseinheiten (z. B. Wohnungen) festgelegt.

■ **Anforderungsstufen.** Die Norm SIA 181 legt zwei verschiedene Anforderungsniveaus fest:

- Die Mindestanforderungen bezwecken den Schutz der Gebäudebenutzenden vor erheblichen Störungen.
- Die erhöhten Anforderungen bieten den Gebäudenutzenden einen hohen schalltechnischen Komfort.

Die entsprechenden Anforderungsstufen müssen mit der Bauherrschaft rechtzeitig, das heisst in der Regel im Vorprojekt, vertraglich vereinbart werden.

Die LSV schreibt für Neubauten die Einhaltung der Mindestanforderungen gemäss SIA 181 vor. Bei Bauten im Bereich des Lärms ziviler Flugplätze mit Verkehr von Grossflugzeugen gelten die erhöhten Anforderungen. Bei wesentlichen Umbauten müssen grundsätzlich die gleichen Anforderungen wie bei Neubauten eingehalten werden, wobei die Vollzugsbehörde auf Gesuch hin Erleichterungen gewähren kann.

<b>Planungswerte (PW)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Sind für die Bewilligung neuer Anlagen relevant.</li> <li>■ Ausscheidung neuer Bauzonen, Erschliessung noch nicht erschlossener Bauzonen.</li> </ul>
<b>Immissionsgrenzwerte (IGW)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Lösen Sanierungen bestehender Anlagen aus.</li> <li>■ Gelten als Höchstwerte für die Bewilligung neuer Gebäude mit lärmempfindlichen Räumen.</li> <li>■ Lösen in der Umgebung neuer oder wesentlich geänderter öffentlicher oder konzessionierter Anlagen Schallschutzmassnahmen an bestehenden Gebäuden aus.</li> </ul>
<b>Alarmwerte (AW)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Kriterien zur Dringlichkeit von Sanierungen.</li> <li>■ Lösen in der Umgebung bestehender öffentlicher oder konzessionierter Anlagen Schallschutzmassnahmen an bestehenden Gebäuden aus.</li> </ul>

*Tabelle 11: Planungswerte, Immissionsgrenzwerte und Alarmwerte.*

<b>Schutz gegen Aussenlärm</b>	Luftschall	Anforderungswert $D_e$
<b>Schutz gegen Innenlärm</b>	Luftschall	Anforderungswert $D_i$
	Trittschall	Anforderungswert $L'$
<b>Geräusche von haustechnischen Anlagen</b>		Anforderungswert $L_H$

*Tabelle 12: Anforderungswerte nach SIA 181 (abhängig von Lärmbelastung und Lärmempfindlichkeit).*

Für Neubauten im Wohneigentum mit höheren Ansprüchen an den Schallschutz (Doppel- und Reiheneinfamilienhäuser, Wohneigentum) gelten automatisch die erhöhten Anforderungen.

**Modernisierung.** Bei Umbauten oder Änderungen gelten für Aussenbauteile, Trennbauteile, Treppen und haustechnische Anlagen, die umgenutzt, umgebaut, ersetzt oder neu eingebaut werden, die gleichen Anforderungen wie für Neubauten.

### Vollzug

Bereits beim Entwurf eines Gebäudes gilt es, die Lärm- und Schallschutzanforderungen zu beachten und die gesetzlich verlangten Vorkehrungen in einem Lärm- und Schallschutzkonzept darzulegen. Der Lärm- und Schallschutz wird in der Regel in zwei Stufen behandelt:

- In Stufe I wird die Baubewilligungsfähigkeit eines Projektes nach LSV erarbeitet.
- In Stufe II, Baufreigabe, werden die Anforderungen an die Schalldämmung der Aussenhülle ( $D_a$ ) und der Innenbauteile ( $D_i$ ,  $L'$ ,  $L_{H}$ ) lärmempfindlicher Räume gemäss SIA 181 festgehalten.

Da die LSV bei Neubauten explizit die Einhaltung der Mindestanforderungen an den Schallschutz nach SIA 181 fordert, müsste ein entsprechender Nachweis in jedem Fall erbracht werden. In der Vollzugspraxis der Gemeinden wird dies jedoch noch nicht überall konsequent eingefordert.

Die Anforderungen an den baulichen Schallschutz der Aussen- und Innenbauteile gemäss SIA 181 sind mit heute üblichen Konstruktionen bei fachgerechter Ausführung sowohl in Holzbauweise als auch in Massivbauweise problemlos einzuhalten. Dies belegen Prüfergebnisse von bauakustischen Messungen (Luftschall- und Trittschalldämmung, Geräusche von haustechnischen Anlagen, Erschütterungen).

## 3. 2 Lösungsansätze

### Mögliche Ansätze: Ein- oder mehrschalige Konstruktionen

Die Luft- oder Trittschalldämmung bei einschaligen Bauteilen hängt in erster Linie von ihrer flächenbezogenen Masse ab (Massegesetz). Die Verdoppelung oder die Halbierung der flächenbezogenen Masse bringt eine Verbesserung beziehungsweise eine Verschlechterung der Luftschalldämmung von 6 dB. Resonanzerscheinungen können aber zu wesentlich schlechteren Schalldämmwerten bei den zugehörigen Frequenzen führen.

Da im Holzbau die flächenbezogene Masse der Bauteile im Vergleich zum Massivbau gering ist, sind zwei- oder mehrschalige Konstruktionen mit biegeweichen Schalen (Masse-Feder-Prinzip, Abbildung 40) erforderlich, um eine genügende Schalldämmung zu erzielen. Dies ist jedoch in der Regel kostenintensiv. Die Schalldämmung wird durch das Mass des Schalenabstandes, die Materialwahl der Schalen, die Dämpfung der Hohlräume, die Geometrie und das Raster des Ständers wie auch durch die Befestigungsart der Schalen beeinflusst.

### Geschossdecken

Bei Geschossdecken können neben schwimmend verlegten Unterlagsböden zusätzliche biegeweich abgehängte Vorsatzschalen, zusätzliche Masse (z. B. Betonplatten oder Tilger) oder neue Konstruktionssysteme wie z. B. Holzbeton-Verbund (HBV) Verbesserungen schaffen. Gerade im mehrgeschossigen Holzbau gilt die Decke als wichtigstes Trennbauteil, an das Anforderungen bezüglich Luft- und Trittschalldämmung gestellt werden.

Zur konstruktiven Umsetzung in der Decke gibt es für die schalltechnische Optimierung zwei Möglichkeiten: die Erhöhung der Masse oder die Verbesserung der Entkopplung. Durch die Erhöhung der Masse in Form einer Rohdeckenbeschwerung oder einer Beschwerung der Unterdecke wird die Anregbarkeit (Admittanz) reduziert und damit eine geringere Schallabstrahlung erreicht. Die Entkopplung durch einen schwimmenden Unterlagsboden

oder eine abgehängte Unterdecke reduziert die Übertragung der Bauteilschwingungen innerhalb der Konstruktion.

Geschossdecken mit sichtbaren Balkenlagen dämmen den Schall tendenziell schlechter als solche mit vollflächiger Verkleidung aus Gipsfaser- oder Gipskartonplatten. Erfüllt eine Deckenkonstruktion aus Holz die Anforderungen an den Trittschallschutz, erfüllt sie in der Regel auch jene an den Luftschallschutz.

**Tipp!** Werte für die Trittschallminderung von Zusatzmassnahmen, die in Kombination mit einer Massivdecke gemessen wurden, können nicht auf den Holzbau übertragen werden!

### Innenwände

Auch Innenwände zwischen Räumen oder Wohnungen können mit einer Vielzahl geprüfter Konstruktionen den gewünschten Schallschutz erbringen. Leichtbaukonstruktionen dämmen jedoch unterhalb 100 Hz den Schall bedeutend schlechter als Massivkonstruktionen. Auch hier werden die Prinzipien der Mehrschaligkeit und des Einbaus von Beplankungen mit unterschiedlicher Biegesteifigkeit erfolgreich eingesetzt. Neben der sorgfältigen Planung gerade auch der Anschlüsse ist hier die gewissenhafte Ausführung entscheidend, denn Luftschall geht bekanntlich durch die kleinste Fuge.

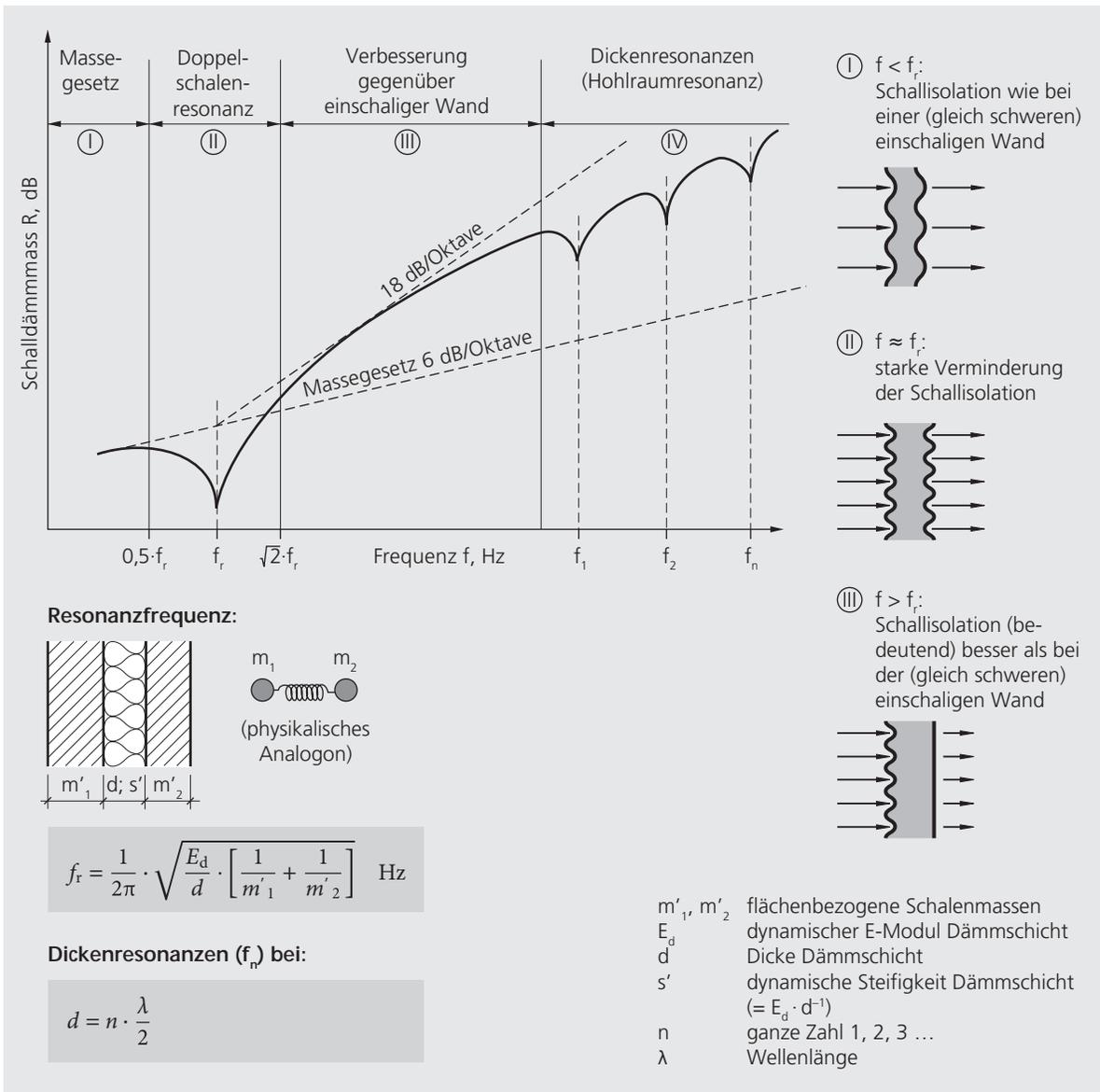


Abbildung 40: Schalldämmung eines zweischaligen Bauteils in Abhängigkeit von der Frequenz (Quelle: Ch. Zürcher, Th. Frank: Bauphysik; vdf Hochschulverlag).

Auch bei massiven Trennwänden kann mit einer zusätzlichen biegeweichen Vorsatzschale oder mit vollkommen schalengetrenten, mehrschichtigen Konstruktionen ein sehr guter Schallschutz erreicht werden.

### **Gebäudetechnikanlagen**

Je besser die Schalldämmung der Gebäudehülle, desto mehr sind die Geräusche im Inneren hörbar. Deshalb muss auch auf den Schallschutz der Gebäudetechnikanlagen und der eingebauten Geräte geachtet werden. Insbesondere Lüftungsanlagen können zu starken Lärmbelastungen führen.

■ **Checkliste «Schallschutz Haustechnik».** Die wichtigsten Massnahmen im Bereich Gebäudetechnik sind in der Checkliste «Schallschutz Haustechnik» Minergie-Eco zusammengestellt. Darin enthalten sind die Anforderungen an Lüftung, Heizung, Sanitär, Aufzugs- und Elektroanlagen.

### **Kosten von Schallschutzmassnahmen**

Massnahmen zum Schallschutz sind je nach Voraussetzung (Lärmbelastung, Lärmempfindlichkeit der Nutzung, Gebäudegestaltung, Konstruktionsweise) mit ganz unterschiedlichen Investitionskosten verbunden. So kann bei einem Massivbau mit kleinem Fensteranteil davon ausgegangen werden, dass die Mindestanforderungen der SIA 181 selbst bei grösserer Lärmbelastung mit guten Schallschutzfenstern eingehalten werden können. Im Holzbau sind zur Erfüllung der erhöhten Anforderungen jedoch erhebliche Massnahmen notwendig (Beschwerungsschichten, mehrschalige Konstruktionen etc.), die zu beträchtlichen Investitionen führen können. In der Regel sind planerische Massnahmen kostengünstiger als bauliche Massnahmen. Zum Beispiel kann durch geschickte Platzierung des Gebäudes auf dem Grundstück der Pegel reduziert werden. Es gilt aber zu beachten, dass bauliche Schallschutzmassnahmen oftmals gleichzeitig auch dem Brandschutz dienen und deshalb die Kosten für den Schallschutz nicht konkret zugeordnet werden können.

## **3.3 Anforderungen, Nachweis, Qualitätssicherung, Dokumentation**

### **Minergie-Eco-Nachweis und Schallschutznachweis nach SIA 181**

Die Einhaltung der Anforderungen an die Schalldämmung der Aussenbauteile respektive zwischen Nutzungseinheiten (z. B. Wohnungen) gemäss SIA 181 wird vielfach bereits im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens von der Vollzugsbehörde geprüft. Dazu wird ein Schallschutznachweis eingereicht. Er dient auch zur Dokumentation eines Grossteils der Beurteilungskriterien nach Minergie-Eco (Tabelle 13).

Da die Einhaltung der gesetzlichen Mindestanforderungen an den Schallschutz mangels konsequenter Umsetzung im Vollzug nicht generell vorausgesetzt werden kann, ist der gesetzlich vorgeschriebene Schallschutznachweis auch Teil der Minergie-Eco-Zertifizierung. Die Anforderungen der Norm SIA 181 werden dabei weitestgehend übernommen. Eine Abweichung besteht jedoch bei Modernisierungen.

**Modernisierung.** Da Schallschutzmassnahmen im Bestand meist sehr aufwendig sind (Kosten, Ressourcen, graue Energie) und deshalb im Vollzug oft Erleichterungen gewährt werden, beurteilt Minergie-Eco bei Modernisierungen, ob zumindest eine deutliche Verbesserung gegenüber dem Ausgangszustand erzielt wird.

### **Vorgaben aus Fragekatalogen**

Bei Minergie-Eco bestehen im Bereich Schallschutz keine Ausschlusskriterien. Da aber ein minimaler Erfüllungsgrad erzielt werden muss, können Gebäude mit schlechtem Schallschutz trotzdem nicht zertifiziert werden.

*Tabelle 13: Umsetzung, Überprüfung und Dokumentation der Massnahmen im Bereich Schallschutz am Beispiel Neubau Mehrfamilienhäuser.*

Nr.	Thema	Umsetzung	Qualitätskontrolle	Dokumentation
NS01 NS02	Schallschutz Gebäudehülle (externe Quellen, Luftschall)	V: Abklärung bzw. Berechnung Schallpegel gemäss LSV, Festlegung Anforderungsniveau gemäss SIA 181 P: Beurteilung über Einhaltung Anforderungen mit vorgesehenen Bauteilen, Erstellung Schallschutznachweis A: Ausschreibung geeigneter Materialien bzw. Produkte	P: Kontrolle, ob Bericht alle Elemente umfasst und die Anforderungen erfüllt sind R: Kontrolle Umsetzung auf Baustelle, evtl. Durchführung von Kontrollmessungen	V, P: evtl. Lärmgutachten nach LSV, Schallschutznachweis gemäss SIA 181
NS03 NS04	Schallschutz zwischen mehreren Nutzungseinheiten (Luft- und Trittschall)	V: Festlegung Anforderungsniveau gemäss SIA 181 P: Beurteilung über Einhaltung der Anforderungen mit vorgesehenen Bauteilen, Erstellung Schallschutznachweis A: Ausschreibung geeigneter Materialien bzw. Produkte	P: Kontrolle, ob Bericht alle Elemente umfasst und die Anforderungen erfüllt sind R: Kontrolle Umsetzung auf Baustelle, evtl. Durchführung von Kontrollmessungen	V, P: Schallschutznachweis gemäss SIA 181
NS05 NS06	Schallschutz gegen Geräusche haustechnischer Anlagen	V: Festlegung Anforderungsniveau P: Beurteilung über Einhaltung Anforderungen mit Hilfe der Checkliste «Schallschutz Haustechnik» A: Ausschreibung geeigneter Anlagen, Materialien bzw. Produkte	P: Kontrolle, ob Checkliste korrekt ausgefüllt ist und Angaben dem aktuellen Planungsstand entsprechen R: Kontrolle Umsetzung auf Baustelle, evtl. Durchführung von Kontrollmessungen	V, P: Checkliste «Schallschutz Haustechnik»
NS07 NS08	Schallschutz innerhalb Nutzungseinheiten (Luft- und Trittschall)	V: Festlegung Anforderungen gemäss SIA 181 P: Beurteilung über Einhaltung Anforderungen mit vorgesehenen Bauteilen, Erstellung Schallschutznachweis A: Ausschreibung geeigneter Materialien bzw. Produkte	P: Kontrolle, ob Bericht alle Elemente umfasst und die Anforderungen erfüllt sind R: Kontrolle Umsetzung auf Baustelle, evtl. Durchführung von Kontrollmessungen	V, P: Schallschutznachweis gemäss SIA 181
NS09	Raumakustik	P: Beurteilung über Einhaltung Anforderungen mit vorgesehenen Materialien und Oberflächen, Erstellung Nachweis A: Ausschreibung geeigneter Materialien bzw. Produkte	P: Kontrolle, ob Nachweis alle Elemente umfasst und die Anforderungen erfüllt sind R: Kontrolle Umsetzung auf Baustelle, evtl. Durchführung von Kontrollmessungen	V, P: Nachweis Nachhallzeiten gemäss SIA 181 bzw. DIN 18041
NS10	Lärmbelastung von Aufenthaltsbereichen im Aussenraum	V: Abklärung bzw. Berechnung Schallpegel gemäss LSV P: Festlegung planerische Umsetzung geeigneter Massnahmen A: Ausschreibung Massnahmen	P: Kontrolle vollständige planerische Umsetzung Liste R: Kontrolle Umsetzung auf Baustelle, evtl. Durchführung Kontrollmessungen	V, P: Liste vorgesehene Massnahmen
NS11	Beizug Fachperson Schallschutz	V: Auswahl geeignete Fachperson	V: Kontrolle erstellte Dokumente	V, P: Angabe Fachperson auf Schallschutznachweis

#### Legenden

Kriterien-Nr.:  = Vorgabe; N = Neubau; S = Schallschutz

Bauphasen: V = Vorprojekt; P = Projekt; A = Ausschreibung; R = Realisierung

**Modernisierung.** Falls im bestehenden Zustand eine grosse Abweichung zu den Grenzwerten der Norm SIA 181 besteht, so gelten verminderte Anforderungen. Damit soll erreicht werden, dass der Schallschutz keine unverhältnismässigen baulichen Massnahmen auslöst. Bezüglich gebäudetechnischen Anlagen gelten dieselben Anforderungen wie beim Neubau, da man davon ausgeht, dass diese mehrheitlich ausgetauscht werden.

### **QS-Elemente zur Kontrolle und Steuerung der Massnahmen**

■ **Relevante Einflussfaktoren.** Damit das Gebäude den Anforderungen der Norm SIA 181 und den Minergie-Eco-Kriterien genügen kann, müssen die Projektverfassenden die bauakustisch relevanten Einflussfaktoren in der Planung und Ausführung frühzeitig berücksichtigen. Dazu gehören:

- Anforderungen an den Schallschutz seitens der Vollzugsstellen und der Bauherrschaft klar definieren
- Beizug einer Fachperson für Akustik während der gesamten Projektphase
- Erarbeitung und konsequente Umsetzung des Schallschutzkonzeptes
- Rechtzeitige Abstimmung der Ausführung zwischen den Fachplanern (Informieren über die Konsequenzen)
- Durchführung regelmässiger Ausführungskontrollen
- Instruktion der Handwerker im Bereich Schallschutz

■ **Baustellenkontrollen, Kontrollmessungen.** Der Bereich Schallschutz ist sehr anfällig auf Ausführungsfehler und erfordert deshalb eine effiziente Baustellenkontrolle. So bilden z.B. fest mit dem Unterlagsboden verbundene Stahlzargen von Türrahmen, nicht von den Wänden getrennte, schwimmende Unterlagsböden oder fehlende Dämmstoffe bei Leitungen Schallbrücken, die die Einhaltung der Anforderungen in Frage stellen.

■ **Vollzug.** Bereits während und nach Abschluss der Bauphase können die Vollzugsbehörden gemäss Art. 35 der LSV stichpro-

benartig die plankonforme Ausführung der Schallschutzmassnahmen prüfen. In Zweifelsfällen kann die Vollzugsbehörde nachträgliche Kontrollmessungen anordnen. Nach Abschluss der Bauarbeiten und vor Bezug eines Gebäudes muss mit dem Formular «Ausführungskontrolle» der Bauwilligungsbehörde bestätigt werden, dass die Bauten und Anlagen nach den bewilligten Plänen ausgeführt worden sind und demzufolge vorschriftsgemäss betrieben werden können. Die dafür nötigen Angaben können anhand der Ausführungskontrollen gemacht und das Formular eingereicht werden. Bei fehlenden Ausführungskontrollen können bauakustische Messungen angeordnet werden.

Im Rahmen der Minergie-Eco-Zertifizierung wird der Schallschutz ebenfalls durch regelmässiges Überwachen der Umsetzung und im Zweifelsfall durch Messungen kontrolliert.

### 3. 4 Beispiele aus der Praxis

In einem Schallschutzkonzept muss das gesamte Gebäude behandelt werden. Nicht nur das direkt trennende Bauteil (z. B. Wohnungstrennwand oder Geschosdecke), sondern auch die flankierenden Bauteile und alle mit der Gebäudestruktur verbundenen Geräte und Anlagen sind zu berücksichtigen.

Abbildung 41 zeigt eine mögliche Ausführung des Decken-Wand-Knotens im Massivbau. Die Einhaltung von Schallschutzanforderungen ist nicht nur von den Schallschutzeigenschaften des Trennbauteils, sondern auch von folgenden Parametern abhängig:

- Fläche des Trennbauteils
- Volumen des Empfangsraumes
- Flächenanteil und Materialisierung von flankierenden Bauteilen

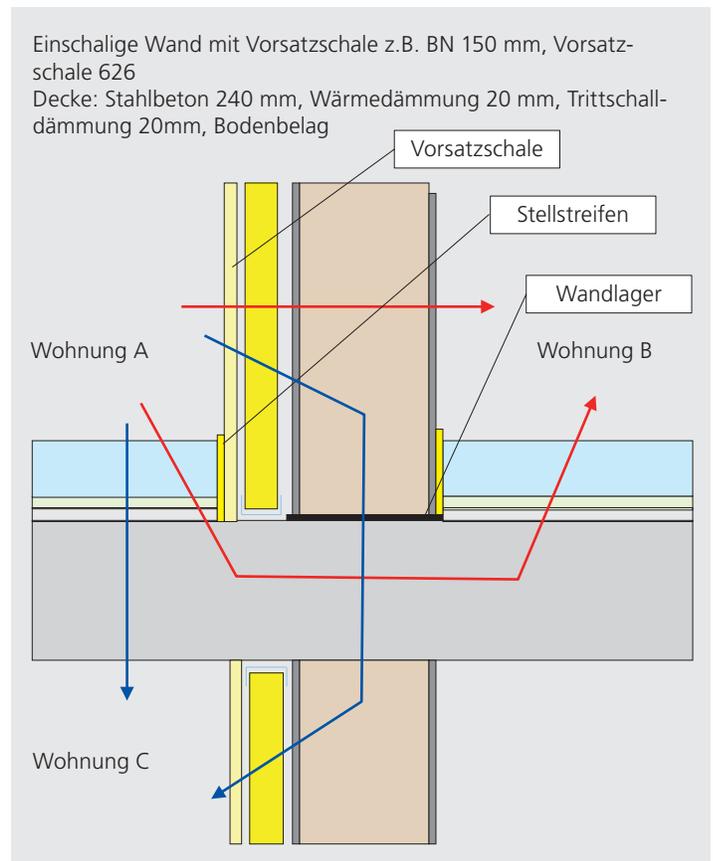
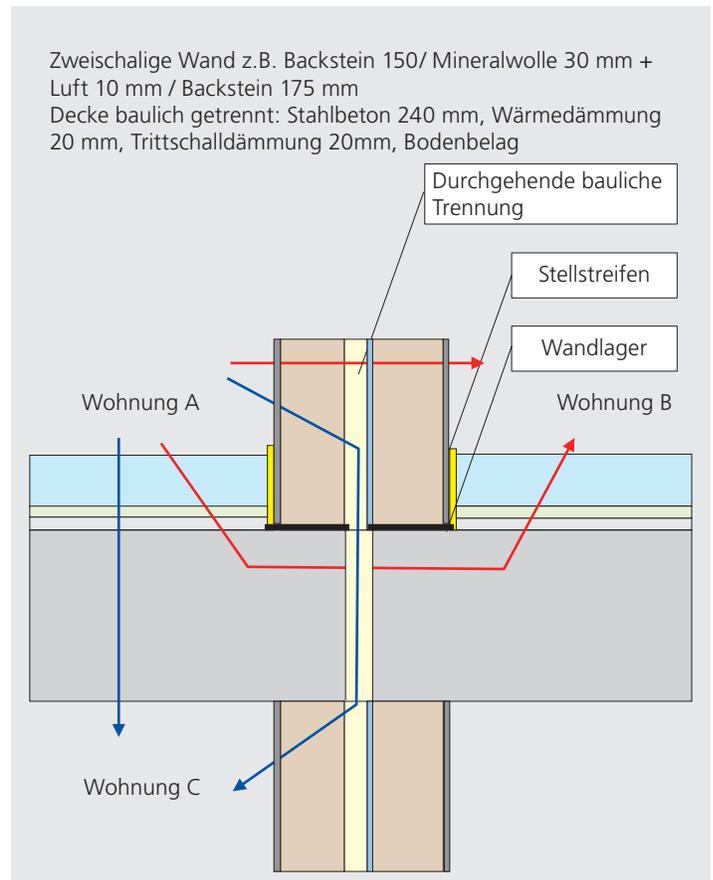
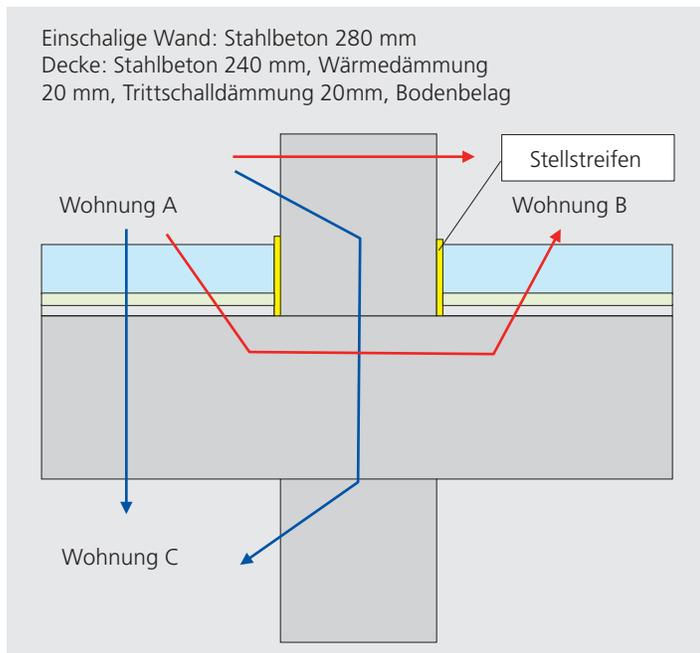
Abbildung 41 (unten links): Wand-Decken-Knoten in einschaliger Ausführung.

Abbildung 42 (oben rechts): Wand-Decken-Knoten in zweischaliger Ausführung.

Abbildung 43 (unten rechts): Wand-Decken-Knoten einer einschaligen Wand mit Vorsatzschale.

Die genaue Bauteildimensionierung variiert deshalb von Fall zu Fall. Im Folgenden sind einige typische Wohnbausituationen angegeben.

Für die Wohnungstrennwand kann zur Einhaltung der erhöhten Anforderungen gemäss SIA 181 eine einschalige Stahlbetonwand mit 280 mm Stärke vorgesehen werden. Häufig wird die Geschosdecke mit einem schwimmenden Unterlagsboden ausgeführt. Um dröhnende Effekte



des Unterlagsbodens unterhalb von 100 Hz zu vermeiden, sollten die Dicke und die dynamische Steifigkeit der elastischen Zwischenschicht (Wärme- und Trittschalldämmung) gezielt geplant und rechnerisch ermittelt werden.

Eine Alternative kann eine zweischalige Wohnungstrennwand (Abbildung 42) oder ein einschaliges Mauerwerk mit einer Vorsatzschale (Abbildung 43) sein. Eine weiterführende Übersicht von bewährten Konstruktionen und anschaulichen Praxisbeispielen (vorwiegend für den Wohnungsbau) ist in der Publikation Element 30 zu finden.

## 3.5 Quellen und Tools

### Quellen

- Lärmbelastung in der Schweiz, Ergebnisse des nationalen Lärmmonitorings Son-Base, Bundesamt für Umwelt BAFU, UZ-0907-D, 2009: [www.bafu.admin.ch](http://www.bafu.admin.ch) → Dokumentation → Publikationen
- Element 30: Schallschutz im Hochbau. Faktor Verlag, Zürich, 1. Auflage, 2010, ISBN 978-3-905711-09-7
- Bundesgesetz über den Umweltschutz (USG): [www.admin.ch](http://www.admin.ch) → Bundesrecht → Systematische Rechtssammlung
- Lärmschutz-Verordnung (LSV): [www.admin.ch](http://www.admin.ch) → Bundesrecht → Systematische Rechtssammlung
- Schallschutz im Hochbau, Norm SIA 181, 2006: [www.sia.ch](http://www.sia.ch) → Norm → SIA-Shop
- DIN-Taschenbuch 35: Schallschutz 1, Anforderungen, Nachweise, Berechnungsverfahren. Beuth Verlag GmbH, Berlin, 13. Auflage, Mai 2011, ISBN 978-3-410-21771-8

### Tools

- Minergie-Eco-Vorgabenkataloge und Umsetzungsanweisungen für Neubauten und Modernisierungen, Schallschutz: [www.minergie.ch](http://www.minergie.ch) → Dokumente & Tools → Minergie-Eco
- Checkliste Schallschutz Haustechnik: [www.minergie.ch](http://www.minergie.ch) → Dokumente & Tools → Minergie-Eco → Checklisten
- Schallschutznachweis Aussenlärm, Formular S, Kanton Zürich: [www.tba.zh.ch](http://www.tba.zh.ch) → Lärm & Schall → Lärmvorsorge → Bauvorhaben → Schallschutzmassnahmen

# Innenraumklima

## 4.1 Übersicht

### Lüftung

Der Mensch belastet die Raumluft mit verbrauchter Atemluft und seinen Ausdünstungen. Damit gelangen Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Wasserdampf sowie verschiedene flüchtige organische Verbindungen (VOC, Volatile Organic Compounds wie Aceton, Methanol, Ethanol) in die Raumluft, von denen einige unangenehm riechen (z. B. Butter-säure). Durch die Stoffwechselaktivität wird auch Wärme an die Umgebungsluft abgegeben. Bei ungenügender Frischluft-zufuhr können sich CO<sub>2</sub> und VOC akkumulieren; gleichzeitig steigen die Temperatur und der Feuchtigkeitsgehalt der Raumluft. Mittels eines ausreichenden systematischen Luftwechsels (Lüftungsanlage,

konsequente Fensterlüftung) können diese Stoffwechselprodukte sowie all-fällige Schadstoffe aus Baumaterialien wie Formaldehyd,

Lösemittel, usw. (siehe nachfolgende Abschnitte) abgeführt werden. So kann die Raumluftqualität massgeblich positiv beeinflusst werden.

■ **Stand der Technik.** Bei Neubauten gehört es heute zum Stand der Technik, ein Konzept für einen ausreichenden Luftwechsel auszuarbeiten. Trotzdem erfolgen solche Überlegungen ausser bei Minergie-Gebäuden eher selten. Deshalb stellen Gebäude, deren Räume einen genügenden Luftwechsel aufweisen, die Ausnahme dar. Es gibt jedoch eine grosse Zahl von Anbietern, die geeignete Systeme anbieten.

■ **SIA 180 Wärmeschutz, Feuchteschutz und Raumklima in Gebäuden.** Seit 1999 schreibt die Norm SIA 180 vor, dass die Gebäudehülle grundsätzlich luftdicht zu sein hat und zur Sicherstellung des notwendigen Luftwechsels bereits in einer frühen Phase ein Lüftungskonzept erstellt werden muss. Dabei sind neben der reinen Fenster-

lüftung durch die Nutzenden auch Varianten mit mechanischer Lüftung in Betracht zu ziehen.

■ **SIA 2023 Lüftung in Wohnbauten.** Für Wohnbauten wurden im Merkblatt SIA 2023 Lüftung in Wohnbauten verschiedene Lösungsmöglichkeiten mit ihren Vor- und Nachteilen konkretisiert.

**Modernisierung.** Die bestehenden Normen und ebenso das Merkblatt SIA 2023 gelten auch für Modernisierungen. Da sich oft eine starke Verminderung des Luftwechsels durch Abdichtungsmassnahmen ergibt, ist auch hier ein Lüftungskonzept erforderlich.

### Biozide

Biozide sind Wirkstoffe, die dazu dienen, auf chemischem oder biologischem Weg potenzielle Schaden anrichtende Organismen abzuschrecken, unschädlich zu machen, abzutöten oder in anderer Weise Schädigungen zu verhindern. Wenn Biozide von ihrem ursprünglich vorgesehen Einsatzort, zum Beispiel durch Ausschwemmung, in Gewässer oder den Boden gelangen, können sie die dort lebenden Organismen schädigen. Im Extremfall können unsachgemäss eingesetzte Biozide auch beim Menschen gesundheitliche Beeinträchtigungen hervorrufen.

Biozide werden heute in allen möglichen und unmöglichen Bereichen eingesetzt. In der Schweiz werden jährlich mehrere 1000 Tonnen verbraucht. Neben dem Einsatz als Desinfektionsmittel im privaten Bereich und im Gesundheitswesen spielt auch der Baubereich eine wichtige Rolle (Abbildung 44).

■ **Stand der Technik.** Die vorbeugende Behandlung von Hölzern mit Bioziden hat in den letzten Jahren deutlich abgenommen. Um sicher zu gehen, dass keine Biozide in Innerräumen zur Anwendung gelangen, sollte diese Forderung trotzdem an die ausführenden Unternehmungen kommuniziert werden.

«Raumluft ist ein Lebensmittel – bitte behandeln Sie sie auch so!» Roger Waeber, Bundesamt für Gesundheit

## Formaldehyd

Formaldehyd ist bei Zimmertemperatur ein farbloses Gas. Es ist ein wichtiger organischer Grundstoff der chemischen Industrie und wird dank seiner Reaktivität vor allem als Bestandteil von Kunstharzen und als Biozid zum Abtöten von Keimen und zur Verbesserung der Haltbarkeit eingesetzt (Abbildung 45). Formaldehyd kommt auch in der Natur vor, zum Beispiel als Zwischenprodukt des Stoffwechsels oder als Bestandteil von Holz. Formaldehyd bewirkt bei erhöhten Konzentrationen in der Raumluft eine Reizung der Augen und Atemwege, wobei die Empfindlichkeit stark personenabhängig ist (Tabelle 14).

Formaldehyd ist auch als «krebserregend für den Menschen» eingestuft. Diese Wirkung tritt allerdings erst bei sehr hohen Konzentrationen auf, wie sie in Innenräumen nicht vorkommen.

■ **Stand der Technik.** Bei den Baustoffen wurde in den letzten Jahren beziehungsweise Jahrzehnten eine wesentliche Reduktion der Formaldehyd-Emissionen erreicht. Da aber gleichzeitig auch die Luftdichtigkeit der Gebäudehülle verbessert und der Luftwechsel reduziert wurde, sind Formaldehyd-Immissionen nach wie vor ein relevantes Thema im Gebäudebereich. Dies zeigen auch Messungen in Gebäuden der Stadt Zürich (Abbildung 46).

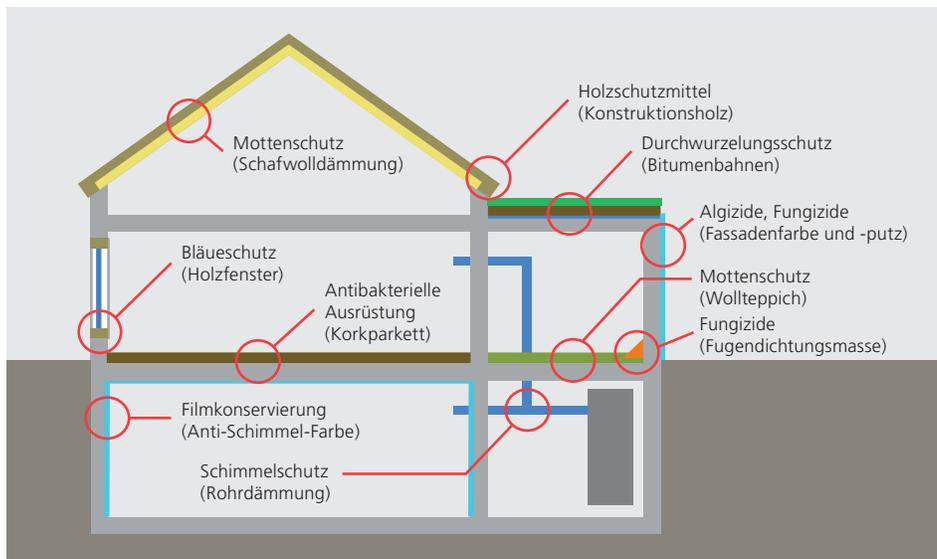


Abbildung 44:  
Mögliche Anwendungsbereiche von Bioziden im Gebäudebereich.

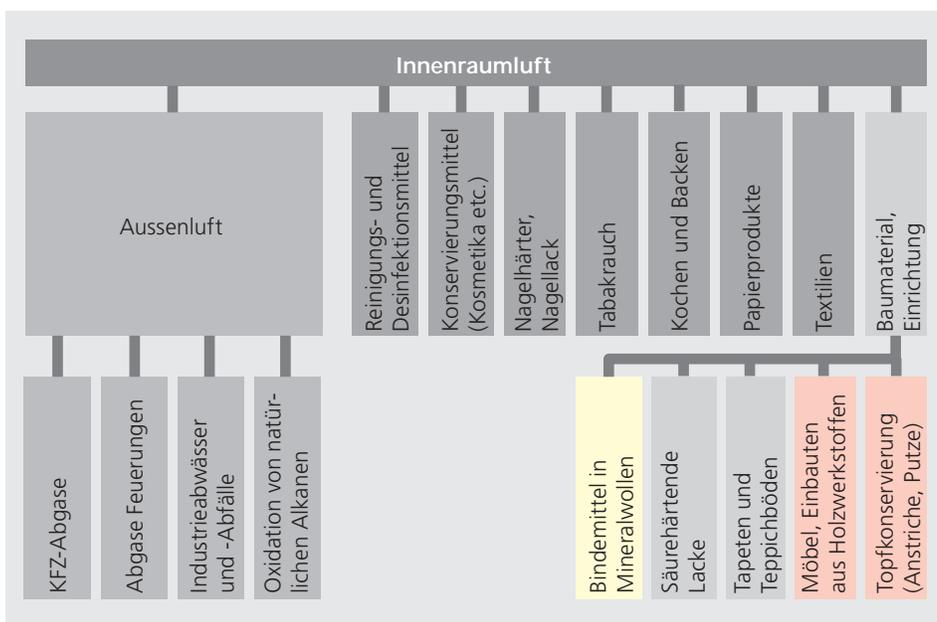


Abbildung 45: Bei Minergie-Eco berücksichtigte Quellen (rot) sowie bei den Eco-BKP berücksichtigte Quellen (gelb) von Formaldehyd in der Innenraumluft (Quelle: Bundesamt für Gesundheit).

Alle in Europa gehandelten Holzwerkstoffe müssen die Kriterien der Emissionsklasse E1 bezüglich Formaldehyd erfüllen, und die meisten Produkte unterschreiten diese deutlich. Falls nichts Spezielles gefordert, werden solche Holzwerkstoffe verbaut, weil sie kostengünstig sind. Sie garantieren jedoch keinesfalls eine ausreichend tiefe Formaldehydkonzentration in der

Raumluft. Auf dem Markt ist deshalb eine grosse Anzahl von Produkten erhältlich, die deutlich weniger Formaldehyd abgeben. Sie sind auf der Lignum-Liste der für den Innenraum geeigneten Holzwerkstoffe aufgeführt.

Dämmstoffe aus Mineralfasern werden normalerweise mit Kunstharzen gebunden, die Formaldehyd abgeben können.

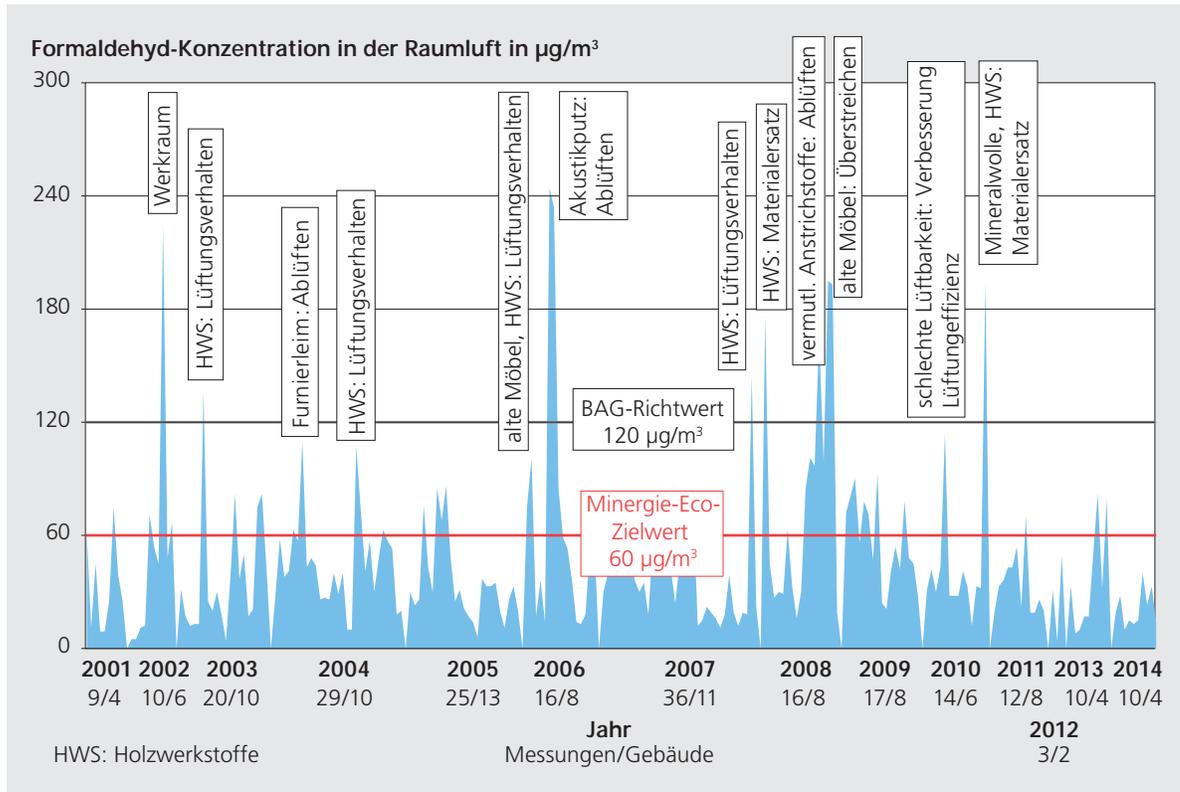


Abbildung 46: Resultate der Formaldehydmessungen in Gebäuden der Stadt Zürich (Quelle: Stadt Zürich, Amt für Hochbauten).

Wahrnehmung, Wirkung, Zielwerte, Richtwerte, Messwerte	Konzentration	
	µg/m <sup>3</sup>	ppm
Messungen Stadt Zürich: Minimalwert	4	0,003
Geruchsschwelle: Wahrnehmung bei 10 % der Bevölkerung	30	0,025
Messungen Stadt Zürich: Median	35	0,029
Zielwert Minergie-Eco (aktive Messungen)	60	0,05
Richtwert BAG	120	0,1
Geruchsschwelle: Wahrnehmung bei 50 % der Bevölkerung	180	0,15
Messungen Stadt Zürich: Maximalwert	244	0,20
Geruchsschwelle: Wahrnehmung bei 90 % der Bevölkerung	600	0,48
Augenreizungen	100–2000	0,08–1,6
Reizschwelle Nase und Rachen	100–3100	0,08–2,5
Verringerter Schleimfluss, Nase	500–2000	0,4–1,6
Stechendes Gefühl in Augen, Nase und Rachen	2500–3750	2–3
Verringerte Lungenfunktion bei starker Anstrengung	3700	3
Tränenfluss, für ca. ½ Stunde erträglich	5000–6200	4–5
Atemnot, Husten; starker Tränenfluss, ca. 1 Stunde anhaltend	12500–25000	10–20
Lungenödem, Pneumonie; Lebensgefahr	ab 37500	ab 30

Tabelle 14: Wahrnehmung und Wirkung von Formaldehyd bei Kurzzeit-Exposition (30 Minuten bis 5 Stunden), Zielwert Minergie-Eco, Richtwert BAG sowie Messwerte Raumluft-Abnahmemessungen der Stadt Zürich aus der Periode 2001 bis 2014 (Quelle: Stadt Zürich, Amt für Hochbauten).

Seit kurzem haben einige Hersteller das Bindemittel ausgewechselt, sodass ihre Produkte kein Formaldehyd mehr emittieren.

■ **Gesetzliche und normative Grundlagen.** Das Bundesamt für Gesundheit (BAG) hat für Formaldehyd in der Raumluft einen Richtwert von 0,1 ppm (= 125 µg/m<sup>3</sup>) empfohlen, bei dessen Überschreitung Massnahmen beziehungsweise Sanierungen nötig sind. Die Weltgesundheitsorganisation WHO hat im Rahmen ihrer Leitlinien für die Raumluftqualität (2010) einen 30-Minuten-Richtwert von 0,1 mg/m<sup>3</sup> empfohlen und festgestellt, dass dieser Richtwert auch vor chronischen Gesundheitsrisiken, insbesondere auch der krebsfördernden Wirkung, schützt. Bei der Ableitung hat man den rechnerischen Richtwert von 0,12 mg/m<sup>3</sup> auf 0,1 abgerundet, er stimmt somit mit dem BAG-Richtwert überein. Minergie-Eco setzt für Formaldehyd Grenzwerte von 60 µg/m<sup>3</sup> (Aktivmessung) beziehungsweise 30 µg/m<sup>3</sup> (Passivmessung) fest, die bei zertifizierten Gebäuden nicht überschritten werden dürfen.

### Lösemittel, VOC

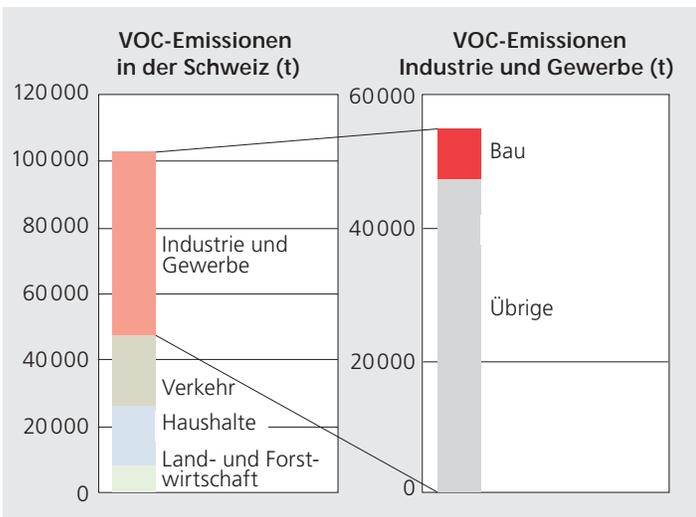
Lösemittel sind in vielen Baustoffen und Bauchemikalien enthalten. Sie verbessern die Verarbeitbarkeit der Produkte und machen sie gleichzeitig länger lagerfähig. Während der Verarbeitung und der Austrocknung verflüchtigen sich die Lösemittel und gehen als VOC in die Raumluft über, wo sie gesundheitliche Probleme verursachen können. Letztlich gelangen die VOC

auch in die Aussenluft und tragen dort als Vorläufersubstanzen zum bodennahen Ozon und damit zum Sommersmog bei. Namhafte VOC-Quellen in der Schweiz sind der motorisierte Verkehr (unvollständige Treibstoffverbrennung), die Privathaushalte (Verwendung von Reinigungsmitteln, Lösemitteln, Farben, Spraydosen) sowie Industrie und Gewerbe. Dort spielt der Baubereich eine Schlüsselrolle (Abbildung 47).

■ **Stand der Technik.** Viele Bauchemikalien, Klebstoffe oder Beschichtungstoffe enthalten einen kleineren oder grösseren Anteil Lösemittel. Für die meisten Anwendungen gibt es mittlerweile wassererdünnbare oder gar Produkte ohne Lösemittel. Ohne ausdrückliche Forderung werden aber nach wie vor viele lösemittelhaltige Stoffe verbaut.

■ **Gesetzliche und normative Grundlagen.** Bezüglich TVOC (Total Volatile Organic Compounds) gibt es keine Richtwerte für die Allgemeinbevölkerung. Die Vorschriften für die «maximale Arbeitsplatzkonzentration» (MAK), die zur Vermeidung von Berufskrankheiten bei gesunden Erwachsenen dienen, können nicht für eine Beurteilung hinzugezogen werden. Lediglich für einige ausgewählte VOC wurden von der WHO oder von nationalen Gremien (z. B. Innenraumlufthygiene-Kommission in Deutschland) Richtwerte für die Innenraumluft festgelegt. Minergie-Eco legt für VOC Grenzwerte von 1000 µg/m<sup>3</sup> (Aktivmessung) beziehungsweise 500 µg/m<sup>3</sup> (Passivmessung) fest, die bei zertifizierten Gebäuden nicht überschritten werden dürfen.

Abbildung 47: VOC-Emissionen in der Schweiz im Jahr 2004 (Quelle: Bundesamt für Umwelt).



### Biologische Raumluftbelastungen und Legionellen

■ **Biologische Raumluftbelastungen.** In der Raumluft können neben chemischen Schadstoffen eine Reihe von biologischen Verunreinigungen vorhanden sein. Nach dem heutigen Kenntnisstand dürften diese insgesamt ein mindestens gleich grosses gesundheitliches Risiko darstellen wie chemische Schadstoffe. Besonders relevant sind dabei Allergene von Hausstaubmilben, Haustieren (Katze, Hund etc.) und

Schimmelpilzen. Aber auch nicht allergen wirkende biologische Bestandteile wie Schimmelsporen, Bakterien sowie deren Bestandteile (z. B. Zellwände) und Stoffwechselprodukte können relevant sein. Damit Milben und Mikroorganismen wachsen können, ist genügend Feuchtigkeit notwendig.

■ **Legionellen.** Eine weitere Quelle von biologischen Belastungen stellen Legionellen dar. Es handelt sich um Bakterien, die sich in geringer Anzahl natürlicherweise im Wasser befinden. Innerhalb eines Temperaturbereichs von 20 bis 50 Grad und im stehenden Wasser können sie sich stark vermehren. Das Einatmen bakterienhaltigen Wassers als feinste Tröpfchen (Aerosol), z. B. beim Duschen, bei Klimaanlage, durch Rasensprenger oder in Whirlpools, kann zur Infektion und damit zu einer schweren Erkrankung führen. Das Trinken von legionellenhaltigem Wasser stellt in der Regel keine Gesundheitsgefahr dar.

### **Radon**

Radon ist ein farb- und geruchloses Gas, das aus dem Untergrund aufsteigt. Es entsteht durch den natürlichen Zerfall von Uran. Radon kann weiter zu ebenfalls radioaktivem Polonium, Wismut und Blei zerfallen. Radon und seine Zerfallsprodukte geraten beim Einatmen in die Lunge und bestrahlen sie. In der Schweiz ist Radon für etwa 60% der Strahlenbelastung der Bevölkerung verantwortlich und damit nach dem Rauchen die wichtigste Ursache für Lungenkrebs. Das Lungenkrebsrisiko steigt mit höherer Radonbelastung und längerem Aufenthalt in belasteten Räumen. In der Schweiz sind jährlich etwa 200 bis 300 Todesfälle auf Radon zurückzuführen.

Je durchlässiger der Untergrund, desto eher kann Radon bis zur Erdoberfläche aufsteigen. Eine hohe Durchlässigkeit finden wir bei porigem, zerklüftetem oder kiesigem Untergrund, während Ton-schichten kaum durchdrungen werden. Deshalb sind die lokalen Unterschiede sehr ausgeprägt. Hohe Radonkonzentrationen kommen hauptsächlich in den Alpen und im Jura vor, aber auch im Mit-

telland bestehen vereinzelt hoch belastete Gebiete.

Ins Hausinnere gelangt Radon durch Kellerböden aus Erde oder Kies, feinste Risse oder Fugen in Böden und Wänden sowie Durchführungen von Kabeln und Rohren. Der sogenannte «Kamineffekt» – also warme Luft, die vor allem während der Heizperiode im Haus aufsteigt – bewirkt im Keller und den untersten Stockwerken einen kleinen Unterdruck, der das Radon «ansaugt». Diese Sogwirkung kann durch Ventilatoren oder Cheminées verstärkt werden. Aber auch die Lüftungsanlage kann das Eindringen von Radon begünstigen, etwa durch einen ungenügenden Abgleich der Luftmengen von Zu- und Abluft (Unterdruck), eine ungünstige Platzierung des Aussenluftdurchtritts in Bodennähe oder undichte Erdregister.

■ **Stand der Technik.** Heute wird der Radon-Thematik im Bauwesen kaum Beachtung geschenkt. Über 15 000 Menschen in der Schweiz bewohnen Gebäude, in denen der Grenzwert von 1000 Bq/m<sup>3</sup> überschritten ist, und über 100 000 Menschen sind in ihren Wohnungen einer Radonbelastung ausgesetzt, die über dem Richtwert von 400 Bq/m<sup>3</sup> liegt.

■ **Strahlenschutzverordnung (StSV).** Im Jahr 1994 ist in der Schweiz die Strahlenschutzverordnung (StSV) in Kraft getreten. Die Kantone sorgen für den Vollzug. Für Wohn- und Aufenthaltsräume gilt ein Grenzwert von 1000 Bq/m<sup>3</sup>, für Arbeitsräume sind es 3000 Bq/m<sup>3</sup>. Wenn der Grenzwert überschritten wird, besteht eine Sanierungspflicht. Für Neubauten und sanierte Gebäude muss bei Minergie-Eco der Richtwert von 100 Bq/m<sup>3</sup> eingehalten werden (Kapitel 4.3).

### **Nichtionisierende Strahlung (Elektrosmog)**

Elektrosmog ist der umgangssprachliche Begriff für elektromagnetische Felder (EMF), auch nichtionisierende Strahlung (NIS) genannt. Sie kommt in der natürlichen und technischen Umwelt in verschiedenen Formen vor. Sichtbares Licht, Ultraviolett-, Röntgen- und Wärmestrahlung gehören ebenso zur elektromagnetischen Strah-

lung wie Radio- und Mikrowellen oder die elektrischen und magnetischen Felder von Eisenbahnen sowie der Stromversorgung. Physikalisch unterscheiden sich diese verschiedenen Strahlungen insbesondere durch ihre Frequenz (Tabelle 15).

Durch die Nutzung der Elektrizität werden elektromagnetische Felder erzeugt, die unterschiedlich auf Menschen wirken können. Biologische Wirkungen können auch bei Intensitäten weit unterhalb der international empfohlenen Gefährdungsgrenze auftreten.

Die gesundheitliche Bedeutung im Alltag bezüglich der Wirkungen ist nach

wie vor Gegenstand von zahlreichen wissenschaftlichen Studien und Diskussionen.

■ **Stand der Technik.** Dem Elektrosmog wird in der Bevölkerung zunehmende Beachtung geschenkt. Im Zentrum stehen dabei die Einrichtungen für den Mobilfunk. Eine Betrachtung der durch die Hausinstallationen verursachten Felder erfolgt im Normalfall aber nicht. Bei grösseren Objekten führen spezialisierte Planungsbüros zum Nachweis der Konformität mit den entsprechenden Vorschriften (NISV) Simulationen zur Belastung mit elektromagnetischer Strahlung durch. Während sich das elektrische Feld relativ einfach abschirmen lässt, ist dies für das magnetische Feld nur mit sehr aufwendigen Massnahmen möglich.

■ **Verordnung über nichtionisierende Strahlung (NISV).** Zum Schutz der Bevölkerung hat der Bundesrat am 1. Februar 2000 die Verordnung über nichtionisierende Strahlung (NISV) in Kraft gesetzt. Der NISV liegen international angewendete Immissionsgrenzwerte der International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) für elektromagnetische Felder zu Grunde.

Um dem Vorsorgeprinzip des Umweltschutzgesetzes (USG) zu entsprechen, werden für Orte mit empfindlicher Nutzung (OMEN) qualitative Massnahmen zur vorsorglichen Emissionsbegrenzung und teilweise quantitative Anlagegrenzwerte festgelegt. Diese besonderen Massnahmen und Anlagegrenzwerte der NISV gelten nur für bestimmte Anlagentypen (Tabelle 16). Für die elektrische Hausinstallation gibt die NISV hingegen nur vor, dass neue Installationen nach dem Stand der Technik ausgeführt werden müssen. Ein Anlagegrenzwert ist in der NISV nicht festgelegt. Dies führt zur Situation, dass in einem Gebäude je nach Anlagentyp unterschiedliche Grenzwerte gelten können. Beispielsweise muss in der Umgebung einer Transformatorenstation der NISV-Grenzwert für die magnetische Flussdichte von 1 µT eingehalten werden, während im Umfeld einer Hauptverteilung oder einer Steigzone der 100-mal höhere Immissionsgrenzwert gilt.

«Ein Grossteil der elektromagnetischen Strahlung ist hausgemacht.» Markus Gugler, Elektrosmog-Spezialist.

Bezeichnung		Frequenz	Wellenlänge	Quellen
<b>Nichtionisierende Strahlung (NIS)</b>				
Elektromagnetische Felder (EMF)	Statische EMF	0 Hz	Unendlich	Magnetfeld Erde
	Niederfrequente EMF	1 Hz bis 30 kHz	300 000 bis 10 km	Eisenbahn, Stromversorgung und -nutzung
	Hochfrequente EMF	30 kHz bis 300 GHz	10 km bis 1 mm	Rund- und Mobilfunk, Mikrowellenofen, WLAN, Richtfunk, Radar
Optische Strahlung	Infrarot	> 300 GHz	1 mm bis 780 nm	Wärmestrahlung
	Sichtbares Licht	> 384 THz	780 nm bis 380 nm	Beleuchtung, Sonne
	UV-Strahlung	> 789 THz	380 nm bis 1 nm	UV-Lampen, Sonne
<b>Ionisierende Strahlung</b>			< 1 nm	Röntgengerät, Radioaktivität, Sonne

Tabelle 15: Elektromagnetisches Spektrum.

■ **Planungsrichtlinie Nichtionisierende Strahlung (PR-NIS).** Mit der den Vorgaben von Minergie-Eco zugrundeliegenden Planungsrichtlinie Nichtionisierende Strahlung (PR-NIS) der Stadt Zürich besteht eine ergänzende Richtlinie zur NISV, die gleiche Bedingungen für alle Gebäudenutzer schafft. Diese gilt für alle technischen Installationen von Gebäuden. Ausgenommen sind elektrische Geräte sowie all jene Anlagen, die durch die NISV bereits abgedeckt sind (Freileitungen, Bahnlinien, Trafostationen, Sendeeinrichtungen usw.). Die Anforderungen hängen von der Art der Nutzung ab. Grundsätzlich gelten für Orte, an denen sich Menschen in der

Regel längere Zeit aufhalten, höhere Anforderungen als für Orte, an denen sich Menschen meist nur kurzzeitig aufhalten:

- Als Nutzungszone A (NZA) gelten Orte, an denen sich vorwiegend Nutzer aufhalten, die als besonders empfindlich eingestuft werden. Dazu gehören z.B. Kinderkrippen, -horte, -gärten und -spielplätze, Schlafzimmer, Bettenzimmer.
- Als Nutzungszone B (NZZ) gelten Räume in Gebäuden, in denen sich Personen regelmässig während längerer Zeit aufhalten. Das sind z.B. Wohnzimmer, Küchen, Bäder, Büros, Schulzimmer.

Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV)	Planungsrichtlinie nichtionisierende Strahlung (PR-NIS)
Vorschriften und Grenzwerte zu: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Frei- und Kabelleitungen</li> <li>■ Transformatorenstationen</li> <li>■ Unterwerken und Schaltanlagen</li> <li>■ Eisenbahnen und Strassenbahnen</li> <li>■ Sendeanlagen für Mobilfunk und drahtlosen Teilnehmeranschlüssen</li> <li>■ Sendeanlagen für Rundfunk und übrige Funkanwendungen</li> <li>■ Radaranlagen</li> </ul>	Ergänzt NISV bei Bauten, insbesondere für Hausinstallationen
Nur qualitative Angaben zu Hausinstallationen	Keine Regelungen zu externen Strahlungsquellen
Die NISV und die PR-NIS gelten nicht für elektrische Geräte wie Kochherde, Mikrowellenöfen, Elektrowerkzeuge, Mobiltelefone oder medizinische Geräte.	

Tabelle 16: Vergleich der Anforderungen zwischen NIS-Verordnung und Planungsrichtlinie PR-NIS.

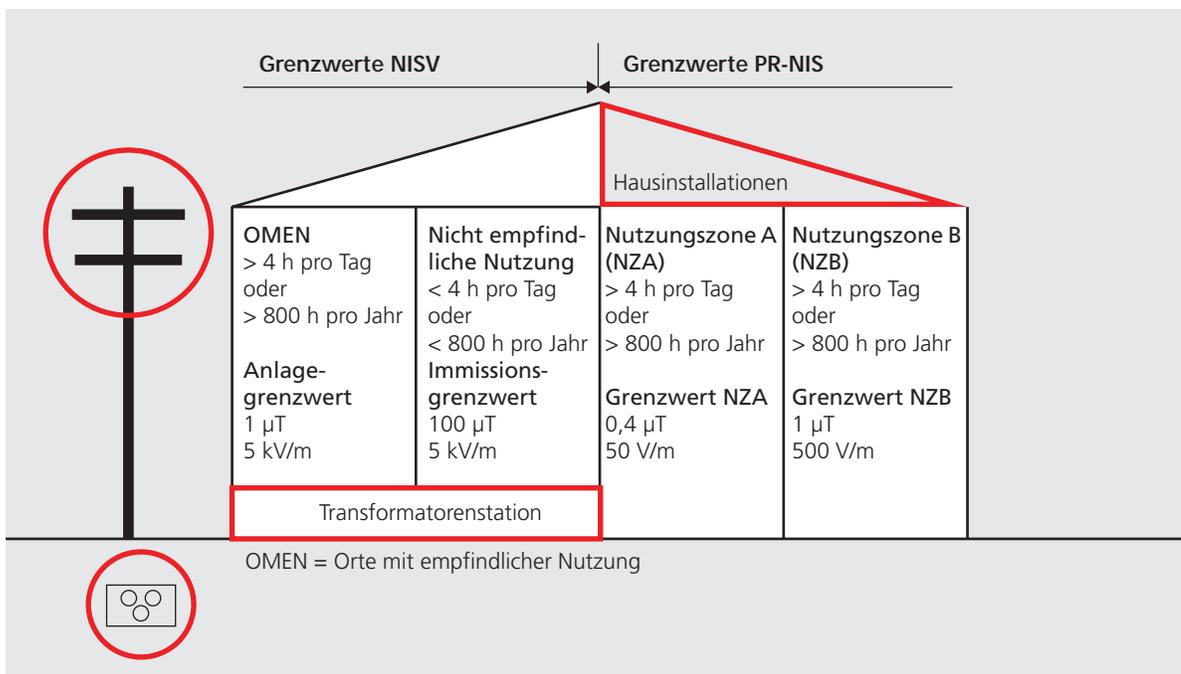


Abbildung 48: Grenzwerte der Planungsrichtlinie nichtionisierende Strahlung (PR-NIS) im Vergleich mit den Grenzwerten der Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV) am Beispiel der Immissionen bei 50 Hz.

## 4. 2 Lösungsansätze

### Schadstoffe in bestehenden Gebäuden

Diese Vorgabe ist nur zu beachten, falls Bauwerke zurückgebaut werden und diese vor 1990 erstellt wurden.

**Modernisierung.** Die Vorgabe gilt für betroffene Gebäude beziehungsweise Gebäudeteile, die vor 1990 erstellt wurden.

■ **Gebäudevoruntersuchung (Gebäudecheck).** Für die betroffenen Gebäude beziehungsweise Gebäudeteile muss in sämtlichen Räumen eine Gebäudevoruntersuchung (Gebäudecheck) auf Asbest, PCB (Fugendichtungsmassen) und PCP (Holzschutzmittel) durchgeführt werden.

■ **Sanierung.** Falls die Gebäudevoruntersuchung ergeben hat, dass in den betroffenen Gebäuden beziehungsweise Gebäudeteilen schadstoffhaltige Bauteile oder Anlagen vorkommen, so müssen diese entweder fachgerecht entfernt oder in Ausnahmefällen – falls keine Gesundheitsgefährdung von ihnen ausgeht – gesichert werden. Die Arbeiten werden durch eine geeignete Fachperson überwacht und dokumentiert.

■ **Fachpersonen.** Die Gebäudevoruntersuchungen müssen durch geeignete Fachpersonen durchgeführt werden, die nachweislich über eine mindestens 3-jährige Erfahrung mit Gebäudechecks verfügen. Eine Liste mit Firmen und Fachstellen, die Beratungen und Planungen vornehmen, ist auf der Website der SUVA verfügbar. In einigen Kantonen bestehen Listen entsprechender Experten

■ **eco-bau-Empfehlung.** Das Vorgehen und die Dokumentation entsprechen der eco-bau-Empfehlung «Gesundheitsgefährdende Stoffe in bestehenden Gebäuden und bei Gebäudesanierungen (Gebäudecheck in Bauten mit Baujahr vor 1990)». Dort sind auch die für die Innenraumluft relevanten Schadstoffe, Angaben zu deren Vorkommen sowie Hinweise zu deren Gefährdungspotenzial zusammengestellt.

■ **Ausschlusskriterium.** Mit dem beschriebenen Vorgehen unter Beizug einer Schad-

stoff-Fachperson wird ein sorgfältiger Umgang mit Schadstoffen sichergestellt mit dem Ziel, Nutzer vor Beeinträchtigung oder Gesundheitsgefährdungen zu schützen.

■ **Kosten.** Die Untersuchungskosten betragen je nach Gebäudegrösse und Anzahl der Proben zwischen wenigen tausend und mehreren zehntausend Franken. Als Faustformel kann für grössere Gebäude angenommen werden, dass für die Grundkosten rund 3500Fr. eingesetzt werden müssen und die flächenabhängigen Kosten ca. 1 Fr./m<sup>2</sup> Geschossfläche betragen. Für die Entfernung der schadstoffhaltigen Bauteile entstehen unter Umständen sehr hohe Kosten (z. B. bei Asbestsanierungen).

■ **Bauprozess.** Unter Umständen resultiert eine sehr lange Sanierungsdauer, während derer in den betroffenen Räumen keine anderen Arbeiten durchgeführt werden können.

### Chemischer Holzschutz

Holzschutzmittel sollen den Befall von Holz oder Holzwerkstoffen durch holzzerstörende oder holzverfärbende Organismen verhindern oder bekämpfen. Der Einsatz von Holzschutzmitteln ist nur erforderlich, wenn der bauliche Witterungs- und Feuchteschutz ungenügend ist, das Holz (besonders statisch beanspruchte Teile) nicht regelmässig kontrolliert werden kann und wasserabstossende Oberflächenbehandlungen nicht genügen.

■ **Ausschlusskriterium.** Der Einsatz von Holzschutzmitteln in beheizten Innenräumen ist bei Minergie-Eco ausgeschlossen. Ausgenommen von dieser Forderung sind bläuewidrig eingestellte Tauchgrundierungen von Holzfenstern.

### Mit Biozid ausgerüstete Produkte

■ **Topf-Konservierungsmittel.** Wasser- verdünnbare Produkte mit rein organischen Bindemitteln (z. B. Dispersionsfarben, Silikonharzfarben, Kunststoffputze, Silikonharzputze) enthalten in der Regel biozide Wirkstoffe gegen mikrobielle Schädigung im Gebinde. Diese sogenannten Topf-Konservierungsmittel sorgen dafür, dass die Produkte in den Gebinden länger haltbar bleiben. Sie werden in sehr geringen Kon-

zentrationen (typischerweise 0,01 Massen-%) eingesetzt und können aus gesundheitlicher Sicht toleriert werden.

**Tipp!** Erwägen Sie den Einsatz wasserdünnbarer Anstrichstoffe und Putze, die aufgrund ihrer Zusammensetzung keine Topfkonservierungsmittel benötigen. So sind zum Beispiel Silikatfarben, Organosilikatfarben oder Kalkfarben stark alkalisch beziehungsweise basisch, was einen mikrobiellen Befall deutlich erschwert. Gleich verhält es sich mit Silikatputzen oder mit mineralisch gebundenen Putzen (Zement, Kalk, Gips), die als Sackware angeliefert und erst auf der Baustelle angesetzt werden.

■ **Filmkonservierung.** Biozide werden ebenfalls in Anti-Schimmelfarben in Innenräumen oder in Fassadenfarben beziehungsweise Fassadenputzen zur Verhinderung von Algen- und Pilzbewuchs (Algizide, Fungizide) verwendet. Bei diesem Einsatz als Filmkonservierung sind die Biozide 10- bis 100-mal höher konzentriert als bei der Topfkonservierung. Zudem gewährleisten Biozide bei diesen Anwendungen keinen langfristigen Schutz. Dauerhaft kann ein Schimmelbewuchs nur auf konstruktivem Weg (Entfernung von Wärmebrücken, ausreichender Luftwechsel, eliminieren von übermässigen Feuchtequellen, sorptionsfähiger Konstruktionsaufbau etc.) verhindert werden.

■ **Ausschlusskriterium.** Der Einsatz von Farben mit Filmkonservierungsmitteln in beheizten Innenräumen ist bei Minergie-Eco ausgeschlossen.

■ **Kosten.** Bei biozidfreien Produkten sind keine Mehrkosten zu erwarten.

### Formaldehyd-Emissionen aus Baumaterialien

■ **Holzwerkstoffe.** Massgeblichen Einfluss auf die Formaldehydkonzentration in der Raumluft hat der Einsatz von verleimten Holzprodukten wie z. B. Holzwerkstoffen oder Leimholzträgern, deren Bindemittel Formaldehyd enthält (Tabelle 17). Am grössten ist das Risiko mit Harnstoff-Formaldehyd-Harz (Urea-Formaldehyd UF), das

in der Herstellung kostengünstig ist und sich einfach verarbeiten lässt. In der Regel verursachen mit Melamin-Harnstoff-Formaldehyd-Harz (MUF) oder mit Phenol-Formaldehyd-Harz (PF, PRF) gebundene Produkte geringere Formaldehydemissionen, weil sie chemisch stabilere Bindungen mit Formaldehyd eingehen. Bindemittel wie zum Beispiel Polyurethan (PUR), Emulsion-Polymer-Isocyanat (EPI), Isocyanate (Polymeres Diphenylmethandiisocyanat PMDI) oder Weissleim (Polyvinyl-Acetat PVAc) enthalten kein Formaldehyd und setzen deshalb auch keines frei. Allerdings gibt auch naturbelassenes Holz Formaldehyd ab. Diese Emissionen sind aber sehr niedrig und verursachen nur unwesentliche Raumluftbelastungen.

■ **Emissionsklasse E1.** In Europa gehandelte Holzwerkstoffe müssen der Emissionsklasse E1 entsprechen. Dadurch werden die Formaldehydemissionen aus Holzwerkstoffen zwar auf ein gewisses Mass begrenzt, gleichzeitig wird aber auch eine falsche Sicherheit vorgetäuscht. Die Rahmenbedingungen für die Emissionsnachweise sind völlig veraltet, weil sie die heute niedrigen Luftwechsel in Gebäuden – aus energetischen Gründen sind vor allem Neubauten sehr luftdicht – nicht korrekt wiedergeben.

■ **Produktliste Holzwerkstoffe in Innenräumen.** Der Verein eco-bau hat des-

*Tabelle 17: Verleimte Holzprodukte und ihre Anwendbarkeit in Innenräumen bei Minergie-Eco.*

Produkte	Anwendung bei Minergie-Eco
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Formaldehydfrei verleimte Produkte (PMDI, PU/PUR, EPI, PVAc)</li> <li>■ UF/MUF/PF-verleimte Produkte mit allseitig aufgebracht diffusionsdichter Beschichtung (z. B. Melaminharzbeschichtung)</li> <li>■ UF/MUF/PF-verleimte Produkte mit einer Formaldehyd-Ausgleichskonzentration <math>\leq 0,02</math> ppm</li> </ul>	Ohne Einschränkung bezüglich Raumbeladung möglich
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ UF/MUF/PF-verleimte Produkte mit einer Formaldehyd-Ausgleichskonzentration <math>\leq 0,03</math> ppm</li> </ul>	Mit Einschränkung bezüglich Raumbeladung: Maximal 3 von 6 Raumbereichen oder maximal 50 % der Raumbereichen
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ UF/MUF/PF-verleimte Produkte mit einer Formaldehyd-Ausgleichskonzentration <math>\leq 0,05</math> ppm</li> </ul>	Ausgeschlossen

halb zusammen mit Lignum Produkte- und Anwendungsempfehlungen für den Einsatz von Holzwerkstoffen im Innenraum erarbeitet. In der Anwendungsempfehlung sind die Bedingungen beschrieben, unter welchen die verschiedenen Produkte eingesetzt werden können (Tabelle 17). Die Liste der empfohlenen Produkte wächst stetig und umfasst eine Vielzahl von unterschiedlichen Produkten. Darin sind einfache Holzwerkstoffplatten (Spanplatten, OSB, MDF, harte, mittelharte und poröse Faserplatten, Massivholz, Sperrholz) genauso vertreten wie Konstruktionsholz, ganze Deckensysteme, Parkett und Laminat.

■ **Akustikputze.** Auch kunststoffgebundene Akustikputzsysteme können Formaldehyd emittieren, das aus den Topf-Konservierungsmitteln stammt. Anders als Anstriche besitzen Akustikputze funktionsbedingt sehr grosse Oberflächen (1 m<sup>2</sup> Akustikputz hat bis zu 100 m<sup>2</sup> Oberfläche) und eine um ein Vielfaches grössere Schichtdicke. Das kann zu starken, lang andauernden Formaldehydemissionen in die Raumluft führen.

**Tipp!** Bei Formaldehyd abspaltenden Akustikputzen nützt die Auslüftung nur sehr wenig. Verlangen Sie deshalb beim Einsatz von kunststoffgebundenen Akustikputzen (als Bestandteil der Offerte oder vor der Auftragsvergabe) eine schriftliche Bestätigung des Herstellers, dass das eingesetzte Produkt beziehungsweise System kein Formaldehyd in die Raumluft abgibt.

■ **Ausschlusskriterium.** Die Anwendung von Holzwerkstoffen, die nicht der Lignum-Produktliste beziehungsweise den Anwendungsempfehlungen entsprechen, Akustikputzsysteme, die mit Formaldehyd konserviert sind sowie Mineralwolle mit formaldehydhaltigen Bindemitteln innerhalb der Luftdichtigkeitsschicht, schliesst Miner-Gie-Eco aus. Die Formaldehydkonzentrationen sind durch Kontrollmessungen nachzuweisen. Die Messwerte dürfen in den untersuchten Räumen 60 µg/m<sup>3</sup> (Aktivmessung) beziehungsweise 30 µg/m<sup>3</sup> (Passivmessung) nicht übersteigen.

■ **Kosten.** Bei der Herstellung von Holzwerkstoffen stellen die Bindemittel einen erheblichen Kostenblock dar. Formaldehydfreie Bindemittel sind deutlich teurer und erfordern andere Produktionsprozesse. Deshalb sind die Materialkosten von formaldehydfrei gebundenen Holzwerkstoffen gegenüber den UF-gebundenen Varianten rund 10 % bis 20 % höher. In der ganzen Wertschöpfungskette – das heisst auf das fertige und montierte Produkt bezogen – hat dies jedoch nur einen geringen Einfluss.

#### Lösemittel-Emissionen aus Baustoffen

Bauchemikalien bestehen in den meisten Fällen aus vier bis fünf funktionalen Bestandteilen. Füllstoffe geben dem Produkt Substanz, Pigmente die Farbe, Bindemittel halten das Produkt zusammen und Lösemittel machen die Masse verarbeitbar. Zudem können in geringen Mengen

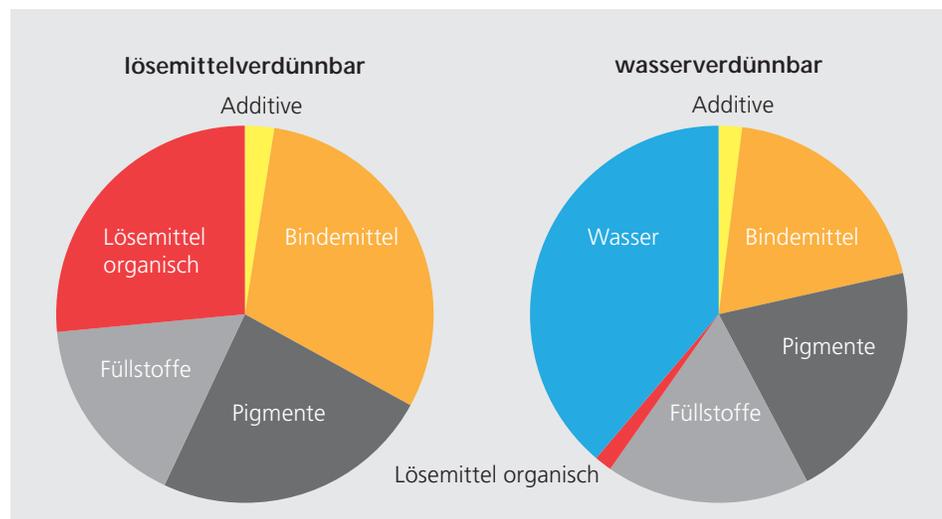


Abbildung 49: Zusammensetzung und Lösemittelgehalt von lösemittel- und wasserverdünnbaren Anstrichstoffen.

Additive enthalten sein. Eine effiziente und einfache Art, Lösemittel-Emissionen beziehungsweise die VOC-Konzentration in der Innenraumluft zu verringern, besteht darin, organische Lösemittel durch Wasser zu ersetzen. Am Beispiel eines Anstrichstoffes lässt sich dies einfach illustrieren (Abbildung 49). Während der Anteil Lösemittel und damit die Menge VOC, die bei der Verarbeitung in die Raumlft gelangt, stark reduziert wird, verändert sich die restliche Zusammensetzung nur wenig.

■ **Ausschlusskriterium.** Bei Minergie-Eco ist der Einsatz von lösemittelverdünnbaren Bau- und Hilfsstoffen (z. B. Anstrichstoffe, Imprägnierungen, Versiegelungen, Öle, Wachse, Klebstoffe, Fugendichtungsmassen, 2-Komponenten-Bodenbeläge) in beheizten Innenräumen ausgeschlossen. Zugelassen sind wasserverdünnbare Produkte oder Produkte ohne Lösemittel (< 1 Massen-%). Die TVOC-Konzentrationen (Total Volatile Organic Compounds) sind durch Kontrollmessungen nachzuweisen (Abschnitt 4.3). Die Summe der verschiedenen Verbindungen in den untersuchten Räumen darf 1000 µg/m<sup>3</sup> (Aktivmessung) beziehungsweise 500 µg/m<sup>3</sup> (Passivmessung) nicht überschreiten.

■ **Produktlabel.** Bei der Umwelt-Etikette der Stiftung Farbe müssen die Produkte für Wandfarben der Kategorien A bis E wasserverdünnsbar sein beziehungsweise für Lacke, Holz- und Bodenbeschichtungen der Kategorien A bis D wenig VOC enthalten. Sie erfüllen damit das Lösemittel-Ausschlusskriterium von Minergie-Eco. Mit den Kategorien F und G beziehungsweise E bis G dagegen werden lösemittelverdünnbare Produkte beziehungsweise Produkte mit mehr VOC gekennzeichnet. Auch für EMICODE EC1 beziehungsweise EC1plus gekennzeichnete Produkte wird die Erfüllung des Lösemittel-Ausschlusskriterium anerkannt.

**Tipp!** Auf der Website von Minergie (www.minergie.ch) finden Sie eine Liste von auf Ausschlusskriterien geprüften Produkten (nach Produktegruppe oder Hersteller). Von der Website von eco-bau (www.eco-bau.ch) kann ein Verzeichnis

mit Produkten, die den Anforderungen der Eco-Produkte entsprechen, heruntergeladen werden.

**Tipp!** Auf den technischen Merkblättern oder Etiketten von Anstrichstoffen, Imprägnierungen und Versiegelungen gibt es meist genügend Hinweise, ob es sich um ein wasserverdünnsbares Produkt handelt:

- Produktname: z. B. Hydrupur 2K-Spritzfüller, Hydroprimer, Aqua-Seal 2K PU
- Produktbeschreibung: Dispersion, Dispersionslack, Emulsion, Wassersiegel
- Eigenschaften: wasserverdünnsbar, wv, wassergelöst, wasserbasiert, wässrig
- Verdünnung beziehungsweise Gerätereinigung: Wasser

■ **Sicherheitsdatenblatt.** Ein Produkt lässt sich auch anhand seines Sicherheitsdatenblattes prüfen. Dies ist aber anspruchsvoll und setzt ein gewisses chemisches Grundwissen voraus. Sicherheitsdatenblätter enthalten Angaben für den Umgang mit Bauchemikalien in einer definierten Reihenfolge. Angaben zu organischen Lösemitteln beziehungsweise VOC können fallweise den Kapiteln 3, 8, 9 und 15 entnommen werden (Tabelle 18).

1 Stoff-, Zubereitungs- und Firmenbezeichnung
2 Mögliche Gefahren
<b>3 Zusammensetzung und Angaben zu Bestandteilen</b>
4 Erste-Hilfe-Massnahmen
5 Massnahmen zur Brandbekämpfung
6 Massnahmen bei unbeabsichtigter Freisetzung
7 Handhabung und Lagerung
<b>8 Expositionsbegrenzung und persönliche Schutzausrüstung</b>
<b>9 Physikalisch-chemische Eigenschaften</b>
10 Stabilität und Reaktivität
11 Angaben zur Toxikologie
12 Angaben zur Ökologie
13 Hinweise zur Entsorgung
14 Angaben zum Transport
<b>15 Vorschriften</b>
16 Sonstige Angaben

*Tabelle 18: Gliederung der Sicherheitsdatenblätter mit Kennzeichnung der Abschnitte, die mögliche Angaben zu Lösemitteln/VOC enthalten (blau).*

■ **Kosten.** Organische Lösemittel sind wesentlich teurer als Wasser. Seit der Einführung der VOC-Abgabe in der Schweiz haben sich die Kosten fast verdoppelt. Deshalb sind wasserverdünnbare Produkte in der Regel nicht teurer als lösemittelverdünnbare Produkte.

■ **Bauprozess.** Wasserverdünnbare Produkte sind frostempfindlich. Sie sind frostfrei zu lagern und dürfen bei tiefen Temperaturen nicht verarbeitet werden. Bei Holzbodenölen ohne Lösemittel ist die Trocknungs- beziehungsweise die Aushärtezeit deutlich länger als bei lösemittelverdünnbaren Produkten.

**Tipp!** Berücksichtigen Sie die längeren Trocknungs- beziehungsweise Aushärtezeiten bereits frühzeitig im Terminprogramm.

### **Lüftungsanlagen**

Die Gebäudenutzenden geben neben anderen Stoffwechselprodukten vor allem CO<sub>2</sub> und Wasserdampf an die Raumluft ab. In diversen Studien wurde nachgewiesen, dass eine hohe CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Raumluft zu einer Reduktion von geistiger Leistungsfähigkeit und Arbeitsleistung führt. Deshalb kommt einem ausreichenden Luftwechsel aus gesundheitlicher Sicht grosse Bedeutung zu. Oft besteht die Vorstellung, man könne das Lüftungsproblem allein durch den Einsatz von diffusionsoffenen Baumaterialien lösen. Zwar können Feuchtespitzen in der Raumluft durch offenporige, sorptionsfähige Materialien wie etwa Lehm abgeschwächt werden, indem Feuchtigkeit aus der Raumluft aufgenommen und verzögert wieder in den Raum abgegeben wird. Das reduziert das Kondensationsrisiko an kühlen Oberflächen und damit das Schimmelrisiko, trägt aber nichts zum Luftaustausch und damit zu einem tiefen CO<sub>2</sub>-Pegel oder zur Abfuhr der Feuchtigkeit nach draussen bei.

In dichten Gebäuden stösst die konventionelle Fensterlüftung schnell an Grenzen, weil die Nutzenden sehr häufig über die Fenster lüften müssten und dies oft nicht praktikabel ist (lärmbelastete Standorte, Abwesenheiten, Nachtstunden, hohe Be-

legung wie z.B. in Klassenzimmern). In solchen Fällen sollten mechanische Systeme für die Lüftung eingesetzt werden. Sie sorgen permanent für die nötige Frischluft und vermeiden dabei unnötig hohe Lüftungswärmeverluste im Winter. Je nach System kann die Zuluft gefiltert und von Pollen oder Feinstaub weitgehend befreit werden.

■ **Biologische Verunreinigungen.** Bauphysikalische Mängel und raumluftechnische Anlagen können unter Umständen selbst zu einer Quelle von biologischen Verunreinigungen werden. Mit einer wärmebrückenfreien, gut gedämmten und luftdichten Konstruktion der Gebäudehülle sowie einer aus hygienischer Sicht korrekt geplanten und ausgeführten Lüftungsanlage kann das Risiko einer übermässigen Belastung der Innenraumluft mit Mikroorganismen oder Sporen stark eingedämmt werden. Diesem Aspekt ist bereits in der Planung Beachtung zu schenken. Kritische Punkte sind dabei:

- Zu grobe respektive schlecht sitzende Filter können zur raschen Verschmutzung der Anlage mit Partikeln (chemisch, biologisch) führen oder gar selbst als Substrat für Schimmel und Bakterien dienen.
- Verschmutzungen von Luftkanälen (Ölreste aus der Produktion, Staub auf der Baustelle, Schmutzablagerungen im Betrieb, Biofilme durch Kondensation) können die Raumluft belasten. Deshalb fordert Minergie-Eco die Reinigungsfähigkeit luftführender Bauteile.
- Funktionsmängel wie zu tiefer oder zu hoher Luftwechsel und/oder nicht abgestimmte Zu- und Abluftraten. Wenn beispielsweise mehr Luft abgesaugt als zugeführt wird, kann hygienisch schlechte Luft aus dem Gebäude angesogen werden – etwa aus der Tiefgarage. Deshalb fordert Minergie-Eco eine systematische Einregulierung der Luftmengen.
- Nicht fachgemäss angeordnete Aussen- und Fortluftfassungen können, oftmals abhängig von der Wetterlage, zu Rezirkulation und entsprechenden Geruchsimmissionen im Gebäude führen.
- In Befeuchtungs- und Kühlanlagen, wo Schmutz und Wasser verfügbar sind, herr-

schen gute Bedingungen für das Wachsen von Keimen. Deshalb bewertet Minergie-Eco den Verzicht auf derartige Anlagen positiv.

■ **Kosten.** Der Verzicht auf Befeuchtungs- und Kühlanlagen führt zu tieferen Investitions- und Betriebskosten.

### Legionellen

■ **Massnahmen.** Einfache Massnahmen zur Vermeidung hoher Legionellenbelastungen bestehen in einer genügend hohen Temperatur des Warmwassers in Speicher (60 °C) und Leitungssystem (50 °C bei Auslaufarmaturen) sowie in der Vermeidung von Leitungsabschnitten mit stehendem Wasser. Die Massnahmen richten sich nach dem Risiko beziehungsweise der Gebäudenutzung. So wird das Risiko für Wohn- und Bürogebäude sowie Schulhäuser als gering eingeschätzt, während Spitäler, Alters- und Pflegeheime oder Sportbauten ein mittleres Risiko besitzen. Hohe Risiken besitzen Spitäler mit Intensiv-, Onkologie- oder Transplantationsabteilung.

■ **Kosten.** Diese Massnahmen verursachen – je nach vorgesehener Installation – keine bis mittlere Mehrkosten (Legionellensteuerung zur periodischen Aufheizung des Warmwasserspeichers, elektrische Heizsätze im Speicher, Begleitheizungen, Warmwasserzirkulation).

### Radon

■ **Massnahmen.** Eine Prognose über die Radongaskonzentration bei Neubauten ist kaum möglich. Schutzmassnahmen bei Neubauten sind aber viel billiger als nachträgliche Sanierungen. Bei einem Neubau muss mit Hilfe der aktuellen Radonkarte ([www.ch-radon.ch](http://www.ch-radon.ch)) die Belastung des Grundstücks abgeklärt werden. Falls dieses in einem Gebiet mit mittlerer oder hoher Radonbelastung liegt, müssen in Abstimmung mit der zuständigen kantonalen Fachstelle vorsorgliche Massnahmen getroffen werden.

**Modernisierung.** Mögliche Massnahmen zur Sanierung bestehen in der Abdichtung von Öffnungen in der Gebäudehülle, dem Abgleich der Zu- und Abluftmengen von Lüftungsanlagen, der Abdichtung zwischen Untergeschossen und Wohngeschossen oder der Belüftung von Untergeschossen beziehungsweise Hohlräumen unter den Hauptnutzflächen.

■ **Ausschlusskriterium.** Bei Modernisierungen sind nach Abschluss der Bauarbeiten Kontrollmessungen durchzuführen (Abschnitt 4.3). Die Radonkonzentration darf in allen untersuchten Räumen 300 Bq/m<sup>3</sup> nicht überschreiten. Mit dem gegenüber Neubauten (Grenzwert 100 Bq/m<sup>3</sup>) deutlich höheren Grenzwert wird der Tatsache Rechnung getragen, dass in bestehenden Bauten oft gegenüber dem Erdreich schlecht abgedichtete Bauteile beziehungsweise Bauteilanschlüsse vorkommen.

■ **Kosten.** Falls keine Massnahmen zur Reduktion der Radonbelastung ergriffen werden müssen, entstehen keine Kosten. Sanierungsmassnahmen wie das Abdichten von Bauteilen gegen das Erdreich oder die Belüftung der Untergeschosse können jedoch erhebliche Investitions- und Betriebskosten verursachen.

### Nichtionisierende Strahlung (Elektromog)

Gemäss dem Umweltschutzgesetz (USG) sind Emissionen zu begrenzen, soweit dies technisch und betrieblich möglich sowie wirtschaftlich tragbar ist. Dazu sollen präventive Massnahmen möglichst phasengerecht umgesetzt werden. Das bedeutet, dass einige Massnahmen bereits frühzeitig im Planungsprozess berücksichtigt werden müssen. Bei der Planung von Neubauten und Erneuerungen sollten die Räume, in denen sich Personen regelmässig während längerer Zeit aufhalten (NZA, NZB), konsequent nach der zu erwartenden Strahlenbelastung platziert werden. Dies ist in erster Linie die Aufgabe der Architekten und Fachplaner.

■ **NIS-Zonenplan.** Eine der ersten und wichtigsten Massnahmen ist das Erstellen

eines NIS-Zonenplans, in dem sowohl die Nutzungen als auch die Strahlungsquellen eingezeichnet sind (Abbildung 50). Der NIS-Zonenplan umfasst folgende Inhalte:

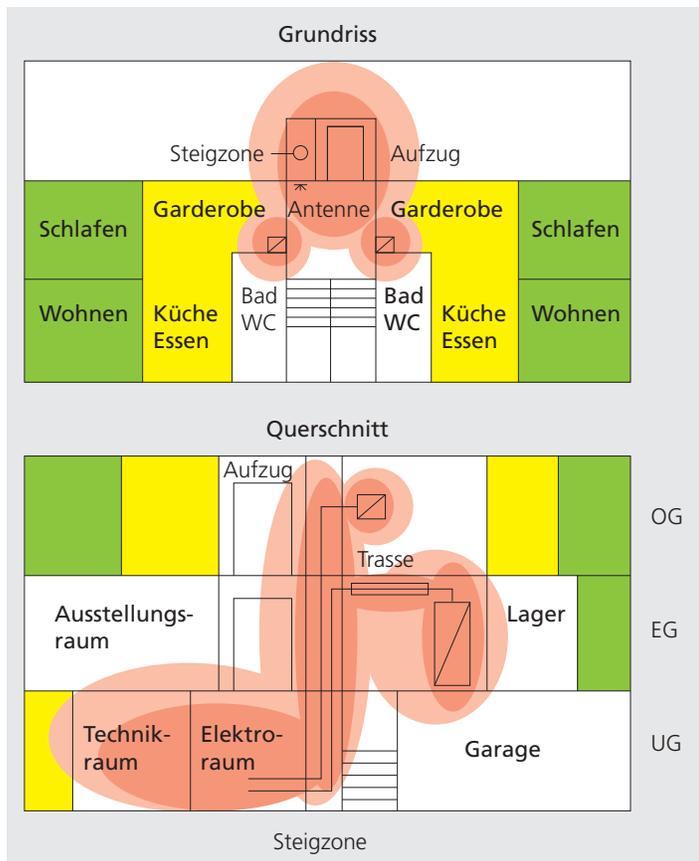
- Grundrisse mit Raumgliederung und deren Zuordnungen nach Nutzungszone A (NZA) und B (NZB).
- Verteilerstandorte, Steigzonen und Verlauf von Hauptleitungen sowie Trassen (durch die Fachplaner festzulegen).
- Schnittpläne mit Informationen über angrenzende Bereiche.
- Angaben über integrierte oder externe Standorte von Transformatorenstationen, Mittelspannungs- und Niederspannungsschaltanlagen (inklusive Wohnungs-Sicherungsverteilungen), Energiezentralen, Liftanlagen sowie Antennensysteme (DECT, WLAN, usw.). Sämtliche dieser technischen Einrichtungen müssen mit möglichst grossem Abstand von Nutzungszonen A platziert werden.

■ **Kosten.** Die Mehrkosten zur Begrenzung des Elektromogs sind sehr unterschiedlich. Während sich das elektrische Feld relativ einfach abschirmen lässt, ist dies für das magnetische Feld nur mit sehr aufwendigen Massnahmen möglich. Einfache Massnahmen wie etwa die Platzierung der Steigzonen in Bereichen, die in grösstmöglicher Entfernung zu empfindlichen Nutzungen liegen, kosten nichts oder nur sehr wenig. Abgeschirmte Kabel oder Netzfreeschalter verursachen deutliche Mehrkosten, wenn wesentliche Teile der Installation derart ausgeführt werden. Am teuersten sind Massnahmen zur Abschirmung von Geräten oder Transformatoren.

Abbildung 50:  
Beispiel eines NIS-Zonenplans.

- Nutzungszone A
- Nutzungszone B
- übrige Nutzung
- Grenzwert Nutzungszone A überschritten
- Grenzwert Nutzungszone B überschritten

Der NIS-Zonenplan ist in jeder Projektphase nachzuführen und der Bauherrschaft zur Freigabe vorzulegen.



### 4.3 Anforderungen, Qualitätssicherung, Dokumentation

#### Ausschlusskriterien und Vorgaben aus Fragekatalogen

Bei den Ausschlusskriterien sind die Anforderung konsequent bei allen Bauteilen und Arbeiten im Innenraum umzusetzen.

**Modernisierung.** Für das zusätzliche Ausschlusskriterium MA14 «Raumluftmessungen: Radon» ist der Nachweis mittels Messergebnissen zu führen. Dabei ist ein Grenzwert von 300 bq/m<sup>3</sup> einzuhalten.

Die Vorgabe NI01 «Entfernung schadstoffhaltiger Bauteile», die eine Umsetzung der Massnahmen aus der Gebäudevoruntersuchung auf Asbest, PCB und PCP erfordert, wird bei Modernisierungen zum Ausschlusskriterium (MA15); der Nachweis erfolgt mittels einer Schlussdokumentation der ausgeführten Sanierungsarbeiten und der durchgeführten Kontrollmessungen. Die Vorgaben MI27 und MI28 beziehen sich auf die Inspektion beziehungsweise Sanierung bestehender Lüftungsanlagen; der Nachweis erfolgt mit einem Inspektions- oder Revisionsbericht.

*Tabelle 19: Umsetzung, Überprüfung und Dokumentation der Massnahmen im Bereich Innenraumklima am Beispiel Neubau Mehrfamilienhäuser.*

Nr.	Thema	Umsetzung	Qualitätskontrolle	Dokumentation
NA01	Schadstoffe in Gebäuden	V, P: Untersuchung rechtzeitig vor Baubeginn veranlassen	Kontrolle, ob Bericht die geforderten Untersuchungen umfasst	V, P: Bericht Gebäudevoruntersuchung
NA02	Chemischer Holzschutz in Innenräumen	A: Verbot von chemischen Holzschutzmitteln in Vorbedingungen erwähnen. Im Beschrieb von Leistungen, für die Holz oder Holzprodukte verwendet werden, darf kein chemischer Holzschutz ausgeschrieben werden. R: Vor Arbeitsbeginn die Unternehmer und Handwerker auf Verbot aufmerksam machen. Festlegen allenfalls geeigneter Produkte vor Arbeitsbeginn und Einfordern des entsprechenden Produkt- bzw. Sicherheitsdatenblatts.	Kontrolle auf Baustelle und Nachweis mittels Fotos.	A, R: Werkvertrag, Produktatenblätter oder Sicherheitsdatenblätter
NA03	Mit Biozid ausgerüstete Produkte	A: Verbot von Bioziden in Vorbedingungen erwähnen. Im Beschrieb von Leistungen, für die Beschichtungsstoffe verwendet werden, dürfen keine biozidhaltigen Produkte ausgeschrieben werden. R: Vor Arbeitsbeginn die Unternehmer und Handwerker auf Verbot aufmerksam machen. Festlegen geeigneter Produkte vor Arbeitsbeginn und Einfordern des entsprechenden Produkt- bzw. Sicherheitsdatenblatts.	Kontrolle auf Baustelle und Nachweis mittels Fotos	A, R: Aktuelle Produktdatenblätter oder Sicherheitsdatenblätter der verwendeten Beschichtungsstoffe

#### Legenden

Kriterien-Nr.: ■ = Ausschlusskriterium (A); ■ = Vorgabe; N = Neubau; I = Innenraumklima

Bauphasen: V = Vorprojekt; P = Projekt; A = Ausschreibung; R = Realisierung

Nr.	Thema	Umsetzung	Qualitätskontrolle	Dokumentation
NA04	Formaldehyd-Emissionen aus Baumaterialien in beheizten Innenräumen	A: Verbot von Produkten, die nicht genannten Bedingungen entsprechen, in Vorbedingungen aufführen. In Devis Durchführung von Formaldehyd-Kontrollmessungen nach Baufertigstellung erwähnen. R: Vor Arbeitsbeginn Unternehmer und Handwerker auf Verbot von Produkten, die nicht auf Lignum-Produktliste geeigneter Holzwerkstoffe aufgeführt sind beziehungsweise Formaldehyd abgeben können (Akustikputze, Mineralwolle), aufmerksam machen. Festlegen geeigneter Produkte vor Arbeitsbeginn und Einfordern von Produkt- bzw. Sicherheitsdatenblätter.	Kontrolle auf Baustelle und Nachweis mittels Fotos Abschluss Messungen bis spätestens 3 Monate nach Baufertigstellung, Rücksendung Passivsammler an Auswertungslabor beziehungsweise Messergebnisse (bei aktiven Messungen) an zuständige Zertifizierungsstelle Minergie-Eco.	A, R: Ausdruck Lignum-Produktliste mit Bezeichnung zum Einsatz gelangender Holzwerkstoffe oder aktuelle Produktdatenblätter, Sicherheitsdatenblätter oder Prüfateste verwendeter Bauprodukte mit Angaben zu Leimart beziehungsweise Formaldehydemission. A, R: Ergebnisse Raumluftmessungen Formaldehyd
NA07	Raumluftmessungen: Formaldehyd			
NA08	Lösemittlemissionen aus Bau- und Hilfsstoffen	A: Verbot von lösemittelverdünnbaren Produkten in Vorbedingungen aufführen. Im Leistungsbeschreibung dürfen keine lösemittelverdünnbaren Produkte ausgeschrieben werden. In Devis die Durchführung von TVOC-Kontrollmessungen nach Baufertigstellung erwähnen. R: Vor Arbeitsbeginn Unternehmer und Handwerker auf Verbot aufmerksam machen. Festlegen zu verwendender Produkte vor Arbeitsbeginn und Einfordern von Produkt- bzw. Sicherheitsdatenblättern.	Kontrolle auf Baustelle und Nachweis mittels Fotos Abschluss Messungen bis spätestens 3 Monate nach Baufertigstellung, Rücksendung Passivsammler an Auswertungslabor beziehungsweise Messergebnisse (bei aktiven Messungen) an zuständige Zertifizierungsstelle Minergie-Eco.	A, R: Aktuelle Produktdatenblätter, VSLF-DeklARATIONEN oder Sicherheitsdatenblätter verwendeter Produkte. A, R: Ergebnisse Raumluftmessungen TVOC
NA14	Raumluftmessungen: Lösemittel (TVOC)			
NI01	Entfernung schadstoffhaltiger Bauteile	A: Einhaltung SIA 430 in Vorbedingungen aufführen. Devis-Positionen haben alle Elemente von Voruntersuchung und Rückbaukonzept zu enthalten R: Rechtzeitige Information der zuständigen Personen des beauftragten Unternehmens	Kontrolle Umsetzung auf Baustelle, Dokumentation mittels Fotos	A, R: Werkvertrag, Fotos, Lieferscheine der Entsorgungsbetriebe
NI02	Rauchen im Gebäude	A: Umsetzung Ergebnisse aus Projektierungsphase in Ausschreibung (auch Beschriftungen etc. in Räumen vorsehen; Kennzeichnungen im Aussenbereich)	Kontrolle Umsetzung auf Baustelle, Kontrollmessungen Luftvolumina (Lüftungsanlage Raucherräume)	V, P: Prinzipskizze oder Beschrieb Lüftungsanlage Raucherräume
NI03	Rauchen ausserhalb des Gebäudes			V, P: Plan Aussenanlagen mit eingezeichnetem Raucherbereich
NI04	Bodenbeläge	A: In Leistungsbeschrieben nur glatte, fugenarme und reinigungsfreundliche Beläge beschreiben	Kontrolle Umsetzung auf Baustelle und Nachweis mittels Fotos	A, R: Auszug Werkvertrag
NI05	Lungengängige Mineralfasern	A: Vorgabe in Vorbedingungen aufführen. Devis-Positionen haben entsprechende Schichten für Abdeckung zu enthalten.	Kontrolle Umsetzung auf Baustelle und Nachweis mittels Fotos	A, R: Detailplan von Baukonstruktionen, bei denen Mineralfaserdämmstoffe im Innenraum verwendet werden, Fotos.

#### Legenden

Kriterien-Nr.: ■ = Ausschlusskriterium (A); ■ = Vorgabe; N = Neubau; I = Innenraumklima  
Bauphasen: V = Vorprojekt; P = Projekt; A = Ausschreibung; R = Realisierung

Nr.	Thema	Umsetzung	Qualitätskontrolle	Dokumentation
NI06	Reinigungsfähigkeit luftführender Bauteile (Lüftungs- und Klimaanlage)	A: Vorgabe in Vorbedingungen aufführen. Devis-Positionen so formulieren, dass Vorgaben SWKI-Richtlinie VA 104-01 eingehalten werden. R: Rechtzeitige Information der zuständigen Personen des beauftragten Unternehmens	Kontrolle der Umsetzung auf Baustelle und Nachweis mittels Fotos	V, P: Prinzipschema Lüftungsanlage A, R: Fotos, Produktdatenblätter (Rohrmaterialien, Dämmungen etc.)
NI07	Einregulierung Luftmengen (Lüftungs- und Klimaanlage): Konzept	A: Devis-Positionen haben entsprechende Elemente für Einregulierung Luftmengen zu enthalten.	Kontrolle der Umsetzung auf Baustelle und Nachweis mittels Fotos	V, P: Kurzbeschrieb Lüftungsanlage mit Luftmengenberechnung
NI08	Einregulierung Luftmengen (Lüftungs- und Klimaanlage): Umsetzung	A: Devis-Positionen haben Einregulierung mittels raumweiser Messungen zu enthalten R: Richtigen Zeitpunkt für Einregulierung einplanen	Kontrolle der Umsetzung auf Baustelle und Nachweis mittels Fotos	A, R: Protokoll Einregulierung Luftmengen
NI09	Anordnung Aussenluftfassungen und Fortluftöffnungen (Lüftungs- und Klimaanlage)	A: Devis-Positionen haben entsprechende Eigenschaften der Aussenluftfassungen zu enthalten	Kontrolle der Umsetzung auf Baustelle und Nachweis mit Fotos	V, P: Prinzipschema Lüftungsanlage
NI10	Luftkonditionierung Lüftungsanlagen	A: Umsetzung der Ergebnisse aus Projektierungsphase in Ausschreibung	Kontrolle der Umsetzung auf Baustelle und Nachweis mit Fotos	V, P: Prinzipschema Lüftungsanlage
NI11	Legionellen: Temperatur im Leitungssystem	A: Devis-Positionen haben entsprechende Massnahmen (z. B. Pumpen, Regelungen, Dämmungen, Nachheizelemente etc.) zu enthalten R: Rechtzeitige Information der zuständigen Personen des beauftragten Unternehmens, Messungen organisieren	Kontrolle der Umsetzung auf Baustelle	V, P: Bestätigung Sanitärplaner A, R: Messergebnisse Wassertemperatur
NI12	Legionellen: Temperatur im Warmwasserspeicher			
NI13	Legionellen: Leitungen und Armaturen			V, P: Bestätigung Sanitärplaner
NI14	Legionellen: Kühltürme oder Nass-Rückkühler			V, P: Prinzipschema Lüftungsanlage
NI15	Analyse Radonbelastung	V, P: Anhand aktueller Radonkarte die zu erwartende Radonbelastung auf Grundstück prüfen	Kontrolle der Umsetzung auf Baustelle	V, P: Ausdruck Radonbelastung der Standortgemeinde
NI16	Massnahmen Reduktion Radonbelastung	V, P: In Absprache mit kanonaler Radonfachstelle oder Bundesamt für Gesundheit Massnahmen festlegen, die sicherstellen, dass Radonkonzentration in Hauptnutzungsräumen 100 Bq nicht übersteigt A: Umsetzung Massnahmenliste aus Projektierungsphase in Ausschreibung	Kontrolle der Umsetzung auf Baustelle, Kontrollmessungen Radonbelastung	V, P: Liste vorgesehener Massnahmen zur Reduktion Radon-Belastung.

#### Legenden

Kriterien-Nr.: ■ = Ausschlusskriterium (A); ■ = Vorgabe; N = Neubau; I = Innenraumklima

Bauphasen: V = Vorprojekt; P = Projekt; A = Ausschreibung; R = Realisierung

Nr.	Thema	Umsetzung	Qualitätskontrolle	Dokumentation
NI17	Nichtionisierende Strahlung (NIS): NIS-Zonenplan	V, P: Erstellung NIS-Zonenplan	Prüfung NIS-Zonenplan	V, P: NIS-Zonenplan
NI18	NIS: Hauptleitungen	A: Umsetzung Ergebnisse aus Projektierungsphase in Ausschreibung	Kontrolle Umsetzung auf Baustelle	V, P: Prinzipschema Elektroinstallationen
NI19	NIS: Einführung Werkleitungen			
NI20	NIS: Konzept Erdungsanlage	A: Umsetzung Ergebnisse Konzept in Ausschreibung	Kontrolle Umsetzung auf Baustelle	V, P: Konzept Erdungsanlage
NI21	NIS: Verlegung von Leitungen			V, P: Elektroinstallationsplan
NI22	Auslüftung nach Fertigstellung (Schadstoffemissionen)	R: Absperrern betroffener Räume, Lüftungsbetrieb überwachen	Kontrolle Umsetzung auf Baustelle	A, R: Terminplan Realisierungsphase
NI23	Raumluftmessungen: CO <sub>2</sub>	A: Erwähnung Kontrollmessungen in Vorbedingungen	Überprüfen Messbericht	A, R: Ergebnisse Raumluftmessungen CO <sub>2</sub>
NI25	Raumluftmessungen: Radon	R: Organisation und Durchführung Kontrollmessungen, Einfordern Messbericht		A, R: Ergebnisse Raumluftmessungen Radon
NI26	Abnahmemessungen: Nichtionisierende Strahlung			A, R: Ergebnisse Abnahmemessungen Nichtionisierende Strahlung

### Legenden

Kriterien-Nr.: ■ = Ausschlusskriterium (A); ■ = Vorgabe; N = Neubau; I = Innenraumklima

Bauphasen: V = Vorprojekt; P = Projekt; A = Ausschreibung; R = Realisierung

### Raumluftmessungen Formaldehyd und Lösemittel

Die Einhaltung der Grenzwerte bezüglich Formaldehyd und Lösemitteln sind Ausschlusskriterien von Minergie-Eco. Deshalb werden obligatorisch Raumluftmessungen verlangt, die innert anderthalb Monaten nach Baufertigstellung durchgeführt werden müssen. Je nach Objektgrösse sind passive oder aktive (Objekte bis 2000 m<sup>2</sup> Energiebezugsfläche) beziehungsweise nur aktive Messungen (Objekte über 2000 m<sup>2</sup> Energiebezugsfläche) zulässig. Die Ergebnisse werden im Prüfbericht dokumentiert. Die Raumluft kann nicht direkt untersucht werden. Deshalb werden die zu messenden Stoffe an einem Trägermaterial (Adsorbens) angereichert. Im Labor wird die Zusammensetzung nach Art und Konzentration aufgeschlüsselt.

■ **Passive oder aktive Probenahme.** Es gibt verschiedene Messmethoden, die sich in erster Linie in der Art, wie die Luft dem Trägermaterial zugeführt wird, unterscheiden. Bei der passiven Probenahme diffundiert die Raumluft über eine bis mehrere Wochen in den im Raum platzierten Sammler. Im Gegensatz dazu wird bei der aktiven

Probenahme die Luft mittels Pumpe in der Regel während einigen Minuten direkt angesaugt (Vor- und Nachteile: Tabelle 20). Verschiedene Substanzen (Aldehyde, VOC) werden anschliessend bei beiden Verfahren im Labor analysiert.

■ **Messbedingungen.** Unabhängig von der Art der Probenahme ist das Resultat stark von den im Raum herrschenden Bedingungen abhängig, wobei vor allem Temperatur, Feuchte, Luftwechsel sowie kürzlich im Raum respektive Gebäude vorgenommene Arbeiten (Stichworte: Pinsel-

*Tabelle 20: Vor- und Nachteile der passiven und aktiven Probenahme.*

Probenahme	Vorteile	Nachteile
<b>Aktiv</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Raumklimabedingungen gut einstellbar</li> <li>■ Kurze Probenahme (max. 1 Stunde)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Erfordert Spezialisten</li> </ul>
<b>Passiv</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Messung auch durch unerfahrene Personen</li> <li>■ Bei kleiner Anzahl Messungen (bis ca. 5) geringere Kosten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Raumklimabedingungen kaum kontrollierbar, da Probenahme über Wochen</li> <li>■ Nutzungsbedingte Emissionen werden auch erfasst</li> </ul>

renovation, Reinigung) ausschlaggebend sind. Unter welchen Bedingungen gemessen werden muss, ist im jeweils aktuellen Qualitätssicherungssystem des Vereins Minergie für Minergie-Eco vorgegeben. Sowohl Probenahme als auch Analytik müssen zwingend nach den entsprechenden Vorgaben durchgeführt werden.

**Tipp!** Durch eine gute Belüftung während der Verarbeitung von Anstrichstoffen und genügend Auslüfzeit vor Bezug eines frisch gestrichenen Raumes können gesundheitliche Beeinträchtigungen vermieden werden.

■ **Zertifizierte Messinstitute.** Nur zertifizierte Messinstitute sind zur Durchführung von Minergie-Eco-Abnahmemessungen befugt. Messinstitute müssen für die Zertifizierung über ein Qualitätsmanagementsystem verfügen, Messungen nach den entsprechenden Normen durchführen sowie regelmässig und erfolgreich an Ringversuchen teilnehmen. Mit jährlichen Audits wird die Einhaltung überprüft. Die Zertifizierung von Probenahmestellen für Raumluft erfolgt durch die Firma S-Cert AG. Eine Liste ist unter [www.s-cert.ch](http://www.s-cert.ch) → Zertifikate → Probenahmestellen verfügbar.

■ **Kosten.** Die Kosten betragen je nach Methode und der Anzahl der Messungen zwischen 800 Fr. (passiv) und 1200 Fr. (aktiv) pro Raum (jeweils Formaldehyd und VOC zusammen). Die Kosten der aktiven Messungen reduzieren sich bei zunehmender Anzahl zu messender Räume.

### **Raumluftmessungen Radon**

Die Radonkonzentration in der Raumluft kann einfach gemessen werden. Die sogenannten Dosimeter werden während mindestens 1 Monat in der Heizperiode im Raum (in der Regel im untersten bewohnten Geschoss) platziert. Danach werden sie zur Auswertung an die Bezugsstelle zurückgesandt. Die Anzahl der Messungen richtet sich nach der Grösse des Objekts. Im QS-Dokument von Minergie-Eco ist die minimale Anzahl der Messpunkte festgelegt.

■ **Kosten.** Die Radonkonzentration in der Raumluft kann kostengünstig gemessen werden. Die Dosimeter kosten inklusive Auswertung um die 100 Franken pro Stück.

## 4.4 Quellen und Tools

### Quellen

- Umweltschutzgesetz (USG), 1983: [www.admin.ch](http://www.admin.ch) → Bundesrecht → Systematische Rechtssammlung
- Gesundheitsgefährdende Stoffe in bestehenden Gebäuden und bei Gebäudesanierungen (Gebäudecheck in Bauten mit Baujahr vor 1990), eco-bau-Empfehlung, 2013: [www.eco-bau.ch](http://www.eco-bau.ch) → Planungswerkzeuge → Innenraumklima → Gebäudecheck
- Wärmeschutz, Feuchteschutz und Raumklima in Gebäuden, Norm SIA 180, 2014: [www.sia.ch](http://www.sia.ch) → Norm → SIA-Shop
- Lüftung in Wohnbauten, Merkblatt SIA 2023, 2008: [www.sia.ch](http://www.sia.ch) → Norm → SIA-Shop
- Hygiene-Anforderungen an Raumlufttechnische Anlagen, SWKI VA104-01/VDI 6022 Blatt 1, 2006: [www.svlw.ch](http://www.svlw.ch)
- Formaldehyd-Richtwert BAG: [www.bag.admin.ch](http://www.bag.admin.ch) → Themen A–Z → Formaldehyd
- Emissionsübersicht VOC Schweiz: [www.bafu.admin.ch](http://www.bafu.admin.ch) Themen VOC-Lenkungsabgabe
- Sicherheitsdatenblatt: [www.bag.admin.ch/anmeldestelle](http://www.bag.admin.ch/anmeldestelle) → Selbstkontrolle
- Strahlenschutzverordnung (StSV), 1994: [www.admin.ch](http://www.admin.ch) → Bundesrecht → Systematische Rechtssammlung
- Verordnung über Nichtionisierende Strahlung (NISV), 2000: [www.admin.ch](http://www.admin.ch) → Bundesrecht Bundesrecht → Systematische Rechtssammlung
- Planungsrichtlinie Nichtionisierende Strahlung, Stadt Zürich, Fachstelle Energie & Gebäudetechnik, 2011: [www.stadt-zuerich.ch/egt](http://www.stadt-zuerich.ch/egt) → Richtlinien, Standards, Merkblätter → Elektro
- Qualitätssicherungssystem des Vereins Minergie für das Gebäudelabel Minergie-Eco: [www.minergie.ch](http://www.minergie.ch) → Dokumente & Tools → Minergie-Eco

### Tools

- Minergie-Eco-Vorgabenkataloge und Umsetzungsanweisungen für Neubauten und Modernisierungen, Innenraumklima: [www.minergie.ch](http://www.minergie.ch) → Dokumente & Tools → Minergie-Eco
- Liste von Firmen, die Planungs- und Beratungsdienstleistungen im Zusammenhang mit Asbestsanierungen anbieten: [www.suva.ch](http://www.suva.ch) → Prävention → Arbeit → Asbest → Handeln → Vorbereitung von Bauarbeiten
- Holzschutz, Lignum: [www.lignum.ch](http://www.lignum.ch) → Holz A–Z
- Produktliste Holzwerkstoffe in Innenräumen, Lignum: [www.lignum.ch](http://www.lignum.ch) → Holz A–Z → Raumluftqualität → Formaldehyd
- Umwelt-Etikette der Stiftung Farbe: [www.stiftungfarbe.org](http://www.stiftungfarbe.org) → Verzeichnis
- Gemeinschaft Emissionskontrollierte Verlegewerkstoffe, Klebstoffe und Bauprodukte e.V.: [www.emicode.de](http://www.emicode.de)
- Auf Ausschlusskriterien geprüfte Produkte: [www.minergie.ch](http://www.minergie.ch) → Dokumente & Tools → Minergie-Eco
- Eco-Produkte: [www.eco-bau.ch](http://www.eco-bau.ch) → Planungswerkzeuge
- Radon: [www.bag.admin.ch](http://www.bag.admin.ch) → Themen → Strahlung, Radioaktivität und Schall → Radon oder direkt: [www.ch-radon.ch](http://www.ch-radon.ch)
- Liste gültiger Zertifikate für Probenahmestellen, S-Cert: [www.s-cert.ch](http://www.s-cert.ch) → Innenraumluft → Probenahmestelle für Raumluft

# Gebäudekonzept

## 5.1 Übersicht

### Der ganzheitliche Ansatz

Nachhaltiges Bauen bedingt das Denken in Systemen. Besonders gefordert sind hierbei die Architektinnen und Architekten in der Rolle der Generalisten. Neben klassischen Themen der architektonischen Konzeption und Komposition sind auch Kompetenzen im Bereich der ganzheitlichen Planung gefragt, indem Aspekte wie Funktionalität, Wirtschaftlichkeit oder Energie- und Ressourceneffizienz sorgfältig untereinander abgewogen und auf das Projekt abgestimmt werden. Dabei gilt es auch, das meist aus unzähligen Fachplanern und Spezialisten bestehende Planungsteam zielgerichtet einzubinden, um mit vereinten Kräften im Sinne des Ganzen die Projektentscheide zu fällen.

Mit den folgenden Beispielen sollen ein paar wesentliche Planungsgrundsätze diskutiert und der ganzheitliche Ansatz in der Planung illustriert werden. Als Beispiele dienen kürzlich realisierte Projekte des Büros Bauart Architekten. Die Planungsgrundsätze lassen sich nicht isoliert betrachten, sondern beeinflussen sich gegenseitig. Es ist das Wesen des nachhaltigen Bauens, dass stets zwischen mehreren Aspekten abgewogen werden muss – im Sinne eines kohärenten Ganzen.

## 5.2 Lösungsansätze

### Das optimierte Oberflächen-Volumen-Verhältnis – ein Beitrag zur Energie- und Ressourcenschonung

Je günstiger das Verhältnis von Oberfläche zu Geschossfläche ist, desto einfacher wird es sein, die ökologischen Ziele zu erreichen. Kompakte Gebäude brauchen weniger graue Energie (Kapitel 7). Gleichzeitig können auch die Betriebsenergie reduziert und der Aufwand für den Gebäudeunterhalt sowie die Erneuerung optimiert werden. Durch eine kompakte Bauweise lassen sich zudem die größten ökonomischen Gewinne erzielen. Demzufolge ist die Umsetzung dieses Aspektes auch im Sinne der Investoren und löst selten Widerstand aus. Zur Kompaktheit gehört ebenso die Optimierung des unterirdischen Volumens. Ziel ist die Minimierung des Aushubs und somit die Reduktion der grauen Energie in diesem Bereich.

■ **Grenzen.** Kompaktheit hat allerdings auch Grenzen, da sich bei sehr kompakten Gebäuden zum Beispiel der Tageslichtanteil verringert und die Wohn- respektive Arbeitsqualität negativ beeinflussen kann. Konflikte können sich ebenfalls aus städtebaulichen oder architektonischen Gründen ergeben. Besonders in bestehenden Bebauungsstrukturen und denkmalpflegerisch sensiblen Gebieten kann eine dichte, kompakte Bauweise zu Interessenkonflik-

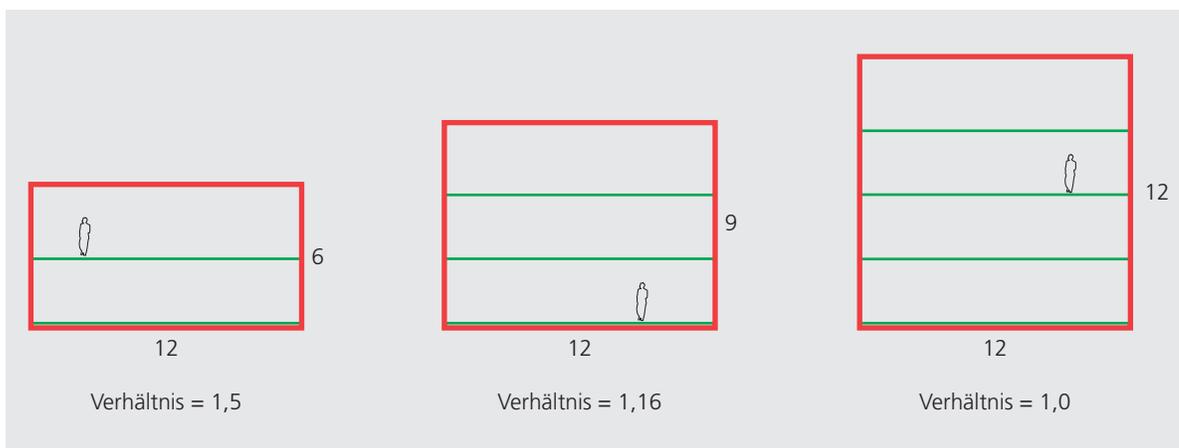


Abbildung 51: Das Verhältnis der Gebäudeoberfläche zur Geschossfläche.

ten führen. Kompakte Bauten erfordern ohnehin eine ganz besonders sorgfältige Gestaltung. Die Planenden müssen sich der Herausforderung stellen, energetisch hochwertige Bauten auch städtebaulich und architektonisch entsprechend zu entwerfen. Nur so kann nachhaltiges Bauen Teil der Baukultur des 21. Jahrhunderts werden.

### Die Reduktion des Flächenbedarfs ist massgebend

Es liegt auf der Hand, dass die Reduktion des Flächenbedarfs in Gebäuden grundsätzlich ökologisch ist und einen Beitrag zur Suffizienz leisten kann. Auf der strategischen Ebene lassen sich hier erhebliche Einsparungen erzielen. Organisatorische Massnahmen, Nutzungsüberlagerungen

oder Ablaufoptimierungen sind hier wichtige Stichworte. Beim Hinterfragen von Nutzerbedürfnissen können oft kreative Lösungen gefunden werden, wodurch sich erheblich an Bauvolumen einsparen lässt.

■ **Beispiel.** Was mit dem Optimieren des Flächenverbrauchs erreicht werden kann, zeigt ein Beispiel aus Neuenburg. Die Zusammenlegung einer Wirtschaftsschule und des Konservatoriums erzielte erhebliche Nutzungsüberlagerungen. Dem ist eine genaue Analyse der einzelnen Raumprogramme hinsichtlich der Belegungsdichte und der Belegungszeiten der einzelnen Räume vorangegangen. Sie hat dazu geführt, dass beispielsweise grosse Auditorien tagsüber von der Wirtschaftsschule genutzt werden und sich bei entsprechend



Abbildung 52: Das Konservatorium für Musik und die Hochschule für Management in Neuenburg: Innenansicht der Erschliessungszone (Foto: Ruedi Walti).

Abbildung 53: In Neuenburg sind das Konservatorium und die Wirtschaftsschule unter einem Dach vereint. Das Grundrisschema zeigt die Nutzungsüberlagerungen in der Schnittstelle und in den grossen Auditorien.



akustischer Ausgestaltung abends sowie an den Wochenenden bestens für Musikvorführungen eignen.

Der befruchtende Kontakt zwischen zwei Berufskulturen ist dabei ein gewollter Nebeneffekt. Wenn musisch Begabte mit wirtschaftlich denkenden Menschen in Interaktion treten, entstehen gesellschaftliche Mehrwerte.

### Die Tragstruktur beeinflusst erheblich

Ein klug gewähltes Tragwerk trägt erheblich zur ökologischen Bauweise bei. Tragstrukturen, die Veränderungen der Nutzungen aufnehmen können, sind eine wichtige Voraussetzung für die längere Lebensdauer eines Gebäudes. Generell gilt, dass direkte Kraftabtragungen weniger Material benötigen und damit auch weniger graue Energie erzeugen, als wenn die Kräfte «spazieren geführt werden».

Die Spannweiten spielen dabei eine wesentliche Rolle. Oft sind kleinere Spannweiten ökologisch günstiger. In Bezug auf

die Nutzungsflexibilität der Tragstruktur haben weitgespannte Konstruktionen jedoch Vorzüge. Hier gilt es, die komplexen Zusammenhänge zu erkennen und kreative Lösungen zu finden.

■ **Beispiel.** Am Neubau der Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW in Olten zeigt sich: In Ausnahmefällen kann die Lastabtragung mit einem geschossweise unterschiedlichen Stützenraster den Anforderungen besser entsprechen. Die gesamte Deckenstärke reduziert sich damit nachweislich und trägt wesentlich zur Verminderung der grauen Energie und Steigerung der Flexibilität bei.

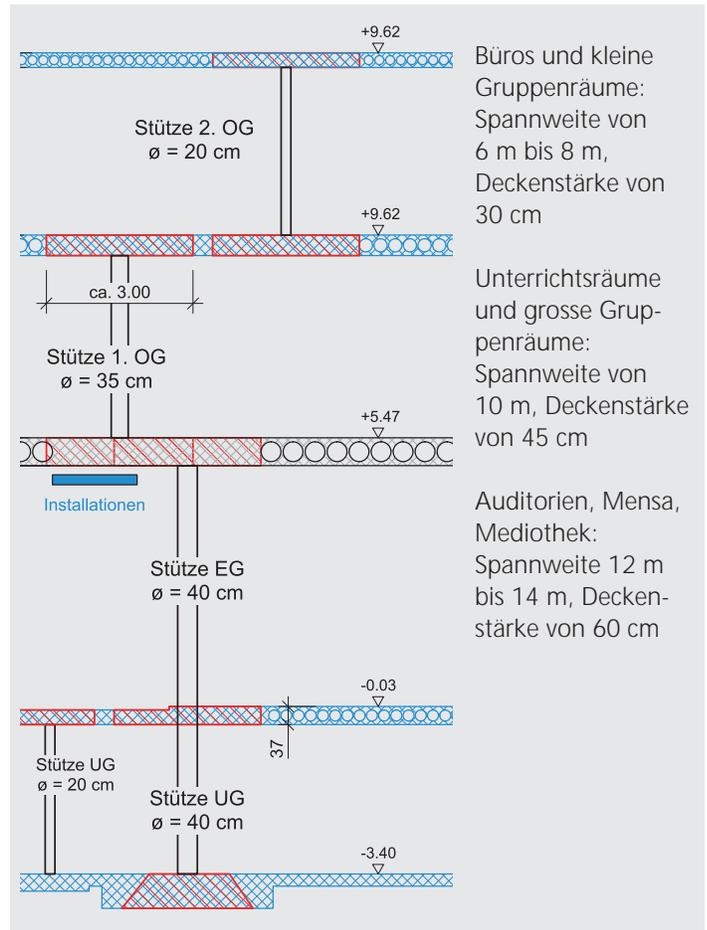
### Materialeigenschaften optimal nutzen

Jedes Baumaterial hat spezifische Eigenschaften. Es gilt die Materialien optimal einzusetzen, so dass ihre Vorzüge voll zum Tragen kommen bei einer möglichst geringen Umweltbelastung. Neben dem Bauen im Untergrund eignet sich Beton vor allem

Abbildung 54: Die Betonschalenskonstruktion des Bauingenieurs Heinz Isler (oben) und das «Palazzo della Civiltà del Lavoro» in Rom (unten) sind Beispiele für einfache Tragkonstruktionen.



Abbildung 55: Wie das statische Konzept des Neubaus FHNW Olten zeigt, können unter Umständen verschiedene Stützenraster sinnvoll sein. In diesem Fall wurde das Stützenraster der Nutzung angepasst.



in Bereichen, wo Brand- und Schallschutzanforderungen bestehen. Wo wenig Masse erforderlich ist, bietet sich Holz an. In Fassaden sollte Holz möglichst witterungsgeschützt eingebaut werden. Glas und Metall als energieintensive Rohstoffe sind mit Bedacht einzusetzen. Geschickte Mischkonstruktionen erhöhen oftmals den ökologischen Wert. Insbesondere Beton und Holz lassen sich entspre-

chend zusammenfügen, so dass Beton die Schall- sowie Brandschutzanforderungen erfüllt und Holzträger die Tragfähigkeit gewährleisten. Zudem können vorgefertigte Fassadenelemente aus Holzwerkstoffen erheblich zur Reduktion der grauen Energie beitragen und im Bauablauf terminliche Vorteile bringen – dank gezielter Vorfabrikation im Werk.



Abbildung 56:  
Microcity, Neuenburg.

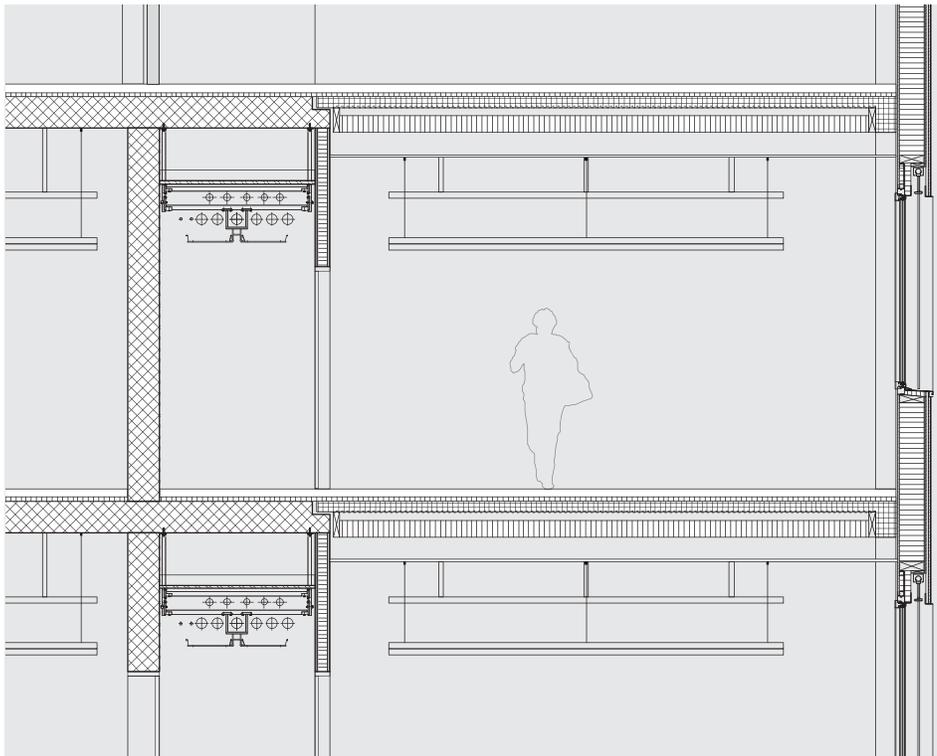


Abbildung 57: Konstruktionsschnitt eines Laborgebäudes in Neuenburg mit vorgefertigten Holz-Beton-Verbundelementen für die Geschossdecken sowie vorgefertigte Fassadenelemente aus Holz, hinterlüftet und mit Keramikplatten verkleidet.

*Abbildung 58: Einbau der vorgefertigten Holz-Beton-Verbundelemente. Die Vorfabrikation verkürzt die Bauzeit erheblich und das Konstruktionsprinzip reduziert die graue Energie.*

**Auf die Gebäudehülle kommt es an**  
Dächer und Fassaden sind die zweifellos komplexesten Bauteile am Gebäude. Von saisonal unterschiedlichen, klimatischen Verhältnissen beeinflusst, sollen sie die Energieverluste im Winter reduzieren und die Wärmeeinstrahlung im Sommer verhindern. Entsprechend anspruchsvoll ist es geworden, Dach- und Fassadensysteme zu konzipieren, die alle bauphysikalischen

Anforderungen erfüllen. Hinzu kommen zunehmend höhere Komfortansprüche der Benutzenden und die angestrebten gestalterischen Ziele. Selbstverständlich sind auch hier wirtschaftliche Aspekte zu beachten, sowohl beim Bauen als auch im Betrieb.

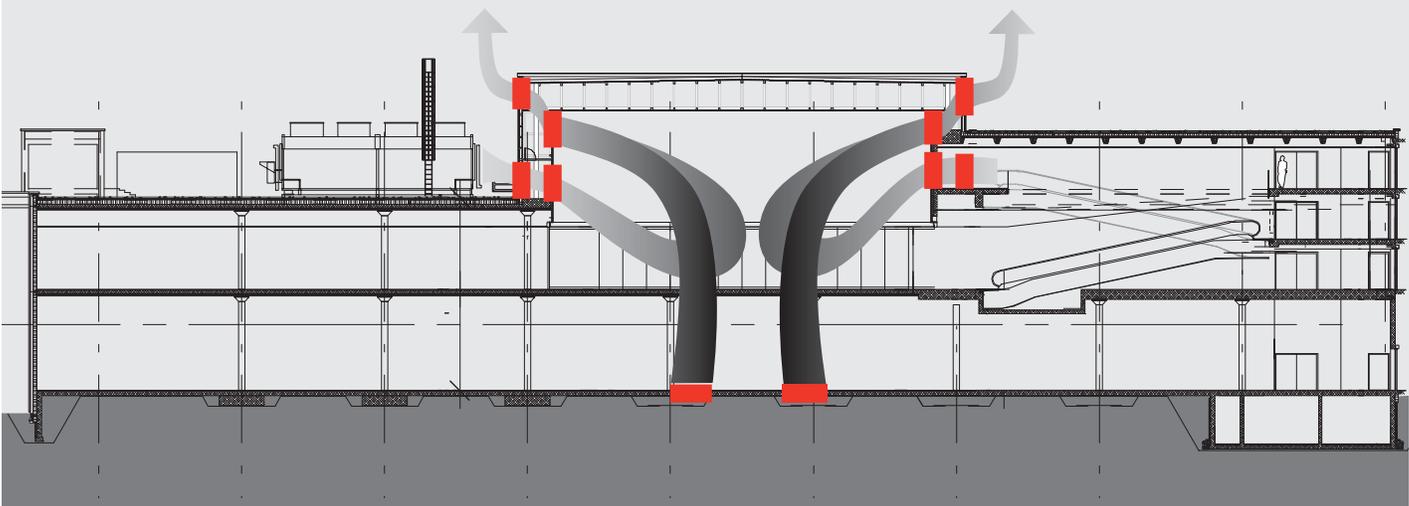
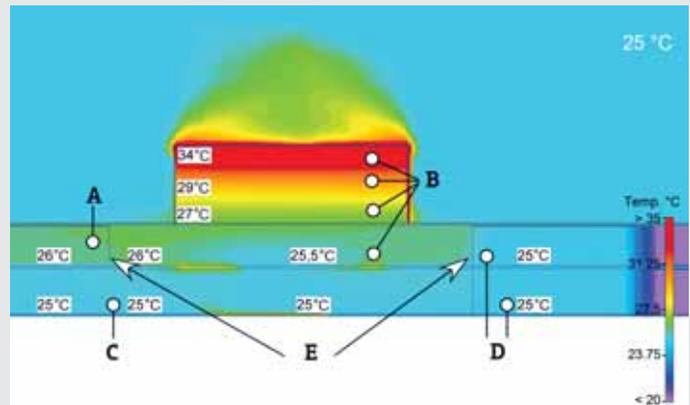
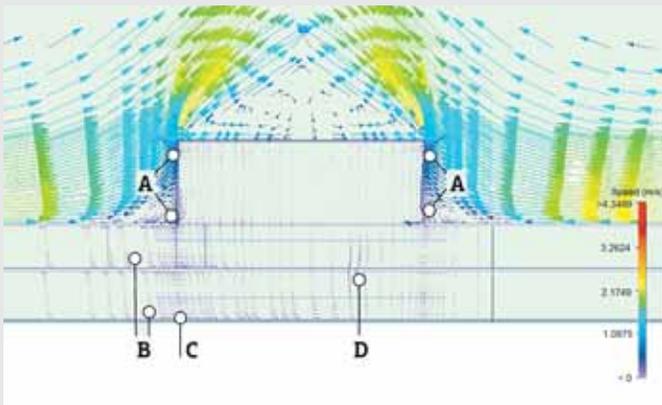
Das Energie- und Gebäudetechnikkonzept ist heute eng gekoppelt an die Gebäudehülle. Hinzu kommen Sicherheitsaspekte,



Abbildung 59: Der Blick in die zentrale Mall von Migros Marin – von Tageslicht durchflutet und natürlich belüftet (Foto: Tonatiuh Ambrosetti).



Abbildung 60: Zusammenspiel zwischen Gebäudehülle und Energiekonzept am Beispiel von Migros Marin. Dank der grosszügigen Raumhöhe und einem intelligenten, natürlichen Belüftungssystem – es nutzt die Thermik und die verschiedenen Druckverhältnisse – kann auch in den heissen Sommermonaten ohne zusätzliche Kühlenergie ein angenehmes Raumklima garantiert werden (Quelle: Sorane).



akustische Anforderungen und eine fast grenzenlose Palette an verfügbaren Materialien. Fassaden aus transparenten Verglasungen und Rahmen gehören zu den aufwendigsten Bauteilen bezüglich Primärenergie. Sie sollten deshalb möglichst optimale Tageslichteinträge und solare Warmegewinne erzielen. Mehrschichtige Fassadenkonstruktionen aus Glas sind nur dort sinnvoll, wo dies aus funktionaler Sicht erforderlich ist, beispielsweise bei Hochhäusern oder in schallexponierten Lagen.

Weitere wichtige Aspekte bei der Konzeption der Gebäudehülle sind die Witterungsbeständigkeit der Materialien, die Nutzungsflexibilität im Hinblick auf zukünftige Änderungen der Raumbedürfnisse z. B. im Bereich der Innenwandanschlüsse und nicht zuletzt auch der Vogelschutz. Glas ist heute eine der grössten Gefahren für Vögel. Das Merkblatt unter [www.vogelglas.info](http://www.vogelglas.info) sowie das Nachweisformular für Minergie-Eco zeigen, wie die wichtigsten Fallen vermieden werden können.

### Fenster für besseren Durchblick

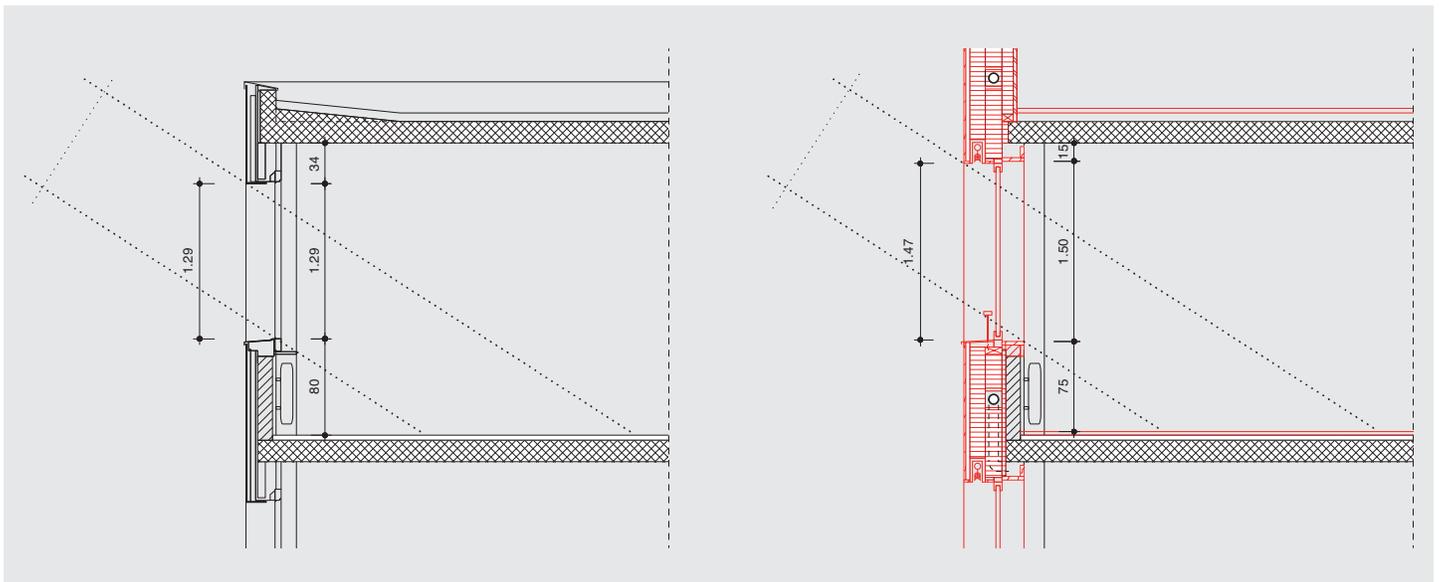
Die Fenster spielen naturgemäss in der Fassade eine Hauptrolle. Die Anforderungen an diese Bauteile sind so vielfältig wie deren Formenvielfalt. Sie prägen die Gebäude wie kaum ein anderes Element. Um eine ausreichende natürliche Belichtung sicherzustellen, sind insbesondere wegen

der zunehmend grösseren Gebäudetiefen oftmals sehr grosse Fensterflächen erforderlich. Die Minimierung der Sturzhöhen und möglichst hohe Räume sind dabei entscheidende Faktoren, um das natürliche Licht stärker in das Gebäude zu lenken. Der hohe Primärenergiebedarf von Fenstern, sollte mit visuellem Komfort in Form von Tageslicht und solaren Gewinnen kompensiert werden. Optimal ist ein Fensteranteil von insgesamt weniger als 50% an der gesamten Fassade.

Ein aussenliegender Sonnenschutz zur Verminderung des sommerlichen Wärmeintrags ist aufgrund heutiger Vorgaben bezüglich Energieeffizienz und Komfort fester Bestandteil eines Fensters. Hier gilt es, die Systeme so aufeinander abzustimmen, dass der Sonnenschutz den Tageslichteintrag sowie den Ausblick nicht zu stark mindert und damit die beabsichtigte Wirkung der grossen Fenster beeinträchtigt.

Insbesondere bei energetischen Gebäudesanierungen kann sich die Fassade durch eine neue Dämmstärke stark wandeln. Nicht selten erreichen heutige Fassadenaufbauten über 50 cm Gesamtstärke, was sich nachteilig auf die Tageslichtverhältnisse in den Räumen auswirkt. Es bedarf Lösungen, die der bestehenden Baustruktur entsprechen. Bei Sanierungen sollte geprüft werden, ob sich der Fenstersturz reduzieren lässt.

*Abbildung 61: Beispiel einer Gebäudedeckungsanierung im Wohnungsbau: Der entfernte Sturz ermöglicht höhere Fensteröffnungen. Trotz stärkerer Dämmschicht ergibt sich ein optimaler Tageslichteinfall.*



### Bei Bauteilen und Systemen auf Lebenszyklus achten

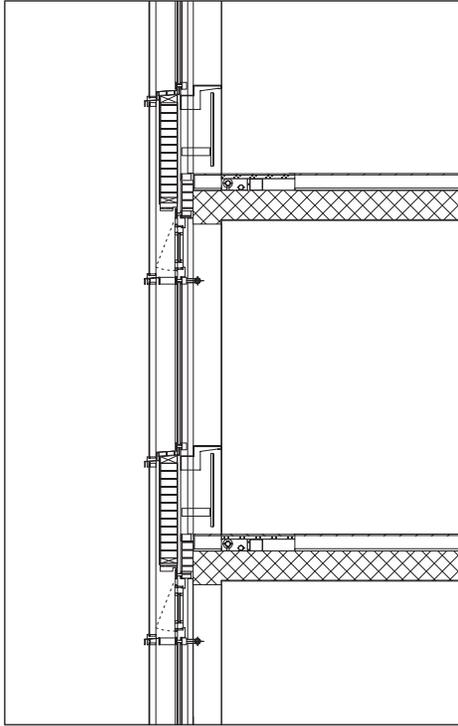
Eine geeignete Systemtrennung und ein klares Steigzonenkonzept ergeben wandelbare sowie nutzungsflexible Bauten. Einfache und effiziente Instandhaltungs- respektive Instandsetzungsarbeiten sowie problemlose Zugänge und das Trennen

von Bauteilen werden ermöglicht. Die Tragkonstruktion soll Flexibilität für spätere Veränderungen des Sekundärsystems bieten. Raster, Geschosshöhen, Gebäudetiefen und Lasten dienen als Vorgabe.

Die Technikräume und die vertikale Erschliessung durch die Medien sollen so im Grundriss angeordnet werden, dass kurze Erschliessungswege entstehen. Durch eine entsprechende Anordnung der Leitungsschächte werden die Zugänglichkeit, Austauschbarkeit und Erweiterung der vertikalen und horizontalen Installationen gewährleistet. Die Nutzungsdauer der Gebäudetechnik ist wesentlich kürzer als die des Rohbaus. Eine grösstmögliche Trennung dieser Komponenten vermeidet unnötige Anpassungen am Rohbau beispielsweise wegen einbetonierter Leitungen oder zu kleinen Leitungsschächten. Die Technikräume und Einbringöffnungen erfordern deshalb eine Gestaltung, die das Auswechseln von Apparaten und Grossgeräten ohne bauliche Massnahmen ermöglicht.

Jede Konstruktion und jedes Bauteil hat eine endliche Nutzungsdauer mit einer anschliessenden Erneuerung oder Entfernung. Folgende Aspekte begünstigen einen problemlosen Rückbau und die

*Abbildung 62: Bei der Planung und Montage der Fassade für das Bundesamt für Statistik in Neuenburg wurde darauf geachtet, dass die Fassade ausschliesslich von aussen demontiert und erneuert werden kann. Dies ermöglicht einen auf die Lebenszyklen der einzelnen Materialien abgestimmten Fassadenunterhalt sowie störungsfreie Interventionen ohne Einschränkung des täglichen Betriebs.*



*Abbildung 63: Aussenansicht Bundesamt für Statistik in Neuenburg (Foto: Ruedi Walti).*

sinnvolle Wiederverwertung einzelner Bauteile:

- Einzelne Komponenten müssen zugänglich und demontierbar sein. Bei der Planung von Lüftungsrohren sollten beispielsweise Reparaturen oder regelmässige Reinigungen berücksichtigt werden. Die Zugänglichkeit kann auch durch Revisionsöffnungen oder heruntergehängte Decken erreicht werden.
- Die Trennbarkeit der Bauteile und Materialien ist für einen späteren Ausbau zu beachten. Das Wiederentfernen des Parketts sollte beispielsweise nicht durch den Parkettkleber beeinträchtigt werden.
- Es erfordert eine Wiederverwendbarkeit respektive Wiederverwertbarkeit der Bauteile.
- Verbundmaterialien wie Aluminium-Holzwerkstoffplatten für Türen oder Naturstein auf Aluwaben lassen sich nicht in ihre Einzelkomponenten zerlegen und können nicht entsprechend wiederverwertet werden. Deshalb wird vom Einsatz solcher Materialien abgeraten.

#### Erweiterungen mitdenken

- **Beispiel.** Wo immer möglich sind Erweiterungen oder spätere Etappen in die Projektierung mit einzubeziehen. Dies macht vor allem dort Sinn, wo spätere Investitionen eingespart oder durch eine Vorinvestition optimiert werden können. Beim Neubau für die Fachhochschule in Olten wurde zum Beispiel die Grundwasserfassung so dimensioniert und ausgeführt,

dass die Kapazität des Brunnens auch für die Versorgung einer zweiten Baustufe ausreicht. Auch die Versickerungsanlage wurde auf eine doppelte Kapazität ausgelegt, damit beim Bau einer zweiten Baustufe kein zusätzlicher Aushub anfällt. Beide Massnahmen wurden aus ökonomischen Überlegungen und im Sinne einer ganzheitlichen Kostenoptimierung umgesetzt. In beiden Fällen wurde zwar Vorinvestitionen getätigt, diese liegen aber weit unter den Kosten wie sie bei einer späteren Ausführung angefallen wären.

#### Auch Wasser ist eine wichtige Resource

■ **SIA 2026 Effizienter Einsatz von Trinkwasser in Gebäuden.** Lohnenswert in der Planung ist der effiziente Umgang mit Trinkwasser. Dabei steht die Frage im Vordergrund, wo Wasseranschlüsse eingeplant werden und wo warmes Wasser zur Verfügung gestellt wird. Das Merkblatt SIA 2026 «Effizienter Einsatz von Trinkwasser in Gebäuden» liefert wertvolle Planungsgrundlagen dazu. Die wesentlichen Punkte beinhalten:

- Eine optimale Trinkwasserverteilung erfolgt mittels kurzen Leitungen zu den Entnahmestellen sowie einer zentral angeordneten Verteilung und Wassererwärmung. Die Sanitärräume werden vertikal und horizontal um die Erschliessungszone platziert.
- Der Gebrauch von Apparate und Armaturen mit Energietiketten ist zu bevorzugen.

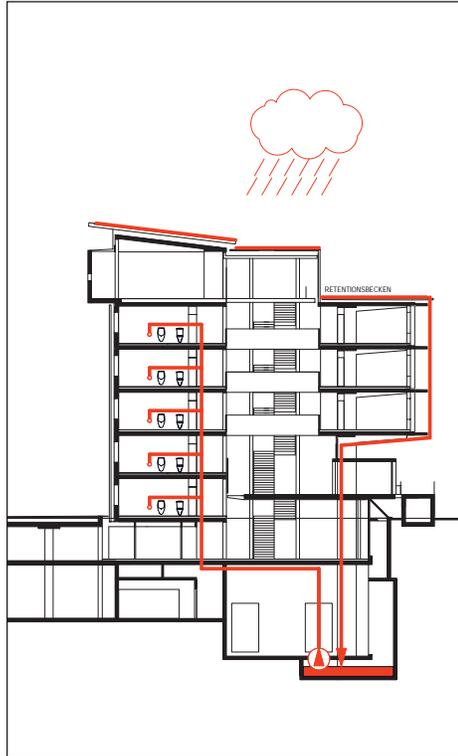
Abbildung 64: Bau der Versickerungsanlage für den Neubau der Fachhochschule Nordwestschweiz in Olten. Im Hinblick auf Erweiterungsmöglichkeiten wurde Kapazität des Brunnens für die Versorgung einer zweiten Baustufe ausgelegt.



gen. Es werden WC-Anlagen mit Zweimengen- oder Spülstopptasten, wasserlose Urinale respektive 1-Liter-Urinalen oder Einhandmischer bei Duschen und Waschtischen empfohlen.

- Für Garten, WC-, Spül- oder Reinigungsanlagen gilt der Einsatz von Betriebswasser.

*Abbildung 65: Das anfallende Regenwasser auf den Sonnenkollektoren des Bundesamtes für Statistik in Neuenburg wird in offenen Retentionsbecken auf dem darunterliegenden Flachdach aufgefangen. Ein Überlauf leitet das Wasser in das angrenzende Substrat auf dem Flachdach. Teilweise wird das überschüssige Wasser in einem geschlossenen Tank aufgefangen und für die WC-Spülung verwendet. So gelangen nur noch die Restmengen in die Kanalisation.*



■ **Regenwasser.** Gesetzlich besteht die Pflicht, wo dies möglich ist, unverschmutztes Regenwasser versickern zu lassen. Wird der Abfluss von Regenwasser durch Retentionsmöglichkeiten wie extensive Dachbegrünung und Retentionsbecken verzögert, können die Kanalisationen entlastet und die Abflussmengen bei starken Niederschlägen gedrosselt werden.

Wird Regenwasser ausserdem für Grauwassersysteme wie etwa der Toiletenspülung verwendet, kann der Trinkwasserverbrauch merklich reduziert werden. Die Kosten solcher Systeme sind jedoch nicht zu unterschätzen. Kosten und Nutzen müssen von Fall zu Fall im Detail evaluiert und abgewogen werden.

■ **Checkliste «Effizienter Einsatz von Trinkwasser».** Mit der Checkliste «Effizienter Einsatz von Trinkwasser» von Minergie-Eco können Massnahmen im Bereich Sanitärapparate, Auslaufarmaturen und Spezialanlagen bewertet werden. Sie finden auf diesem Weg Eingang in den Fragenkatalog des Nachweisinstrumentes und damit in das Minergie-Eco-Nachweisverfahren.



*Abbildung 66: Die offenen Retentionsbecken auf dem Dach des Bundesamtes für Statistik in Neuenburg (Foto: Ruedi Walti).*

*Tabelle 21: Umsetzung, Überprüfung und Dokumentation der Massnahmen im Bereich Gebäudekonzept am Beispiel Neubau Mehrfamilienhäuser.*

## 5.3 Anforderungen, Qualitätssicherung, Dokumentation

### Vorgaben aus Fragekatalogen

**Modernisierung.** Die Vorgabe MG14 fordert ein Konzept für den Rückbau bestehender Gebäudeteile, die Vorgabe MG15 bezieht sich auf dessen Umsetzung.

Nr.	Thema	Umsetzung	Qualitätskontrolle	Dokumentation
NG01 NG02	Nutzungsflexibilität der Tragstruktur	A: Umsetzung der Ergebnisse aus Projektierungsphase	Kontrolle der Umsetzung auf Baustelle	V, P: Grundrisspläne mit eingezeichneten Tragelementen
NG03	Nutzungsflexibilität durch Fassadengestaltung	A: Umsetzung der Ergebnisse aus Projektierungsphase	Kontrolle der Umsetzung auf Baustelle	V, P: Fassadenpläne mit erkennbarer Fenstereinteilung, Detail Innenwandanschluss an Fassade
NG04 NG05	Zugänglichkeit vertikaler und horizontaler HT-Installationen	A: Umsetzung der Ergebnisse aus Projektierungsphase	Kontrolle Umsetzung auf Baustelle, Dokumentation mit Fotos	V, P: Detailplan Steigzonen; Beschrieb Gebäudetechnikkonzept mit Skizzen A, R: Fotos
NG06	Bauliche Bedingungen für Ersatz von Maschinen und Grossgeräten	A: Umsetzung der Ergebnisse aus Projektierungsphase	Kontrolle der Umsetzung auf Baustelle	V, P: Koordinationsplan der Gebäudetechnik mit allen Technikräumen, fest installierten Maschinen und Grossgeräten
NG07 NG08	Austausch- und Rückbaufähigkeit von Tragstruktur, Gebäudehülle und Ausbau	A: Ausschliessliche Verwendung von mechanischen Befestigungsmitteln in Vorbedingungen aufführen. Bei Leistungen, für die Befestigungsmittel verwendet werden, mechanische Befestigungen ausschreiben. R: Rechtzeitige Information der zuständigen Personen der beauftragten Unternehmen	Kontrolle der Umsetzung auf Baustelle, Dokumentation mittels Fotos	A, R: Detailplan Fassade, Fotos und Auszug Werkvertrag
NG09 NG10	Konzept für sparsamen Wasserhaushalt	A: Umsetzung der Ergebnisse aus Projektierungsphase	Kontrolle der Umsetzung auf Baustelle	V, P: Ausgefüllte Checkliste «Effizienter Einsatz von Trinkwasser»
NG11	Vogelschutz	A: Umsetzung der Ergebnisse aus Projektierungsphase	Kontrolle der Umsetzung auf Baustelle	V, P: Formular «Nachweis Vogelschutz», allenfalls Stellungnahme zum Vogelschutz, Beschrieb der vorgesehenen Massnahmen
NG12	Witterungsbeständigkeit der Fassade	A: Umsetzung der Ergebnisse aus Projektierungsphase	Kontrolle der Umsetzung auf Baustelle	V, P: Typischer Fassadenschnitt mit dargestelltem Dachanschluss und Sockel, Materialbeschrieb
NG13	Witterungsbeständigkeit der Fenster	A: Umsetzung der Ergebnisse aus Projektierungsphase	Kontrolle der Umsetzung auf Baustelle	V, P: Beschrieb und typischer Fassadenschnitt mit Darstellung Fenster und Sonnenschutz
NG14	Grundstücksvorbereitung: Rückbau bestehender Gebäude	A: Einhaltung der SIA 430 in den Vorbedingungen aufführen. Devis hat alle Elemente des Rückbaukonzepts zu enthalten. R: Rechtzeitige Information der zuständigen Personen der beauftragten Unternehmen	Kontrolle der Umsetzung auf der Baustelle, Dokumentation mittels Fotos und Lieferscheinen der Entsorgungsbetriebe	V, P: Situationsplan, Digitalfotos vom bestehenden Zustand und der Rückbauphase, Belege der Entsorgung.
NG15	Grundstücksvorbereitung: Rodungen	A: Ersatzbepflanzungen sind in Devis zu erwähnen.	Kontrolle der Umsetzung auf Baustelle	V, P: Situations- oder Grundrisspläne mit eingezeichneter Bepflanzung, Fotos vom bestehenden Zustand
NG16	Erweiterungsmöglichkeiten, Reserve	A: Umsetzung der Ergebnisse aus Projektierungsphase.	Kontrolle der Umsetzung auf Baustelle	V, P: Situations- oder Grundrisspläne mit möglichen Erweiterungen

#### Legenden

Kriterien-Nr.:  = Vorgabe; N = Neubau; G = Gebäudekonzept

Bauphasen: V = Vorprojekt; P = Projekt; A = Ausschreibung; R = Realisierung

## 5. 4 Beispiel aus der Praxis

### FHNW Neubau Olten – eine «Denkfabrik» als Modell für das nachhaltige Bauen

#### Beteiligte

- Bauherrschaft: Hochbauamt Kanton Solothurn, Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW)
- Architekt und Generalplanung: Bauart Architekten und Planer, Bern, Neuenburg, Zürich
- Bauingenieur: WAM Planer und Ingenieure, Bern
- Landschaftsarchitekt: W+S Landschaftsarchitekten, Solothurn
- Gebäudetechnik und Energieplanung: Amstein + Walther, Bern, Zürich
- Konzept und Text Lexikon Nachhaltigkeit: Kulturtexte, Konrad Tobler, Bern

#### Kurzbeschreibung

Der 2013 fertiggestellte Neubau bietet Platz für 1200 Studenten aus den Fachbereichen Angewandte Psychologie, Soziale Arbeit und Wirtschaft der FHNW. Die durchgehend dreigeschossige Gebäudeform mit einer leicht geknickten Bandfassade sowie der fließende Übergang zwischen öffentlichem Raum und Erdgeschoss sind prägende Elemente des Projektes. Dazu zählen ebenso die horizontale, in der Höhe zunehmend dichter und privater werdende Raumstruktur sowie das innere Raumkontinuum, das sich durch vier grosszügige Lichthöfe strukturiert.

Das Projekt zeichnet sich neben dem Minergie-P-Eco-Standard durch den beispielhaften Umgang mit dem Wasser, das Bauen in Bahnnähe und einen partizipativen Planungsprozess aus.

Nachhaltigkeit ist für das Gebäude der Fachhochschule Nordwestschweiz in Olten ein grundlegendes Element. Um die Überlegungen und Konzepte zu vermitteln, wurde während der Eröffnung des Neubaus und in Zusammenarbeit mit dem Autor Konrad Tobler ein kleines Lexikon erarbeitet. Es zeigt, dass Nachhaltigkeit wesentlich mehr Bereiche und Systeme umfasst, als nur die zweifellos wichtige

Dimension der Umwelt. Zudem soll es verdeutlichen, dass für die Umsetzung ganzheitliches Denken, Planen und Arbeiten notwendig ist. Auszüge aus diesem Lexikon sind nachfolgend zusammengefasst dargestellt:

■ **Bauen an der Bahn.** Der Aspekt zählte zu den grössten Herausforderungen im Projekt. Unter anderem galt es die hohen Lärmschutzanforderungen einzuhalten, die nichtionisierende Strahlung (NIS) zu reduzieren, Massnahmen gegen Störfälle zu treffen und mit Dämmmatten auf die Erschütterungen zu reagieren.

■ **Behaglichkeit, Psychologie, Wohlbefinden.** Diese subjektiven Kriterien umschreiben die im Gebäude erzeugte Atmosphäre mit den Auswirkungen auf die Nutzerinnen und Nutzer sowie den Einfluss auf die Arbeitsbedingungen. Behaglichkeit lässt sich durch gezielte Massnahmen aber objektiv und messbar optimieren. Dazu zählen beispielsweise die Grösse der Fens-

Abbildung 67:  
FHNW Olten –  
Fassadenansicht  
(Foto: Alexander  
Gempeler).



teröffnungen und der Anteil des Tageslichts in den Innenräumen.

■ **Cobix.** Das System verringert den Beton- und Stahlanteil in Gebäudedecken durch den Einsatz von wiederverwertbaren Plastikkugeln im Deckenkern. Cobix ermöglicht eine Lastenreduktion von rund 35%. Die vertikalen Tragelemente wie Wände, Stützen und das Fundament lassen

sich dadurch leichter und ressourcenschonender bauen. Mit Cobix konnten 1500m<sup>3</sup> Beton und 90 Tonnen Stahl eingespart werden – ein wesentlicher Beitrag zur Reduktion der grauen Energie.

■ **Energie.** In der «Denkfabrik» wird auf fossile Brennstoffe verzichtet. Neben CO<sub>2</sub>-freier Energiegewinnung nutzt das Gebäude erneuerbare Energien, Grund- und

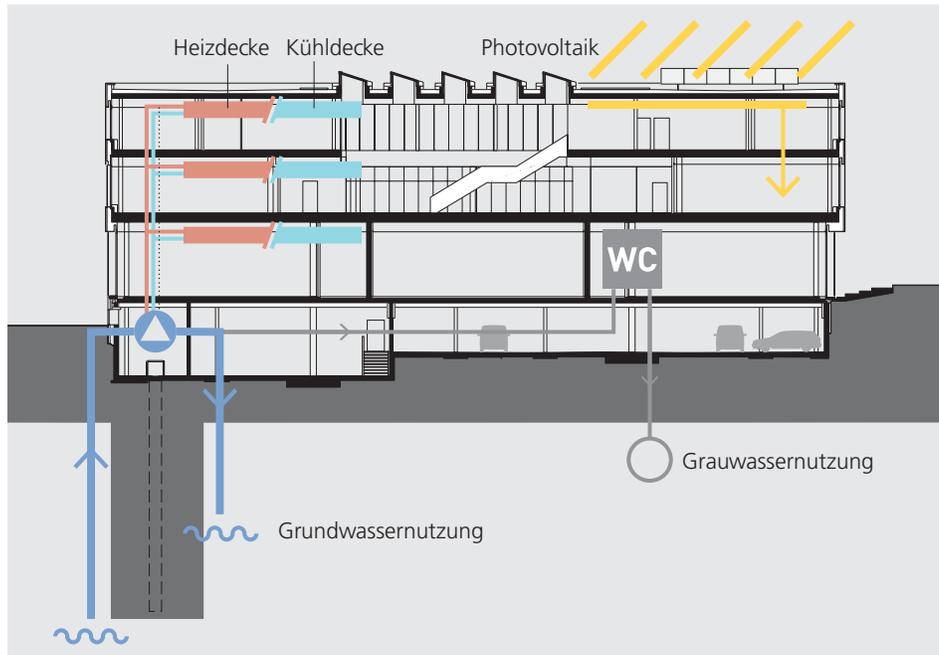


Abbildung 68:  
FHNW Olten – Systeme der Energie- und Wassernutzung.



Abbildung 69:  
FHNW Olten – Tageslichtdurchfluteter, dreigeschossiger Innenhof mit Eingangsbereich (Foto: Alexander Gempeler).

Grauwasser sowie Photovoltaik. Der Bau entspricht den Anforderungen von Minerergie-P-Eco.

■ **Erweiterbarkeit.** Eine zweite Etappe zur Erweiterung wurde beim Bau der «Denkfabrik» bereits eingeplant. Aus diesem Grund wurden die Anlage für die Versickerung und die Grundwasserfassung bereits entsprechend grösser dimensioniert.

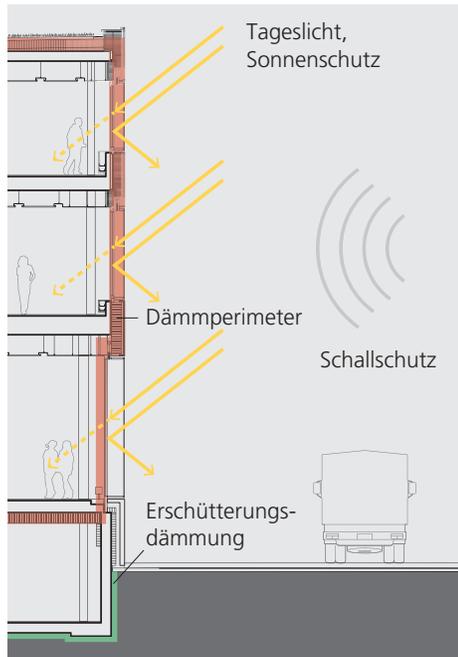


Abbildung 70:  
FHNW Olten –  
Fassade.

■ **Fassade.** Die aus Aluminium, Glas und Faserzement bestehende Fassade hat eine vielfache Aufgabe: Wärmeschutz und Energieeinsparung, Schutz vor Immissionen (beispielsweise NIS), Garantie der Transparenz respektive Einfall des Lichts und Lärmschutz durch Verwendung des Kastenfensterprinzips. Die Fassade ist mit Lüftungsflügeln und mit mobilen Sonnenschutzvorrichtungen versehen.

■ **Flexibilität.** Die Systemtrennung ermöglicht in Zukunft eine flexible Nutzung des Gebäudes: Der Bau ist zwar für die Fachhochschule konzipiert, lässt aber auch andere Nutzungen zu.

■ **Ganzheitlichkeit.** Wenn Architektur, Planung sowie Bauen ganzheitlich und deswegen nachhaltig sind, werden auch die Aspekte von Gesellschaft, Ökonomie und Ökologie berücksichtigt. Der Fokus liegt dabei nicht auf der Technik, sondern auf den Nutzerinnen und Nutzern, denen die Technik dient.

■ **Grauwasser.** Der Begriff beschreibt gering verschmutztes Abwasser wie beispielsweise Regenwasser. Im Sinne des Kreislaufes wird Grauwasser für die Toilettenspülung genutzt und reduziert so den Verbrauch von Trinkwasser.



Abbildung 71:  
FHNW Olten – Zwei-  
geschossiger Innen-  
hof mit Studenten-  
arbeitsplätzen und  
Gruppenräumen  
(Foto: Alexander  
Gempeler).

■ **Lärmschutz.** Der Standort an den Bahngeleisen erfordert überdurchschnittliche Massnahmen für den Lärmschutz. Das zeigt sich an der Struktur der Fassaden und der Fenster.

■ **LED.** Es kommen überall lichtemittierende Dioden (LED) zum Einsatz. Die Einsparung von Energie und Unterhaltskosten steht langfristig im positiven ökonomischen Verhältnis zu den höheren Investitionen.

■ **Lüftung.** Das Gebäude ist mit einer mechanischen Lüftungsanlage ausgestattet. Die Lüftung ist bedarfsabhängig: CO<sub>2</sub>-Fühler regulieren die Luftqualität und damit das Luftklima je nach Nutzungsbelastung. Die Lüftung trägt wesentlich zur Erhöhung der Konzentration und dem Arbeitsklima bei.

■ **Lüftungsflügel.** Trotz Minergie-Standard lassen sich die Fenster je nach individuellen Bedürfnissen partiell von Hand öffnen. Ein Teil davon wird als Rauchabzug automatisch angesteuert.

■ **Tageslicht.** Der Bau ist vor allem durch die vier Lichthöfe so angelegt, dass das Tageslicht maximal genutzt werden kann. Das spart nicht nur Energie, sondern fördert die Behaglichkeit und ermöglicht Orientierung im Gebäude.

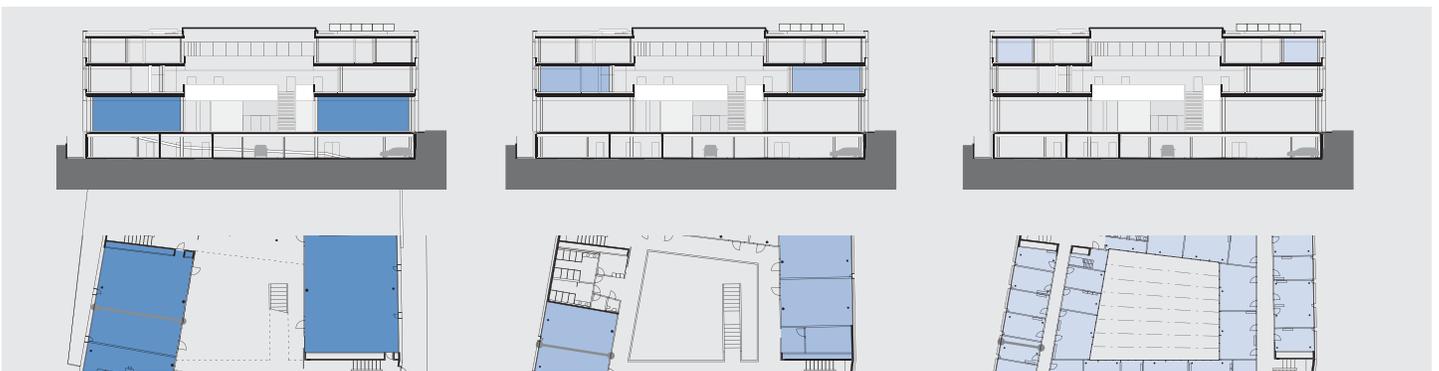
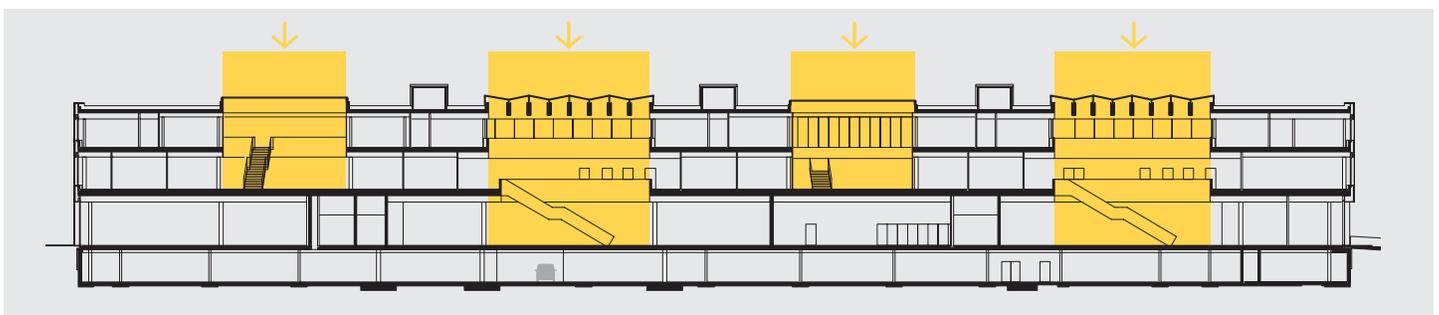
■ **Tragwerk.** Das Gebäude besitzt ein geschichtetes Tragwerk. Die Trägerstruktur verdichtet sich von Geschoss zu Geschoss und von unten nach oben. Entsprechend nehmen die Spannweiten ab, und die Deckenstärken reduzieren sich. Damit ergeben sich Einsparungen im Betonvolumen.

■ **Versickerung.** Wegen der knappen Platzverhältnisse rund um das Gebäude musste die Versickerungsanlage unter dem Neubau angeordnet werden. Die Anlage umfasst zwei grosse Sickergalerien. Die Vorreinigung des Dachwassers erfolgt in vorgeschalteten Schlammsammlern. Angeschlossen sind dabei die extensiv begrünten Dachflächen. Die Glasflächen des Daches, die periodisch gereinigt werden müssen, werden in die Kanalisation entwässert. Die Versickerungsanlagen können die Regenabflussmenge des Vollausbaus aufnehmen.

■ **Zusammenspiel.** Für eine erfolgreiche Planung und Realisierung des hochkomplexen Projektes waren Zusammenspiel und Verständnis oberstes Credo. Neben der Realisierung guter, nachhaltiger Architektur wurden die Bedürfnisse der Nutzerinnen und Nutzer mit dem Kosten- und Terminrahmen in Einklang gebracht.

Abbildung 72:  
FHNW Olten –  
Tageslichtwirkung.

Abbildung 73:  
FHNW Olten –  
Tragwerk. Decken-  
stärke in Abhängig-  
keit der Spann-  
weite.



Spannweite 12 m–14 m, Deckenstärke 60 cm

Spannweite 10 m, Deckenstärke 45 cm

Spannweite 6 m–8 m, Deckenstärke 30 cm

## 5. 5 Quellen und Tools

### Quellen

- Einmaleins. Nachhaltiges Bauen für Bauherren und Planer. Stadt Zürich, Amt für Hochbauten, 2009: [www.stadt-zuerich.ch/nachhaltiges-bauen](http://www.stadt-zuerich.ch/nachhaltiges-bauen) → Vorgaben nachhaltiges Bauen
- Klima als Entwurfsmotor – Architektur und Energie. Christian Hönger, Roman Brunner, Urs-Peter Menti und Christoph Wieser, herausgegeben von Tina Unruh. Quart Verlag, Luzern, 2013 (2., aktualisierte und erweiterte Auflage), ISBN 978-3-03761-072-5
- Nachhaltig konstruieren: Vom Tragwerksentwurf bis zur Materialwahl – Gebäude ökologisch bilanzieren und optimieren. Sebastian El khouli, Viola John, Martin Zeumer: Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co. KG, München, 2014, ISBN 978-3-95553-217-8
- Systemtrennung. Kanton Bern, Amt für Grundstücke und Gebäude: [www.bve.be.ch](http://www.bve.be.ch) → Amt für Grundstücke und Gebäude → Mandate
- Vogelkiller Glas, Tipps zum Vogelschutz. Schweizerische Vogelwarte, 2009. [www.vogelglas.info](http://www.vogelglas.info)

### Tools

- Minergie-Eco-Vorgabenkataloge und Umsetzungsanweisungen für Neubauten und Modernisierungen, Gebäudekonzept: [www.minergie.ch](http://www.minergie.ch) → Dokumente & Tools → Minergie-Eco
- Nachweis Vogelschutz: [www.minergie.ch](http://www.minergie.ch) → Dokumente & Tools → Minergie-Eco → Nachweise
- Checkliste effizienter Einsatz von Trinkwasser: [www.minergie.ch](http://www.minergie.ch) → Dokumente & Tools → Minergie-Eco → Checklisten

# Materialien und Bauprozesse

## 6.1 Übersicht

### Stofffluss Bauwerk Schweiz

■ **Materialbedarf der Schweiz.** In der Schweiz belief sich im Jahr 2013 der durchschnittliche Materialbedarf – von der Rohstoffgewinnung bis zum fertigen Produkt – auf jährlich 11,2 Tonnen pro Einwohner. 53 Massen-% davon sind mineralisch, weitere 20% bestehen aus Biomasse (Nahrungs- und Futtermittel sowie Holz). Der Rest verteilt sich auf fossile Energieträger (17%) sowie Metalle (4%). Der Anteil der Materialimporte ist nach wie vor zunehmend, was auch eine Verlagerung der damit verbundenen Umweltbelastungen von der Schweiz ins Ausland zur Folge hat. Die Schweiz zählt zu den 20 Ländern mit dem grössten Materialumsatz pro Kopf der Bevölkerung.

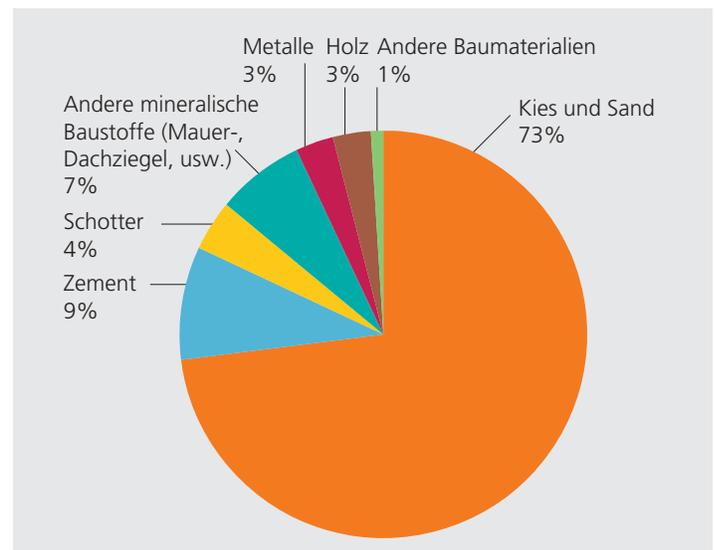
■ **Baustoffe.** Schweizweit benötigt die Bauwirtschaft jedes Jahr rund 55 Millionen Tonnen Baustoffe, rund die Hälfte des gesamten Materialbedarfs der Schweiz. 93% der neuen Baumaterialien sind mineralisch (Abbildung 74). Kies und Sand bilden 73% der Zuflüsse an Baumaterialien. Rund 80% davon stammen aus dem Inland. In einigen Regionen wie zum Beispiel im Kanton Genf werden diese nicht erneuerbaren Materialien jedoch allmählich knapp. Als Folge ergeben sich manchmal erhebliche Transportwege. Die Rohmaterialien, inklusive Aushub, machen nahezu 40% der Transporte aus, die mit inländischen schweren Güterfahrzeugen befördert werden.

■ **Mineralische (Recycling-)Baustoffe.** In der Schweiz werden heute jährlich rund 50 Millionen Tonnen mineralische Baustoffe verbaut, davon drei Viertel im Hochbau. Gleichzeitig fallen 10 Millionen Tonnen mineralische Bauabfälle an, welche zu 80% wiederverwertet und als Sekundärbau- stoffe eingesetzt werden. Die aufbereiteten Recyclinggranulate werden nach wie vor zu einem grossen Teil in loser Form im Tiefbau eingesetzt. Um das steigende Bau- abfallvolumen aufzufangen, muss vor al-

lem der Anteil aus Mischabbruch erheblich gesteigert werden. Würden alle Bauherren für Konstruktions- und Magerbeton konsequent auf Recyclingprodukte setzen, könnten bereits heute alle anfallenden Rückbaumaterialien wiederverwertet werden. Kommt es zu einer forcierten Erneuerung des Gebäudeparks in den kommenden Jahrzehnten, ist mit einem stark anwachsendes Volumen an Rückbaumaterialien zu rechnen, wie Untersuchungen am Bauwerk Stadt Zürich belegen.

■ **Rückbau und Aushub.** Um eine hohe Qualität der Rückbaustoffe sicherzustellen, ist eine Qualitätssicherung der Rückbau- und Aushubarbeiten unerlässlich. Bewährt hat sich ein Vorgehen mit einem Konzept für eine effiziente Materialbewirtschaftung in der Projektierung, ökologischen Vorgaben zu Verwertungsquoten und Transportdistanzen in der Submission und einem Controlling in der Ausführung. Damit können heute bei Rückbauprojekten über 90 Massen-% verwertet werden. Bei Sanierungsprojekten variiert die Verwertungsquote stärker, wobei ein Wert von 75% angestrebt wird. Mit einem derartigen Vorgehen lässt sich auch ein erhebliches ökonomisches Sparpotenzial realisieren (vor allem bei Transportdistanzen, angestrebt wird Durchschnitt unter 20 km, Einweg).

Abbildung 74: Zusammensetzung der Zuflüsse an neuen Baumaterialien in der Schweiz, Mittelwert 2002–2007 (Quelle: Bundesamt für Statistik).

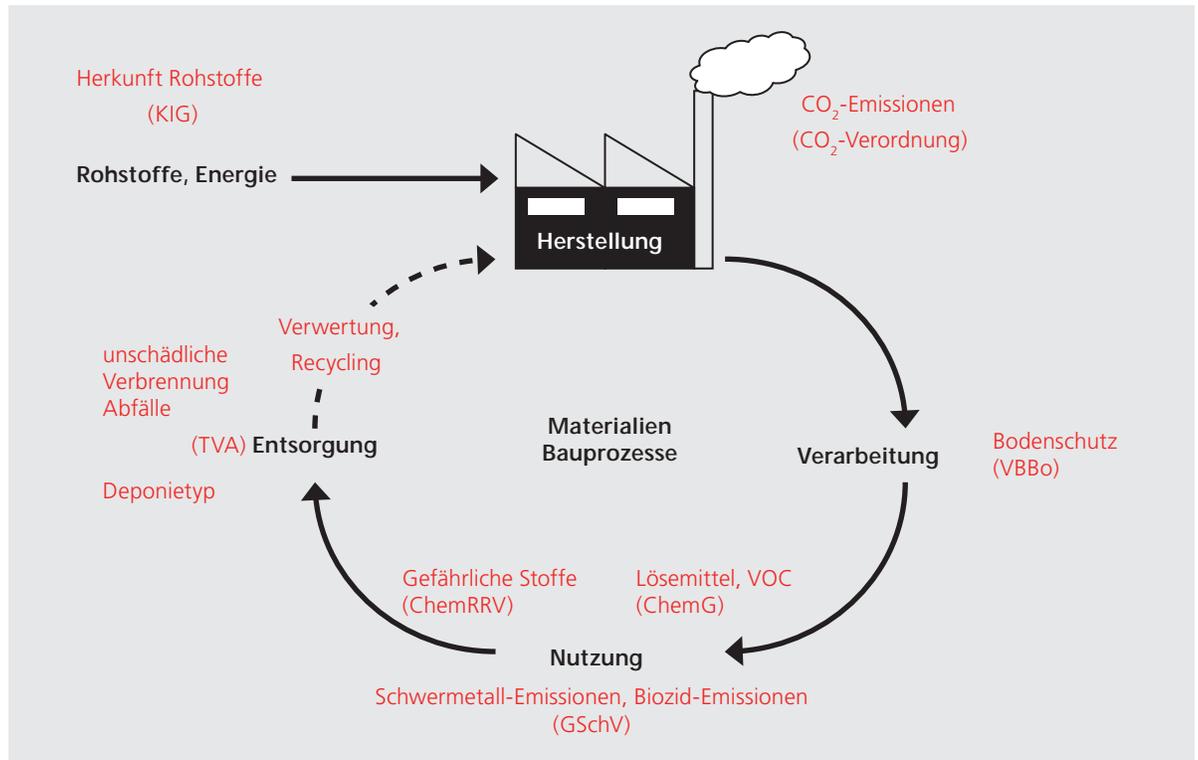


## Gesetzgebung

Es ist Aufgabe der Gesetzgebung, die Leitplanken festzulegen, innerhalb der sich die Bautätigkeiten zu bewegen haben (Abbildung 75, Tabelle 22). Minergie-Eco unterstützt die gesetzlichen Bestrebungen in Bereichen, in denen der Vollzug wenig ausgebaut ist und ergänzt sie dort, wo Lücken bestehen. Bei der Anwendungseinschränkung von besonders problema-

tischen Stoffen (ChemRRV) zum Beispiel hinkt das Gesetz den technischen Entwicklungen bei den Bauprodukten hinterher. Der Gesetzgeber kann erst aktiv werden, wenn Beeinträchtigungen der Umwelt zweifelsfrei nachgewiesen sind. Minergie-Eco wendet einen strengeren Massstab an und lenkt den Fokus vorsorglich auf Bauprodukte mit weniger problematischen Stoffen.

Abbildung 75: Ausgewählte Umweltbelastungen im Lebenszyklus von Baumaterialien und durch Bauprozesse sowie entsprechende gesetzliche Regelungen in Klammern, Abkürzungen siehe Tabelle 22.



Gesetz, Verordnung	Ziele
KIG Konsumenteninformationsgesetz	Objektive Konsumenteninformation durch Warendeklaration Einsatz von zertifiziertem Holz
CO <sub>2</sub> -Verordnung	Reduktion von Treibhausgasemissionen im Industriesektor Einsatz von CO <sub>2</sub> -reduziertem Zement
VBBo Verordnung über Belastungen des Bodens	Langfristiger Erhalt der Bodenfruchtbarkeit Bodenschutzkonzept und Umsetzung in der Bauphase
GSchV Gewässerschutzverordnung	Schutz der Gewässer vor nachteiligen Einwirkungen Reduktion von Schwermetall- oder Biozid-Emissionen in Gewässern
ChemG Chemikaliengesetz	Informationen über Gefährdungen durch Schadstoffe in Innenräumen Bevorzugung von Baustoffen mit wenig Lösemittel resp. VOC-Emissionen
ChemRRV Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung	Reduktion von Risiken beim Umgang mit bestimmten besonders gefährlichen Stoffen, Zubereitungen und Gegenständen Bevorzugung von Baustoffen ohne gefährliche Inhaltstoffe
TVA Technische Verordnung über Abfälle	Trennung von Bauabfällen für verschiedene Entsorgungswege (Deponie, Verbrennung, Verwertung) Bevorzugung von Baustoffen mit funktionierendem Recycling, problemloser Verbrennung oder Deponierbarkeit

Tabelle 22: Ausgewählte baurelevante Gesetze respektive Verordnungen und der Einfluss von Minergie-Eco (rot).

### SIA 493 Deklaration ökologischer Merkmale von Bauprodukten (Deklarationsraster)

Die Empfehlung SIA 493 «Ökologische Merkmale von Bauprodukten» ist die wichtigste Umweltdeklaration für materialökologische Fragen in der Schweiz und existiert seit dem Jahr 1992. Seither wurde sie periodisch dem Stand der Technik und der Gesetzgebung angepasst.

Der Deklarationsraster ist eine Verständigungsnorm zwischen Herstellern und Anwendern. Er hat zum Ziel, den Adressaten eine Produktwahl nach ökologischen Gesichtspunkten zu ermöglichen. Die wesentlichen Produktmerkmale werden in einem festgelegten Raster aus 14 Produktgruppen und 33 Merkmalen, davon 23 mit ökologischem Inhalt, zur Verfügung gestellt. Die Interpretation ist relativ anspruchsvoll und erfordert von den Anwendenden gewisse chemische und physikalische Kenntnisse. Für die Richtigkeit der in den Deklarationsrastern enthaltenen Produktinformationen sind grundsätzlich die Deklarierenden bzw. die Herstellerfirmen verantwortlich (Selbstdeklaration).

■ **Produktgruppen.** Die Produktgruppen werden aufgrund ähnlicher Funktionen im Bauwerk oder nach ihrer chemischen Verwandtschaft gebildet (Tabelle 23). Die Deklaration der Merkmale folgt dem «Lebenslauf» eines Bauproduktes.

Nr.	Produktgruppe
01	Beton, Mauersteine und andere Massivbaustoffe
02	Mörtel und Putze
03	Flachglas
04	Metallbaustoffe
05	Holzwerkstoffe
06	Klebstoffe
07	Fugendichtungsmassen und Flüssigkunststoffe
08	Dichtungsbahnen und Schutzfolien
09	Dämmstoffe
10	Tapeten
11	Bodenbeläge
12	Türen
13	Rohre
14	Beschichtungen und Verbundmaterialien

Tabelle 23: Produktgruppen des Deklarationsrasters.

■ **Herstellung.** Die Zusammensetzung, die Lösemittlemissionen und die graue Energie (Kapitel 7) erlauben es, eine grobe Beurteilung der Umweltbelastung durch die Herstellung eines Produktes vorzunehmen. Dabei ermöglicht die Art und Weise, wie die Zusammensetzung deklariert werden muss, eine grobe Abschätzung der grauen Energie.

■ **Verarbeitung.** In der Verarbeitungsphase beschränkt sich die Deklaration auf ausgewählte arbeitshygienische Risiken und Lösemittlemissionen. Aufgrund ihrer besonderen Bedeutung sind sensibilisierende Stoffe und lungengängige Fasern im unverarbeiteten Ausgangsprodukt speziell zu deklarieren.

■ **Nutzung.** Aussagen über Emissionen während der Nutzung von Bauprodukten

Tabelle 24: R-Sätze (Risikosätze) gemäss Klassierungssystem nach EU-Recht mit k.o.-Risiko-Sätzen, die chronische oder irreversible Schäden verursachen (blau) gemäss eco-devis-Methodik.

R-Satz	Gefahrenhinweis
20	Gesundheitsschädlich beim Einatmen
21	Gesundheitsschädlich bei Berührung mit der Haut
22	Gesundheitsschädlich beim Verschlucken
23	Giftig beim Einatmen
24	Giftig bei Berührung mit der Haut
25	Giftig beim Verschlucken
26	Sehr giftig beim Einatmen
27	Sehr giftig bei Berührung mit der Haut
28	Sehr giftig beim Verschlucken
33	Gefahr kumulativer Wirkungen
39	Ernste Gefahr irreversiblen Schadens
40	Verdacht auf krebserzeugende Wirkung
45	Kann Krebs erzeugen
46	Kann vererbare Schäden verursachen
49	Kann Krebs erzeugen beim Einatmen
50	Sehr giftig für Wasserorganismen
51	Giftig für Wasserorganismen
52	Schädlich für Wasserorganismen
53	Kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkung haben
58	Kann längerfristig schädliche Wirkungen auf die Umwelt haben
59	Gefährlich für die Ozonschicht
60	Kann die Fortpflanzungsfähigkeit beeinträchtigen
61	Kann das Kind im Mutterleib schädigen
62	Kann möglicherweise die Fortpflanzungsfähigkeit beeinträchtigen
63	Kann das Kind im Mutterleib möglicherweise schädigen
64	Kann Säuglinge über die Muttermilch schädigen
68	Irreversibler Schaden möglich

sind zum Zeitpunkt der Deklaration praktisch nicht möglich. Der Hersteller muss darum Angaben zu Gefahrenpotenzialen machen. Als ökologisch und toxikologisch relevante Bestandteile werden Substanzen bezeichnet, die chemisch nicht gebunden im ausgehärteten Produkt vorliegen und ausgewählte Risikosätze (R-Sätze) aufweisen (Tabelle 24). Sie müssen in Massen-% deklariert werden. Die Deklaration macht keine Aussagen zur Austretenswahrscheinlichkeit.

Zusätzlich können Schwermetallemissionen und ausgewählte Emissionsstandards deklariert werden. Die Emissionsstandards machen Aussagen zu Formaldehydemissionen aus Holzwerkstoffen (Lignum CH 6.5) sowie Schadstoffemissionen aus Teppichbelägen (GUT) und Verlegewerkstoffen (EMICODE).

■ **Entsorgung.** Schliesslich werden die Eigenschaften der Bauprodukte im Hinblick auf ihre Entsorgung deklariert. Als mögliche Entsorgungswege kommen die Verwertung, die Verbrennung und die Ablagerung auf Deponien in Frage (Tabelle 25). Bei der Verbrennung steht der Schadstoffgehalt der zu verbrennenden Bauprodukte im Mittelpunkt. Die Zielwerte orientieren sich am durchschnittlichen Schadstoffgehalt im Siedlungsabfall. Baustoffe, die nicht verwertbar und nicht brennbar sind, können auf Inertstoffdeponien abgelagert werden.

### eco-devis

eco-devis ist eine Interpretation und Bewertung der Informationen aus den Deklarationsrastern.

■ **Methodik.** Die Methodik, die dahinter steht, ist in einem ausführlichen Bericht beschrieben. Die ursprüngliche Methode stammt aus dem Jahr 1996 und wurde 1998 in Zusammenarbeit mit der schweizerischen Bauwirtschaft überarbeitet. Seither wurde sie laufend den in der Praxis angewandten Verfahren angepasst.

Wird in der Schweiz ein Bauprodukt einer materialökologischen Beurteilung unterzogen, dann geschieht dies häufig nach der eco-devis-Methode. eco-devis ist ein Kernelement der Materialökologie und in ein komplexes Umfeld aus normativen und wissenschaftlichen Elementen eingebunden. Bauökologie-Instrumente wie zum Beispiel die Eco-BKP-Merkblätter oder Minergie-Eco verwenden Resultate aus eco-devis.

■ **Funktionseinheit.** eco-devis vergleicht Leistungen und Materialien innerhalb ganz bestimmter Anwendungen und Funktionen des Hochbau-Normpositionenkataloges NPK (Stand April 2015: 39 bearbeitete NPK-Kapitel). Man geht davon aus, dass in der Regel zum Zeitpunkt der Ausschreibung innerhalb dieser Funktionseinheiten (Tragschicht, Schutzschicht, Dichtungsschicht, Nutzschiicht, Dämmschicht etc.) noch ein Spielraum besteht. Mit eco-devis lassen sich keine Konstruktionen oder ganze Gebäude beurteilen. eco-devis entspricht einem materialökologischen «Einzelbauteilnachweis» und ist auf die Details der Bauökologie ausgerichtet. Dabei gelten folgende Indikatoren:

■ **Herstellung.** Für die ökologische Beurteilung wird die graue Energie als quantita-

Verwertung	Verbrennung	Deponierbarkeit
<p>Als Verwertbar gelten Materialien, bei denen die Verwertung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ ökologisch sinnvoll ist</li> <li>■ die Hauptbestandteile stofflich verwertet werden können</li> <li>■ die Logistik und Technologie vorhanden ist und</li> <li>■ die Rücknahmebedingungen (Qualität, Kosten) definiert sind.</li> </ul>	<p>Zielwert unterschritten darf für Baustoffe deklariert werden, die</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ brennbar sind (VKF Brandschutzrichtlinie: Brennbarkeitsgrad &lt; 6/6q, Klasse &lt; A1/A2) und</li> <li>■ definierte Gehalte für Halogene (Br ≤ 100mg/kg, Cl ≤ 5000mg/kg, F ≤ 100 mg/kg) und Schwermetalle (Cd ≤ 5 mg/kg, Cu ≤ 500 mg/kg, Hg ≤ 0,1 mg/kg, Pb ≤ 500 mg/kg, Sb ≤ 50 mg/kg, Sn ≤ 50 mg/kg, Zn ≤ 1000 mg/kg) nicht überschreiten.</li> </ul>	<p>Dafür müssen die Baustoffe</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ nicht brennbar sein (VKF Brandschutzrichtlinie: Brennbarkeitsgrad 6/6q, Klasse A1/A2)</li> <li>■ einen Anteil an Gestein oder gesteinsähnlichem Material von &gt; 95 Massen-% bzw. einen organischen Anteil &lt; 5 Massen-% haben.</li> </ul>

Tabelle 25: Entsorgungseigenschaften von Bauprodukten gemäss Deklarationsraster. VKF: Vereinigung kantonaler Feuerversicherungen

tiver Indikator für die Umweltbelastung durch die Herstellung verwendet.

■ **Nutzung.** Während der Nutzung steht das Vorhandensein von relevanten Bestandteilen in Materialien im Vordergrund. Enthält ein Baumaterial einen relevanten Bestandteil, dann führt dies dazu, dass es im Vergleich zu Materialien mit dem gleichen Einsatzgebiet schlechter beurteilt wird. Ein Spezialfall sind Baumaterialien mit Bestandteilen, die chronische oder irreversible Schäden verursachen können (k.o.-R-Sätze 33, 39, 40, 45, 46, 49, 60, 61, 62, 63, 64, 68; vergleiche Tabelle 24). Baumaterialien mit solchen Bestandteilen werden im eco-devis nicht gekennzeichnet.

■ **Entsorgung.** Für eine problemlose Entsorgung muss ein Material entweder verwertbar sein, die Verbrennungszielwerte unterschreiten (unschädlich verbrennbar) oder auf Inertstoffdeponien abgelagert werden können.

■ **Kennzeichnung.** Als Resultat der ökologischen Beurteilung erfolgt eine Kennzeichnung in zwei Stufen (Abbildung 76):

- Mit einer Empfehlung 1. Priorität werden jene Materialien als «ökologisch interessant» gekennzeichnet, die eine deutlich niedrigere graue Energie aufweisen als der Durchschnitt innerhalb der betrachteten Funktionseinheit, die keine relevanten Bestandteile enthalten und die eines der Entsorgungskriterien erfüllen.

- Mit einer Empfehlung 2. Priorität können Leistungen und Materialien unter bestimmten Voraussetzungen als «ökologisch bedingt interessant» gekennzeichnet werden, falls sie ein Kriterium nicht erfüllen.

**Tipp!** Die Resultate aus eco-devis finden Sie in den wichtigsten Devisierungsprogrammen integriert. Gekennzeichnete Positionen werden je nach Softwareanbieter farblich (z. B. hell- oder dunkelgrün) oder mit Buchstaben («E», «e») hervorgehoben und bieten Ihnen eine einfache Unterstützung, um die ökologischen Aspekte bei der Devisierung zu berücksichtigen (Abbildung 77).

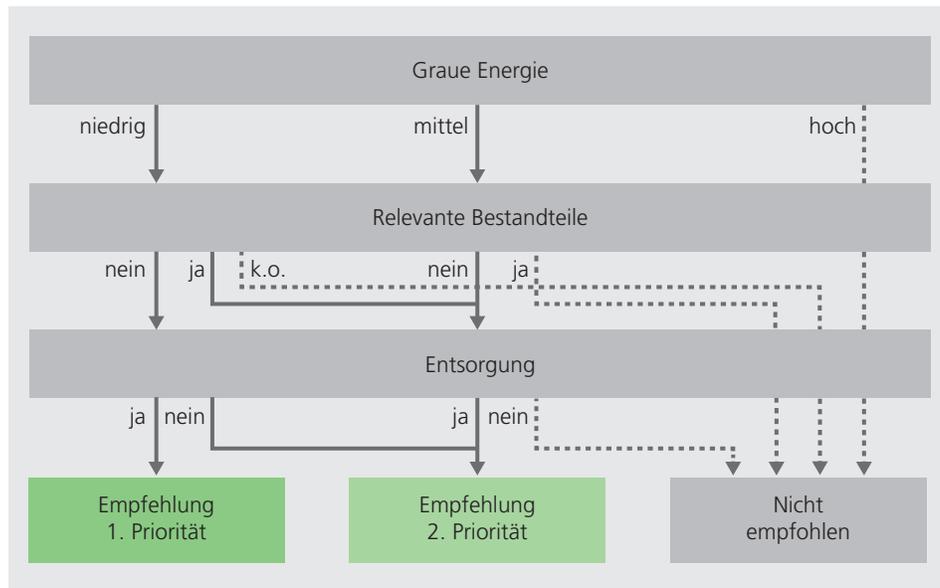


Abbildung 76: eco-devis-Kennzeichnungssystem für Leistungen und Materialien mit Empfehlungen 1. und 2. Priorität.

200		<u>Elastische Beläge, Ausschreibungsart 1 nach Norm SIA 753</u>
	210	Bodenbeläge
	211	Elastische Bodenbeläge aus Linoleum liefern und verlegen auf gereinigten, vorbereiteten Untergrund.
E	.200	Anwendungsbereich gewerblich genutzte Räume.
E	.220	Klasse 33.
	.220 01	Marke, Typ .....
E	.221	d mm 2,5. Bahnen, Bahnenbreite m 2,00. Vollflächig kleben mit nicht leitfähigem Klebstoff. Dessin marmoriert. In rechteckigen Räumen. Keine Anforderungen bezüglich elektrostatischer Eigenschaften.
		... m <sup>2</sup> A <input type="checkbox"/>
	212	Elastische Bodenbeläge aus Kunststoff liefern und verlegen auf gereinigten, vorbereiteten Untergrund.
	.200	Anwendungsbereich gewerblich genutzte Räume.
	.220	Klasse 33.
	.282	bis.289 wie .281

Abbildung 77: Auszug der Resultate des eco-devis 663 «Beläge in Linoleum, Kunststoffen, Textilien und dgl.» in der Devisierungs-Software Provis.

## 6. 2 Lösungsansätze

### Montage- und Abdichtungsarbeiten

Montage- und Füllschäume (Montageschäume, Füllschäume, Dämmschäume oder anders bezeichnete Schaumprodukte aus der Dose) kommen oft dort zur Anwendung, wo unter Zeitdruck und unsorgfältig gearbeitet wird, woraus qualitative Mängel resultieren (Abbildung 78). Insofern ist eine Baustelle ohne Montage- und Füllschäume auch ein Qualitätsmerkmal von Minergie-Eco.

■ **Ökologische Eigenschaften.** Montage- und Füllschäume haben auch verschiedene unerwünschte ökologische Eigenschaften:

- Dämmschäume haben bei vergleichbarer Funktionalität (1 m<sup>3</sup> Füllvolumen) in den meisten Fällen eine deutlich höhere graue Energie als die «konventionellen» Alternativen (Schaumstoffschnüre, Seidenzöpfe, Stopfwohle, Gips- und Zementmörtel).

- Dämmschäume enthalten in der Regel umwelt- und gesundheitsrelevante Bestandteile (vergleiche relevante Bestandteile). Dazu gehören halogenierte Flammschutzmittel wie TCPP (Tris(2-chlorisopropyl)-phosphat) oder Chlorparaffine in Produkten, die erhöhte Brandschutzanforderungen erfüllen. Weitere mögliche problematische Inhaltstoffe sind Katalysatoren und Weichmacher.

- Der Einsatz von Dämmschäumen ist aus Sicht der Rückbaufähigkeit von Bauteilen und der Trennbarkeit der Materialien unerwünscht. Eine saubere Materialtrennung

und Sammlung ist in der Praxis nicht umsetzbar.

- Produkte, die erhöhte Brandschutzanforderungen erfüllen, können nicht unschädlich verbrannt werden.

- Dämmschäume enthalten erhebliche Mengen an Treibmittel. Zwar wurden die ozonschichtabbauenden oder stark treibhauswirksamen FCKW (Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe) in den vergangenen Jahren verboten und durch leichtflüchtige VOC (z. B. Propan, Dimethylether, Isobutan) abgelöst. Zum Teil gelangen aber auch noch HFKW (Teilhalogenierte-Fluor-Kohlenwasserstoffe) zum Einsatz. Die Treibmittel gelangen bei der Verarbeitung bestimmungsgemäss in die Atmosphäre. Dort entfalten sie ihre Wirkung als (schwache) Treibhausgase und Vorläufersubstanzen für bodennahes Ozon (Sommersmog). Beides ist aus lufthygienischer Sicht unerwünscht.

■ **Ausschlusskriterium.** Der Einsatz von Montage- und Füllschäumen gilt bei Minergie-Eco als Ausschlusskriterium.

### Schwermetalle

Schwermetall-Emissionen von Dächern, Fassaden und Abschlussmaterialien können Böden, Gewässer und Sedimente belasten. Aufgrund der langen Lebensdauer von Metallblechen dauern die Emissionen über Jahrzehnte an. Mögliche Belastungspfade sind Konzentrationsschübe in Gewässern und Anreicherung in Sedimenten bei einer Ableitung über den Trennkanal,



Abbildung 78: Typische Anwendung von Montage- und Füllschaum (Fotos: Stadt Zürich, Amt für Hochbauten).



Mischwasserüberläufe aus Mischkanalisationen bei Regenwetter sowie die lokale Anreicherung im Ober- und Unterboden bei Mulden- bzw. Schachtversickerung.

■ **Belastungspotenzial.** Als Belastungspotenzial wird die zu erwartende Metallbelastung von Gewässern, Sedimenten und Böden bezeichnet. Es berücksichtigt die Abschwemmrate von den Blechen, die Belastungspfade und die ökologische Wirkung der Metallemissionen. Am grössten ist das Belastungspotenzial bei Kupfer, Titanzink, Stahlblech verzinkt und Blei (Tabelle 26). Das gilt auch für alle Arten von vorpatinierten Kupfer- und Zinkmetallen. Bei Titanzink ergeben sich durch eine Grauvorpatinierung eine noch grössere Abschwemmrate und damit ein höheres Belastungspotenzial als bei unbehandeltem Titanzink.

Eine um den Faktor 10 reduzierte Abschwemmrate wird mit der elektrolytischen Verzinnung der Kupferbleche erreicht. Die

ausserordentlich dünne Zinnschicht vermag offensichtlich Kupfer dauerhaft zu schützen. Praktisch kein Belastungspotenzial haben Edelstähle (Chromstahl verzinkt, Chromnickelstahl) und Aluminium.

■ **Ausschlusskriterium.** Kupfer, Titanzink und verzinktes Stahlblech können unter bestimmten Bedingungen trotzdem eingesetzt werden. Kleinflächen unter 50 Quadratmeter sind vom Ausschlusskriterium ausgenommen. Bei grösseren Flächen ist ein Einsatz nur möglich, wenn das Dach- und Fassadenwasser gesammelt und über einen Schwermetallfilter abgeleitet wird. Die unerwünschten Schwermetalle verbleiben im Filtermedium (Abbildung 79).

Blei gehört zu den Stoffen mit besonders schwerwiegenden gesundheitlichen Auswirkungen (Defekte der Blutbildung, des Nervensystems und der Muskulatur). Der Einsatz von Blei oder bleihaltigen Materialien (z. B. bleihaltige Schalldämmmatten) ist bei Minergie-Eco darum grundsätzlich ausgeschlossen.

■ **Kosten.** Bei den Metallblechen sind auch Minderkosten möglich. Bleche in verzinnem Chromstahl sind zum Beispiel deutlich günstiger als die entsprechenden Kupferbleche.

### Holzauswahl

Wälder haben vielfältige Funktionen, die weit über die Bereitstellung des Rohstoffes Holz hinausgehen. Sie sind Quellen für Nahrungsmittel und andere Rohstoffe, kühlen die Atmosphäre, speichern das Treibhausgas CO<sub>2</sub> (Kohlendioxid) und pro-

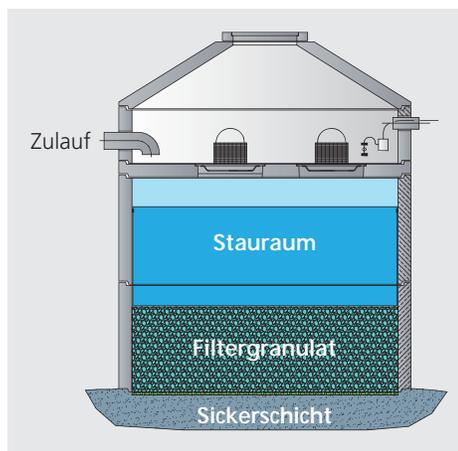


Abbildung 79:  
Metalldachfilter  
(Grafik: Mall  
GmbH).

Metall	Farbe, Alterung	Belastungspotenzial	Anwendung bei Minergie-Eco
Aluminium	Von silberglänzend nach stumpf, silbergrau	Gering	Ohne Einschränkung
Blei	Mattsilbern	Stark	Ausgeschlossen
Chromnickelstahl blank	Silbergrau (verschiedene Oberflächenbehandlungen)	Gering	Ohne Einschränkung
Chromstahl verzinkt	Mattsilbern		
Kupfer blank, voroxidiert, vorpatiniert	Von rotglänzend über matt-braun nach grün (Grünspan)	Stark	Ab 50 m <sup>2</sup> Anwendung ohne Metallfilter ausgeschlossen
Kupfer verzinkt	Von silbergrau nach matt-graugrün	Gering	Ohne Einschränkung
Stahl verzinkt	Silbergrau	Mittel bis stark	Ab 50 m <sup>2</sup> Anwendung ohne Metallfilter ausgeschlossen
Titanzink walzblank, vorpatiniert	Von hellgrau nach blau- bis schiefergrau		

Tabelle 26: Belastungspotenzial von Metallblechen. Anwendung bei Minergie-Eco.

duzieren Sauerstoff. Sie beherbergen zwei Drittel aller an Land lebender Arten, speichern Wasser, schützen vor Überschwemmungen und Lawinen und bewahren den Boden vor Erosion. Trotzdem sind die Wälder bedroht. Waldbrände durch Übernutzung, illegaler Holzschlag und Umwandlung in Soja- und Palmölplantagen sind die grössten Bedrohungen. Holzlabel geben Gegensteuer zu diesen Entwicklungen.

■ **Holzlabel.** Zu den wichtigsten Holzlabeln gehören Forest Stewardship Council (FSC), Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes (PEFC) und Herkunftszeichen Schweizer Holz (HSH). In den zentralen Anforderungen sind die Holzlabel vergleichbar und verlangen

- eine nachhaltige Produktion und Bewirtschaftung
- die legale Holznutzung
- Mischbestände statt Monokulturen
- keine Düngung zur Ertragssteigerung
- das Respektieren der Rechte indigener Völker
- und die Kontrolle dieser Anforderungen

Zudem machen sie die Herkunft des Holzes transparent. Neben den Wäldern wird auch die weitere Verarbeitungskette zertifiziert, im Idealfall vom Baum im Wald bis zum eingebauten Holz im Gebäude. Eine mögliche FSC-Kette verläuft zum Beispiel vom Sipo-Baum im kongolesischen Wald über eine Handelsfirma, die Türenfabrik Brunegg AG bis zum zertifizierten Türrohling Brunex CompactMaxima, FSC-zertifiziert mit Sipo-Einleimer.

Was fehlt, ist ein FSC-zertifizierter Schreinerbetrieb, der das letzte Glied der Verarbeitungskette schliesst, indem er den zertifizierten Türrohling fertigstellt und beim Kunden einbaut. Diese Situation ist leider der Normalfall. Von den über 2000 Mitgliederbetrieben aus dem Verband Schweizerischer Schreinermeister und Möbelfabrikanten (VSSM) sind nur wenige Betriebe FSC-zertifiziert. Ähnlich verhält es sich mit den Labels PEFC und HSH. Auf Stufe Waldwirtschaft, Holzverarbeitung und Handel funktioniert das System hingegen gut. Für den Besteller ist es darum kaum möglich, für die Ausschreibung von

FSC-, PEFC- oder HSH-zertifizierte Betriebe zu verlangen. Die Zertifizierungskette muss eine Stufe verkürzt werden und enthält folglich «nur» zertifiziertes Material. Ein Teil der Kontrollarbeit, welche die Holzlabel leisten sollten, wird so zum Besteller verlagert.

**Tipp!** Prüfen Sie die Verfügbarkeit von zertifiziertem Material anhand von Datenbanken (FSC, PEFC) oder Listen (HSH). Die Kontrolle, ob im konkreten Bauprojekt tatsächlich zertifiziertes Material eingesetzt wird, liegt aber beim Besteller und muss anhand von Lieferscheinen überprüft werden. Die Plausibilisierung der Angaben kann anhand des Lieferdatums und der gelieferten Mengen durchgeführt werden.

■ **Ausschlusskriterium.** Der Einsatz aussereuropäischer Hölzer und Holzwerkstoffe ohne FSC, PEFC oder gleichwertiges Label ist bei Minergie-Eco ausgeschlossen. Man geht davon aus, dass das Risiko von illegaler und nicht nachhaltiger Holznutzung ausserhalb Europas besonders hoch ist. Einen Schutz geniessen damit auch die tropischen Wälder, die grosse Mengen an Kohlendioxid speichern. Zusatzpunkte sind möglich, wenn das eingesetzte Holz restlos zertifiziert ist.

■ **Kosten.** Zertifiziertes Holz oder Holzwerkstoffe können Mehrkosten im Einkauf verursachen. Im Vergleich zu den Kosten der Arbeitsleistung sind diese Materialmehrkosten aber wenig relevant.

### Mineralische Recyclingbaustoffe

■ **Definition.** Als Recyclingbeton (RC-Beton) wird ein Beton nach Merkblatt SIA 2030 und SN EN 206-1 (nationaler Anhang) bezeichnet, der zu 25 bis 100 Massenprozent aus rezyklierter Gesteinskörnung besteht. Als rezyklierte Gesteinskörnung gilt Material, das zuvor in einem Bauwerk eingesetzt war. Beim Recyclingbeton RC-C wird Betongranulat C, das aus aufbereitetem Betonabbruch gewonnen wird, eingesetzt. Der Recyclingbeton RC-M enthält Mischgranulat M, das ausschliesslich aus mineralischen Bauabfällen von Massivbauteilen gewonnen wird. Recyc-



lingbaustoffe für den Massivbau, die in Minergie-Eco bewertet werden, zeigt Tabelle 27. Die KBOB-Empfehlung «Beton aus rezyklierter Gesteinskörnung» enthält Empfehlungen für Bauherren, Projektleitende und Planende.

■ **Regionale Verfügbarkeit.** Die regionale Verfügbarkeit der Betonsorten für Recycling-Konstruktionsbeton, Recycling-Füll-, -Hüll- und -Unterlagsbeton sowie Recycling-Kiessand ist frühzeitig abzuklären. Besteht keine Bezugsmöglichkeit von Recyclingbeton im Umkreis von 25 km der Baustelle (Luftlinie) oder muss das Recyclingmaterial weiter als 25 km zum Betonwerk transportiert werden, so sind das Ausschlusskriterium von Minergie-Eco und die weiteren Vorgaben nicht anwendbar (Nachweis erforderlich; entsprechende Anleitung mit Formular auf Website Minergie). Falls die Gesteinskörnung des im Gebäude verbauten Betons weitgehend mit dem Aushubmaterial des Bauvorhabens abgedeckt werden kann, so ist die zuständige Zertifizierungsstelle befugt, im Einzelfall Ausnahmen von diesem Ausschlusskriterium zu bewilligen.

■ **Volumenanteil an Recyclingbeton.** Es wird ein möglichst hoher Volumenanteil an Bauteilen aus Recyclingbeton (gemäss Merkblatt SIA 2030) angestrebt, bezogen auf die Masse der Betonkonstruktionen, für die Recyclingbeton grundsätzlich angewendet werden kann (inklusive Füll-, Hüll- und Unterlagsbeton).

■ **Ausschlusskriterium.** Wie die Beispiele in der KBOB-Empfehlung zeigen, kann bei Neubauten ein Volumenanteil von gegen 100 % an Bauteilen aus Recyclingbeton erreicht werden. Bei Neubauten nach Minergie-Eco gilt ein Volumenanteil von weniger als 50 % als Ausschlusskriterium, vorbehaltlich der Verfügbarkeit in der Region.

■ **Modernisierung.** Bei Minergie-Eco-Modernisierungen sind die Einsatzmöglichkeiten von Recyclingbeton je nach Eingriffstiefe sehr beschränkt. Die Erreichung eines Volumenanteils von 50 % ist deshalb kein Ausschlusskriterium.

■ **Anwendungen.** Recyclingbeton eignet sich für die meisten Anwendungen im Hochbau. Auch Sichtbetonflächen sind mit RC-C gut realisierbar. Am Erscheinungsbild der Oberfläche sind keine Unterschiede sichtbar. Auch weisse Wannen sind mit Recyclingbeton realisierbar, die fachgerechte konstruktive Ausbildung vorausgesetzt.

Ausnahmen für RC-C bilden zum Beispiel:

- Spezialbetone im Frost- respektive Tausalzbereich oder Beton mit sehr hohen Festigkeitswerten (zurzeit über C40/50).
- Betonfertigteile werden zurzeit mit Primärmaterial (Rundmaterial) hergestellt. Mit schlanken Bauteilen liegen bisher keine Erfahrungen vor. Es ist denkbar, dass künftig auch Betongranulat zur Anwendung kommen kann.

Baustoff	Definition, Anforderung
Recyclingbeton RC-C	Recyclingbeton nach Eigenschaften: Mindestgehalt für Bestandteile $R_c$ (Betongranulat) + $R_b$ (Mischgranulat) beträgt 25 %
Recyclingbeton RC-C mit erhöhtem Gehalt an Recyclinggesteinskörnung	Recyclingbeton nach Eigenschaften: Mindestgehalt für Bestandteile $R_c$ (Betongranulat) + $R_b$ (Mischgranulat) mindestens 40 %, Höchstgehalt des Bestandteils $R_b$ (Mischgranulat) beträgt 5 % Material aus Bodenwäsche kann anstelle von $R_c$ für den über das Minimum von 25 % hinausgehenden Rezyklat-Anteil angerechnet werden.
Recycling-Füll-, -Hüll- und -Unterlagsbeton	Recyclingbeton nach Zusammensetzung: Mindestgehalt der Bestandteile $R_c$ (Betongranulat) + $R_b$ (Mischgranulat) beträgt 80 %
Recycling-Kiessand	Für Hinterfüllungen, Auffüllungen, Materialersatz, Sauberkeitsschichten etc. wird Recycling-Kiessand A oder B eingesetzt.
Recyclingbeton RC-M	Recyclingbeton nach Eigenschaften: Mindestgehalt für Bestandteile $R_c$ (Betongranulat) + $R_b$ (Mischgranulat) beträgt 25 %, Mindestgehalt des Bestandteils $R_b$ (Mischgranulat) beträgt 5 %

$R_c$  = Anteil Betongranulat C;  $R_b$  = Anteil Mischgranulat M, ausgezählt nach SN 670 902-11-NA.

Tabelle 27: Wichtigste Recyclingbaustoffe (RC) für Minergie-Eco mit Begriffsdefinitionen und Anforderungen.

■ **Bemessung.** Bei der Bemessung von Bauteilen aus Recyclingbeton ist zu berücksichtigen, dass Recyclingbeton M gegenüber Primärbeton und RC-C einen geringeren E-Modul sowie ein grösseres Schwind- und Kriechmass aufweist. Damit die Verarbeitbarkeit und die Konformität von Recyclingbeton mit Primärbeton vergleichbar sind, kann Recyclingbeton eventuell – je nach verwendeter Gesteinskörnung und geforderten Eigenschaften – mehr Zement und Fließmittel benötigen.

■ **Einsatzbereich.** Die Wahl der Betonsorte ist je nach Einsatzbereich (Abbildung 80) mit der Lieferfirma zu bestimmen. Grundsätzlich soll für alle in Abbildung 80 aufgeführten Einsatzbereiche Recyclingbeton verwendet werden. Recyclingbeton M ist insbesondere als Konstruktionsbeton für Innenbauteile einsetzbar, die der Witterung entzogen sind.

Bei den Entscheiden zur Wahl der Betonsorte ist der Bauingenieur massgebend. Er handelt aufgrund seiner Erfahrung und der gültigen Normen. Der Einfluss von Bauherrnvorgaben ist hingegen eher beschränkt, wie eine Studie gezeigt hat.

■ **Ausschreibung.** Im Normpositionenkatalog (NPK) sind die gängigsten Sorten von RC-C als ökologisch interessant gekennzeichnet. Sie werden bereits in den meisten Festigkeitsklassen angeboten. RC-M ist unter bestimmten Voraussetzungen realisier-

bar. Der Elastizitätsmodul (E-Modul) ist als zusätzliche Eigenschaft zu definieren.

**Tipp!** In der Ausschreibung wird Recyclingbeton entsprechend seiner Eignung für Anwendungen bestellt und als Hauptposition dort offeriert, wo er innerhalb vernünftiger Distanz (Minergie-Eco: 25 km) verfügbar ist. Entsprechende Primärbetone werden zum Preisvergleich in Positionen (Positionen ohne Mengenangaben) gestellt.

■ **Umweltauswirkungen.** Durch den Einsatz von Recyclingbaustoffen anstelle von Primärbaustoffen werden bei den massenreichsten Baumaterialien die Umweltauswirkungen erheblich reduziert. Damit wird ein wichtiger Beitrag zur Schonung der Primärressourcen, zur Schliessung der Stoffkreisläufe wie auch zum Schutz der Landschaft geleistet. Bei den Treibhausgasemissionen und der grauen Energie sind die Vorteile bei einer höheren Zementdosierung jedoch gering, bleiben aber gemäss einer Ökobilanzuntersuchung bestehen, solange der Mehrverbrauch von Zement unter 10% und die Transportdistanzen unter 15 km liegen. Bezüglich der Schadstofffreisetzung ins Grundwasser haben Untersuchungen der Empa gezeigt, dass kein signifikanter Unterschied zwischen Recyclingbeton und Primärbeton besteht.

Abbildung 80: Geeignete Einsatzbereiche von Recyclingbeton RC-C aus Betongranulat und RC-M mit Mischgranulat (Quelle: KBOB).

Beispiele	Expositions-klasse*
<b>Hochbau</b>	
1 Wände, Decken, Treppen bewehrt innen, trocken	XC1, XC2
2 Aussenbereich, vor Regen geschützt	XC2, XC3
3 Aussenfassaden, wasserbenetzte Flächen	XC4, XF1
4 Wasserdichter Beton**	XC2, XC4
5 Sauberkeitsschicht	2CX, 1CX
6 Unterfangungen	
<b>Strassenbau</b>	
7 Fundamente für Kandelaber, Leitplanken, Lichtsignal- und Signalisationsanlagen	XC1, XC2
<b>Kanalisation, Werkleitungen usw.</b>	
8 Füll- und Hüllbeton	
9 Temporäre Böschungssicherung	0X
10 Rühlwände (je nach Anforderung)	X0 ... XC3

Geeignet für Beton RC-M, RC-C	M	C
Geeignet nur für Beton RC-C	C	

\* Gemäss SIA 262  
 \*\* Zusätzliche Anforderungen beachten  
 Die XF-Expositions-klassen benötigen Vorversuche. Die Frost- und Frosttausalzbeständigkeit von RC-Beton sind noch nicht nachgewiesen.

**Tipp!** Recyclingbeton enthält etwa gleich viel graue Energie wie konventioneller Beton, da er eine leicht höhere Zementdosierung erfordert. Das Verwenden von Recyclingbeton ist bezüglich der Schonung der endlichen Ressource Kies aber sinnvoll.

■ **Kosten.** Die Erfahrung zeigt, dass Recyclingbeton in der Tendenz leicht günstiger ist als Primärbeton. Es lohnt sich deshalb, in den Offerten zu prüfen, ob durch die Wahl von Recyclingbeton nicht nur ein Umweltvorteil, sondern auch ein Kostenvorteil erzielt werden kann. Falls in Einzelfällen der Einsatz von Recyclingbeton gegenüber Primärbeton zu erheblichen Mehrkosten führen sollte, so ist die zuständige Zertifizierungsstelle beauftragt, Ausnahmen von diesem Ausschlusskriterium zu bewilligen.

**CO<sub>2</sub>-reduzierte Zementarten**

Wie bei jedem Verbrennungsprozess bildet sich auch bei der Klinkerproduktion das Treibhausgas Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>). Zusätzlich gelangt geogenes CO<sub>2</sub> aus dem Kalkstein in die Luft. Gesamthaft entstehen pro Tonne Zement rund 680 Kilogramm CO<sub>2</sub> – 230 kg aus den Brennstoffen und rund 450 kg aus dem Gesteinsmehl. Durch Verwendung von Zementarten mit tiefem Portlandzementklinker-Anteil können die CO<sub>2</sub>-Emissionen reduziert werden. Für normal bean-

spruchte Betone können die Zementarten CEM III B (Hochofenzemente, Klinkeranteil 20 % bis 34 %) oder alternativ CEM III A (Hochofenzemente, Klinkeranteil 35 % bis 64 %) oder CEM II B (Portlandkompositzemente, Klinkeranteil 65 % bis 79 %) eingesetzt werden.

■ **Einfluss auf Bauprozess.** Mit CEM III/B-Betonen ist das Betonieren im Winter in Temperaturbereichen zwischen 0 °C und 5 °C problematisch. Dies kann Auswirkungen auf den Terminplan haben. Allerdings gibt es erfahrungsgemäss relativ wenige Tage im Jahr, die genau in das kritische Zeitfenster mit Temperaturen zwischen 0 °C und 5 °C fallen. In diesen Fällen kann auf CEM II B ausgewichen werden (vergleiche Herstellerangaben zur Gefrierbeständigkeit).

**Produktlabel für Farben und Lacke**

■ **Umweltetikette der Stiftung Farbe.** Ähnlich wie die Energieetikette für Motorfahrzeuge, Haushaltsgeräte oder Lampen klassiert die Umweltetikette der Stiftung Farbe Wandfarben sowie Lacke, Holz- und Bodenschichtungen für innen in Kategorien.

Punkte sind im Minergie-Eco-Nachweisverfahren möglich, wenn nur Produkte der Kategorien A und B verwendet werden. Produkte, die in diese Kategorien eingeteilt sind, erfüllen weitergehende Anforder-



Abbildung 81: Bewertungs raster der Stiftung Farbe für Innenwand- und Deckenfarben.

Kriterien, Kategorie	Wasserverdünnbar/lösemittelverdünntbar	Aromatenfrei	Kennzeichnungsfrei	VOC-arm	VOC- und SVOC-frei	Frei von allergenen, stark umweltgefährdenden und CMR-Stoffen*	> 95 % aus nachwachsenden Rohstoffen	Nassabriebbeständigkeit nach DIN 13 300	Kontrastverhältnis nach DIN 13 300
A	wasserverdünntbar	X	X	X	X	X	X		
A-		X	X	X	X	X	X	k.A.	k.A.
B		X	X	X	X	X			
C		X	X	X					
D		X	X						
E		X							
F	lösemittelverdünntbar	X	X	X				k.A.	k.A.
G								k.A.	k.A.

\*CMR-Stoffe (von Carcinogenic, Mutagenic and toxic to Reproduction): krebserzeugend, erbgutverändernd, fortpflanzungsgefährdend

derungen an die Inhaltsstoffe und stellen eine niedrige Schadstoffbelastung der Innenraumluft sicher (Abbildung 81).

**Tipp!** Produkte der Kategorien A und B sind weit verbreitet. Geeignete Produkte finden Sie einfach über die Website der Schweizer Stiftung Farben. Dort sind hunderte von Produkten von einer breiten Palette von Herstellern verfügbar. Auf der Baustelle lassen sich die gekennzeichneten Produkte anhand der aufgedruckten Umweltetikette identifizieren.

■ **Blauer Engel.** Vor allem in Deutschland verbreitet ist der Blaue Engel RAL-UZ 12a für schadstoffarme Lacke. Die ausgezeichneten Produkte haben einen geringen Lösemittelgehalt, sind frei von gesundheitsgefährdenden Weichmachern und erfüllen strenge Anforderungen in Bezug auf bedenkliche Inhaltsstoffe und Konservierungsmittel. Für das Bauhandwerk hat das Zeichen in der Schweiz nur wenig Relevanz, weil Blaue-Engel-Produkte hauptsächlich im Do-it-yourself-Bereich angeboten werden.

■ **VSLF-Produktdeklaration.** Für Anstrichstoffe ist die Produktdeklaration des Verbandes Schweizer Lack- und Farbenhersteller (VSLF) verbreitet. Die Deklaration enthält neben der Produktcharakterisierung Angaben zu den sechs wichtigsten funktionellen Bestandteilen von Anstrichstoffen (Tabelle 28).

Die VSLF-Produktdeklaration schafft Transparenz bezüglich der Inhaltsstoffe von Farben und Lacken und ermöglicht es, bei Anstrichstoffen das Biozid- und das Lösemittel-Ausschlusskriterium von Minergie-

Eco zu überprüfen (Kapitel 4.2). Die Interpretation von VSLF-Produktdeklarationen ist allerdings nicht einfach und erfordert ein gewisses chemisches Basiswissen.

### Produktlabel für Verlegewerkstoffe

■ **EMICODE EC1.** Verlegewerkstoffe (z. B. Grundierungen, Vorstriche, Spachtelmassen, Klebstoffe), Dichtstoffe, Dämmstoffe, Dichtungsbänder und wässrige Parkettlacke, die mit dem GEV-Zeichen EMICODE EC1 bzw. EMICODE EC1 plus als «sehr emissionsarm» gekennzeichnet sind, verursachen nur geringe Schadstoffemissionen. EMICODE EC1 basiert auf ökologischen und gesundheitlichen Kriterien, die über die gesetzlichen Vorschriften hinausgehen. Bei den Verlegewerkstoffen sind Produkte mit dem Zeichen EMICODE EC1 weit verbreitet. Für Dichtstoffe, Dämmstoffe, Dichtungsbänder und wässrige Parkettlacke sind weniger Produkte verfügbar.

**Tipp!** Beachten Sie die Hinweise auf EMICODE EC1 auf den Websites der Hersteller und den technischen Merkblättern. Die Kontrolle in der Ausführung ist einfach, weil das Zeichen auf den Gebinden der Produkte aufgedruckt ist.

### Verzicht auf chemischen Wurzelschutz

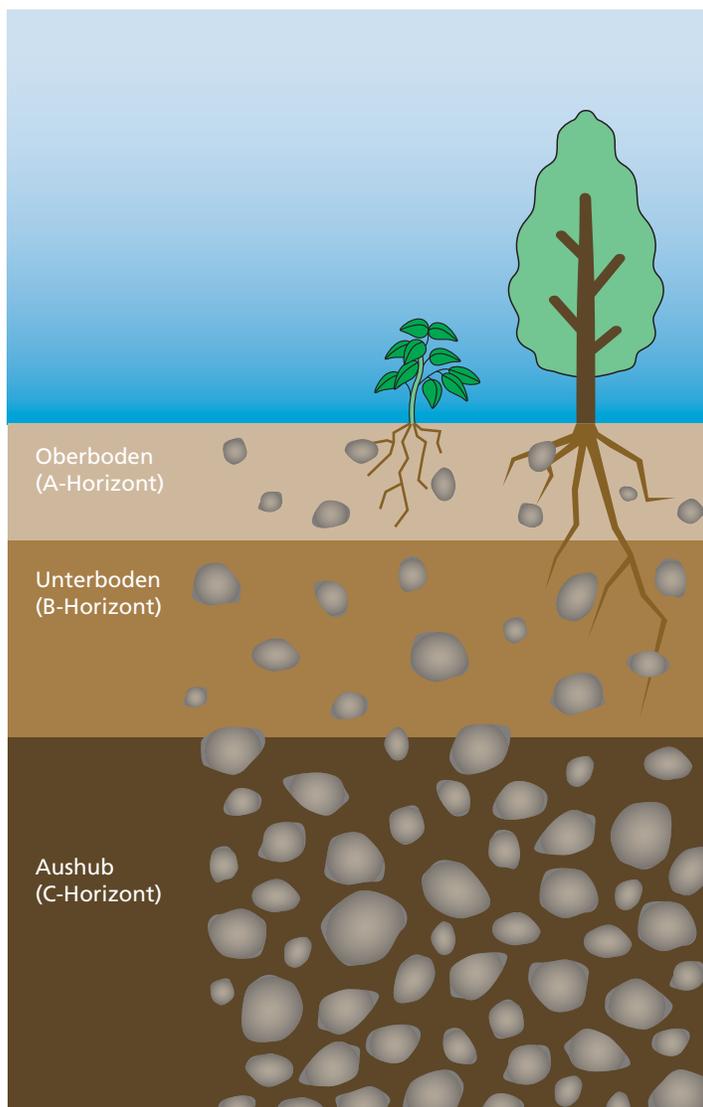
Bituminöse Dichtungsbahnen werden mit Herbiziden (chemische Mittel gegen Unkrautbefall) gegen Durchwurzelung geschützt. Gemäss der Norm SIA 271 ist ein Durchwurzelungsschutz nur auf begrünten Flachdächern nötig, wird aber oft «präventiv» in allen möglichen Anwendungsbereichen von bituminösen Dichtungsbahnen



<b>1 Produktcharakterisierung</b>	Firma, Produktname, Produktcharakterisierung, Farbe
<b>2 Bindemittel</b>	Naturharze (z. B. Leinöl-Standöl), Kunstharze (z. B. Copolymerisat aus Acrylsäureester)
<b>3 Pigmente</b>	Anorganische Pigmente (z. B. Titandioxid), organische Pigmente, Korrosionsschutzpigmente (z. B. Zinkphosphat)
<b>4 Füllstoffe</b>	z. B. Calciumcarbonat (Kalksteinmehl), Schwerspat
<b>5 Lösemittel</b>	Wasser, organische Lösemittel (z. B. aliphatische Kohlenwasserstoffe, Glykole, Balsamterpentinöl)
<b>6 Additive</b>	z. B. Trockenstoffe (Sikkative), Hautverhinderungsmittel, Topf-Konservierungsmittel (Isothiazolinone, Formaldehyd)
<b>7 Biozide</b>	z. B. Filmkonservierungsmittel, Holzschutzmittel

Tabelle 28: Inhalt der VSLF-Produktdeklaration.

**Abbildung 82:** Bodenaufbau mit Oberboden (reich an organischem Material, meist dunkel gefärbt), Unterboden (aus verwittertem Ausgangsmaterial, geringere biologische Aktivität, hellere Farbtöne) und unbelebtes mineralisches Aushubmaterial (Quelle: Bodenschutz lohnt sich, Kantonale Bodenschutzfachstellen und BAFU).



praktiziert. Die Herbizide werden ausgeschwemmt und belasten das Dachwasser. Das früher eingesetzte Preventol B2 (Glykolester von Mecoprop) wurde in den letzten Jahren durch Preventol B5 und Herbitect ersetzt. Die Ausschwemmraten konnten damit zwar deutlich reduziert werden, das Dachwasser wird aber immer noch belastet. Alternativen zu biozid ausgerüsteten bituminösen Dichtungsbahnen sind zum Beispiel Kunststoffbahnen aus Polyolefinen (TPO, FPO). Diese benötigen keine bioziden Zusätze zum Durchwurzelungsschutz.

**Tipp!** Viele der mit Herbiziden ausgerüsteten bituminösen Dichtungsbahnen auf dem Schweizer Markt tragen in ihrem Namen das Kürzel WF (wurzelfest).

## Bodenschutz

Natürlich gewachsener Boden ist eine unersetzbare Ressource. Er bildet unsere Lebensgrundlage und ist Lebensraum für eine unermessliche Fülle von Organismen. Boden lässt sich nicht vermehren. Mehr als 1000 Jahre benötigt die Natur, um ihn zu schaffen.

Erdarbeiten stellen besondere Anforderungen an den Bodenschutz. Denn Boden ist äusserst empfindlich. Vor allem wenn er im nassen Zustand bearbeitet wird, besteht die Gefahr von langfristigen Schäden. Einmal verdichteter Boden kann nur mit sehr grossem Aufwand wieder einigermaßen saniert werden.

■ **Massnahmen.** Gemäss KBOB-Empfehlung «Bodenschutz auf der Baustelle» sind bei Planung, Ausschreibung und Ausführung für Erdarbeiten folgende Punkte zu beachten:

- Fläche des Eingriffs klein halten.
- Wetterrisiko mit angepassten Arbeitstranchen mindern.
- Bodendepots trocken schütten, nicht befahren, begrünen.
- Bodenverdichtung vermeiden.
- Erhalten einer geschlossenen Pflanzendecke.
- Nur trockenen Boden befahren.
- Möglichst leichte Maschine einsetzen.
- Befahrbarkeit des Bodens prüfen.
- Boden nicht nass abtragen.

■ **Bodenschutzkonzept.** Bodenschutz beginnt mit der Planung. Für den Schutz des Bodens während der Bauphase wird ein Konzept ausgearbeitet. Die Massnahmen aus dem Bodenschutzkonzept sollen in der Bauphase vollständig umgesetzt werden.

■ **Kosten.** Das Erstellen und Umsetzen eines Bodenschutzkonzeptes ist mit einem gewissen Mehraufwand in der Planung und Ausführung verbunden.

### Halogenfreie Installationsmaterialien

Halogene in Installationsmaterialien (Drähte, Kabel, Installationsrohre, Kabelkanäle, Rohrdämmmaterialien und Ummantelungen), erhöhte Brandschutzanforderungen und problematische ökologische Eigenschaften hängen eng zusammen. Die Halogene Chlor und Brom machen Kunststoffe schwer entflammbar. In PVC (Polyvinylchlorid) ist das Halogen im Kunststoff selbst enthalten. Deshalb ist PVC ein beliebter und häufig verwendeter Kunststoff für Installationsmaterialien. Bei anderen Kunststoffen wie Polyethylen (PE), Polypropylen (PP), Polyurethan (PUR) oder Gummi respektive Kautschuk werden die halogenhaltigen Flammschutzmittel beigemischt.

■ **Ökologische Eigenschaften.** Die brandschutztechnisch günstigen Eigenschaften der Halogene sind mit verschiedenen ungünstigen ökologischen Eigenschaften verbunden:

- PVC-Produkte enthalten in der Regel Weichmacher und Stabilisatoren. Jene Typen, die für Installationsmaterialien verwendet werden, gehören meist zu den umwelt- und gesundheitsrelevanten Bestandteilen (vergleiche relevante Bestandteile). Ähnlich verhält es sich mit den halogenhaltigen Flammschutzmitteln in anderen Kunststoffen von Installationsmaterialien.
- Die Halogene führen dazu, dass die Produkte nicht unschädlich verbrannt werden können.
- Für die Kunststoffanteile der Installationsmaterialien existieren keine Recyclingstrukturen. Allenfalls findet eine Verarbeitung der Kunststoffabfälle zu minderwertigen Produkten statt (Downcycling).

■ **Massnahmen.** Die Forderung nach halogenfreien Installationsmaterialien ist folglich ein einfacher Weg, um Produkte mit geringer Umweltbelastung zu erhalten.

**Tipp!** Meistens können Sie aus den Produktbezeichnungen ohne Spezialkenntnisse keine Rückschlüsse auf die Halogenfreiheit ziehen oder aber die Produkte sind nicht gekennzeichnet. Die Halogenfreiheit kann dann nur durch Nachfrage beim Hersteller oder Lieferanten geklärt werden. Bei gewissen Installationsmaterialien finden Sie aber Hinweise auf die Halogenfreiheit:

- Einzeldrähte: H05Z/H07Z (H05V/H07V: PVC)
- Kabel: NOhal, halogenfrei, h-frei, FRNC (Flame Retardant Non Corrosive), LSZH/LSOH (Low Smoke Zero Halogen)
- Installationskanäle: z. B. Tehalit LFH (Tehalit LF: PVC)
- Rohrdämmungen Gummi/Kautschuk: z. B. NH/Armaflex, Kaiflex BluEco, Kaiflex HF, K-Flex Eco
- Rohrdämmungen PIR: z. B. REGOPIR halogenfrei, swissporKISODUR HF

■ **Kosten.** Halogenfreie Installationsmaterialien können Mehrkosten verursachen. Im Vergleich zu den Kosten der Arbeitsleistung sind diese Materialmehrkosten aber kaum relevant.

### Relevante Bestandteile

Relevante Bestandteile spielen hauptsächlich bei Kunststoffprodukten eine Rolle. Typische Vertreter sind Flammschutzmittel in Wärmedämmstoffen, Katalysatoren in Polyurethan- und Silikonharzprodukten

Anwendung	Relevanter Bestandteil	Massgebende R-Sätze
Gummi-Bodenbeläge, Gummi-Dachbahnen	Vulkanisationshilfsmittel (Zinkoxid)	50/53
Mörtel, Putze	Luftporenbildner (Natriumlaurylsulfat)	21, 22
Polyurethanklebstoffe	Katalysator (Dibutylzinnlaurat)	25, 26, 50/53
PVC-Dachbahnen	Flammschutzmittel (Antimontrioxid)	40
PVC-Abwasserrohre	Stabilisator (Bleidistearat)	20/22, 33, 50/53, 61, 62
Silikondichtungsmassen	Katalysator (Dibutylzinnoxid)	22, 51, 53
Wärmedämmstoffe aus EPS, XPS	Flammschutzmittel (HBCD)	62, 63
Wärmedämmstoffe aus PUR, PIR	Flammschutzmittel (TCPP, TEP)	22
Zelluloseflocken	Flammschutzmittel (Borsäure)	60, 61

Tabelle 29: Typische umwelt- und gesundheitsrelevante Bestandteile in Baumaterialien sowie die massgebenden R-Sätze (Risikosätze).

und Stabilisatoren in PVC-Produkten (Tabelle 29).

■ **Checkliste «Relevante Bestandteile».** Ausgewählte Materialien mit relevanten Bestandteilen sind in der Checkliste «Relevante Bestandteile und Entsorgung» von Minergie-Eco enthalten. Sie finden auf diesem Weg Eingang in den Fragenkatalog des Nachweisinstrumentes und damit in das Minergie-Eco-Nachweisverfahren.

### Entsorgung

Tabelle 30 zeigt mögliche Entsorgungswege von ausgewählten Baustoffen. Für eine problemlose Entsorgung muss für jeden Baustoff mindestens einer der folgenden Entsorgungswege möglich sein.

■ **Verwertung.** Die Verwertungsanforderungen werden aktuell nur von wenigen Baumaterialien erfüllt. Mit Abstand am wichtigsten sind die mineralischen Recyclingbaustoffe (Betonabbruch, Mischabbruch) und die Metalle. Probleme bereiten vor allem mineralisch-organische Verbundmaterialien (z. B. Holzwolle-Leichtbauplatten, zementgebundene Spanplatten, Gipsfaserplatten, Steinholzböden, 2-Komponenten-Kunstharz-Fliess- und Mörtelbeläge).

■ **Verbrennung.** Bei der Verbrennung spielen die halogenierten Brandschutzmittel eine Schlüsselrolle. Sie sind dafür verantwortlich, dass bei Dämmstoffen aus EPS (Expandiertes Polystyrol) oder XPS (Extrudiertes Polystyrol) sowie bei gewissen Dämmstoffen aus PUR (Polyurethan) oder PIR (Polyisocyanurat) die Halogengehalte für eine unschädliche Verbrennung überschritten werden. Bei PVC-Produkten mit einem materialbedingt hohen Chlorgehalt ist dies immer der Fall.

■ **Deponierbarkeit.** Baustoffe, die nicht verwertbar und nicht brennbar sind, können auf Inertstoffdeponien abgelagert werden. Probleme bereiten insbesondere die organisch-mineralischen Verbundmaterialien. Diese sind in der Regel nicht brennbar und können aufgrund ihres hohen Anteils an organischen Inhaltsstoffen wie Holz oder Papierfasern nicht deponiert werden.

■ **Checkliste «Entsorgung».** Ausgewählte Materialien, die Probleme bei der Entsorgung verursachen, sind in der Checkliste «Relevante Bestandteile und Entsorgung» von Minergie-Eco enthalten. Sie finden auf diesem Weg Eingang in den Fragenkatalog des Nachweisinstrumentes und damit in das Minergie-Eco-Nachweisverfahren.

Material	Verwertung	unschädliche Verbrennung	problemlose Deponierbarkeit
2-Komponenten-Kunstharz-Fliess-/Mörtelbeläge	nicht möglich	nicht brennbar	nicht möglich
Betonabbruch, Mischabbruch	möglich	nicht brennbar	möglich
(Dämmstoffe aus PUR oder PIR)	nicht möglich	vom Produkt abhängig	nicht relevant da brennbar
(Dämmstoffe aus Steinwolle oder Glaswolle)	möglich	nicht brennbar	vom Produkt abhängig
EPS-Dämmstoffe	möglich	nicht möglich	nicht relevant da brennbar
Fensterrahmen, Bodenbeläge, Dachbahnen, Abwasserrohre aus PVC	möglich	nicht möglich	nicht relevant da brennbar
Gipsfaserplatten	nicht möglich	nicht brennbar	nicht möglich
Holzwolle-Leichtbauplatten	nicht möglich	nicht brennbar	nicht möglich
Metalle (z. B. Stahl, Kupfer, Aluminium)	möglich	nicht brennbar	nicht möglich
Steinholzböden	nicht möglich	nicht brennbar	nicht möglich
Verbundplatte EPS, PIR, EPS	nicht möglich	nicht möglich	nicht relevant da brennbar
XPS-Dämmstoffe	nicht möglich	nicht möglich	nicht relevant da brennbar
Zementgebundene Spanplatten	nicht möglich	nicht brennbar	nicht möglich

Tabelle 30: Entsorgungswege von ausgewählten Baumaterialien als Grundlage für eco-devis-Bewertung. Problemlose Entsorgung nach eco-devis (blau).

## 6.3 Anforderungen, Qualitätssicherung, Dokumentation

*Tabelle 31: Umsetzung, Überprüfung und Dokumentation der Massnahmen im Bereich Materialien und Prozesse am Beispiel Mehrfamilienhäuser.*

### Ausschlusskriterien und Vorgaben aus Fragekatalogen

Bei den Ausschlusskriterien sind die nachstehend aufgeführten Anforderungen konsequent bei allen Bauteilen und Arbeiten umzusetzen.

**Modernisierung.** Beim Recyclingbeton entfällt die Vorgabe NA13, dass der Volumenanteil mindestens 50 % betragen muss, als Ausschlusskriterium.

Nr.	Thema	Umsetzung	Kontrolle	Dokumentation
NA09	Einsatz von Montageschaum	A: Verbot von Montage- und Füllschäumen in Vorbedingungen erwähnen. In Ausschreibung von Montagearbeiten sind ausschliesslich mechanische Befestigungen zu beschreiben. Ausstopfen von Hohlräumen kann mit Seidenzöpfen oder anderen geeigneten Stopfmateriale erfolgen. R: Vor Arbeitsbeginn die Unternehmer und Handwerker auf Verbot aufmerksam machen und Art der mechanischen Befestigung festlegen.	Kontrolle auf Baustelle.	A, R: Auszug Werkvertrag (Verbot von Montage- oder Füllschäumen)
NA10	Schwermetalle aus Bedachungs-, Fassaden- und Abschlussmaterialien	A: In Devis ausschliesslich Bleche ausschreiben, die nicht aus Kupfer, Titanzink oder verzinktem Blech bestehen oder beschichtet sind. Alternativ geeigneten Metallfilter ausschreiben. R: Vor Arbeitsbeginn Material festlegen.	Kontrolle auf Baustelle.	V, P: Fassadenpläne, Dachaufsicht A, R: Auszug Werkvertrag (verwendete Bleche im Ausserbereich oder Metallfilter)
NA11	Bleihaltige Materialien	A: Verbot von Bleifolien oder anderen bleihaltigen Materialien in Vorbedingungen erwähnen. In Devis geeignete Alternativen (Bleilappen im Steildach: z. B. Chromstahlblech; Schalldämmfolien: z. B. bituminöse Produkte; Abwasserleitungen: z. B. schalldämmende Kunststoffrohre) ausschreiben. R: Vor Arbeitsbeginn die Unternehmer und Handwerker auf Verbot aufmerksam machen und Produkte festlegen.	Kontrolle auf Baustelle.	A, R: Auszug Werkvertrag (Verbot von bleihaltigen Materialien), Produktdatenblatt, Digitalbilder
NA12	Aussereuropäisches Holz ohne FSC- oder PEFC-Label	A: Verbot von aussereuropäischen Hölzern ohne FSC- oder PEFC-Zertifikat in Vorbedingungen erwähnen. In Devis entweder Hölzer europäischer Herkunft oder FSC- bzw. PEFC-zertifizierte Hölzer ausschreiben und Notwendigkeit eines Nachweises mittels Zertifikat erwähnen. R: Vor Arbeitsbeginn die Unternehmer und Handwerker auf Verbot aufmerksam machen und Produkte festlegen.	Kontrolle auf Baustelle. Zertifikate der aussereuropäischen Hölzer einfordern (Achtung: Es muss nachvollziehbar sein, dass sich das Zertifikat auf die verbauten Hölzer bezieht).	A, R: Zertifikate aller verwendeten aussereuropäischen Hölzer bzw. Holzprodukte

### Legenden

Kriterien-Nr.: ■ = Ausschlusskriterium (A); ■ = Vorgabe; N = Neubau; M = Materialien und Bauprozesse  
Bauphasen: V = Vorprojekt; P = Projekt; A = Ausschreibung; R = Realisierung

Nr.	Thema	Umsetzung	Kontrolle	Dokumentation
NA13	Weniger als 50 % Recyclingbeton	P: Verfügbarkeit der Recyclingbetonsorten abklären (siehe auch entsprechende Anleitung auf Minergie-Website). Festlegen, welche Bauteile aus Recyclingbeton gefertigt werden können und Anteil an gesamter Betonmasse berechnen. Entsprechende Recyclingbetonsorten und Mengen ausschreiben (keine PER-Positionen). R: Rechtzeitige Information der zuständigen Person des beauftragten Unternehmens	Lieferscheine sammeln und Gesamtmenge kontrollieren auf Übereinstimmung mit ausgeschriebenen Recyclingbetonmengen.	V, P: Nachweis, falls kein Recyclingbeton eingesetzt werden kann A, R: Aufstellung oder Skizze der Bauteile, für welche Recyclingbeton verwendet wird; Lieferscheine der Recyclingbeton-Lieferungen; falls nicht verfügbar: ausgefülltes Formular über Verfügbarkeit von Recyclingbeton
NM01	Zement CEM II/B oder CEM III für normal beanspruchte Betone	A: In Devis für normal beanspruchte Betone die Zementarten CEM II/B oder CEM III ausschreiben. R: Rechtzeitige Information der zuständigen Person des beauftragten Unternehmens.	Sammeln der Liefer- bzw. Rezepturscheine	A, R: Lieferscheine bzw. Rezeptur Beton
NM02	HSH-, FSC- oder PEFC-Label für Holz und Holzwerkstoffe	A: In Devis HSH-, FSC- bzw. PEFC-zertifizierte Hölzer ausschreiben und Notwendigkeit eines Nachweises mittels Zertifikat erwähnen. R: Rechtzeitige Information der zuständigen Person des beauftragten Unternehmens.	Zertifikate der Hölzer einfordern (Achtung: Es muss nachvollziehbar sein, dass sich Zertifikat auf verbaute Hölzer bezieht).	A, R: Herkunftszeichen bzw. Zertifikate von mindestens 80 Volumen-% der verwendeten Hölzer bzw. Holzprodukte
NM03	Produkte in Originalgebinden	A: In Vorbedingungen Vorgabe aufführen. R: Rechtzeitige Information der zuständigen Person des beauftragten Unternehmens.	Kontrolle auf Baustelle für alle Produkte	A, R: Auszug Werkvertrag (Vorbedingungen), Bilder von Gebinden auf Baustelle
NM04	VSLF-Produktdeklaration von Anstrichstoffen	A: In Vorbedingungen Vorgabe aufführen. R: Rechtzeitige Information der zuständigen Person des beauftragten Unternehmens.	Sammeln der Produktdeklarationen für alle Anstrichstoffe	A, R: VSLF-Produktdeklaration für alle Anstrichstoffe
NM05	Umweltetikette oder Blauer Engel für Farben und Lacke	A: In Vorbedingungen und Leistungspositionen Vorgabe aufführen. R: Rechtzeitige Information der zuständigen Person des beauftragten Unternehmens.	Sammeln der Produktdatenblätter	A, R: Produktdatenblatt mit ersichtlichem Label für Farben und Lacke
NM06	EMICODE-Label für Grundierungen, Vorstriche, Spachtelmassen und Klebstoffe von Bodenbelägen	A: In Vorbedingungen und Leistungspositionen Vorgabe aufführen. R: Rechtzeitige Information der zuständigen Person des beauftragten Unternehmens.	Sammeln der Produktdatenblätter	A, R: Produktdatenblätter mit ersichtlichem EMICODE EC1 bzw. EC1 plus Label
NM07	Verzicht auf chemischen Wurzelschutz	A: In Devis sind Materialien bzw. Produkte ohne chemischen Wurzelschutz auszuscheiden. R: Rechtzeitige Information der zuständigen Person des beauftragten Unternehmens.	Sammeln der Produktdatenblätter	A, R: Produktdatenblatt Abdichtungen
NM08	Verzicht auf Beheizung des Rohbaus	A: Es dürfen keine entsprechenden Leistungen ausgeschreiben werden. R: Rechtzeitige Information der zuständigen Personen der beauftragten Unternehmen.	Kontrolle auf Baustelle	V, P: Terminprogramm
NM09	Bodenschutzkonzept	P: Bodenschutzkonzept ausarbeiten.		V, P: Bodenschutzkonzept

#### Legenden

Kriterien-Nr.: ■ = Ausschlusskriterium (A); ■ = Vorgabe; N = Neubau; M = Materialien und Bauprozesse

Bauphasen: V = Vorprojekt; P = Projekt; A = Ausschreibung; R = Realisierung

Nr.	Thema	Umsetzung	Kontrolle	Dokumentation
NM10	Bodenschutzmassnahmen während Bauphase	A: In Devis alle Bodenschutzmassnahmen aus Konzept ausschreiben. R: Vor Arbeitsbeginn die Unternehmer und Handwerker auf Bodenschutzmassnahmen aufmerksam machen und konkrete Umsetzung festlegen.	Kontrolle auf Baustelle (Messung Bodenfeuchte, Bestimmung der maximalen Bodenpressung, Kontrolle der Baumaschinen etc.).	A, R: Beschrieb der durchgeführten Bodenschutzmassnahmen mit Fotos der Baustelle
NM12	Recycling (RC)-Konstruktionsbeton mit erhöhtem Gehalt an Recyclinggesteinskörnung	P: Verfügbarkeit der Recyclingbetonsorten abklären (siehe auch entsprechende Anleitung auf der Minergie-Website). Festlegen, welche Bauteile aus Recyclingbeton mit erhöhtem Gehalt an Recyclinggesteinskörnung gefertigt werden können und gesamte Masse berechnen. A: In Devis entsprechende Recyclingbetonsorten mit vorgesehenen Mengen ausschreiben (keine PER-Positionen). R: Rechtzeitige Information der zuständigen Personen der beauftragten Unternehmen.	Lieferscheine sammeln und Gesamtmenge auf Übereinstimmung mit ausgeschriebenen Recyclingbetonmengen kontrollieren.	A, R: Lieferscheine der Recyclingbeton-Lieferungen mit Angaben zum Rezyklatanteil
M13	Einsatz von Recycling (RC) -Füll-, -Hüll- und -Unterlagsbeton	P: Verfügbarkeit der Recyclingbetonsorten abklären. Mit zuständigen Personen der beauftragten Unternehmen festlegen, welche Bauteile aus Recyclingbeton mit erhöhtem Gehalt an Recyclinggesteinskörnung gefertigt werden können. A: In Devis entsprechende Recyclingbetonsorten ausschreiben. R: Rechtzeitige Information der zuständigen Personen der beauftragten Unternehmen.	Lieferscheine sammeln.	A, R: Lieferscheine der Recyclingbeton-Lieferungen mit Angaben zum Rezyklatanteil
NM14	Einsatz von Recycling-Kiessand	P: Verfügbarkeit von RC-Kiessand abklären. A: In Devis die entsprechenden Positionen mit RC-Kiessanden ausschreiben. R: Rechtzeitige Information der zuständigen Personen der beauftragten Unternehmen.	Lieferscheine sammeln.	A, R: Lieferscheine der RC-Kiessand-Lieferungen
NM15	Devisierung mit eco-devis	eco-devis-fähige Software einsetzen und eco-devis-Funktion einschalten; bei Ausschreibungen mehr als 50% der Positionen mit gekennzeichneten Varianten ausschreiben.	–	A, R: Auszug Werkvertrag mit Kennzeichnung der in eco-devis gekennzeichneten Positionen
NM16	Halogenfreie Installationsmaterialien	A: Umsetzung der Ergebnisse aus Projektierungsphase.	Kontrolle der Umsetzung auf Baustelle.	A, R: Lieferschein mit Produktangabe
NM17	Relevante Bestandteile	A: Umsetzung der Ergebnisse aus Projektierungsphase.	Kontrolle der Umsetzung auf Baustelle.	A, R: Ausgefüllte Checkliste «Relevante Bestandteile und Entsorgung»
NM19	Entsorgung			
NM20				

### Legenden

Kriterien-Nr.: ■ = Ausschlusskriterium (A); ■ = Vorgabe; N = Neubau; M = Materialien und Bauprozesse

Bauphasen: V = Vorprojekt; P = Projekt; A = Ausschreibung; R = Realisierung

## 6. 4 Quellen und Tools

### Quellen

- Materialaufwand der Schweiz. Umweltstatistik Schweiz Nr. 14: [www.bfs.admin.ch](http://www.bfs.admin.ch) → Themen → 02 – Raum, Umwelt → Zum Nachschlagen → Publikationen
- Ressourcenstrategie «Bauwerk Stadt Zürich», Stadt Zürich, Amt für Hochbauten, 2009: [www.stadt-zuerich.ch/nachhaltiges-bauen](http://www.stadt-zuerich.ch/nachhaltiges-bauen) → Fachinformationen
- Gesetze und Verordnungen: [www.admin.ch](http://www.admin.ch) → Bundesrecht → Systematische Rechtsammlung
- Deklaration ökologischer Merkmale von Bauprodukten, Empfehlung SIA 493, 1997: [www.sia.ch](http://www.sia.ch) → Norm → SIA-Shop
- Methodische Grundlagen eco-devis: [www.eco-bau.ch](http://www.eco-bau.ch) → Planungswerkzeuge → eco-devis → Einführung, Methodik
- Normpositionen-Katalog NPK, CRB Schweizerische Zentralstelle für Baurationalisierung: [www.crb.ch](http://www.crb.ch) → CRB-Standards → Normpositionen
- VKF-Brandschutzrichtlinie: [www.vkf.ch](http://www.vkf.ch) → Brandschutz → Brandschutzvorschriften
- Metalle für Dächer und Fassaden, KBOB/IPB-Empfehlung 2001/1: [www.kbob.admin.ch](http://www.kbob.admin.ch) → Publikationen/Empfehlungen/Musterverträge → Nachhaltiges Bauen
- Nachhaltig produziertes Holz beschaffen, KBOB/eco-bau/IPB/BKB-Empfehlung 2012/1: [www.kbob.admin.ch](http://www.kbob.admin.ch) → Publikationen/Empfehlungen/Musterverträge → Nachhaltiges Bauen
- FSC-Türrohlinge: [www.brunex.ch](http://www.brunex.ch) → Produkte → Türblätter/Rohlinge → Innentüren
- Beton aus rezykliertem Gesteinskörnung, KBOB/eco-bau/IPB-Empfehlung 2007/2: [www.kbob.admin.ch](http://www.kbob.admin.ch) → Publikationen/Empfehlungen/Musterverträge → Nachhaltiges Bauen
- Recycling-Beton, Merkblatt SIA 2030 SN EN 206-1, SN EN 12 620: [www.sia.ch](http://www.sia.ch) → Norm → SIA-Shop
- Prüfverfahren für geometrische Eigenschaften von Gesteinskörnungen, SN 670 902-11-NA, 2011: [www.vss.ch](http://www.vss.ch)
- Entscheidungsgrundlagen und Empfehlungen für ein nachhaltiges Baustoffmanagement, Bundesamt für Strassen, 2014

- Abdichtung von Hochbauten, SIA-Norm 271, 2007: [www.sia.ch](http://www.sia.ch) → Norm → SIA-Shop
- Bodenschutz auf der Baustelle, KBOB-Empfehlung 2000/4: [www.kbob.admin.ch](http://www.kbob.admin.ch) → Publikationen/Empfehlungen/Musterverträge → Nachhaltiges Bauen
- Bodenschutz lohnt sich, Kantonale Bodenschutzfachstellen und Bundesamt für Umwelt BAFU, 2008: [www.bodenschutz-lohnt-sich.ch](http://www.bodenschutz-lohnt-sich.ch)

### Tools

- Minergie-Eco-Vorgabenkataloge und Umsetzungsanweisungen für Neubauten und Modernisierungen, Materialien und Bauprozesse: [www.minergie.ch](http://www.minergie.ch) → Dokumente & Tools → Minergie-Eco
- SIA-Deklarationsraster: [www.sia.ch](http://www.sia.ch) → dienstleistungen → sia-norm → bauproduktedeklarationen
- Eco-devis: [www.eco-bau.ch](http://www.eco-bau.ch) → Planungswerkzeuge
- Eco-BKP-Merkblätter Ökologisch Bauen: [www.eco-bau.ch](http://www.eco-bau.ch) → Planungswerkzeuge
- Herkunftszeichen Schweizer Holz, HSH: [www.lignum.ch](http://www.lignum.ch) → Holz A–Z → Holz-Labels
- Forest Stewardship Council (FSC): [www.fsc-schweiz.ch](http://www.fsc-schweiz.ch) Zertifikatsdatenbank: [info.fsc.org](http://info.fsc.org)
- Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes (PEFC): [www.pefc.org](http://www.pefc.org) → find-certified → certified-certificates
- Nachweis Recyclingbeton Minergie-Eco: [www.minergie.ch](http://www.minergie.ch) → Dokumente & Tools → Minergie-Eco → Nachweise
- Umwelt-Etikette der Stiftung Farbe: [www.stiftungfarbe.org](http://www.stiftungfarbe.org)
- Gemeinschaft Emissionskontrollierte Verlegewerkstoffe, Klebstoffe und Bauprodukte e.V.: [www.emicode.de](http://www.emicode.de)
- Umweltzeichen Blauer Engel: [www.blauer-engel.de](http://www.blauer-engel.de)
- Checkliste umwelt- und entsorgungsrelevante Bestandteile: [www.minergie.ch](http://www.minergie.ch) → Dokumente & Tools → Minergie-Eco → Checklisten

# Graue Energie

## 7.1 Übersicht

### Stand der Technik

■ **Was ist graue Energie für die Erstellung von Gebäuden?** Zentraler Bestandteil des nachhaltigen Bauens ist die Gesamtbetrachtung des energetischen Ressourcenbedarfs und der Emissionen. Zusätzlich zur Betriebsenergie werden dabei der Bedarf an Primärenergie für die Erstellung eines Gebäudes und die damit verbundenen Treibhausgasemissionen berücksichtigt. Die graue Energie für die Erstellung wird somit zu einem relevanten Bestandteil ganzheitlicher Energiebetrachtungen über den gesamten Lebenszyklus von Gebäuden.

■ **Erstellung.** Die Erstellung umfasst im erweiterten Sinn neben der eigentlichen Erstellung auch allfällige Ersatzinvestitionen und die Entsorgung eines Gebäudes (Abbildung 83). Die graue Energie und die grauen Treibhausgasemissionen der Bauteile werden aufgrund ihrer Amortisationszeit in Werte pro Jahr umgerechnet. Damit ist der Energiebedarf für die Erstellung direkt vergleichbar mit dem Energiebedarf für den Betrieb und die Mobilität (Quelle: Merkblatt SIA 2040).

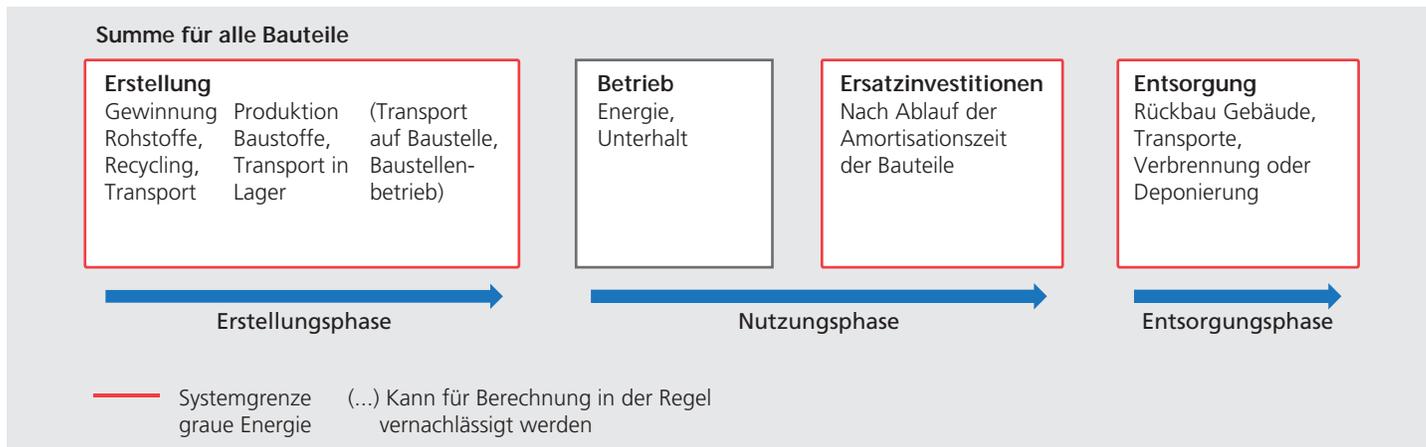
Die Energie für die Materialtransporte vom Lager zur Baustelle kann gemäss SIA 2032 in der Regel vernachlässigt werden. Dies gilt auch für den Baustellenbetrieb. Ausserhalb der Systemgrenze liegen Betrieb und Unterhalt.

**Definition graue Energie.** Gesamte Menge nicht erneuerbarer Primärenergie, die für alle vorgelagerten Prozesse – vom Rohstoffabbau über Herstellungs- und Verarbeitungsprozesse und für die Entsorgung, inklusive der dazu notwendigen Transporte und Hilfsmittel – erforderlich ist. Sie wird auch als kumulierter, nicht erneuerbarer Energieaufwand bezeichnet (Quelle: Merkblatt SIA 2032).

■ **Graue Treibhausgasemissionen.** Unter diesem Begriff versteht man die kumulierte Menge der Treibhausgase (CO<sub>2</sub>, Methan, Stickoxid und weitere klimawirksame Gase), die bei obigen Prozessschritten emittiert wird. Sie wird als äquivalente CO<sub>2</sub>-Emissionsmenge ausgedrückt, die denselben Treibhauseffekt hat wie die Gesamtheit der Treibhausgasemissionen. Dabei wird dieselbe Sachbilanz berücksichtigt wie bei der grauen Energie.

■ **Gesetzmässigkeiten.** Um die graue Energie über alle Projektphasen in die Entscheidungen einbeziehen zu können, sind einfache Gesetzmässigkeiten und Vorgehensweisen hilfreich. Im Objektartenkatalog (OAK) «Wohnbauten im Vergleich» (Herausgeber Schweizerische Zentralstelle für Baurationalisierung CRB) wurden unterschiedliche Wohnbauten bezüglich der grauen Energie verglichen. Abbildung 84 zeigt, wie sich die graue Energie (eingeschlossene Fläche) aus den Bauteilflächen

*Abbildung 83: Systemgrenze graue Energie für die Erstellung von Gebäuden. Ein grosser Anteil sind Ersatzinvestitionen von Bauteilen mit einer Amortisationszeit kürzer als 60 Jahre.*

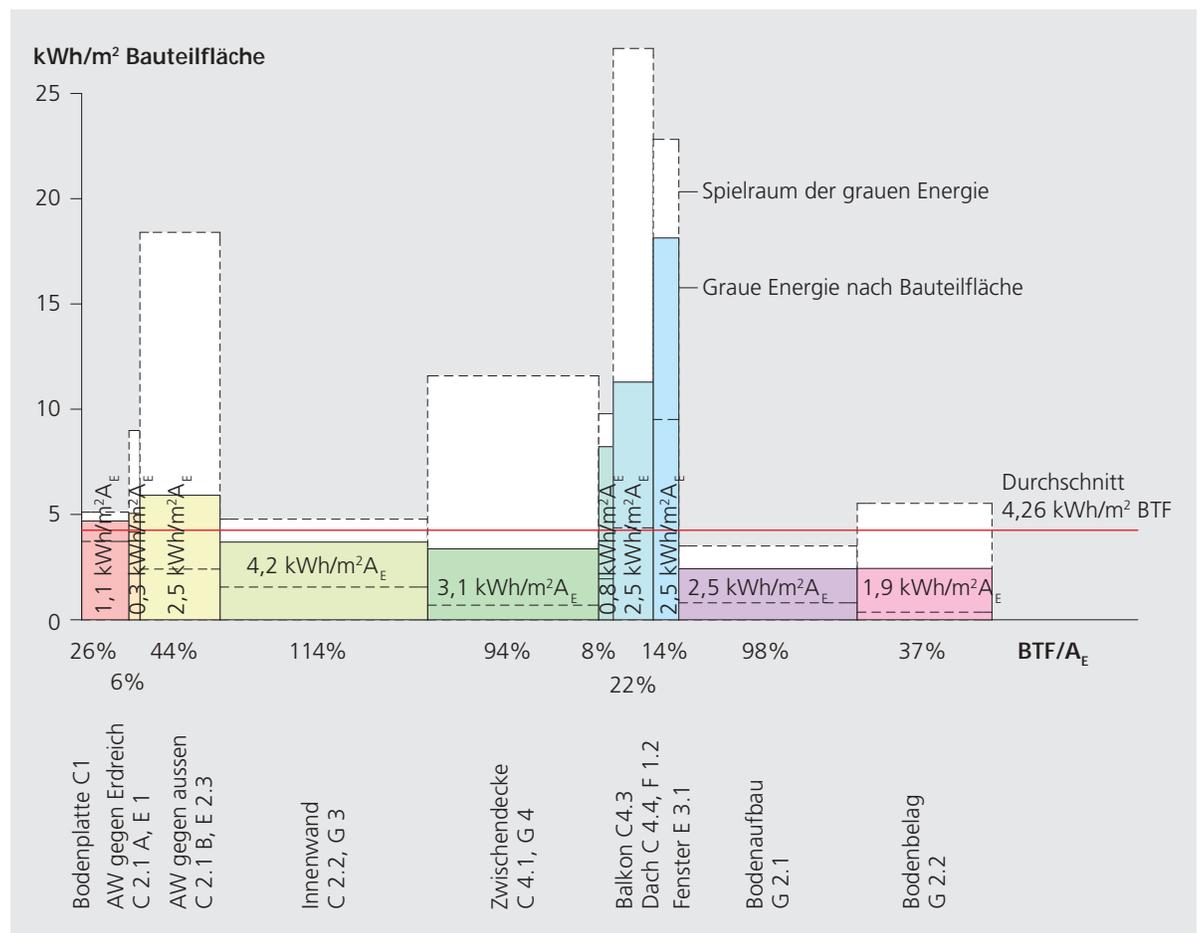


(BTF) und der grauen Energie der Baukonstruktionen pro BTF zusammensetzt. Die Abbildung 84 zeigt, dass die Bauteile der Gebäudehülle (Aussenwand, Dach, Fenster) pro BTF am meisten graue Energie enthalten. Deren Anteil an der grauen Energie des Gebäudes ist jedoch im Vergleich zu jenem der Innenbauteile (Innenwände, Decken) kleiner (Fläche in Abbildung 84). Denn obwohl Innenbauteile eine geringere graue Energie pro BTF aufweisen, kann aufgrund des höheren Flächenanteils ein hoher Gesamtbeitrag an grauer Energie für das Gebäude resultieren. Dies trifft insbesondere bei grösseren, kompakten Bauten zu, bei denen der Art und Konstruktion der Innenwände und Decken eine grosse Bedeutung zukommt. Bei kleineren Bauten (beispielsweise wenig kompakte Einfamilienhäuser mit hohem Anteil der Gebäudehülle an der gesamten BTF) haben hingegen die Art und Ausbildung der Fassade einen grossen Einfluss. Wichtige Erkenntnisse aus der Untersuchung von

Wohnbauten können als Hilfestellungen zur Optimierung der grauen Energie dienen:

- Der Anteil an grauer Energie ist stark von Entwurf und Konstruktion abhängig (Fassadenstruktur, Materialisierung, Kompaktheit).
- Unterterrainbauten haben einen grossen Einfluss auf das Gesamtergebnis.
- Bei kleineren Bauten (geringe Kompaktheit) haben Art und Konstruktion der Fassade einen grossen Einfluss.
- Bei grösseren Bauten (grosse Kompaktheit) haben Art und Konstruktion von Innenwänden und Decken einen grossen Einfluss.
- Bei der Dachkonstruktion gibt es grosse Unterschiede zwischen Steildach (geringer Anteil: Steildach mit Sparrenlage) und Flachdach (hoher Anteil: Betondecke mit Warmdach).
- Bei den Oberflächenmaterialien des Ausbaus (Bodenbeläge, Edelrohbau) besteht Handlungsspielraum.

Abbildung 84: Verhältnis Bauteilfläche (BTF) zu Energiebezugsfläche ( $A_E$ ) versus graue Energie, bezogen auf BTF. Die Spielräume der Bauteile (Minimal- und Maximalwerte) sind mit gestrichelten Linien gekennzeichnet. Die einzelnen Rechtecke entsprechen der grauen Energie der Bauteile, deren Summe der gesamten grauen Energie der Baukonstruktionen für das Gebäude (Grafik: aardeplan, Datenquelle: CRB OAK, MFH Hohmoos).



**Tipp!** Zur Optimierung der grauen Energie von Gebäuden hat sich ein Vorgehen in drei Schritten bewährt:

1. Geschossfläche reduzieren: Der Anteil der Nutzfläche zur Geschossfläche wird erhöht und dabei die Flächeneffizienz verbessert (Raumprogramm, Entwurf).
2. Bauteilflächen reduzieren: Das Verhältnis von Bauteilflächen zu Energiebezugsfläche wird reduziert und dabei das Raumkonzept optimiert (Entwurf).
3. Graue Energie pro Bauteilfläche bei Konstruktionswahl reduzieren (Projektierung).

■ **Handlungsspielraum in den einzelnen Projektphasen.** Das Reduktionspotenzial der grauen Energie ist abhängig von der Projektphase (Tabelle 32). In den Phasen Vorstudie und Vorprojekt ist das Potenzial am grössten. Massnahmen zur Optimierung der grauen Energie betreffen vor allem das Gebäudekonzept, beispielsweise Volumetrie und Setzung des Baukörpers, Tragstruktur und Bauweise. Ab der Phase Projektierung sinkt das Potenzial zur Reduktion der grauen Energie markant und konzentriert sich auf die Konstruktions- und Materialwahl.

■ **Graue Energie und Kosten.** Ein qualitativer Vergleich der Kostenentwicklung vor und nach einer Optimierung der grauen Energie zeigt folgende Tendenzen auf:

- Die Optimierung in der Konzeptphase hat grosses Potenzial. Eine Kostensenkung hat vorwiegend die Reduktion von Bauteilflächen zur Folge. So lassen sich zum Beispiel durch eine Verkleinerung von unbe-

heizten Räumen und ein kompakteres Volumen die Kosten von Aussenbauteilen senken. Durch die Reduktion von Unterterrainbauten reduzieren sich diese kostenintensiven Bauteilflächen und die Kosten für den Aushub fallen tiefer aus. Ein optimiertes Gebäudekonzept birgt zudem das Potenzial, in der Gebäudetechnik bei Installations-schächten und Leitungslängen einzusparen.

- Die Optimierung in der Projektierungs- und Ausschreibungsphase hat Potenzial. Dabei sind die Auswirkungen auf die Kosten abhängig von der Wahl der Konstruktion. Einen massgebenden Einfluss auf die Kosten haben die Konstruktion der Gebäudehülle sowie der Innenwände.
- Bei der Materialwahl ist der Zusammenhang von Kosten und grauer Energie differenziert zu betrachten. Die Materialkosten setzen sich nur zu einem Teil aus den energieintensiven Produktionsprozessen zusammen. Massgebend sind auch Rohstoffpreise und Verarbeitung.

**Tipp!** Mit der Optimierung der grauen Energie reduzieren Sie in der Regel auch die Investitionskosten. Es zeigt sich, dass kostengünstige Bauten häufig auch einen geringeren Anteil an grauer Energie aufweisen. So wirkt sich zum Beispiel eine kompakte Gebäudehülle positiv auf die wirtschaftliche Bilanz aus und reduziert gleichzeitig die graue Energie. Es gibt aber auch zahlreiche Ausnahmen zu dieser Regel. So sind beispielsweise Kunststoffenster kostengünstiger, enthalten aber mehr graue Energie als Holz-Metall-Fenster.

Projektphase	Massnahmenbereiche	Beispiele
Strategische Planung	■ Eingriffstiefe (bei bestehenden Bauten)	■ Ersatzneubau oder Gesamterneuerung
Vorprojekt	■ Kompaktheit ■ Unterterrainbauten ■ Tragsystem ■ Systemwahl Gebäudetechnik	■ Optimierung Verlauf Dämmperimeter ■ Optimierung Raumprogramm ■ Einfaches Tragkonzept
Bauprojekt	■ Öffnungsanteil Fassade ■ Bauweise, Gebäudehülle ■ Ausbaukonzept ■ Konstruktionswahl	■ Optimierung Öffnungsanteil (Vorsicht: ausreichend Tageslicht) ■ Potenzial Holzbau (bei Einfamilienhaus grösser als bei Mehrfamilienhaus) ■ Möglichkeit von Edeldrohnbau prüfen
Ausschreibung, Ausführung	■ Materialisierung ■ Detailkonstruktionen	■ Fassadenbekleidung, Bodenbeläge ■ Unterkonstruktionen Fassade und Trennwände (Holz statt Metall)

*Tabelle 32: Massnahmen zur Reduktion der grauen Energie in den verschiedenen Projektphasen. Weitere Lösungsansätze und Beispiele siehe Abschnitt 7.2.*

### Herausforderung Modernisierung.

Bei Modernisierungen von Gebäuden sind andere Einflussgrössen als bei Neubauten massgebend. Bei der Erneuerung eines bestehenden Gebäudes spielen die Eingriffstiefe (Ersatz und zusätzliche Bauteile, Schichten) und die Erhaltung der bestehenden Bausubstanz eine entscheidende Rolle. Daher ist bezüglich der Optimierung der grauen Energie wie folgt vorzugehen:

1. Bestehende Bausubstanz möglichst erhalten (Werte erhalten).
2. Minimierung Eingriffe in die Gebäudestruktur.
3. Anforderungen Brandschutz, Schallschutz und Erdbebensicherheit miteinander in Einklang bringen.
4. Gebäudehülle und Wärmeerzeugung versus Energieeffizienz Wärme ins Gleichgewicht bringen.
5. Beachtung Materialisierung und Konstruktion des Ausbaus.

Das Reduktionspotenzial an grauer Energie liegt bei Modernisierung bei rund 50 % im Vergleich zu einem Ersatzneubau (Wert abhängig von der Eingriffstiefe der Modernisierung).

### SIA 2032 Graue Energie von Gebäuden

Abbildung 85 zeigt die Normen und Standards für die Optimierung der grauen Energie sowie die Projektphasen, in denen sie angewendet werden. Grundlage für die Erfassung und Berechnung der grauen Energie von Gebäuden ist das Merkblatt SIA 2032. Dort finden sich folgende Festlegungen:

■ **Systemgrenze.** Einbezogen werden die Erstellung und die Entsorgung sowie die notwendigen Ersatzinvestitionen über die Lebensdauer des Gebäudes (Abbildung 83).

■ **Berechnung.** Gemäss SIA 2032 erfolgt die Berechnung der grauen Energie nach einheitlichen Grundsätzen und auf der Basis einer einheitlichen Datengrundlage. Damit ist sichergestellt, dass die Ergebnisse reproduzierbar und vergleichbar sind.

Die graue Energie eines Gebäudes wird berechnet, indem die graue Energie der Bauteile und Gebäudetechniksysteme (Elemente) bezogen auf die Bauteilfläche (Elementmenge) mit der Fläche (Menge) des jeweiligen Bauteils multipliziert und über alle Bauteile (Elemente) des Gebäudes aufsummiert wird. Dieses Resultat wird auf die Energiebezugsfläche bezogen. Die erhaltene Grösse erlaubt den Vergleich verschiedener Gebäude. Da die Transporte vom Lager zur Baustelle und der Baustel-

Abbildung 85: Normen und Standards für die Optimierung der grauen Energie von Gebäuden, Bauteilen und Materialien (blau), Projektphasen für deren Anwendung sowie Bezugsgrössen für die Berechnung. Gemeinsame Datengrundlage für alle Instrumente sind die KBOB-Ökobilanzdaten im Baubereich.  
\* Vergleiche Kapitel 6

Graue Energie	Optimierung Gebäudekonzept	Konstruktions- und Systemwahl	Materialwahl
<b>Normen, Standards</b>	Gesamtenergiebilanz von Gebäuden: SIA 2032, SIA 2040	Bauteilkataloge: SIA 2032	Ökologische Leistungsbeschreibungen: eco-devis*
<b>Projektphase</b>			
Vorstudie	Abschnitt 7.2	Abschnitt 7.2	Kapitel 6
Vorprojekt			
Bauprojekt			
Ausschreibung			
Realisierung			
<b>Berechnung</b>			
Bezugsgrösse	Energiebezugsfläche ( $A_E$ ) und Jahr	Bauteilfläche (BTF) und Amortisationszeit	Masse
Einheit	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup> BTF	kWh/kg

lenbetrieb in der Regel vernachlässigt werden, können die Werte für Baustoffe und Gebäudetechnikkomponenten der KBOB-Ökobilanzdaten im Baubereich («Cradle to Gate», «Wiege bis Fabrikator») direkt für die Berechnung der grauen Energie der Bauteile verwendet werden.

### Berechnungsbeispiel

- Steinwoll-Dämmplatte einer hinterlüfteten Aussenwand
- Rohdichte 32 kg/m<sup>3</sup>
- Graue Energie: 4,2 kWh/kg
- Volumen: 1,0 m · 1,0 m · 0,26 m = 0,26 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>BTF
- Amortisationszeit: 40 Jahre

Schritt 1: Berechnung Masse pro Bauteilfläche

$$0,26 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2} \cdot 32 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 8,3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Schritt 2: Berechnung graue Energie pro Bauteilfläche

$$8,3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \cdot 4,2 \frac{\text{kWh}}{\text{kg}} = \frac{34,8 \text{ kWh}}{\text{m}^2}$$

Schritt 3: Berechnung graue Energie pro Bauteilfläche und Jahr

$$\frac{34,8 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}}{40 \text{ Jahre}} = 0,87 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{ pro Jahr}}$$

Resultat: Die Dämmschicht enthält demnach 0,87 kWh/m<sup>2</sup>BTF graue Energie.

■ **Amortisationszeit.** Bei der Berechnung der grauen Energie der Bauteile wird deren unterschiedliche Amortisationszeit berücksichtigt. Die Amortisationszeit entspricht der Zeitdauer, über welche die graue Energie für Herstellung und Entsorgung abgeschrieben wird. Die Nutzungsdauer dagegen ist die effektiv zu erwartende Zeitdauer zwischen der Inbetriebnahme und dem Ersatz eines Bau- oder Anlageteils. Die Nutzungsdauer und die Amortisationszeiten unterscheiden sich nur für die langlebigen Bauteile wie Baugrube und Rohbau. Für den Nachweis der grauen Energie sind die Amortisationszeiten gemäss SIA 2032, Anhang C, verbindlich (Abbildung 87).

### SIA 2040 SIA-Effizienzpfad Energie

Das Merkblatt SIA 2040 ist der Gebäudestandard zum Bauen für die 2000-Watt-Gesellschaft. Darin sind Zielwerte der nicht erneuerbaren Primärenergie und Treibhausgasemissionen für die Gebäudekategorien Wohnen, Verwaltung und Schule festgelegt. Die Betrachtung umfasst die graue Energie für Erstellung, Betrieb und die vom Gebäude induzierte Mobilität (Betrieb sowie graue Energie von Fahrzeugen und Verkehrsinfrastruktur).

■ **Beispiel.** Am Beispiel der Gesamtenergiebilanz des Mehrfamilienhauses Kirchrainweg (Abbildung 88) werden die Zusammenhänge aufgezeigt. In der Jahres-

Abbildung 86: Berechnungsbeispiel der grauen Energie eines Bauteils (Ausschnitt Dämmschicht).



Abbildung 87: Amortisationszeit der Elemente gemäss SIA 2032 (Quelle: aardeplan).

bilanz kompensiert die Solarstromanlage über drei Viertel der nicht erneuerbaren Primärenergie für den Betrieb. Der Objektwert des Mehrfamilienhauses liegt deutlich unter dem Zielwert nach SIA 2040.

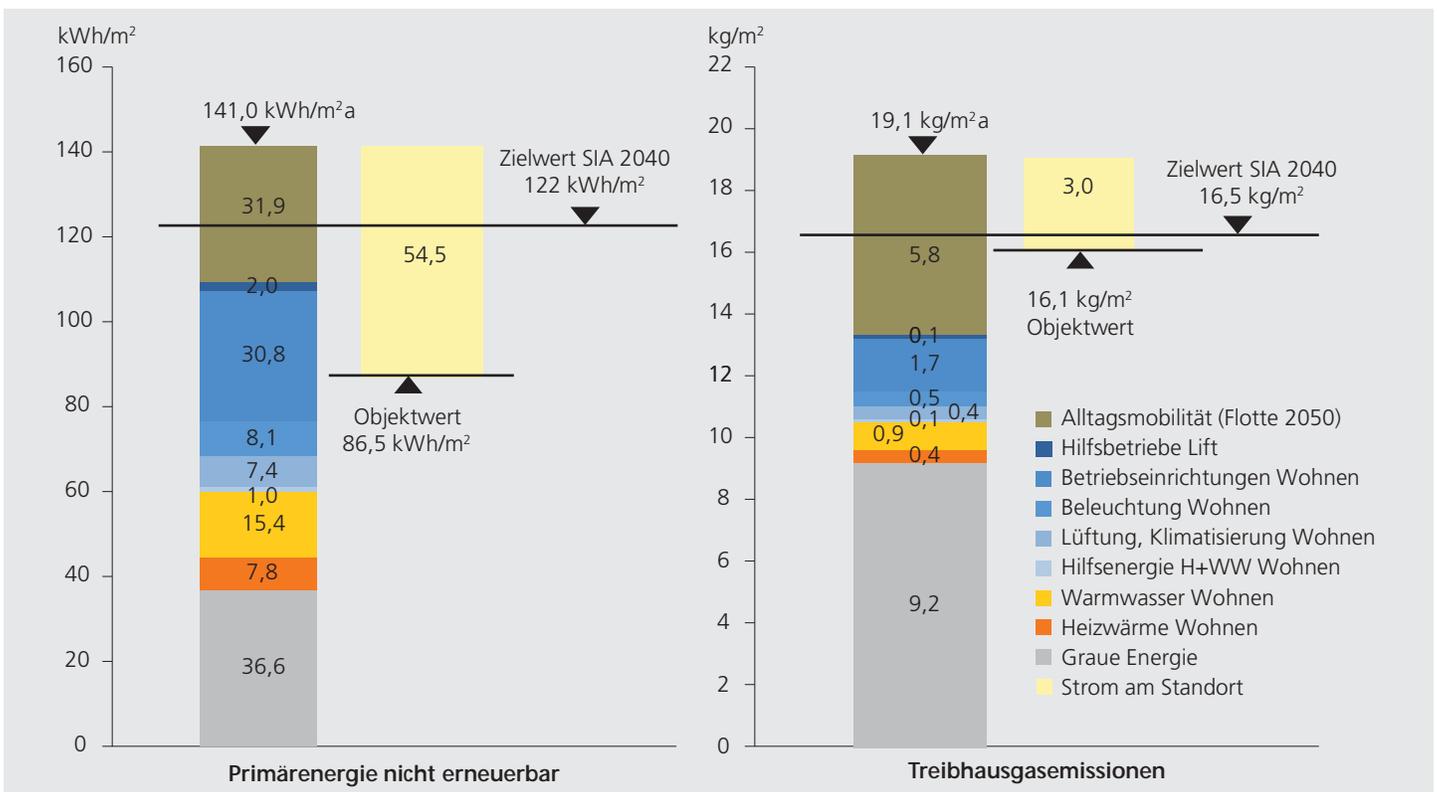
Bei der Gesamtenergiebetrachtung hat die graue Energie einen grossen Einfluss. Bei Neubauten ist der Anteil der Energie für die Erstellung rund halb so gross wie für den Betrieb, bei den Treibhausgasemissionen sogar rund dreimal so gross (vergleiche Richtwerte, Abbildung 91). Bezüglich Treibhausgasemissionen von Neubauten wird somit die Erstellung zu einer massgebenden Grösse.

**Modernisierung.** Bei der Gesamterneuerung ist der Anteil an grauer Energie wesentlich kleiner (Abbildung 91). Im Gegenzug ist bei der Betriebsenergie mit einem grösseren Anteil zu rechnen, da der Heizwärmebedarf verglichen mit Neubauten nicht auf ein derart tiefes Niveau gesenkt werden kann. Diese Unterschiede zwischen Gesamterneuerung und Ersatzneubau sind für die Strategie von Transformationsprozessen bei bestehenden Gebäuden zu berücksichtigen.

## KBOB «Ökobilanzdaten im Baubereich»

Datengrundlage für sämtliche Nachweise gemäss SIA 2032 bildet die Empfehlung «Ökobilanzdaten im Baubereich», welche von der KBOB (Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren), eco-bau (Nachhaltigkeit im öffentlichen Bau) und IPB (Interessengemeinschaft privater professioneller Bauherren) herausgegeben wird. Die Liste mit den für das Bauwesen relevanten Datensätzen wird von der gleichnamigen Plattform betreut, in der neben den Herausgebern auch die Bauwirtschaft (bauens Schweiz, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA), das Netzwerk für nachhaltiges Wirtschaften (öbu), Forschungsinstitutionen (ETH-Bereich, ecoinvent-Zentrum) und die Verwaltung (Bundesamt für Energie, Bundesamt für Umwelt) vertreten sind. Die Sachbilanzen für die Herstellung und Entsorgung der Baustoffe und Gebäudetechnikkomponenten entstammen zu einem grossen Teil der ecoinvent-Datenbank. Den einzelnen Baustoffen werden für den schweizerischen Baumarkt repräsentative Rezyklatanteile

Abbildung 88: Mehrfamilienhaus Kirchrainweg in Kriens – Primärenergie nicht erneuerbar und Treibhausgasemissionen bewertet nach Merkblatt SIA 2040 (Quelle: aardeplan).



und Entsorgungsmixe zugeordnet. Die Liste enthält neben schweizweit repräsentativen Baustoffdaten auch Daten einzelner Hersteller.

**Tipp!** In den KBOB-Ökobilanzdaten im Baubereich sind für Baustoffe und Gebäudetechnikkomponenten Sachbilanzen aus Ecoinvent und weitere Quellen aufbereitet. Zudem werden Daten zu Energiesystemen und Transporten zur Verfügung gestellt, die als Basis für Bilanzen in den Bereichen Betriebs- und Mobilitätsenergie dienen. Download unter [www.kbob.ch](http://www.kbob.ch). Unter [www.eco-bau.ch](http://www.eco-bau.ch) sind auch sämtliche Grundlagenberichte aufgeführt.

■ **Indikatoren.** Als Datengrundlage stehen in den Ökobilanzdaten im Baubereich die Indikatoren für Gesamtbewertung (Umweltbelastungspunkte UPB) und Teilbewertungen (Primärenergie, Treibhausgasemissionen) zur Verfügung (Tabelle 33). Das Verhältnis von Primärenergie zu Treibhausgasemissionen ist nicht proportional. Es bestehen Zusammenhänge, aber auch Differenzen, wie die Vergleiche von Datensätzen für Elektrizität (Tabelle 34)

und Metallbleche (Tabelle 35) exemplarisch aufzeigen. Trotz grossem Anteil an nicht erneuerbarer Primärenergie entstehen bei der Nuklearenergie verhältnismässig geringe Treibhausgasemissionen. Gerade umgekehrt verhält es sich bei der Photovoltaik. Ein gutes Gesamtbild sowohl bei den Energieträgern als auch bei den Baumaterialien geben die Umweltbelastungspunkte.

■ **Einflussgrössen.** Für eine erste Einschätzung der grauen Energie von Materialien können drei Faktoren als Hilfestellung dienen:

- Die Art und Weise der Rohstoffgewinnung ist von grosser Bedeutung. Es gibt sehr energieintensive Gewinnungsverfahren (z.B. Aluminium, Glas) und andere, die im Vergleich sehr wenig benötigen (z.B. lokales Bauholz).
- Vielfältige und energieintensive Verarbeitungsprozesse (z.B. Schmelz-, Brenn- und Trocknungsprozesse) erhöhen den Anteil an grauer Energie. So haben zum Beispiel stark veredelte Holzprodukte einen weit höheren Anteil graue Energie als sägerohes Bauholz.

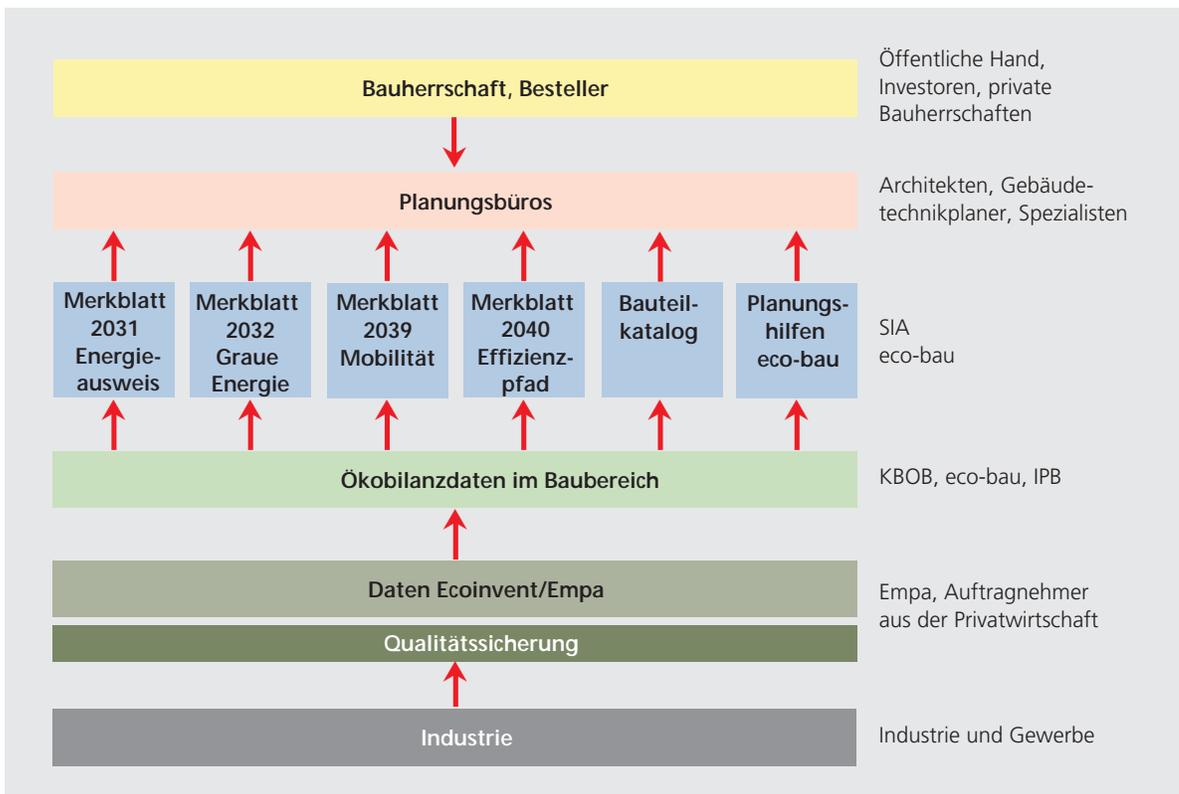


Abbildung 89: Ökobilanzdaten im Baubereich und ihre Anwendung im Planungsprozess: verschiedene Normen und Werkzeuge beziehen sich auf diese Datengrundlage. Neben SIA 2032 und den entsprechenden Softwareprogrammen ist die Liste auch Datengrundlage für verschiedene weitere Merkblätter des SIA und für Planungswerkzeuge (Quelle: Plattform Ökobilanzdaten im Baubereich).

- Recyclingmaterialien können primäre Rohstoffe teilweise ersetzen und damit die graue Energie reduzieren, sofern die Aufbereitung dieses Materials nicht energieintensiv ist (z. B. Altpapier wird weiter verarbeitet zu Dämmstoff).

**Tipp!** Im Grundsatz gilt: Je mehr Masse ein Baumaterial enthält und je mehr thermische Energie zu dessen Herstellung nötig ist, desto höher ist der Anteil an grauer Energie.

### Grenz-, Ziel- und Richtwerte

■ **Richtwerte SIA 2040.** Im Merkblatt SIA 2040 sind für die graue Energie der Erstellung Richtwerte festgelegt. Diese sind für Neubauten und Umbauten definiert, und zwar unterschieden nach den Gebäudekategorien Wohnen, Büro und Schule (Abbildung 91). Die Richtwerte für die Erstellung sind für Neubauten deutlich höher als für Umbauten. Dies hängt damit zusammen, dass langlebige Bauteile wie beispielsweise die Tragstruktur beim Umbau in der Regel nicht mehr verändert werden.

Die Richtwerte gemäss SIA 2040 dienen lediglich als Orientierungshilfe, müssen

Energieträger	UBP Punkte	Primärenergie gesamt kWh	Primärenergie nicht erneuerbar kWh	Treibhausgasemissionen kg
Wasserkraft	12,3	0,33	0,0083	0,00350
Atomkraft	126	1,17	1,17	0,00655
Steinkohle	213	1,09	1,086	0,344
Photovoltaik	50,7	1,58	0,096	0,0264

■ geringe/r Belastung/Bedarf ■ hohe/r Belastung/Bedarf

Tabelle 34: Gesamt- und Teilbewertung von Elektrizität (1 kWh). Quelle: Ökobilanzdaten im Baubereich, KBOB 2009/1:2014

Tabelle 33: Indikatoren für Teil- und Gesamtbewertungen, für die in Ökobilanzdaten im Baubereich Daten zur Verfügung gestellt werden (Quelle: KBOB).

Baustoff	UBP Punkte	Primärenergie gesamt kWh	Primärenergie nicht erneuerbar kWh	Treibhausgasemissionen kg
Stahlblech	28 000	63	61	14,4
Aluminiumblech	26 700	107	-86	-22,2
Kupferblech	458 000	-97	-82	19,4

■ hohe/r Belastung/Bedarf ■ sehr hohe/r Belastung/Bedarf

Tabelle 35: Gesamt- und Teilbewertungen für verschiedene Metallbleche (blank, Grösse 1,0m<sup>2</sup>, Stärke 1 mm). Quelle: Ökobilanzdaten im Baubereich, KBOB 2009/1:2014

Gesamtbewertung	Teilbewertung		
Umweltbelastungspunkte (UBP) Punkte	Gesamte Primärenergie kWh	Nicht erneuerbare Primärenergie «Graue Energie» kWh	Treibhausgasemission kg
Die Beurteilung mit der Methode der ökologischen Knappheit zeigt ein vollständiges Bild der Umweltauswirkungen auf und basiert auf der schweizerischen Umweltpolitik.	Zusätzlich zur nicht erneuerbaren Primärenergie wird der kumulierte Energieaufwand der erneuerbaren Energieträger mit einbezogen.	Kumulierter Energieaufwand der fossilen und nuklearen Energieträger sowie Holz aus Kahlschlag von Primärwäldern.	Quantifizieren die kumulierten Einwirkungen verschiedener Treibhausgase (CO <sub>2</sub> , Methan, Stickoxid und weitere klimawirksame Gase) bezogen auf die Leitsubstanz CO <sub>2</sub> .
Die Umwelteinwirkungen der Teilbewertungen sind in der Gesamtbewertung UBPs enthalten.	Zeigt ein umfassendes Bild der energetischen Ressourcen. Diverse Instrumente von Energiestadt (2000-Watt-Bewertung von Gemeinden und Arealen) und SIA (SIA 2031 Energieausweis für Gebäude) stützen sich darauf ab.	Etablierter Kennwert im Baubereich. Diverse Instrumente des SIA (SIA 2032, SIA 2040), von eco-bau (eco-devis) und Minergie (Minergie-Eco, Minergie-A) stützen sich darauf ab.	Kennwert für die Klimaerwärmung, nicht gleichzusetzen mit dem standortgebundenen CO <sub>2</sub> -Ausstoss.

aber nicht eingehalten werden. Zu erfüllen sind einzig die Zielwerte, die neben der Erstellung auch den Betrieb und die Mobilität umfassen. Für jede der Gebäudekategorien bestehen Zielwerte für die nicht erneuerbare Primärenergie und die Treibhausgasemissionen. Diese sind für Neubau und Umbau gleich (nicht erneuerbare Primärenergie) respektive sehr ähnlich (Treibhausgas).

■ **Grenzwerte Minergie-Eco.** Bei Minergie-Eco wird die graue Energie dynamisch bewertet. Es wird ein projektspezifischer unterer (GW1) und oberer Grenzwert (GW2) berechnet. Der obere Grenzwert darf beim Nachweis der grauen Energie nicht überschritten werden. Für Neubau und Modernisierung gelten unterschiedliche Grenzwerte (vergleiche Abschnitt 7.3).

■ **Grenzwert Minergie-A.** Für Minergie-A gilt eine andere Anforderung als für Minergie-Eco. Der statische Grenzwert von 50 kWh/m<sup>2</sup> ist für alle Gebäude und Bauweisen einzuhalten. Minergie-A ist zurzeit für die Gebäudekategorien Wohnen, Verwaltung und Schulen verfügbar, und zwar für Neubau wie auch Modernisierung. Wird mit der Photovoltaikanlage in der Minergie-A-Bilanz der Grenzwert der Energiekennzahl unterschritten, kann mit dieser Differenz graue Energie kompensiert werden. Die graue Energie für die Photovoltaikanlage ist sowohl bei Minergie-A wie bei Minergie-Eco einzurechnen.

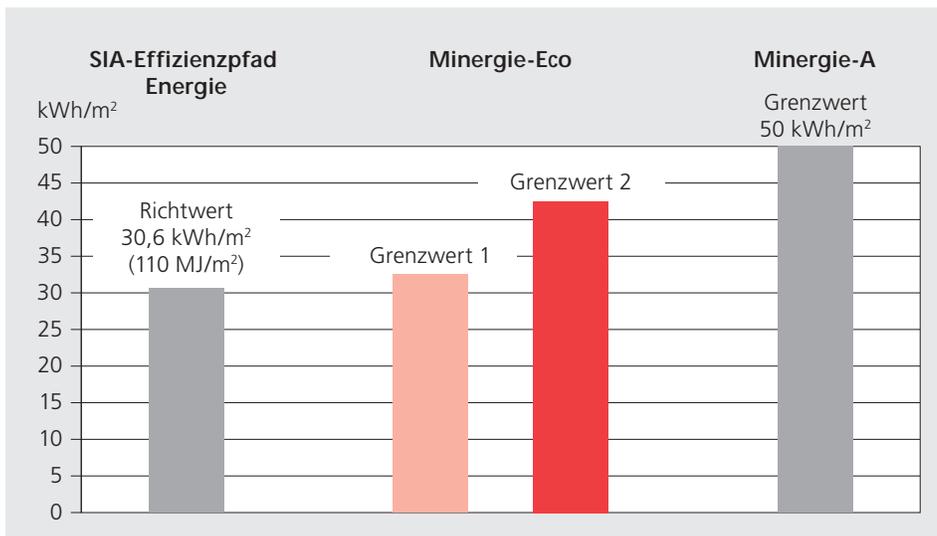


Abbildung 90: Beispiel für unteren (GW1) und oberen Grenzwert (GW2) graue Energie für Minergie-Eco-Neubauten im Vergleich zu Grenzwert Minergie-A und Richtwert SIA 2040 für Gebäudekategorie Wohnen.

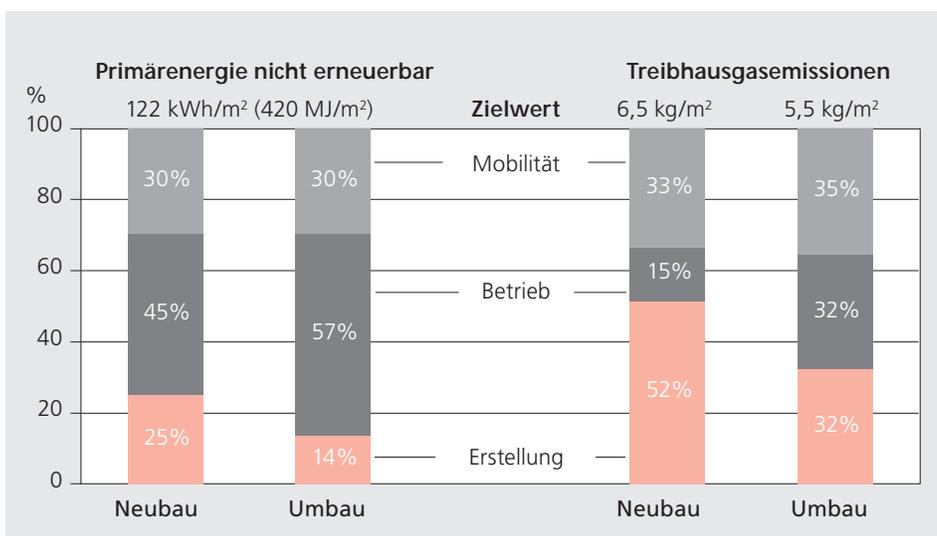


Abbildung 91: Richtwerte für Erstellung, Betrieb und Mobilität für Neubau und Umbau gemäss SIA 2040 für Gebäudekategorie Wohnen. Die Zielwerte sind die Summe der Richtwerte für Erstellung, Betrieb und Mobilität.

## 7.2 Lösungsansätze

### Optimierung Gebäudekonzept

In der Konzeptphase ist die Reduktion der grauen Energie das Resultat einer Optimierung des Gebäudekonzeptes. Die Beachtung von Kriterien wie Beständigkeit, Wirtschaftlichkeit und Nutzungsflexibilität ermöglicht eine gleichzeitige Optimierung der grauen Energie. Es gilt nach Lösungen zu suchen, die geringe Kosten auslösen und das Potenzial enthalten, eine möglichst lange Nutzungsdauer zu erreichen. Zugleich ist aber schon frühzeitig die Bauweise mitzudenken, wenn es zum Beispiel um das Tragsystem geht. Mit diesem Vorgehen wird nicht nur graue Energie reduziert, sondern auch eine hohe Gebäudequalität sichergestellt.

■ **Einsparpotenzial graue Energie.** Das Einsparpotenzial von grauer Energie ist von der projektspezifischen Situation abhängig. Bei einem Projekt mit vielen planerischen Auflagen bezüglich Volumen und Erscheinungsbild (z. B. innerstädtische Situation mit Gestaltungsplan) reduziert sich das Einsparpotenzial. Bei einem Projekt auf der «grünen Wiese» mit mehr Freiheiten für den Architekten ist ein grösseres Einsparpotenzial vorhanden. Auch der Bestel-

ler (Bauherrschaft) hat einen Einfluss auf das Einsparpotenzial. Werden zum Beispiel die Nebennutzflächen und Verkehrsflächen im Raumprogramm reduziert, so sinkt der Aufwand an grauer Energie. Aus den Erfahrungen von gebauten Mehrfamilienhäusern (Beispiele Objektartenkatalog OAK, Minergie-A-Wohnbauten) zeigen sich folgende Tendenzen:

- Graue Energie Mehrfamilienhaus optimal: ca. 30 bis 35 kWh/m<sup>2</sup>
- Graue Energie Mehrfamilienhaus konventionelle Bauweise: ca. 40 bis 45 kWh/m<sup>2</sup>

Daraus resultiert ein Einsparpotenzial gegenüber konventionellen Bauten von ca. 10 kWh/m<sup>2</sup> oder 20%.

Nachfolgend sind unabhängig von der projektspezifischen Situation (planerische Auflagen, Bauherrschaft) mögliche Lösungsansätze für Einsparpotenziale beschrieben.

**Tipp!** Optimieren Sie die graue Energie des Gebäudekonzeptes durch die Reduktion von Bauteilflächen in einer frühen Planungsphase. Eine erste Abschätzung der gesamten grauen Energie eines Gebäudes in den Projektphasen Vorstudie oder Vorprojekt kann mit dem Tool Graue Energie zu SIA 2032 erfolgen. Mit wenigen Anga-

Abbildung 92: Lösungsansätze zur Optimierung der grauen Energie des Gebäudekonzeptes und deren Umsetzung bei der Konstruktions-, System- und Materialwahl.

■ Hohe Relevanz  
 ■ Mittlere Relevanz für die Hauptgruppen gemäss eBKP-H des CRB  
 ■ In diesem Kapitel behandelt

Optimierung Gebäudekonzept	Optimierung Konstruktions-, System- und Materialwahl					
	B Vorbereitung	C Konstruktion	D Technik	E Äussere Wandbekleidung	F Bedachung	G Ausbau
Flächeneffizienz	■	■	■	■	■	■
Kompaktheit	■	■		■	■	
Bauweise		■		■	■	■
Graue Energie und Betrieb			■	■	■	
Unterterrainbauten	■	■				
Tragsystem		■				
Gebäudetechnik			■			
Gebäudehüllzahl		■		■	■	
Ausbaukonzept						■

ben lässt sich ein für diesen Planungsstand ausreichend präzises Resultat berechnen. Sollen gleichzeitig mit der grauen Energie für die Erstellung auch der Betrieb und die Mobilität optimiert werden, verwenden Sie das Tool SIA 2040 Effizienzpfad Energie.

■ **Kosten.** Beim Gebäudekonzept ist das Kosteneinsparpotenzial bei der Optimierung der grauen Energie beträchtlich. Eine Kostensenkung hat vorwiegend die Reduktion der Bauteilflächen zur Folge.

### **Optimierung Konstruktions-, System- und Materialwahl**

Bei der Wahl von Konstruktionen und Materialien in der Projektierung und Ausschreibung hängen die Auswirkungen vom Handlungsspielraum der Planenden ab. Grundsätzlich sind die Auswirkungen je nach Bauteil und Materialwahl unterschiedlich. Zum Beispiel:

- Werden Holz-Metall-Fenster statt Kunststofffenster eingesetzt, wird die graue Energie zwar kleiner, es entstehen aber Mehrkosten.
- Für eine Kalksandsteinwand statt einer Betonwand ergibt sich eine Reduktion der grauen Energie und der Kosten.

■ **Einsparpotenziale graue Energie.** Bei der konstruktiven Umsetzung von Gebäudekonzepten geht es hauptsächlich um die Wahl der Bauweise und um die Konstruktionsarten von Boden, Wänden und Dach. Bezüglich der grauen Energie sind diese Fragen differenziert zu betrachten. In den nachfolgenden Abschnitten sind Lösungsansätze für die Optimierung der grauen Energie bei der Konstruktions-, System- und Materialwahl aufgezeigt.

**Tipp!** Optimieren Sie die graue Energie in der Projektierung und Ausführung durch den Vergleich verschiedener Konstruktionen. Der elektronische Bauteilkatalog unter [www.bauteilkatalog.ch](http://www.bauteilkatalog.ch) beispielsweise enthält die ökologische Bewertung der wichtigsten Baukonstruktionen und ermöglicht den schnellen Vergleich.

■ **Bauphysik, Brandschutz, Erdbebensicherheit.** Bei der Konstruktionswahl sind neben den gestalterischen und wirtschaftlichen Aspekten auch die bauphysikalischen Anforderungen (Schallschutz, Wärmedämmung) sowie Brandschutz und Erdbebensicherheit einzubeziehen. Jede zusätzliche Anforderung an ein Bauteil bedingt in der Regel eine zusätzliche Schicht oder mehr Materialstärke, was zu mehr grauer Energie führt.

Die Anforderungen an Schall- und Brandschutz sind je nach Wohnnutzung und Gebäudehöhe unterschiedlich – entsprechend auch der Anteil grauer Energie:

- Einfamilienhaus: Geringe Anforderungen bezüglich Schall- und Brandschutz, da nur eine Nutzungseinheit.
- Mehrfamilienhaus: Schallschutzanforderung gemäss SIA 181. Anforderungen Brandschutz in Abhängigkeit der Geschosshöhe.
- Stockwerkeigentum: Zusätzlich erhöhte Schallschutzanforderungen.

**Tipp!** Anforderungen bezüglich Erdbebensicherheit, Schallschutz, Akustik und Brandschutz verursachen einen grossen Anteil an grauer Energie. Konzentrieren Sie diese Funktionen und Anforderungen auf möglichst wenige Bauteilflächen.

■ **Kosten.** Bei der Konstruktionswahl ist das Kosteneinsparungspotenzial bei der Optimierung der grauen Energie – abgesehen von einigen Ausnahmen – beschränkt. So kann beispielsweise beim Wechsel von einer Kompaktfassade zu einer hinterlüfteten Konstruktion mit Holz die Reduktion der grauen Energie zu höheren Kosten führen. Oder die Verminderung der grauen Energie führt zu geringeren Kosten, zum Beispiel wenn die Anzahl Betonwände auf ein Minimum reduziert wird. Die konsequente Systemtrennung (z. B. Lüftungsinstallationen nicht in Betonkonstruktion eingelegt) erhöht hingegen das Potenzial einer guten Auswechselbarkeit der Bauteile, was die Gebäudequalität verbessert.

Bei der Materialwahl ist der Zusammenhang von Kosten und grauer Energie differenziert zu betrachten.

Beispiele für hohen Anteil an grauer Energie und hohe Kosten:

- Betonwand
- Aluminiumblech
- Naturstein geschliffen

Beispiele für hohen Anteil an grauer Energie und geringe Kosten:

- Kunststofffenster
- Bituminöse Abdichtungen
- Gipskarton
- MDF-Holzplatte

### Gebäudekonzept: Flächeneffizienz

#### ■ Flächeneffizientes Raumprogramm.

Die Erhöhung der Flächeneffizienz des Gebäudekonzeptes ist eine wirkungsvolle Massnahme zur Reduktion der grauen Energie. Neben der Reduktion der Hauptnutzflächen durch dichtere Belegung besteht auch bei den übrigen Geschossflächen (Erschliessung, Technik- und Kellerräume, Einstellhalle) ein beträchtliches Potenzial. Darunter fallen auch unbeheizte Gebäudevolumina, die oft einen hohen Anteil an grauer Energie aufweisen. Der Grund liegt bei den zahlreichen Stahlbetonteilen und der häufigen Lage unter dem Terrain. Wenn der Dämmperimeter um das unbeheizte Volumen (z. B. gedämmtes Untergeschoss) geführt wird, erhöht dies die graue Energie zusätzlich, da mehr Dämmmaterial verbaut werden muss.

#### ■ Massnahmen. Folgende Massnahmen können geprüft werden:

- Optimierung Raumprogramm inklusive Verkehrsflächen, Kellerflächen usw.

- Prüfung von organisatorischen Massnahmen, Nutzungsüberlagerungen oder Ablaufoptimierungen.

- Reduktion (Pflicht-) Parkplätze in der Einstellhalle mit einem Mobilitätskonzept, das den Bedarf an Fahrzeugen gegenüber der Regelbauweise reduziert.

■ **Kosten.** Mit einer guten Grundrissorganisation werden Bauteilflächen reduziert, die oft einen hohen Anteil an grauer Energie aufweisen. Dadurch verbessert sich das Kosten-Nutzen-Verhältnis des Gebäudes.

### Gebäudekonzept: Kompaktheit

■ **Kompaktes Gebäude.** Der Begriff der Kompaktheit eines Gebäudes wird hinsichtlich der grauen Energie weiter gefasst als beim Wärmebedarf und schliesst auch die unbeheizten Gebäudeteile und Unterterrainbauten mit ein.

**Definition Kompaktheitszahl.** Die Kompaktheitszahl eines Gebäudes ist gleich dem Verhältnis der Flächen aller Aussenbauteile (Flächen gegen Aussenklima und gegen Erdreich) zur Geschossfläche. Sie charakterisiert die Form und Abmessung des Gebäudes und dient zur Abschätzung der grauen Energie des Gebäudes (Quelle: Norm SIA 380).

Das Ziel der Optimierung der Kompaktheit ist, eine möglichst kleine Fläche aller Aussenbauteile für das gesamte Gebäudevolumen zu erhalten, ohne dafür gestalterische und funktionale (beispielsweise ausreichende Nutzung Tageslicht) Nachteile

Gebäudeeigenschaft	Beispiele
Graue Energie	Geringer Anteil Aussenbauteile
Heizwärmebedarf	Optimierung mit Festlegung Dämmperimeter
Kosten	Zum Beispiel Gebäudeeinsprünge oder Auskragungen sind kostenintensiv
Tageslichtnutzung	Erhöhte Raumtiefen reduziert die Tageslichtnutzung – mehr gefangene Räume
Flächen für die Produktion erneuerbarer Energien am Gebäude	Abhängig von der Geschossigkeit
Gestalterische Qualität	Eingeschränkte Gestaltungsmöglichkeiten durch Einschnitte, Versatz, Auskragung etc.

*Tabelle 36: Gebäudeeigenschaften, die mit der Kompaktheitszahl korrelieren (grün) respektive sich gegenläufig verhalten (rot).*

in Kauf nehmen zu müssen (Tabelle 36). Allerdings gilt es zu beachten, dass bei grösseren Bauten auch die Art und Konstruktion von Innenwänden und Decken wesentlich zur grauen Energie beitragen (Abbildung 84).

■ **Massnahmen.** Folgende Massnahmen können geprüft werden:

- Optimierte Unterterrainbauten
- Für kleinere Bauten: Gebäudehülle mit tiefer Hüllzahl (Aussenwände, Dach)
- Für grössere Bauten: Optimierung von Innenwänden und Decken

■ **Kosten.** Je kompakter ein Gebäude konzipiert werden kann, desto weniger Aussenbauteile werden benötigt. Aussenbauteile sind kostenintensiv und enthalten viel graue Energie. Eine tiefe Kompaktheitszahl ist nicht nur in Bezug auf die Investition wirtschaftlich, sondern auch bei den Gebäudeunterhalts- und Instandsetzungskosten (z. B. Fassadenreinigung).

#### **Gebäudekonzept: Bauweise**

■ **Passende Bauweise.** Schon während der Konzeptionsphase stellt sich die Frage nach der zu wählenden Bauweise.

■ **Holzbauweise.** Der Holzbau enthält in der Regel weniger graue Energie als ein Massivbau. Werden die inneren Oberflächen und die Deckenuntersichten in Holz

(Sichtqualität) ausgeführt, ist der Holzbau gegenüber dem Massivbau im Vorteil. Werden die inneren und äusseren Oberflächen nicht in Holz ausgeführt oder wird ein Teil der Konstruktion mit Stahl kombiniert, dann schwindet der Vorteil des Holzbaus gegenüber dem Massivbau.

■ **Massivbauweise.** Beim Massivbau hat die Konstruktions- und Materialwahl einen entscheidenden Einfluss (vergleiche nächste Abschnitte). Vor allem bei den Aussen- und Innenwänden sind grosse Unterschiede möglich. Bei den Aussenwänden liegt das Reduktionspotenzial bei der Wahl des Mauerwerks und des äusseren Wandaufbaus (Wärmedämmung und Fassade). Ein Massivbau mit schlanken Zwischendecken (wenig Installationen im Beton und geringe Spannweiten) und hinterlüfteter Fassade (Holzunterkonstruktion) enthält gegenüber einem Holzbau nur noch geringfügig mehr graue Energie.

■ **Hybridbauweise.** Eine Mischbauweise von Holz- und Massivbau eröffnet neue Potenziale für optimierte Gebäudekonzepte indem die Stärken beider Bauweisen kombiniert werden. Beton macht grössere Spannweiten, individuelle Raumgrössen und Geschossdecken sowie Innenwände mit guten Schalldämmwerten einfach realisierbar. Holzbausystemwände und -dach-



Abbildung 93: Das Mehrfamilienhaus Hegianwandweg, Zürich (Architektur EM2N, Foto: Hannes Henz).

konstruktionen sind bei einem sehr guten Wärmeschutz und luftdichter Ausführung im Vorteil.

■ **Einfamilienhaus und Mehrfamilienhaus.** In der Praxis zeigt sich, dass der Unterschied bezüglich der grauen Energie zwischen den Bauweisen hauptsächlich bei Gebäuden mit einer Nutzungseinheit (Einfamilienhaus) relevant ist. Bei mehreren Nutzungseinheiten (Mehrfamilienhäuser) sind erhöhte Anforderungen an den Schall- und Brandschutz erforderlich, was beim Holzbau zusätzliche Schichten oder höhere Materialstärken zur Folge hat. Damit ist der Vorteil des Holzbaus bezüglich grauer Energie eher gering (Abbildung 94). Wird auf sichtbare Holzoberflächen in den Innenräumen und an der Fassade verzichtet, so schwindet der Vorteil des Holzbaus gegenüber dem Massivbau zusätzlich.

**Tipp!** Insgesamt ergeben sich für die graue Energie – ausser beim Einfamilienhaus – nur verhältnismässig geringe Unterschiede zwischen den beiden Bauweisen. Grund dafür ist, dass der Innenausbau beim Holzbau aufwendiger ist. Die hier allenfalls benötigten Verkleidungen aus Gipskarton und Gipsfaserplatten können den Vorteil der Holzbauweise bei Decken, Innen- oder

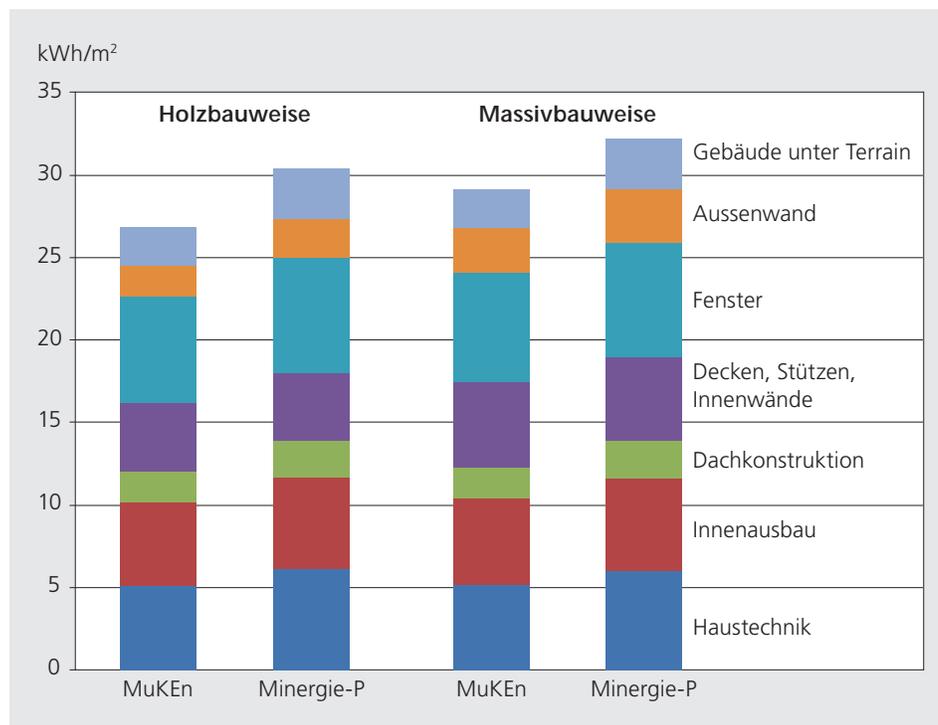
Aussenwänden sowie Balkonen weitgehend zunichtemachen.

### Gebäudekonzept: Graue Energie und Betrieb

■ **Graue Energie versus Energieeffizienz und erneuerbare Energien.** Eine gute Wärmedämmung, Erdsonden und Photovoltaikanlagen leisten einen wichtigen Beitrag für einen energieeffizienten Betrieb und die Nutzung erneuerbarer Energien. Hinsichtlich grauer Energie sind derartige Massnahmen allerdings belastend, da damit ein zusätzlicher Aufwand verbunden ist. In der Gesamtenergiebilanz sind daher die energetischen Massnahmen mit der grauen Energie abzustimmen.

**Tipp!** Massnahmen für eine hohe Energieeffizienz und die Nutzung von erneuerbaren Energien führen in der Regel zu einem höheren Bedarf an grauer Energie (mehr Wärmedämmung, Erdsonden, Photovoltaik, kontrollierte Lüftung). Wägen Sie diese Massnahmen zur Senkung der Betriebsenergie und die Nutzung erneuerbarer Energien gegenüber der zusätzlichen grauen Energie ab, zum Beispiel indem eine Gesamtbilanz nach SIA 2040 erstellt wird.

Abbildung 94: Vergleich der grauen Energie von Holz und Massivbauweise mit Gebäudestandard nach MuKE n respektive Minergie-P für Mehrfamilienhaus Hegianwandweg, Zürich (Quelle: Lignatec 25/2011).



■ **Wieviel dämmen?** Das Beispiel (Abbildung 95) zeigt die Optimierung von grauer Energie und Heizwärmebedarf. Ein Wechsel des Energieträgers – von Erdgas zu einer effizienten Wärmepumpe oder Holz – führt zu einer sprunghaften Reduktion des ökologischen Aufwandes. Eine optimale Wärmedämmung ist zur Reduzierung des Heizwärmebedarfs wichtig. Je grösser aber die Dämmstärken, desto grösser die graue Energie. Die häufig verwendeten Dämmmaterialien (Steinwolle, Glaswolle, Polystyrol etc.) haben einen hohen Anteil an grauer Energie. Mit alternativen Dämmstoffen (z. B. Zelluloseflocken) wird diese Problematik entschärft. Stellt man die graue Energie des Dämmmaterials dem dadurch reduzierten Bedarf an Primärenergie nicht erneuerbar für die Raumheizung gegenüber können folgende Aussagen gemacht werden:

- Bis zu einem U-Wert von 0,20 bis 0,15  $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$  (16 bis 24 cm EPS) ist in der Regel der Heizwärmebedarf vorrangig.

- Die ersten 10 cm Dämmung haben den grössten Einfluss auf die Reduktion des Energieverbrauchs.

- Die optimale Dämmstärke respektive der optimale U-Wert, bei dem ein minimaler Gesamtenergieverbrauch erreicht wird, ist geringer für Pellets und Wärmepumpe mit Erdsonden als bei Gas.

Während die optimalen Dämmstärken beim Indikator UBP vergleichbar zur nicht erneuerbaren Primärenergie ausfallen, führt die Optimierung der Treibhausgasemissionen dagegen zu deutlich geringeren Dämmstärken, wie die Studie «Optimale Dämmstärken bei Wohngebäuden» zeigt. Die ökonomisch optimalen Dämmstärken sind mehrheitlich signifikant kleiner als die entsprechenden ökologischen Optima.

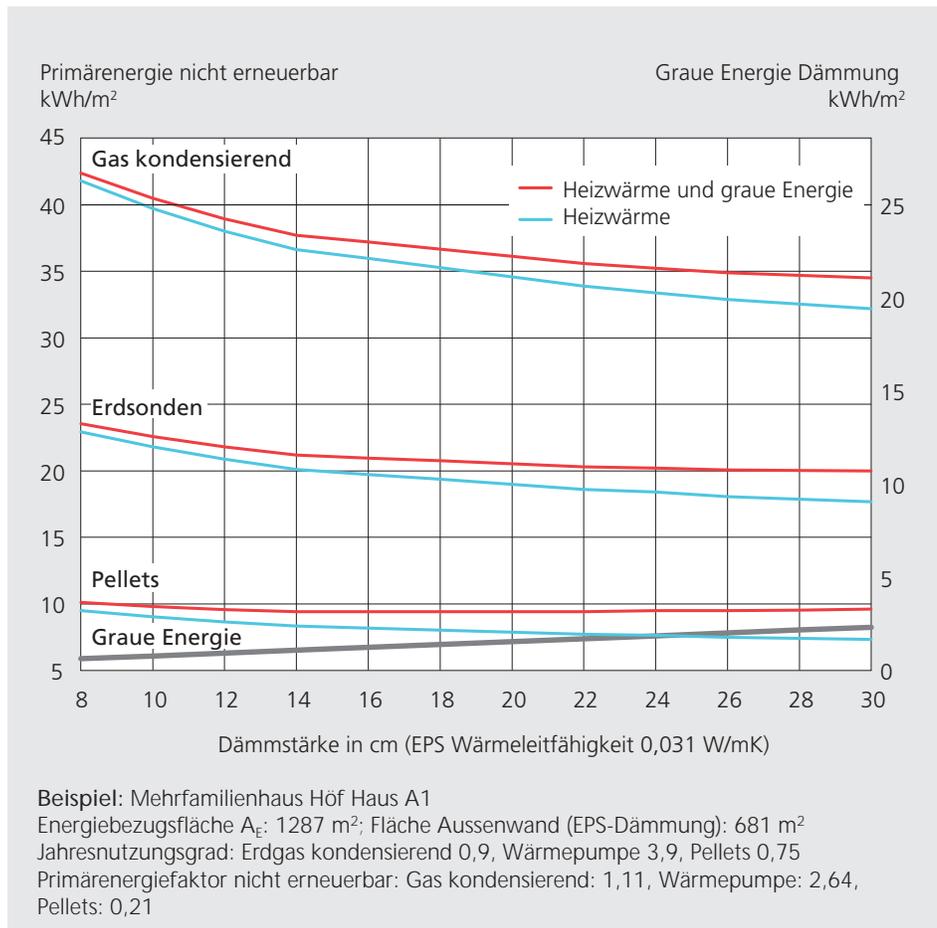


Abbildung 95: Erhöhung der Wärmedämmstärke der Aussenwand eines Mehrfamilienhauses: Reduktion des Primärenergiebedarfs nicht erneuerbar für Raumheizung versus zusätzliche graue Energie (Quelle: aardeplan).

# B

## Vorbereitung

### Gebäudekonzept: Unterterrainbauten

■ **Optimierte Unterterrainbauten.** Gebäudeteile unter Terrain weisen für die gleiche Nutzung meist einen höheren Anteil an grauer Energie auf als solche über Terrain. Mehr Betonkonstruktionen, Abdichtungen und Aushub erhöhen die graue Energie. Dies trifft insbesondere zu, wenn die Unterterrainbauten nicht unter dem Gebäude angeordnet sind und die Bedachung eine grosse Erdüberdeckung aufweist.

■ **Massnahmen.** Folgende Massnahmen können geprüft werden:

- Unterterrainbauten minimieren
- Optimierung Setzung, Lage des Gebäudes
- Abgetrepte Baugrube prüfen
- Reduktion Aushubvolumen

■ **Kosten.** Unterterrainbauten, die im Grundwasser stehen und nicht unterhalb des Gebäudes angeordnet sind, sind mit besonders hohen Kosten und einem grossen Aufwand an grauer Energie verbunden.

### Konstruktions- und Materialwahl

■ **Stellschrauben.** In Tabelle 37 sind die Stellschrauben für die Optimierung der grauen Energie der Vorbereitung Gebäude dargestellt.

Abbildung 97: Optimierung des Aushubs bei einem Projekt (Quelle: aardeplan).

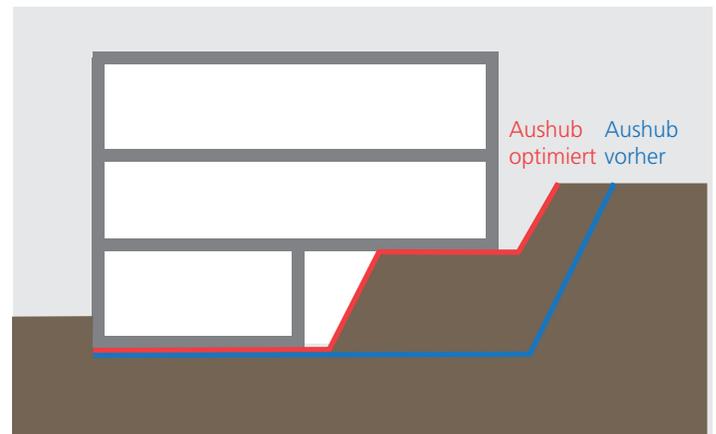


Abbildung 96: Baugrube des MFH Kirchrainweg mit abgetrepter Sole zur Reduktion des Aushubvolumens (Foto: aardeplan).

BKP-Elementgruppe	Optimierung graue Energie	Weitere Hinweise
B6.2 Aushub nicht kontaminiert		
B6.3 Aushub kontaminiert		
B6.5 Baugrubenabschluss (Abbildung 98)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Einfachere Baugrubensicherungen wie Spund-, Rühl- und Nagelwände verursachen deutlich geringere Umweltauswirkungen als vollständig betonierte Lösungen wie Bohrpfahl- oder Schlitzwände.</li> </ul>	
B 6.7 Wasserhaltung	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Die Umweltauswirkungen der Wasserhaltung werden durch Stromverbrauch der Pumpen dominiert. Der Stromverbrauch erhöht sich bei zunehmender Pumphöhe bzw. tieferen Baugruben.</li> </ul>	
B7.2 Pfahlungen (Abbildung 99)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Es bestehen erhebliche Unterschiede zwischen den Umweltauswirkungen der verschiedenen Tiefgründungen, je nach verwendeten Systemen und Durchmesser der Pfahlungen (Auswirkungen auf Materialverbrauch).</li> <li>■ Die Rüttelstopfsäule verursacht bezogen auf die Pfahllänge die geringsten Umweltbelastungen, gefolgt von vorgefertigten Betonpfählen und Mikrobohrpfählen.</li> <li>■ Ort betonverdrängungspfähle verursachen pro m Verdrängungspfahl eine mittlere Umweltbelastungen in Abhängigkeit von Durchmessers und Armierung.</li> <li>■ Ort betonbohrpfähle verursachen die höchsten Umweltbelastungen in Abhängigkeit des Durchmessers und der Ausführung.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Für einen qualifizierten Vergleich der Tiefgründung müssen die benötigten Pfahllängen mit der Dichte der Anordnung der Pfähle verrechnet werden.</li> </ul>

Tabelle 37: Stellschrauben für die Optimierung der grauen Energie und weitere Hinweise für die Vorbereitungsarbeiten.

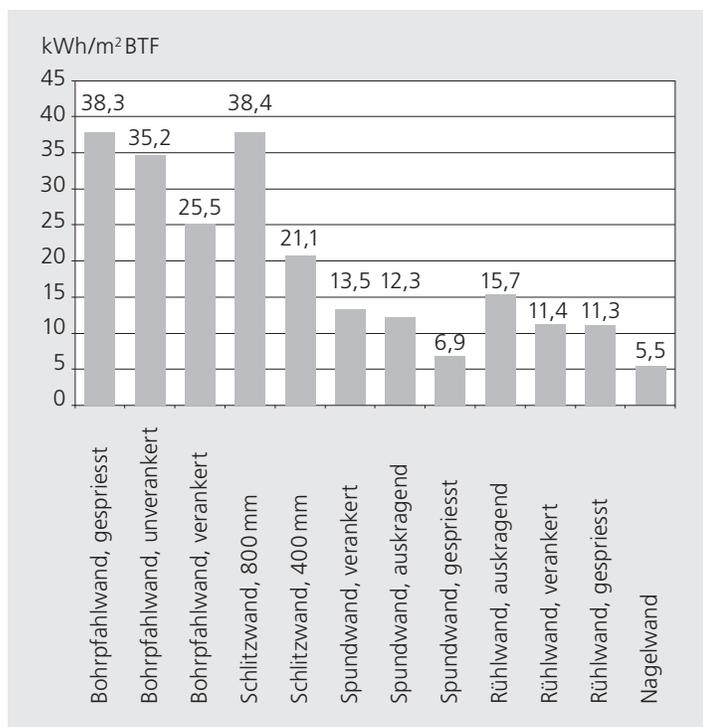


Abbildung 98: Vergleich der grauen Energie pro m² Baugrubenabschluss für verschiedene Baugrubenabschlüsse B6.5.

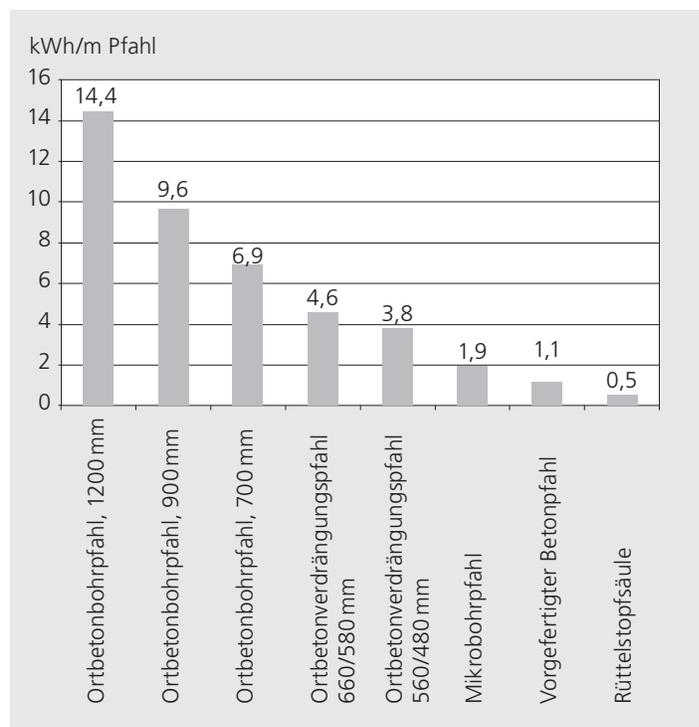


Abbildung 99: Vergleich der grauen Energie pro m Pfahl für unterschiedliche Tiefgründungen B7.2.

# C

## Konstruktion

### Gebäudekonzept: Tragsystem

■ **Intelligentes Tragkonzept.** Die Tragstruktur hat einen wesentlichen Einfluss auf die graue Energie. In der Praxis hat sich gezeigt, dass Geschossdecken einen hohen Anteil an grauer Energie enthalten. Daher ist es wichtig, die Tragstruktur möglichst materialeffizient zu konzipieren.

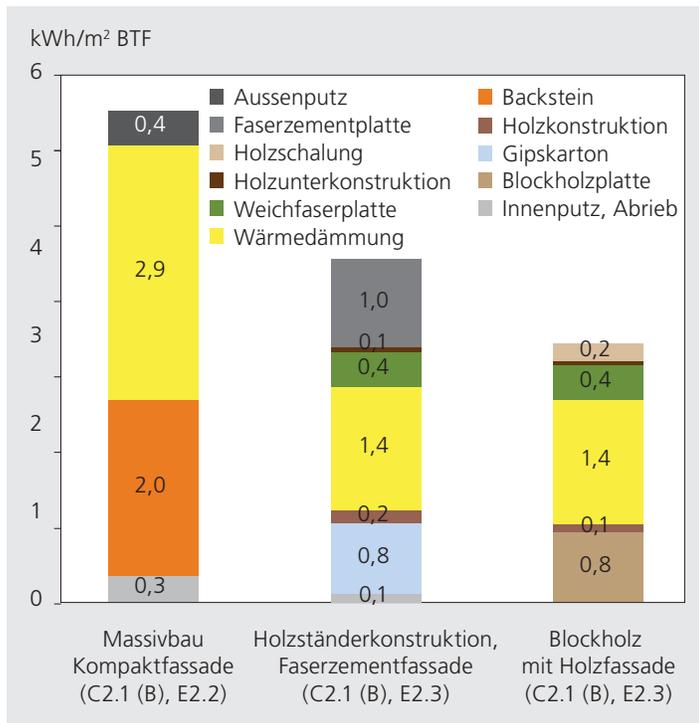
■ **Massnahmen.** Folgende Massnahmen können geprüft werden:

- Klares Statikkonzept
- Direkte Ableitung der vertikalen Kräfte
- Optimale Spannweiten der Geschossdecken
- Innenwände optimieren (vor allem bei grösseren Gebäuden)

■ **Kosten.** Ein einfaches und logisches Tragwerk führt zu einer schlankeren und kostengünstigeren Tragstruktur mit weniger grauer Energie.

Abbildung 100 (unten links): Vergleich der grauen Energie von Aussenwänden über Terrain in Massiv- und Holzbauweise.

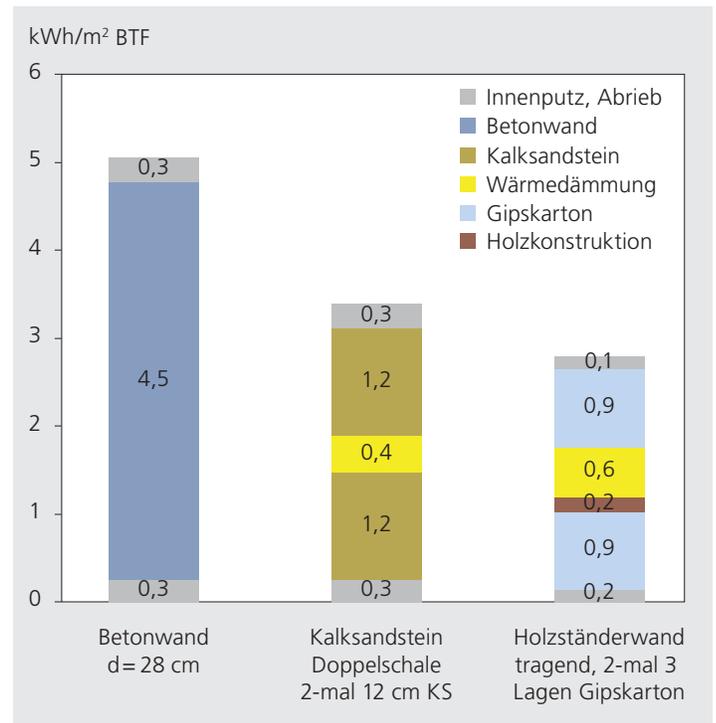
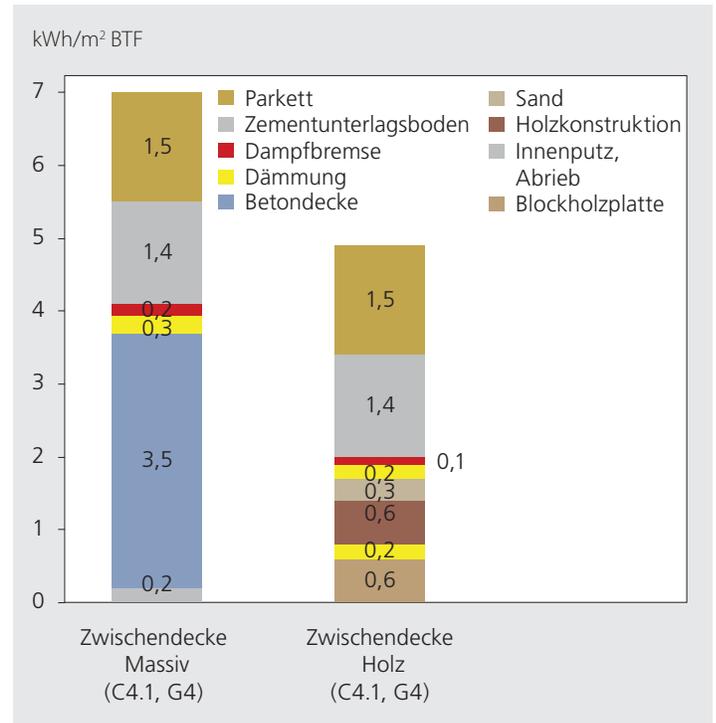
Abbildung 101 (unten rechts): Vergleich der grauen Energie von Innenwänden in Massiv- und Holzbauweise.



### Konstruktions- und Materialwahl

■ **Stellschrauben.** In Tabelle 36 sind die Stellschrauben für die Optimierung der grauen Energie der Konstruktion Gebäude dargestellt.

Abbildung 102: Vergleich der grauen Energie von Deckenkonstruktionen in Massiv- und Holzbauweise inklusive Deckenbekleidung.



BKP-Elementgruppe	Optimierung graue Energie	Weitere Hinweise
C1 Bodenplatte, Fundament	<ul style="list-style-type: none"> <li>Da aus funktionalen Gründen meistens Betonkonstruktionen eingesetzt werden, ist Reduktion der Masse schwierig.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bestimmend für Nutzungsdauer ist Qualität der Abdichtung. Nur qualitativ hochwertige und der Belastung angepasste Systeme verwenden.</li> </ul>
C2.1 (A) Aussenwandkonstruktion unter Terrain	<ul style="list-style-type: none"> <li>Einschalige Konstruktionen schneiden günstiger ab als zweischalige. Gegenüber Beton kann mit Kalksandstein-Mauerwerk eine Reduktion der grauen Energie erzielt werden.</li> <li>Extrudiertes Polystyrol (XPS) schneidet bei grauer Energie deutlich günstiger ab als Schaumglas. Die Art der Sickerschicht ist hingegen nicht sehr relevant.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bei Verklebung der Platten lösemittelfreie Produkte verwenden.</li> <li>Verwertbar sind nur massive Baustoffe. Es fallen relativ viele nichtverwertbare Stoffe an. Trennung von Schaumglas ist aufwendig.</li> </ul>
C2.1 (B) Aussenwandkonstruktion über Terrain (Abbildung 100)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Masse und Energieintensität des Herstellungsprozesses von Massivbaustoffen sind für graue Energie entscheidend. Holzkonstruktionen schneiden massenmässig günstiger ab als monolithische Konstruktionen.</li> <li>Kalksandstein, Porenbeton und Lehm sind günstiger als Backstein und Beton (Abbildung 103).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Massivkonstruktionen sind fast vollständig verwertbar und schneiden bei Entsorgung günstig ab.</li> <li>Kalksandstein kann problemlos ohne beidseitigen Putz erstellt werden. Bearbeitung für Installationschlitz ist aber aufwendiger als für Backstein.</li> </ul>
C2.2/G3 Innenwand tragend (Abbildung 101)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kalksandstein schneidet bei vergleichbaren Schalldämmleistungen günstig ab.</li> <li>Vorsatzschalen aus Gips bringen trotz geringerer Masse keinen Vorteil bei grauer Energie.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Schallschutzanforderungen bestimmen primär die erforderliche Masse.</li> <li>Alle Innenwände sind fast vollständig verwertbar und können auf Inertstoffdeponien entsorgt werden. Bei Vorsatzschalen keine Verbundplatten oder Verklebungen verwenden.</li> </ul>
C4.1/G4 Deckenkonstruktion inklusive Deckenbekleidung (Abbildung 115)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mit Holz in Kombination mit schweren Baustoffen und geeigneter Dämmung kann eine erhebliche Reduktion an grauer Energie erreicht werden.</li> <li>Dämmung gegen unbeheizt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ökologische Optimierung unter Einbezug der Schallschutzanforderungen. Aus Schallschutzgründen werden primär massive Konstruktionen eingesetzt.</li> <li>Gipskartonplatten können nicht verwertet werden. Holzkonstruktionen sind zerlegbar. Verbundkonstruktionen Holz-Beton sind aufwendig im Rückbau.</li> <li>Ökologische Optimierung unter Einbezug der Betriebsenergie.</li> <li>Schichtplatten ungünstig bei Entsorgung. Dämmung nachträglich an Decke mechanisch befestigen und nicht in Schalung einlegen.</li> </ul>
C4.4 Dachkonstruktion (Abbildung 114)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Holzkonstruktionen sind bei grauer Energie wesentlich günstiger als massive Konstruktionen (vgl. Steildächer).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ökologische Optimierung unter Einbezug der Betriebsenergie.</li> </ul>

Tabelle 38: Stellschrauben für die Optimierung der grauen Energie und weitere Hinweise für die Konstruktion (Quelle: erfa-info).

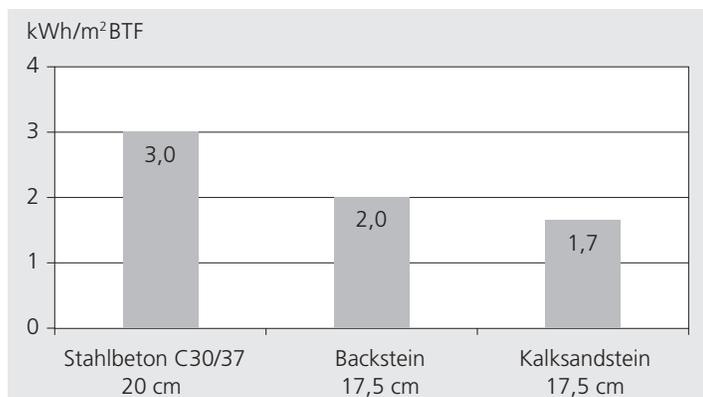


Abbildung 103: Vergleich der grauen Energie für tragende Aussenwände C2.1B/E1.

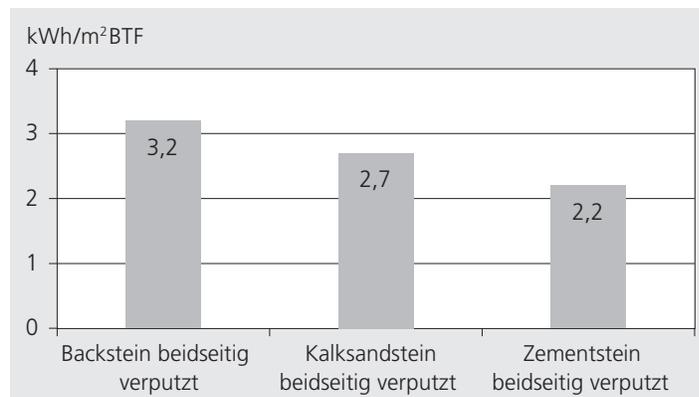


Abbildung 104: Vergleich der grauen Energie für nicht tragendes Mauerwerk C2.2/G3.

# D

## Technik

### Gebäudekonzept: Gebäudetechnik

■ **Potenzial.** Diverse Sachbilanzstudien, wie zum Beispiel «Ökobilanz von Lüftungs- und Wärmeanlagen», zeigen den beträchtlichen Anteil der Gebäudetechniksysteme an der grauen Energie von Gebäuden. Es wurde ein Durchschnittswert von 10 kWh/m<sup>2</sup> ermittelt, wobei das Minimum bei 5 kWh/m<sup>2</sup> und das Maximum bei 15 kWh/m<sup>2</sup> lag. Abbildung 105 zeigt die durchschnittliche Aufteilung der grauen Energie auf die einzelnen Gewerke.

■ **Abgestimmte Gebäudetechnikkonzepte.** Mit bedarfsoptimierten Konzepten und einfacher Technik wird die graue Energie wirkungsvoll reduziert. Eine übergeordnete Optimierung von Bau und Technik hilft bei der Entscheidungsfindung (vgl. Beispiel optimale Dämmstärke)

■ **Massnahmen.** In der Konzeptphase können folgende Massnahmen geprüft werden:

- Möglichst geringe Anzahl an Steigzonen
- Kurze Wege für die Leitungsführung (günstig angeordnete Apparate und Nasszellen)
- Systemtrennung (z. B. Leitungen abgehängt statt in Decke einbetoniert)

**Modernisierung.** Besonders gross ist der Anteil der grauen Energie der Gebäudetechnik bei Umbauten, wenn die technischen Systeme zwar ersetzt werden, die Eingriffstiefe im Übrigen aber klein ist.

### System- und Materialwahl

#### Einflussgrössen Gebäudetechnik.

- Mit einer Reduktion des Wärmeleistungsbedarfs (z. B. bei Minergie-P) kann graue Energie bei Erdsonden eingespart werden.
- Materialwahl (z. B. PE anstatt Metall bei Lüftung)
- Geringerer Installationsgrad bei Elektroinstallationen

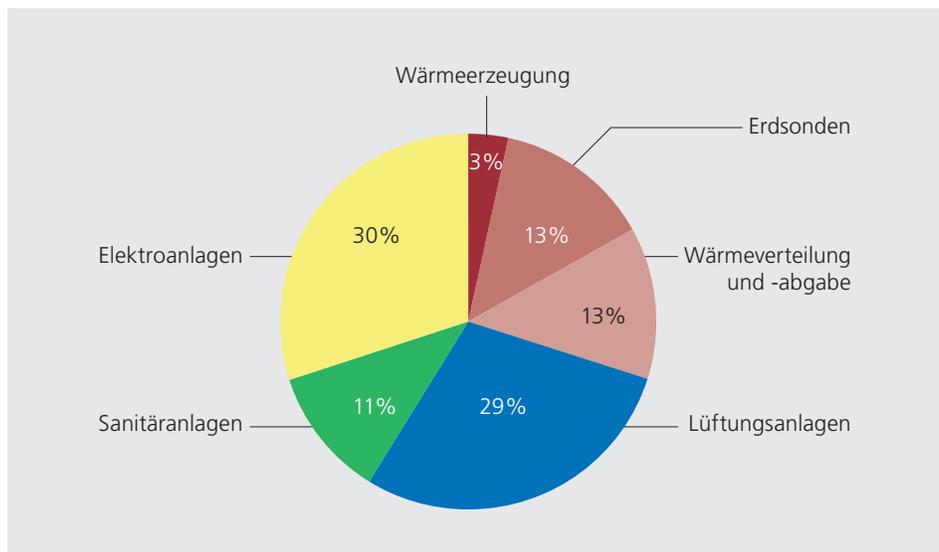
■ **Stellschrauben.** In Tabelle 39 sind die Stellschrauben für die Optimierung der grauen Energie der Gebäudetechniksysteme dargestellt.

**Tipp!** Die graue Energie von Erdsonden und Photovoltaikanlagen müssen Sie beim Minergie-Eco-Nachweis zwar einrechnen. Dafür erhöhen sich aber die Grenzwerte entsprechend.



Abbildung 106: Abgehängte Decke im MFH Kirchrainweg mit nicht in Betondecke eingeleiteten Lüftungs- und Elektrorohren als Beispiel für Systemtrennung (Foto: aardeplan).

Abbildung 105: Aufteilung der grauen Energie der Gebäudetechnik auf die verschiedenen Gewerke. Durchschnittliche Anteile gemäss Sachbilanzstudien (Quelle: Bundesamt für Energie).



BKP-Element-gruppe	Optimierung graue Energie	Weitere Hinweise
D1 Elektroanlagen	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Graue Energie der Elektroanlagen wird grossenteils von Kabeln, Installationsrohren und -kanälen sowie Kabelbahnen bestimmt. Materialisierung einzelner Komponenten hat dagegen wenig Einfluss, da nur wenige Materialoptionen zur Verfügung stehen.</li> </ul>	
D5 Wärmeanlagen	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Bei der Wärmeerzeugung fällt vor allem graue Energie von Wärmepumpenanlagen mit Erdsonden ins Gewicht.</li> <li>■ Bei Wärmeverteilung ist graue Energie bei Bürogebäuden grösser als bei Wohngebäuden.</li> <li>■ Bei Wärmeabgabe über Fussbodenheizung ist graue Energie relativ konstant und nicht vom spezifischen Wärmeleistungsbedarf abhängig wie bei Heizkörpern.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Für umfassende energetische Optimierung der Erdsonden auch Betriebsenergiebedarf einbeziehen. Für effizienten Betrieb Erdsonden möglichst lang dimensionieren (kleine spezifische Entzugsleistung), gleichzeitig erhöht dies aber graue Energie sowie Kosten.</li> </ul>
D7 Lufttechnische Anlagen	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Masse der Lüftungsanlagen steckt grossenteils in Luftverteilung (Kanäle, Rohre, Dämmung). Wichtigste Grösse zu deren Optimierung ist spezifische Luftmenge pro Energiebezugsfläche unter Einbezug aller Anlagen (z. B. inklusive Garagenlüftung). Kanäle können in Polyethylen (PE) statt in Metall ausgeführt werden.</li> <li>■ Bei zentralen Lüftungsgeräten im Untergeschoss graue Energie mit kurzen horizontalen Verfahrenswegen reduzieren. Bei den Lüftungsgeräten sind die bei grösseren Anlagen zum Einsatz kommenden modularen Geräte deutlich schwerer als Kompaktgeräte.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Für umfassende energetische Optimierung den Betriebsenergiebedarf mit einbeziehen, der bei grosszügig ausgelegten Kanälen und Geräten dank geringeren Druckverlusten deutlich sinkt. Dies erfordert aber mehr graue Energie als kostenoptimierte Anlagen, die gerade die Vorgaben für die maximalen Luftgeschwindigkeiten einhalten.</li> <li>■ Das Brandschutzkonzept kann Materialbedarf für Luftverteilung und Umfang der Brandschutzdämmung wesentlich beeinflussen.</li> </ul>
D8 Wasseranlagen	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Der Ausbaustandard hat bei Sanitäranlagen signifikanten Einfluss auf graue Energie. Dichte der Nasszellen pro Grundrisseinheit und Anzahl Apparate pro Nasszelle wirken sich belastend aus. Materialisierung einzelner Komponenten dagegen hat wenig Einfluss auf graue Energie, da nur wenige Materialoptionen zur Verfügung stehen.</li> <li>■ Bei Bürogebäuden können Gebäudegeometrie sowie Schacht- und Verteilungskonzepte einen bedeutenderen Einfluss auf graue Energie der Sanitäranlagen haben. Aufgrund der höheren Nasszellendichte variieren die Mengen an verlegten Rohrleitungen pro Nasszelle im Wohnungsbau weniger stark.</li> </ul>	

Tabelle 39: Stellschrauben für die Optimierung der grauen Energie und weitere Hinweise für Technik Gebäude.

# E

## Äussere Wand- bekleidung

### Gebäudekonzept: Gebäudehülle

■ **Kompakte Gebäudehülle.** Eine kompakte Gebäudehülle minimiert die Fläche der bezüglich grauer Energie aufwendigen Aussenwandbekleidung und Fenster (E) sowie der Dacheindeckung (siehe F) und Bodenplatte respektive Decke gegen unbeheizt (siehe C). Das Mass dafür ist eine tiefe Gebäudehüllzahl.

**Definition Gebäudehüllzahl.** Die Gebäudehüllzahl entspricht dem Verhältnis der thermischen Gebäudehüllfläche ( $A_{th}$ ) zur Energiebezugsfläche ( $A_E$ ). Sie charakterisiert die Form und die Abmessung der thermischen Gebäudehülle und dient zur Abschätzung des Heizwärmebedarfs (Quelle: Norm SIA 380).

■ **Angemessener Öffnungsanteil.** Öffnungen in der Fassade benötigen deutlich mehr graue Energie als opake Aussenwände (vergleiche Abbildung 84). Gegenüber Aussenwänden mit geringem Anteil an grauer Energie (z.B. Kalksandsteinwand mit Holzfassade) beträgt die Differenz sogar ein Vielfaches. Daher ist es hinsichtlich grauer Energie sinnvoll, einen möglichst geringen Anteil an Öffnungen zu konzipieren. Dies ist aber nicht das entscheidende Kriterium. Ein optimaler Öffnungsanteil hat in erster Linie Anforderungen für eine bestmögliche Innenraumqualität (Tageslicht, sommerlicher Wärmeschutz, gewünschte Aus- und Einblicke) zu erfüllen. Sind diese Kriterien aufeinander abgestimmt, ist in der Regel der Öffnungsanteil nicht zu gross und bezüglich grauer Energie bereits optimiert.

Abbildung 107: Die Fassade des MFH Kirchrainweg als Blockholzkonstruktion mit Holzfasade (Foto: Aura Fotoagentur).



### Konstruktions- und Materialwahl

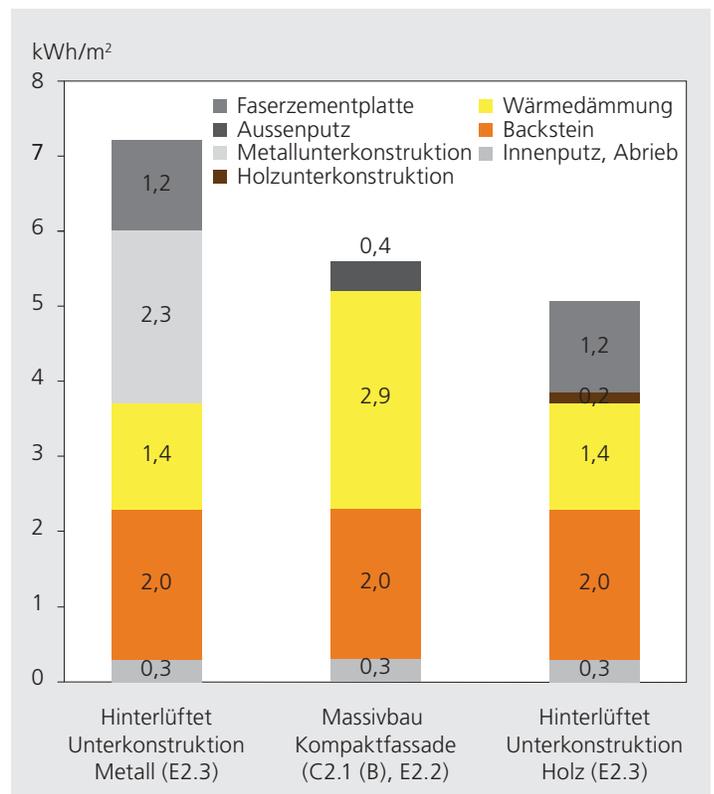
■ **Einflussgrössen äussere Wandbekleidung.**

- Leichtbau, Massivbau, Hybridbauweise
- Wärmedämmung
- Unterkonstruktion, Fassadenbekleidung

■ **Wandbekleidung.** Massgebend ist die Wahl der Unterkonstruktion, da bei einer Metall-Unterkonstruktion der Anteil an grauer Energie oft höher ist als für die eigentliche Fassadenbekleidung. Daher besteht ein Reduktionspotenzial von über 90% (Abbildung 110). Bei Dämmstoffen hat das Gewicht einen grossen Einfluss auf die graue Energie. Leichte Dämmstoffe können aber in der Regel nicht in den äusseren Schichten einer Konstruktion eingesetzt werden, sondern eignen sich für den Einsatz innerhalb von Konstruktionen (z. B. Holzbau). Daher lässt sich ein Holzrahmenbau gegenüber einer Kompaktfassade mit wesentlich weniger grauer Energie dämmen (Abbildung 111 und Abbildung 112).

■ **Stellschrauben.** In Tabelle 40 sind die Stellschrauben für die Optimierung der grauen Energie der äusseren Wandbekleidung dargestellt.

Abbildung 108: Einfluss der äusseren Wandverkleidung auf die graue Energie von Aussenwandkonstruktionen.



BKP-Element-gruppe	Optimierung graue Energie	Weitere Hinweise
E2 Äussere Wandverkleidung über Terrain (Abbildung 100)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Eine Reduktion der grauen Energie ist durch Dämmstoffe mit geringer Rohdichte möglich. Bei der Kompaktfassade schneiden in dieser Hinsicht Kunststoffschäume günstiger ab als Mineralwolle (Abbildung 111). Zelluloseflocken schneiden bei der grauen Energie besonders günstig ab.</li> <li>■ Bei hinterlüfteten Konstruktionen sind Holzverkleidungen bezüglich grauer Energie deutlich vorteilhafter als Faserzement und Blech (Abbildung 110). Unterkonstruktionen aus Holz schneiden günstiger ab als solche aus Aluminium.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Kompaktfassaden sind bezüglich Nutzungsdauer und Reparaturfähigkeit ungünstig.</li> <li>■ Da Dämmstoff und Mauerwerk beim Rückbau kaum getrennt werden können, sind mineralische Dämmstoffe, welche die Verwertung der Massivbaustoffe nicht beeinträchtigen, vorzuziehen. Kompaktfassaden mit expandiertem Polystyrol (EPS) schneiden bei der Entsorgung ohne Verwertung ungünstig ab.</li> </ul>
E3 Fenster	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Relevant für die graue Energie der Fenster ist der Rahmen.</li> <li>■ Kunststofffenster haben einen merklich höheren Anteil an grauer Energie als Holz-Metall-Fenster (Abbildung 112).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Relevante Bestandteile in Kunststoffrahmen</li> </ul>

Tabelle 40: Stellschrauben für die Optimierung der grauen Energie und weitere Hinweise für die äussere Wandbekleidung Gebäude (Quelle: erfa-info).

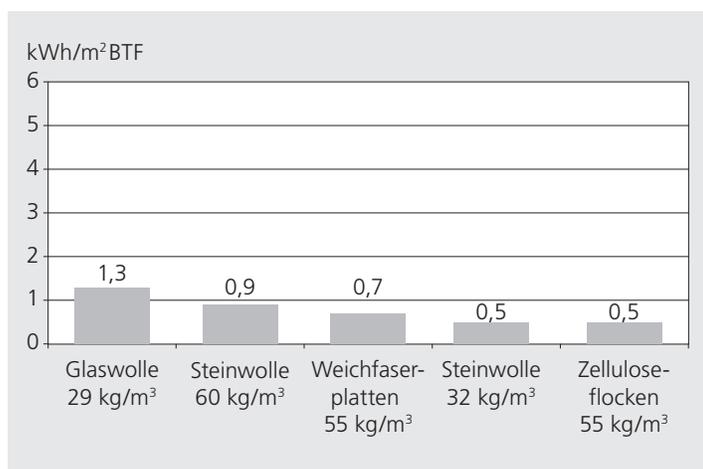


Abbildung 109: Vergleich der grauen Energie von Zwischenkonstruktionsdämmungen (Aussenwand mit U-Wert 0,2 W/m²K), C2.1.

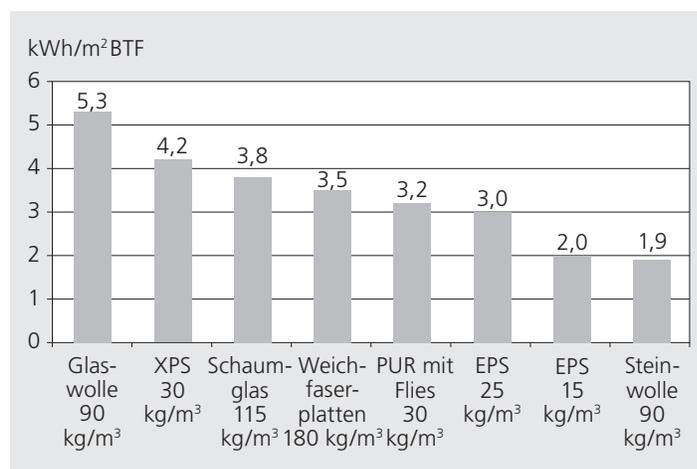


Abbildung 111: Vergleich der grauen Energie für Aussenwanddämmstoffe (Kompaktfassade mit U-Wert 0,2 W/m²K), C2.1.

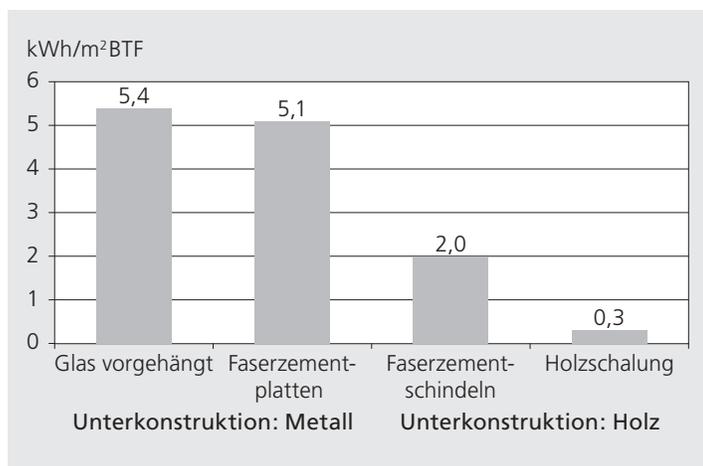


Abbildung 110: Vergleich der grauen Energie für hinterlüftete Aussenwandbekleidungen inklusive Unterkonstruktion (UK), E2.

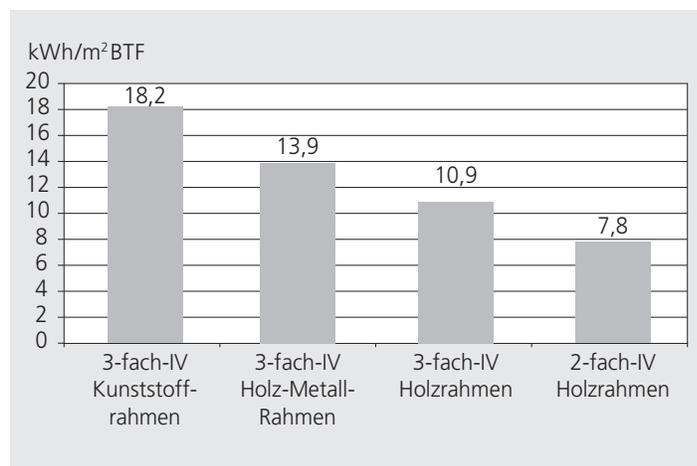


Abbildung 112: Vergleich der grauen Energie von Fenstern (Rahmenanteil 20%), E3/F2.

# F

## Bedachung

### Gebäudekonzept: Gebäudehülle

■ **Kompakte Gebäudehülle.** Eine kompakte Gebäudehülle minimiert die Fläche der bezüglich grauer Energie aufwendigen Dacheindeckung (F) sowie der Aussenwandbekleidung und Fenster (siehe E) und Bodenplatte respektive Decke gegen unbeheizt (siehe C). Das Mass dafür ist eine tiefe Gebäudehüllzahl.

### Konstruktions- und Materialwahl

#### ■ Einflussgrössen Dachkonstruktion.

- Mit einer Hinterlüftung und einem geneigten Dach werden keine aufwendigen Abdichtungen benötigt, was den Bedarf an grauer Energie deutlich reduziert.
- Dämmung innerhalb der Dachkonstruktion (z. B. Zwischen-Sparren-Lage) ermöglicht die Wahl von Wärmedämmstoffen mit geringer Dichte und reduziert so die graue Energie.
- Eine massive Dachkonstruktion enthält mehr graue Energie als eine Leichtbaukonstruktion (Abbildung 114).

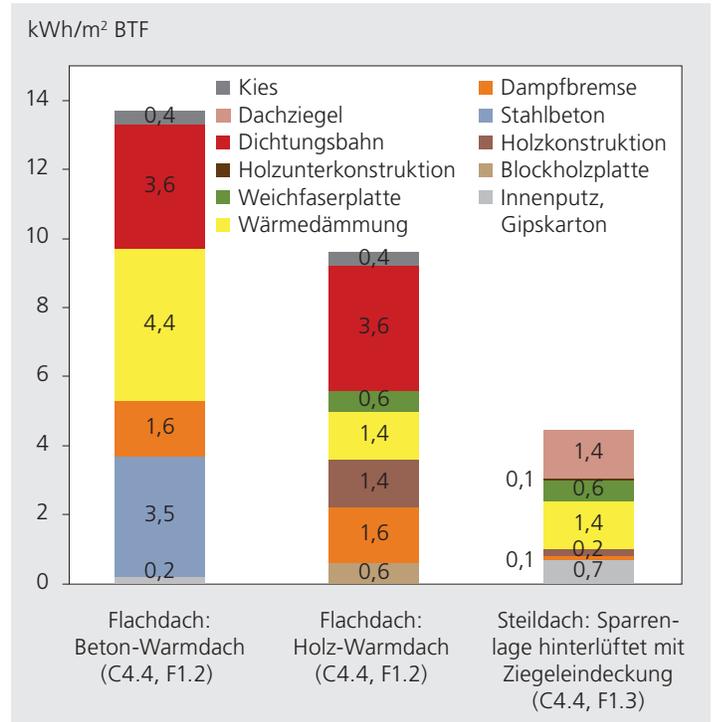
■ **Dach.** Bei der Steildacheindeckung wird für den Nachweis eine Amortisationszeit gemäss SIA 2032, Anhang C, von 40 Jahren berücksichtigt. Bei Dacheindeckungen ist die Beständigkeit und somit die effektive Nutzungsdauer auch in die Überlegungen einzubeziehen (Abbildung 116 und Abbildung 109).

■ **Stellschrauben.** In Tabelle 41 sind die Stellschrauben für die Optimierung der grauen Energie der Dachbekleidung Gebäude dargestellt.

Abbildung 113: Steildachdämmung zwischen den Sparren ermöglicht die Wahl eines Wärmedämmstoffes mit geringer Dichte (Foto: Fotolia).



Abbildung 114: Einfluss der Dachkonstruktion auf die graue Energie.



BKP-Elementgruppe	Optimierung graue Energie	Weitere Hinweise
F1.2 Flachdach	<ul style="list-style-type: none"> <li>Umkehrdach schneidet bei grauer Energie wegen geringer Masse und wenigen Schichten günstig ab. Ebenfalls günstig liegt Kaltdach. Beim Kompaktdach ist die graue Energie wegen Schaumglas am höchsten. Die Rohdichte und der Energieinhalt des Dämmstoffes können graue Energie stark verändern (Abbildung 115).</li> <li>Bei begehbaren Dächern ist bei Mineralfaserdämmung eine hohe Rohdichte erforderlich.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bei Verklebung lösemittelfreie Produkte verwenden.</li> <li>Während Nutzung relevante Bestandteile beachten: Weichmacheraustritt und Biozide in Dichtungsbahnen sowie Brandschutzmittel in Wärmedämmung.</li> <li>Guter thermischer und mechanischer Schutz der Abdichtung wie bei Umkehr-, Duo- und Plusdach verlängert Nutzungsdauer des Flachdachsystems.</li> </ul>
F1.3 Steildach	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bei Steildächern sind Bedachungsmaterialien für graue Energie relevant. Günstig schneiden Faserzement und leichte Tonziegel-Deckungen ab. Besonders ungünstig sind metallische Eindeckungen (Abbildung 116).</li> <li>Reduktion der grauen Energie ist durch Dämmstoffe mit geringer Rohdichte (Zellulosefasern, Mineralwolle zwischen den Sparren, Kunststoffschäume) erreichbar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bei Verklebung lösemittelfreie Produkte verwenden.</li> <li>Bestimmend für Reparaturanfälligkeit ist die Qualität der Anschlüsse (einfache Konzepte bevorzugen).</li> <li>Steildachkonstruktionen aus inerten und brennbaren Schichten sind beim Rückbau sehr aufwendig. Gipskartonplatten sind aufwendig zu entfernen, nicht verwertbar und müssen in Reaktordeponie entsorgt werden.</li> <li>Bestimmend für die effektive Nutzungsdauer ist die Beständigkeit der Dacheindeckung.</li> </ul>

Tabelle 41: Stellschrauben für die Optimierung der grauen Energie und weitere Hinweise für die Bedachung Gebäude (Quelle: erfa-info).

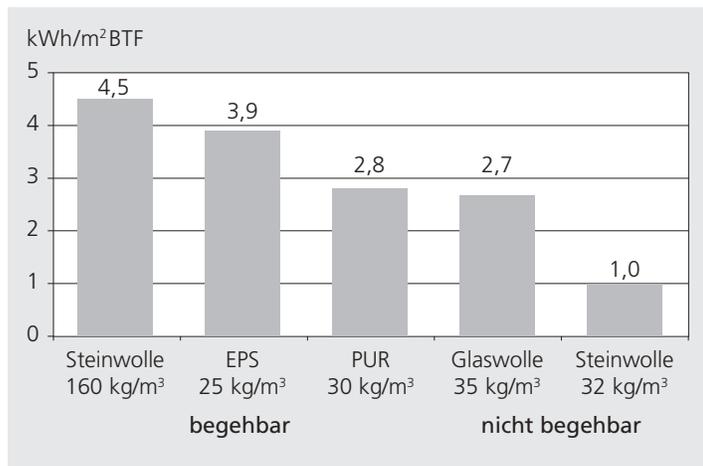


Abbildung 115: Vergleich der grauen Energie von Dachdämmungen für Flachdach (U-Wert 0,2 W/m² K), F1.2.

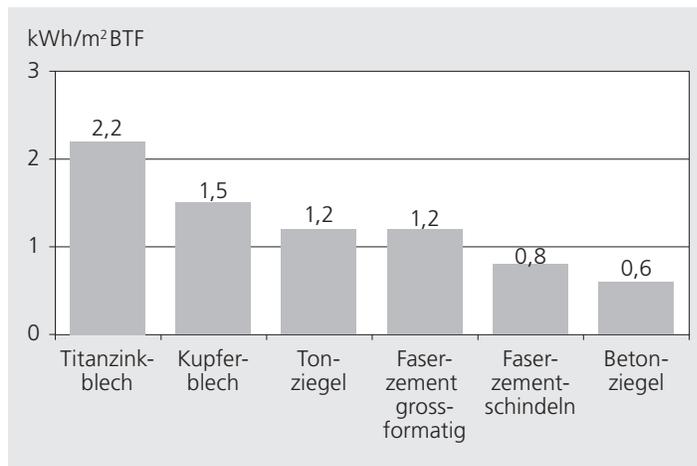


Abbildung 116: Vergleich der grauen Energie für Dacheindeckungen ohne Unterkonstruktion, F1.3.

# G

## Ausbau

### Gebäudekonzept: Ausbaukonzept

■ **Einfacher Ausbaustandard.** Ein Handlungsspielraum betreffend graue Energie besteht auch bei den Oberflächenmaterialien des Ausbaus. Ein gehobener Ausbaustandard enthält in der Regel mehr graue Energie als ein durchschnittlicher Ausbaustandard. So beinhaltet ein polierter Naturstein ein Vielfaches der grauen Energie einer zementgebundenen Kunststeinplatte. Mit einem Edelrohbau lässt sich die graue Energie reduzieren.

■ **Massnahmen.** Mit folgende Massnahmen lässt sich das Potenzial eines Edelrohbaus realisieren:

- Sichtmauerwerk, Sichtbeton
- Blockholz, Holzelemente
- Unterlagsboden versiegelt

### Konstruktions- und Materialwahl

■ **Unterkonstruktion Boden.** Zwischen den beiden nassen Unterlagsboden-Konstruktionen bestehen nur geringfügige Unterschiede. Das Trockenstreichsystem hat hingegen einen bedeutend höheren Anteil an grauer Energie (Abbildung 118).

■ **Bodenbeläge.** Bei Bodenbelägen ist für den Nachweis der grauen Energie gemäss SIA 2032, Anhang C, eine Amortisationszeit von 30 Jahren eingesetzt (Abbildung 119). Bodenbeläge können aber eine sehr unterschiedliche Nutzungsdauer haben. Ein Teppich wird zum Beispiel bereits nach 15 Jahren erneuert, ein hochwertiger Parkettboden nach 40 Jahren und ein Natursteinboden erst nach 45 Jahren. Daher sind die Nutzungsdauer und die graue Energie für den Unterhalt in der Betriebsphase in die Entscheidungsfindung einzubeziehen. Vergleiche KBOB/IPB-Empfehlung 2000/1, «Bodenbeläge im Bürobau – ein Vergleich über 50 Jahre».

■ **Stellschrauben.** In Tabelle 42 sind die Stellschrauben für die Optimierung der grauen Energie des Ausbaus Gebäude dargestellt.



Abbildung 117:  
Im Edelrohbau sind die tragenden Blockholzplatten der Aussenwände und Decken im Innern sichtbar (Foto: Aura Fotoagentur).

BKP-Element-gruppe	Optimierung graue Energie	Weitere Hinweise
G2 Bodenbelag	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reduktion der grauen Energie ist durch den Einsatz von Holz- oder Anhydritunterlagsböden als Unterkonstruktion möglich (Abbildung 118).</li> <li>In Büros schneiden Linoleum und Holz als fertige Bodenbeläge ökologisch vorteilhaft ab. Für Verkehrsflächen sind ebenfalls die langlebigen Stein-Beläge ökologisch günstig (Abbildung 119).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Relevante Schicht für Nutzungsdauer ist der Unterlagsboden, insbesondere die Bodenheizung.</li> <li>Schwimmende Unterlagsböden erschweren Wiederverwertung der warmseitigen, untenliegenden Dämmstoffe.</li> <li>Infolge kürzerer Nutzungszeit schneiden Teppich-Beläge ökologisch ungünstiger ab. Langlebige Beläge ersparen Sanierungsaufwand und Umtriebe. Bei kürzerer Nutzungsdauer (z. B. Mieterausbau, Belagswechsel aus gestalterischen Gründen) verschlechtert sich die Ökologie der langlebigen Holz- und Steinbeläge.</li> <li>Harte/elastische Beläge erfordern häufig keine Zusatzmassnahmen gegen Trittschall, jedoch allenfalls zur Schallabsorption.</li> <li>Neben dem Material beeinflussen Oberflächenbehandlung, Befestigung, Spachtel usw. die ökologische Qualität des Systems massgeblich. Möglichst lösemittelfreie Produkte ohne ökologisch oder toxikologisch relevante Bestandteile einsetzen.</li> </ul>
G3 Trennwände nicht tragend	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trennwände aus Vollgipsplatten oder Kalksandstein sowie Ständerkonstruktionen schneiden günstiger ab als nicht tragende Backsteinwände.</li> <li>Eine Verbesserung ist bei Ständerwänden gegenüber Metall mit Holz möglich (evt. auf Kosten des Schallschutzes).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ökologische Optimierung unter Einbezug der Schallschutzanforderungen.</li> <li>Effektive Nutzungsdauer wird weniger durch Qualität der Baustoffe als durch Anforderungen des Nutzers bestimmt. Es ist deshalb sorgfältig abzuwägen, welcher Aufwand beim Verschieben der Wände entsteht.</li> <li>Mit Ständern verschraubte Gipskartonbeplankungen können nicht verwertet werden, weil sie aufwendig zu trennen sind; sie werden auf Reaktordeponien entsorgt. In dieser Hinsicht schneiden Vollgipsplatten und Vollgipsplatten-Ständerwände gut ab.</li> </ul>

Tabelle 42: Stellschrauben für die Optimierung der grauen Energie und weitere Hinweise für den Ausbau Gebäude (Quelle: erfa-info).

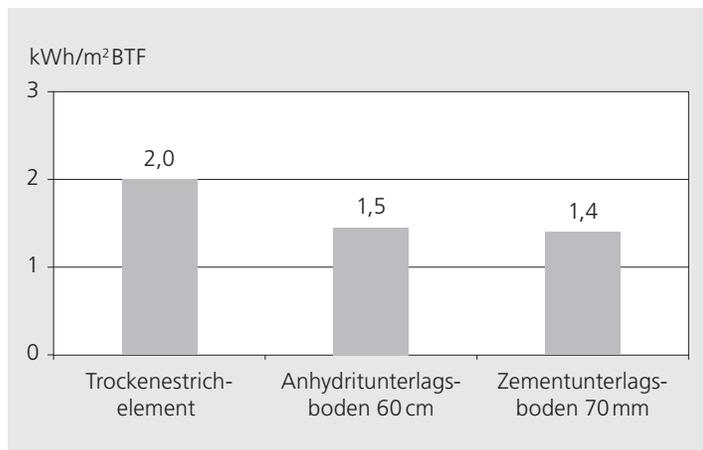


Abbildung 118: Vergleich der grauen Energie von Unterlagsböden, G2.

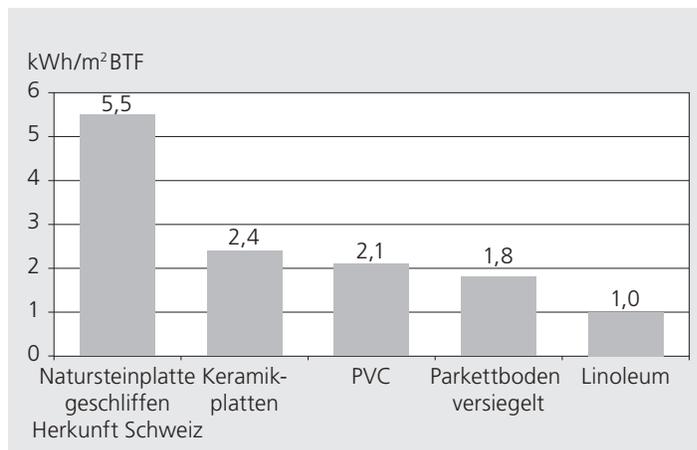


Abbildung 119: Vergleich der grauen Energie von Bodenbelägen, G2.

## 7.3 Anforderungen, Nachweis, Qualitätssicherung, Dokumentation

### Grenzwerte

Es wird ein projektspezifischer unterer (GW1) und oberer Grenzwert (GW2) ermittelt. Der obere Grenzwert darf beim Nachweis der grauen Energie nicht überschritten werden. Die Grenzwerte für den Neubau werden mit folgenden Einflussgrössen berechnet:

- Basisgrenzwert
- Gebäudehauptnutzung (z. B. Wohnen)
- Verhältnis Geschossfläche (GF) zu Energiebezugsfläche ( $A_E$ )
- Berücksichtigung von erneuerbaren Energien für Photovoltaik, Solarkollektoren und Erdsonden (Bonus)

Die Berechnung der Grenzwerte ist in der Anleitung «Berechnung graue Energie» von Minergie beschrieben, die unter [www.minergie.ch](http://www.minergie.ch) heruntergeladen werden kann.

**Modernisierung.** Der untere und der obere Grenzwert sind abhängig von der Eingriffstiefe und werden mit folgenden Einflussgrössen berechnet:

- Basisgrenzwert
- Gebäudehauptnutzung (z. B. Wohnen)
- Bauteilflächen aussen
- Bauteilflächen innen
- Gebäudetechnik
- Berücksichtigung von erneuerbaren Energien für Photovoltaik, Solarkollektoren und Erdsonden (Bonus)

### Nachweis graue Energie

■ **Grundlagen.** Der Nachweis graue Energie für Minergie-Eco erfolgt gemäss dem Merkblatt SIA 2032. Die Gesamtsumme der grauen Energie wird im Nachweis pro Jahr und Energiebezugsfläche angegeben ( $\text{kWh/m}^2$ ). Als weitere Grundlage für die Berechnung dient die Minergie-Anleitung «Berechnung graue Energie».

■ **Bilanzperimeter.** Der Bilanzperimeter für Neubauten umfasst das gesamte Gebäude und die mit dem Gebäude verbundenen Aussenbauteile. Die Minergie-Anleitung zur Berechnung der grauen Energie

enthält eine Übersicht über die zu berücksichtigenden Elementgruppen.

■ **Berechnungsgrundsätze.** Des Weiteren sind dort in Anlehnung an SIA 2032 Berechnungsgrundsätze definiert, z. B.:

- Vernachlässigungen: z. B. Aussentreppen ins UG, Lichtschächte, usw.
- Vereinfachungen: z. B. Aussenwände mit Aussenabmessungen, Boden- und Deckenbekleidungen ohne Abzug der Konstruktionsflächen, Wände ohne Türöffnungen usw.
- Kleinteile (z. B. Befestigungen) und Einbauten (z. B. Küchen, Einbauschränke, Möblierung) können in jedem Fall vernachlässigt werden.

■ **Erfassung in zwei Schritten.** Die Erfassung der Bauteile erfolgt in zwei Schritten (Abbildung 120):

1. Detaillierte Erfassung der Gebäudehülle ergänzend zu einem Systemnachweis nach SIA 380/1 für den Heizwärmebedarf (Schritt 1a) oder separate Erfassung (Schritt 1b).
2. Wahlweise vereinfachte (Schritt 2a) oder detaillierte Erfassung (Schritt 2b) von Innenbauteilen, Bauteilen gegen unbeheizt, Aushub und Gebäudetechnik.

■ **Erfassung Gebäudehülle in Ergänzung zu SIA 380/1 (Schritt 1a, Abbildung 120).** Bei der Berechnung der grauen Energie für ein Gebäude stellt ein Systemnachweis des Heizwärmebedarfs nach SIA 380/1 eine gute Ausgangslage dar. Die Bauteile der thermischen Gebäudehülle sind hierbei bereits grossenteils in der erforderlichen Detaillierung erfasst. Ausgehend von einem Nachweis SIA 380/1 müssen zur Berechnung der grauen Energie folgende Ergänzungen gemacht werden:

- Angabe der Amortisationszeiten der Bauteile respektive der Bauteilschichten gemäss Merkblatt SIA 2032, Anhang C
- Eingabe von Bauteilschichten, die für den Nachweis des Heizwärmebedarfs nicht relevant sind (z. B. Unterkonstruktionen von hinterlüfteten Fassaden, Dachziegel, Kies auf Flachdächern, etc.)

■ **Separate Erfassung Gebäudehülle (Schritt 1b).** Liegt kein Systemnachweis

nach SIA 380/1 vor, müssen zunächst die Bauteile der Gebäudehülle (inklusive Angabe der Amortisationszeit) detailliert erfasst werden.

■ **Vereinfachte Erfassung Innenbauteile etc. (Schritt 2a).** Der Aufwand für die Ermittlung der grauen Energie von Innenbauteilen, unbeheizten Bauteilen, Aushub und Gebäudetechnik kann mit der vereinfachten Erfassung gering gehalten werden. In der Nachweissoftware erfolgen die Eingaben zu Gebäude, Innenwänden, Zwischendecken und zur Nutzung grösstenteils über Auswahlmenüs. Für einige Angaben zum Gebäude ist die Eingabe von Flächen oder Längenmassen (z. B. Grundfläche, Geschossfläche, Energiebezugsfläche oder Raumhöhe) notwendig.

Anhand der Eingaben berechnet die Software mittels hinterlegten Standardwerten die graue Energie für die Innenbauteile, die Bauteile ausserhalb des Dämmperimeters (z. B. Balkone, Garagen, Vordächer, etc.) sowie für den Aushub und die Gebäudetechnik.

■ **Detaillierte Erfassung Innenbauteile etc. (Schritt 2b).** Bei der detaillierten Erfassung ist der Aufwand für den Nachweis der grauen Energie wesentlich höher. Sämtliche Innenwände, Zwischendecken und Bauteile ausserhalb des Dämmperimeters sowie der Aushub und die Gebäudetechnik müssen detailliert erfasst werden.

**Modernisierung.** Der Nachweis graue Energie für die Modernisierung erfolgt analog zur Berechnung bei Neubauten. Die folgenden wesentlichen Unterschiede sind zu beachten.

■ **Grenzwerte.** Automatische Berechnung der Grenzwerte anhand von Basisgrenzwerten jedes erneuerten Bauteils.

■ **Bilanzperimeter.** Nur während dem Umbau zugeführte bzw. veränderte Bauteile.

■ **Vereinfachtes Verfahren.** Vereinfachte Erfassung von Innenbauteilen, Bauteilen gegen unbeheizt, Aushub und Gebäudetechnik:

- Auswahl und Angabe von Flächen
- Definition der Eingriffstiefe

■ **Detailliertes Verfahren.** Detaillierte Erfassung der vom Umbau betroffenen Bauteile.

### Nachweisinstrumente

■ **Zugelassene Softwarelösungen.** Der Nachweis grauer Energie für Minergie-Eco kann nur mit den zugelassenen Nachweis-tools erfolgen. Die Verwendung der KBOB-Ökobilanzdaten im Baubereich als einheitliche Datengrundlage stellt eine der Voraussetzungen für die Zulassung dar. Die meisten Rechenprogramme sind in den Energienachweis nach SIA 380/1 integriert und ermöglichen eine vereinfachte Erfassung der Innenbauteile. Eine Liste mit Links zu den aktuell zugelassenen Softwarelösungen ist auf [www.minergie.ch](http://www.minergie.ch) zu finden.

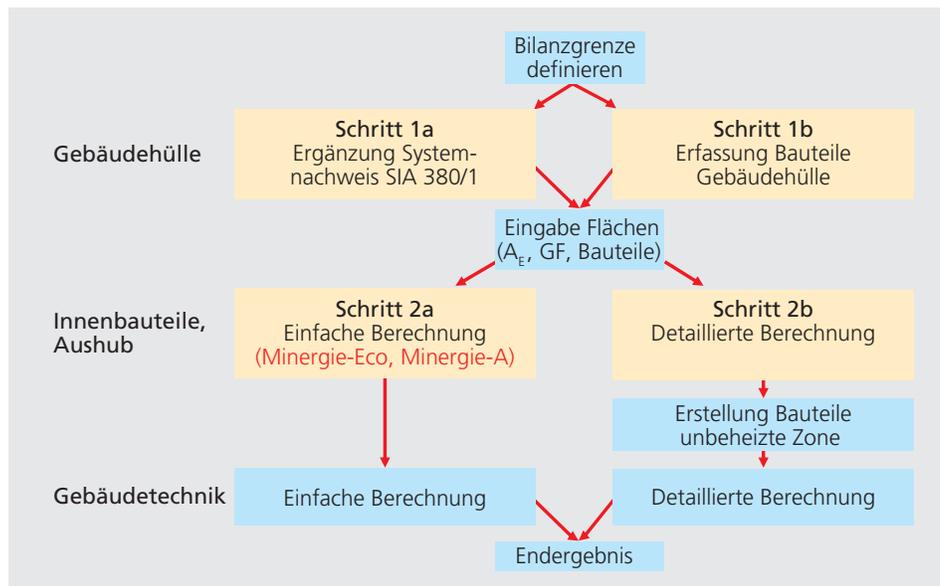


Abbildung 120: Vorgehen bei der vereinfachten (links) respektive der detaillierten Berechnung (rechts) der grauen Energie für Neubauten und Modernisierungen.

## 7.4 Praxisbeispiel Neubau: Mehrfamilienhaus in Kriens

Im Folgenden werden Massnahmen zur Senkung der grauen Energie und die Resultate beispielhaft am Neubau des Mehrfamilienhauses Kirchrainweg aufgezeigt. Das Objekt weist folgende Gebäudedaten auf:

- Ort und Lage: Kriens, Luzern; zentral
- Nutzung: Mehrfamilienhaus
- Energiebezugsfläche  $A_E$ : 1122 m<sup>2</sup>
- Geschossfläche GF: 1442 m<sup>2</sup>

### Massnahmen zur Optimierung der grauen Energie

■ **Mobilitätskonzept.** Aufgrund der zentralen Lage, der guten Anbindung an den öffentlichen Verkehr und eines Mobilitätskonzepts wurde die Anzahl der Parkplätze so weit reduziert, dass auf eine Fahrzeugeinstellhalle verzichtet werden konnte.

■ **Tragwerk in Holzbauweise.** Das gesamte Tragwerk der oberen Geschosse wurde in Holzbauweise erstellt. Obwohl der Holzbau im Vergleich zum Massivbau nur kleine Einsparungen an grauer Energie ermöglicht, konnten aufgrund der um 30% geringeren Eigenlast die Foundation optimiert und somit insgesamt ein grosser Beitrag zur Reduzierung der grauen Energie erzielt werden.

■ **Edelrohbau.** Die 35 mm starken tragenden Blockholzplatten der Aussenwände sind genau wie die Decken innenseitig sichtbar belassen. Das Treppenhaus ist in Sichtbetonbauweise ausgeführt. Der Ver-

zicht auf Putz und Bekleidungsschichten stellt einen relevanten Beitrag zur Reduktion der grauen Energie dar.

■ **Fassadenbekleidung.** Für die Fassadenbekleidung wurde sägerohe Douglasie verwendet, die wie auch die im Innenraum verwendete Weisstanne zu einem grossen Teil aus Luzerner Wäldern stammt.

Abbildung 121:  
Querschnitt.

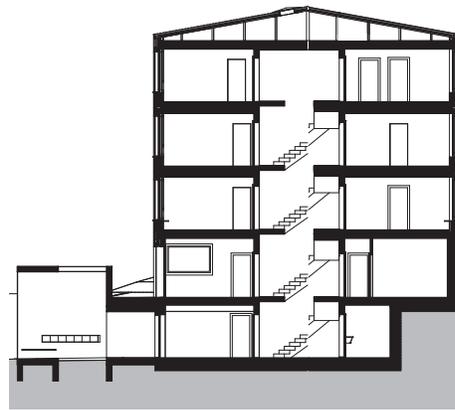


Abbildung 122:  
Grundriss Regelgeschoss (Pläne: aardeplan).

Abbildung 123:  
Innenansicht Wohnzimmer.

Abbildung 124  
(rechte Seite): Aus-  
senansicht (Fotos:  
Aura Fotoagentur).

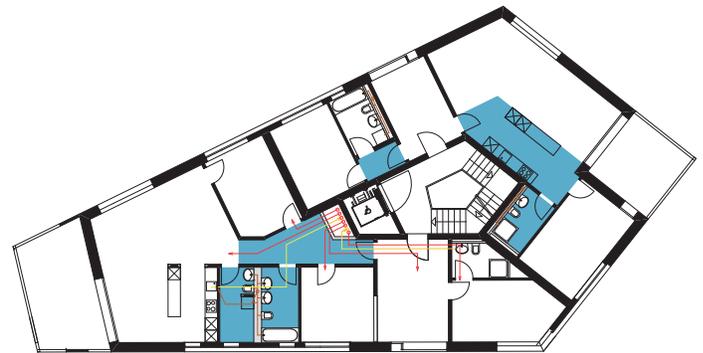


Abbildung 125:  
Innenansicht Treppenhaus (Foto:  
Aura Fotoagentur).





## Resultate und Vergleich mit Grenzwerten

In der Summe beträgt die graue Energie beim Mehrfamilienhaus Kirchrainweg 36,6 kWh/m<sup>2</sup> (132 MJ/m<sup>2</sup>). Damit liegt das Ergebnis deutlich im unteren Drittel, betrachtet man den unteren und oberen Grenzwert von Minergie-Eco.

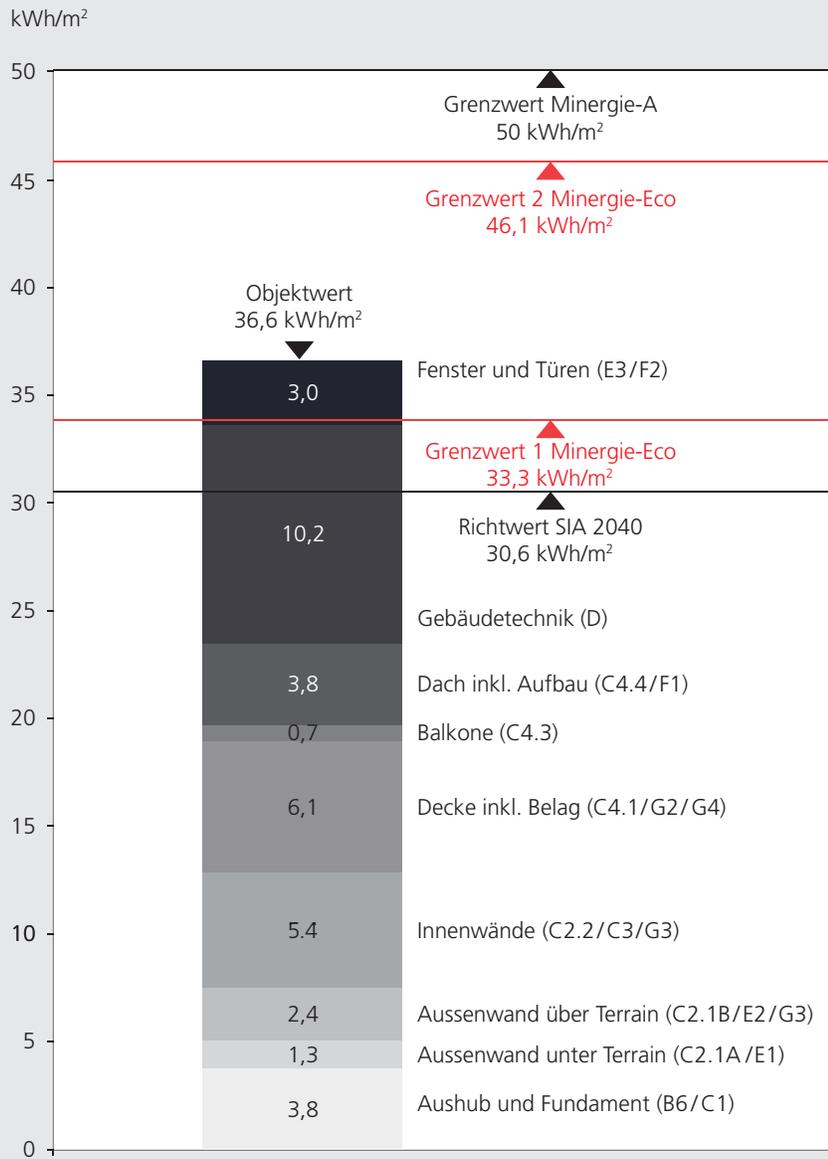


Abbildung 126: Bilanz graue Energie mit Objektwert und Vergleich mit unterem (Grenzwert 1) und oberem Grenzwert (Grenzwert 2) Minergie-Eco sowie Grenzwert Minergie-A.

## 7.5 Quellen und Tools

### Quellen

- Graue Energie von Gebäuden, Merkblatt SIA 2032, 2010: [www.sia.ch](http://www.sia.ch) → Norm → SIA-Shop
- Korrigenda C1 zu SIA 2032:2010, 2013: [www.sia.ch](http://www.sia.ch) → Norm → SIA-Shop
- SIA-Effizienzpfad Energie, Merkblatt SIA 2040, 2011: [www.sia.ch](http://www.sia.ch) → Norm → SIA-Shop
- Berechnung der grauen Energie bei Minergie-A-, Minergie-Eco-, Minergie-P-Eco- und Minergie-A-Eco-Bauten, 2014: [www.minergie.ch](http://www.minergie.ch) → Dokumente & Tools → Minergie-Eco → Graue Energie
- Baukostenplan Hochbau eBKP-H, CRB Schweizerische Zentralstelle für Baurationalisierung: [www.crb.ch](http://www.crb.ch) → CRB-Standards → Baukostenplan
- Objektartenkatalog OAK, Wohnbauten im Vergleich, CRB Schweizerische Zentralstelle für Baurationalisierung, 2011: [www.crb.ch](http://www.crb.ch) → CRB-Standards → Objektarten
- Klimaschonend und effizient bauen mit Holz – Grundlagen, Lignatec 25/2011, Lignum, 2011: ISSN 1421-0320
- Hochbaukonstruktionen nach ökologischen Gesichtspunkten, erfa info 5/95, 1995: [www.kbob.ch](http://www.kbob.ch) → Publikationen/Empfehlungen/Musterverträge → Nachhaltiges Bauen → Archiv
- Ökobilanzdaten von Tiefbauarbeiten bei Hochbauten, 2014: [www.stadt-zuerich.ch/nachhaltiges-bauen](http://www.stadt-zuerich.ch/nachhaltiges-bauen) → Fachinformationen
- Graue Energie von Sanitär- und Elektroanlagen; 2011: [www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch) → Publikationen → energieforschung
- Ökobilanzdaten für Lüftungs- und Wärmeanlagen, 2014: [www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch) → Publikationen → energieforschung
- Bodenbeläge im Bürobau – Vergleich über 50 Jahre, KBOB/IPB Empfehlung 2000/1: [www.kbob.ch](http://www.kbob.ch) → Publikationen/Empfehlungen/Musterverträge → Nachhaltiges Bauen
- Optimale Dämmstärken bei Wohngebäuden bezüglich Minimierung der Umweltbelastung, 2015: [www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch) → Publikationen → Energieforschung

### Tools

- Tool Graue Energie zu SIA 2032, 2013: [www.energytools.ch](http://www.energytools.ch) → Downloads → Tools
- SIA-Tool 2040 Effizienzpfad Energie, 2015: [www.energytools.ch](http://www.energytools.ch) → Downloads → Tools
- Ökobilanzdaten im Baubereich, KBOB/eco-bau/IPB Empfehlung 2009/1:2014: [www.kbob.ch](http://www.kbob.ch) → Publikationen/Empfehlungen/Musterverträge → Nachhaltiges Bauen oder [www.eco-bau.ch](http://www.eco-bau.ch) → Ökobilanzdaten im Baubereich
- Softwarelösungen zur Berechnung der grauen Energie für Minergie-Eco: [www.minergie.ch](http://www.minergie.ch) → Dokumente & Tools → Minergie-Eco → Graue Energie

# Anhang

## 8.1 Autoren

**Heinrich Gugerli**, dipl. Bauingenieur ETH, Ph. D. University of Michigan, U.S.A. 1999 bis 2014: Leiter der Fachstelle nachhaltiges Bauen im Amt für Hochbauten der Stadt Zürich. 2004 bis April 2014: Vizepräsident des Vereins eco-bau, Gründungsmitglied des Netzwerkes Nachhaltiges Bauen Schweiz und Vertreter der öffentlichen Bauherren in der Steuerungsgruppe für den Standard Nachhaltiges Bauen Schweiz. Seit 2014: Inhaber Gugerli Dolder Umwelt & Nachhaltigkeit GmbH, Bülach. Projektleitung für die 2000-Watt-Areale im Auftrag des Bundesamtes für Energie.

**Severin Lenel**, dipl. Architekt FH, dipl. Umweltingenieur NDSHTL, Executive MBA HSG. 1998 bis 2000: Leiter Fachstelle Energie und Ökologie, Hochbauamt Kanton St. Gallen. 2001 bis 2004: Inhaber und Geschäftsführer econum GmbH, Beratungsfirma für Nachhaltiges Bauen, St. Gallen. Seit 2005: Senior Consultant und Geschäftsführender Gesellschafter, Intep GmbH, Zürich und St. Gallen; Leiter Zertifizierungsstelle Minergie-Eco.

**Barbara Sintzel Saurer**, dipl. Natw. ETH, Executive MBA, Fachexpertin und Dozentin für nachhaltiges Planen und Bauen; Seit 2007: Geschäftsführerin von eco-bau – eine Plattform von Bund, Kantonen und Städten für nachhaltiges Bauen. Seit 2004: Gründerin und Geschäftsführerin der NASKA GmbH für Nachhaltige Strategie und Kommunikation, Zürich. 1999 bis 2006: Wissenschaftliche Mitarbeiterin Stadtplanung Baden.

**Roland Ganz**, Inhaber des Mess- und Beratungsbüros Ganz Klima GmbH Rüti, Spezialist für Innenraummessungen und -expertisen.

**Manfred Huber**, dipl. Architekt ETH/SIA, Teilhaber und Geschäftsführer der aardeplan ag Architekten ETH SIA, Baar; Dozent für Nachhaltiges Bauen und Planungs- und Bauprozesse.

**Peter C. Jakob**, dipl. Arch. BSA/SWB, Partner Bauart Architekten und Planer AG, Bern, Neuenburg, Zürich; Kommissionspräsident Empfehlung SIA 112/1 Nachhaltiges Bauen Hochbau.

**Dr. Luboš Krajčí**, dipl. Akustiker SGA-SSA, dipl. Bauing. TU, Studium an der Technischen Universität Zvolen und an der ETH Zürich; Akustiker bei Marshall Day Acoustics Neuseeland, Geschäftsmitinhaber Soundtherm GmbH, Schlattingen.

**Michael Pöll**, dipl. Maschinen-Ing. ETH, Spezialist für Materialökologie und Innenraumlufte, Fachstelle nachhaltiges Bauen, Amt für Hochbauten der Stadt Zürich, Fachkoordinator Verein eco-bau.

**Yorick Ringeisen**, dipl. Arch ETH SIA, Partner Bauart Architekten und Planer AG, Bern, Neuenburg, Zürich.

**Markus Simon**, dipl. Energietechniker HF, Fachstelle Energie & Gebäudetechnik, Amt für Hochbauten der Stadt Zürich.

**Christian Vogt**, dipl. El. Ing. FH, Lightingdesigner IALD, Inhaber der Firma «lichtgestaltende Ingenieure vogtpartner», Dozent für Lichtplanung und -gestaltung (ZHAW) und für Arbeitsplatzoptometrie (FHNW).

**Roger Waeber**, Umweltnaturwissenschaftler, dipl. Natw. ETH/SIA, Leiter der Fachstelle Wohngifte beim Bundesamt für Gesundheit.

## 8.2 Stichwortverzeichnis

### Symbole

80-Prozent-Regel 25

### A

Abnahme 17  
Akustikputze (Formaldehyd) 74  
Amortisationszeit (SIA 2032) 125  
Anforderungsstufen (SIA 181) 57  
Anlagegrenzwert NISV 70, 71  
Aufgaben vor Projektstart 15  
Ausführung 17  
Ausschlusskriterien Minergie-Eco 24  
    Bauökologie 10, Klappe hinten  
    Gesundheit 8, Klappe vorn  
Ausschreibung 17

### B

Bauprojekt 16  
Bauprozess, Folgen für 29  
    Bauökologie Klappe hinten  
    Gesundheit Klappe vorn  
Baustellenkontrollen (Schallschutz) 62  
Bauteilkatalog 12  
Bauweise (Graue Energie) 133  
Belastungsgrenzwerte (LSV) 56  
Berechnung graue Energie nach SIA 2032 124  
Bewertungsmethodik Minergie-Eco 24  
Biologische Raumluftbelastungen 68  
Biologische Verunreinigungen (Lüftungsanlagen) 76  
Biozide 65, 72  
Blauer Engel 112  
Blendung (Tageslicht) 45  
Bodenschutz 113  
Brandschutz (Graue Energie) 131

### C

Checkliste Minergie-Eco  
    Effizienter Einsatz von Trinkwasser 94  
    Relevante Bestandteile und Entsorgung 115  
    Schallschutz Haustechnik 60  
Chemischer Holzschutz 72  
Chemischer Wurzelschutz 112  
CO<sub>2</sub>-reduzierte Zementarten 111

### D

Deponierbarkeit 104, 115  
Deutsches Gütesiegel Nachhaltiges Bauen (DGNB) 31  
Dokumentation (Abnahme) 17  
Dokumentation (Minergie-Eco) 19

### E

eco-bau 13  
Eco-BKP 12, 104  
eco-devis 12, 17, 104, 105  
Eco-Produkte 12  
Einschalige Konstruktionen (Schallschutz) 58  
Einsparpotenzial (Graue Energie)  
    Gebäudekonzept 130  
    Konstruktions-, System-, Materialwahl 131  
Elektrosmog 69  
EMICODE EC1 112  
Emissionsklasse E1 (Formaldehyd) 67  
Empfehlungen KBOB, eco-bau, IPB 13  
Entsorgung 115  
Erdbebensicherheit (Graue Energie) 124, 131  
Erfassung für Nachweis (Graue Energie)  
    Gebäudehülle in Ergänzung zu SIA 380/1 148  
    Gebäudehülle separat 148  
    Innenbauteile etc. detailliert 149  
    Innenbauteile etc. vereinfacht 149  
Erfassung typische Räume (Tageslicht) 52  
Erfüllungsgrad pro Kriterium (Minergie-Eco) 24  
Erhöhte Anforderungen (SIA 181) 57  
Erweiterungsmöglichkeiten 93

### F

Fachperson (Schadstoffe) 72  
Fensteranteil (Tageslicht) 50  
Fenstersturz (Tageslicht) 49  
Filmkonservierung (Biozid) 73  
Forest Stewardship Council (FSC) 108  
Formaldehyd 66, 68, 73

### G

Gebäudecheck (Schadstoffe) 72  
Gebäudehüllzahl, Definition 142

Gebäudekonzept (Graue Energie) 130  
 Ausbaukonzept 146  
 Bauweise 133  
 Flächeneffizienz 132  
 Gebäudehülle 142, 144  
 Gebäudetechnik 140  
 Graue Energie und Betrieb 134  
 Kompaktheit 132  
 Tragsystem 138  
 Unterterrainbauten 136  
 Gebäudekonzept (Vorprojekt) 16  
 Gebäudetechnikanlagen (Schallschutz) 60  
 Gebäudevorausuntersuchung (Schadstoffe) 72  
 Gesamtbewertung (Minergie-Eco) 24  
 Geschossdecken (Schallschutz) 58  
 Gesetzgebung (Materialien und Bauprozesse) 102  
 Gesundes Bauen, Bedeutung und Begriff 7  
 Globalstrahlung (Tageslicht) 45  
 Graue Energie  
 Berechnungsgrundsätze nach Minergie-Eco 148  
 Definition 121  
 Gesetzmässigkeiten 121  
 Graue Treibhausgasemissionen 121  
 Grenzwerte  
 Formaldehyd (Minergie-Eco) 68  
 Graue Energie (Minergie-A) 129  
 Graue Energie (Minergie-Eco) 129  
 Nutzungszone A, B (PR-NIS) 71  
 Radon (StSV) 69  
 TVOC (Minergie-Eco) 68

## H

Halogenfreie Installationsmaterialien 114  
 Handlungsspielraum in den einzelnen Projektphasen 123  
 Helle Raumbooberflächen (Tageslicht) 49  
 Herkunftszeichen Schweizer Holz (HSH) 108  
 Himmel, gleichmässig bedeckter nach CIE 46  
 Himmelslicht (Tageslicht) 43, 46  
 Holzauswahl (Materialien und Bauprozesse) 107  
 Holzbauweise (Graue Energie) 133  
 Holzwerkstoffe (Formaldehyd) 73  
 Hybridbauweise (Graue Energie) 133

## I

Immissionsgrenzwert  
 LSV 56  
 NISV 71  
 Indikatoren Ökobilanzdaten 127  
 Innenraumklima (Planungsinstrument) 13  
 Innenwände (Schallschutz) 59

## K

KBOB Ökobilanzdaten im Baubereich 126  
 Kommunikation (Ausführung) 17  
 Kompaktheit 85, 132  
 Kompaktheitszahl, Definition 132  
 Konstruktions-, System-, Materialwahl (Graue Energie) 131  
 Ausbau 147  
 Äussere Wandbekleidung 143  
 Bedachung 145  
 Gebäudetechnik 141  
 Konstruktion 139  
 Vorbereitung 137  
 Kontrastblendung (Tageslicht) 45  
 Kontrollmessungen (Schallschutz) 62  
 k.o.-Risiko-Sätze (eco-devis) 105  
 Kosteneinfluss Minergie-Eco auf  
 Investitionskosten 27  
 Zertifizierungskosten 27  
 Kostenfolgen Minergie-Eco für 29  
 Bauökologie Klappe hinten  
 Gesundheit Klappe vorn  
 Kriterien Minergie-Eco 24  
 Bauökologie 10  
 Gesundheit 8

## L

Lärm, Bedeutung 55  
 Lärmquellen 56  
 Lärmschutzmassnahmen 55, 56  
 Lärmschutz-Verordnung (LSV) 56  
 Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) 30  
 Legionellen 69, 77  
 Liste der geprüften Produkte (Minergie-Eco) 74  
 Liste gültiger Zertifikate für Probenahmestellen (Raumlufmessungen) 83  
 Lösemittel 68, 74  
 Lösemittelverdünnbare Anstrichstoffe 74  
 Lüftung 65

Lüftungsanlagen (Innenraumklima) 76

## M

Machbarkeitsstudie (Vorstudie) 14  
Massivbauweise (Graue Energie) 133  
Materialisierung (Bauprojekt) 16  
Mehrschalige Konstruktionen (Schallschutz) 58  
Messbedingungen Raumlufte 82  
Mindestanforderungen (SIA 181) 57  
Mineralische Recyclingbaustoffe 101, 108  
Minergie 23  
Minergie-A 23  
Minergie-Eco, Umsetzung in 24  
    Ausführung und Abnahme 17  
    Ausschreibung 17  
    Bauprojekt 16  
    Vorprojekt 16  
    Vorstudie 15  
Minergie-P 23  
Montage- und Füllschäume 106

## N

Nachhaltiges Bauen, Bedeutung und Begriff 11  
Nachweisinstrument Minergie-Eco 25  
Nachweis Minergie-Eco 25  
Nichtionisierende Strahlung (NIS) 69, 77  
Nicht zertifizierte Gebäude 29  
NIS-Zonenplan (PR-NIS) 77  
Nutzen einer Zertifizierung 28  
Nutzungsdauer 22, 92, 125  
Nutzungsflexibilität 22, 87, 91  
Nutzungszone A, B (PR-NIS) 71

## O

Oberer Grenzwert Graue Energie (GW2, Minergie Eco) 129, 148  
Öffnungsanteil (Graue Energie) 142  
Ökologisch bedingt interessant (eco-devis) 105  
Ökologisches Bauen, Bedeutung und Begriff 9  
Ökologisch interessant (eco-devis) 105  
Optimierung Gebäudekonzept (Bauprojekt) 16  
Orte mit empfindlicher Nutzung (OMEN, NISV) 70

## P

Planungsinstrumente eco-bau 12  
Planungsrichtlinie Nichtionisierende Strahlung (PR-NIS) 71  
Positionierung Bauträgerschaft 14  
Primärenergie  
    Gesamt 128  
    Nicht erneuerbar (Graue Energie) 128  
Probenahme (Raumlufte messungen) 82  
    Aktiv 82  
    Passiv 82  
Produktelabel  
    Farben und Lacke 111  
    Holzlabel 108  
    Verlegewerkstoffe 112  
Produktliste Holzwerkstoffe in Innenräumen (Formaldehyd) 73  
Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes (PEFC) 108

## Q

QS-Elemente (Schallschutz) 62  
Qualitätskontrollen in der Zertifizierung 27  
Qualitätssicherung Minergie-Eco 18

## R

Radon 69, 77  
Raumlufte messungen  
    Formaldehyd 82  
    Lösemittel 82  
    Radon 83  
Rechtliche Widersprüche (Ausschreibung) 17  
Recyclingbeton  
    Ausschreibung 110  
    Bemessung 110  
    Einsatzbereich 110  
    Regionale Verfügbarkeit 109  
    Umweltauswirkungen 110  
Recycling-Füll-, -Hüll- und- Unterlagsbeton 109  
Recycling-Kiessand 109  
Regenwasser 94  
Relevante Bestandteile (SIA 493) 105, 114  
Richtwerte  
    Formaldehyd (BAG) 68  
    Radon (Minergie-Eco) 69  
    SIA 2040 128  
Risikosätze (R-Sätze) 103

Rolle des  
Architekten 19  
Planungsteams 19

## **S**

Schadstoffe in bestehenden Gebäuden 72  
Schattigkeit (Tageslicht) 46  
Schwermetalle (Materialien und Bauprozesse) 106  
SIA 112/1 Nachhaltiges Bauen – Hochbau 11, 30  
SIA 180 Wärmeschutz, Feuchteschutz und Raumklima in Gebäuden 65  
SIA 493 Deklaration ökologischer Merkmale von Bauprodukten 103  
SIA 2023 Lüftung in Wohnbauten 65  
SIA 2026 Effizienter Einsatz von Trinkwasser in Gebäuden 93  
SIA 2032 Graue Energie von Gebäuden 124  
SIA 2040 SIA-Effizienzpfad Energie 125  
Sicherheitsdatenblatt 75  
Sick Building Syndrome 7  
Sonnenschutz (Tageslicht) 49  
Standard Nachhaltiges Bauen Schweiz (SNBS) 33  
Stofffluss Bauwerk Schweiz 101  
Strahlenschutzverordnung (StSV) 69  
Strategische Planung 14  
Systemgrenze  
Graue Energie 121, 124  
Minergie-Eco 24  
Systemtrennung 22, 92, 140

## **T**

Tageslicht 20, 43  
Beleuchtungsstärke 44  
Gesundheitliche Aspekte 43  
Lichtfarbe 43, 46  
Orientierungssystem 45  
Spektrum 45  
Ziele 47  
Tageslichtplanung, einfache grafische Schätzmethode 51  
Tageslichtquotient 47, 49  
Tageslicht-Tool Minergie-Eco 52  
Topf-Konservierungsmittel (Biozid) 72  
Treibhausgasemissionen 128

## **U**

Umsetzung, Überprüfung und Dokumentation der Massnahmen  
Gebäudekonzept 95  
Innenraumklima 79  
Materialien und Bauprozesse 116  
Schallschutz 61  
Tageslicht 53  
Umweltbelastungspunkte UBP 128  
Umweltetikette der Stiftung Farbe 111  
Unterer Grenzwert Graue Energie (GW1, Minergie Eco) 129, 148

## **V**

Verbrennung (Entsorgung) 104, 115  
Verglasung (Tageslicht) 50  
Verordnung über nichtionisierende Strahlung (NISV) 70  
Verwertung (Entsorgung) 104, 115  
Vogelschutz 91  
Volatile Organic Compounds (VOC) 68  
Vollzug (Schallschutz) 62  
Volumenanteil an Recyclingbeton 109  
Vorgaben aus Fragekatalog (Minergie-Eco)  
Bauökologie Klappe hinten  
Gesundheit Klappe vorn  
Vorgabenkatalog (Minergie-Eco) 25  
Vorprojekt 15  
Vorstudien 14  
VSLF-Produktdeklaration 112

## **W**

Wasser 93  
Wasserverdünnbare Anstrichstoffe 74  
Witterungsbeständigkeit 88, 91

## **Z**

Zertifikat Minergie-Eco  
Definitiv 26  
Provisorisch 26  
Zertifizierte Messinstitute (Raumluft) 83  
Zertifizierungsablauf 26  
Zielsetzung nachhaltiges Bauen (Vorstudie) 14  
Zugelassene Softwarelösungen Graue Energie (Minergie-Eco) 149  
Zuständigkeit im Planungsteam 19  
Bauökologie Klappe hinten  
Gesundheit Klappe vorn

## Neubau

Kapitel	Ausschlusskriterium, Vorgabe		Folge			Zuständigkeit
	Nr.	Thema	Investition	Folgekosten	Bauprozess	
5. Gebäude-konzept	NG01	Nutzungsflexibilität Tragstruktur: Anforderungsniveau 1		↓		Architekt
	NG02	Nutzungsflexibilität Tragstruktur: Anforderungsniveau 2	↑	↓		Architekt
	NG03	Nutzungsflexibilität Fassade		↓		Architekt
	NG04	Zugänglichkeit vertikale Gebäudetechnik-Installationen	↑	↓		HLKSE-Planer
	NG05	Zugänglichkeit horizontale Gebäudetechnik-Installationen		↓		HLKSE-Planer
	NG06	Ersatz Maschinen und Grossgeräte		↓		Architekt
	NG07	Austausch- und Rückbaufähigkeit Tragstruktur, Gebäudehülle		↓		Architekt
	NG08	Austausch- und Rückbaufähigkeit Ausbau		↓		Architekt
	NG09	Konzept für sparsamen Wasserhaushalt: Anforderungsniveau 1				Sanitärplaner
	NG10	Konzept für sparsamen Wasserhaushalt: Anforderungsniveau 2	↑			Sanitärplaner
	NG11	Vogelschutz				Architekt
	NG12	Witterungsbeständigkeit der Fassade		↓		Architekt
	NG13	Witterungsbeständigkeit der Fenster		↓		Architekt
	NG14*	Grundstücksvorbereitung: Rückbau bestehender Gebäude				Architekt
	GN15*	Grundstücksvorbereitung: Rodungen				Architekt
	G16	Erweiterungsmöglichkeiten, Reserve		↓		Architekt
6. Materia-lien und Bauprozesse	NA09	Einsatz von Montageschaum		↓		Architekt**
	NA10	Schwermetalle: Bedachungs-, Fassaden-, Abschlussmaterialien				Architekt**
	NA11	Schwermetalle: Bleihaltige Materialien				Architekt**
	NA12	Holz- & Holzwerkstoffe: Aussereuropäisch, ohne FSC oder PEFC-Label	↑			Architekt**
	NA13*	Mineralische Recyclingbaustoffe: Weniger als 50 % RC-Beton				Bauingenieur
	NM01	Zemente mit reduzierten CO <sub>2</sub> -Emissionen			☞	Bauingenieur
	NM02	Holz und Holzwerkstoffe: HSH-, FSC- oder PEFC-Label	↑			Architekt**
	NM03	Verwendung von Originalgebinden auf Baustelle				Architekt
	NM04	VSLF-Produktedeklaration von Anstrichstoffen				Architekt**
	NM05	Umweltetikette oder Blauer Engel für Farben und Lacke				Architekt**
	NM06	EMICODE-Label für Verlegewerkstoffe				Architekt**
	NM07	Verzicht auf chemischen Wurzelschutz				Architekt**
	NM08	Verzicht auf Beheizung Rohbau			⊕	Architekt
	NM09	Bodenschutz: Konzept				Architekt
	NM10	Bodenschutz: Massnahmen während Bauphase	↑		⊕	Architekt
	NM12	Mineralische Recyclingbaustoffe: RC-Konstruktionsbeton mit erhöhtem Gehalt an RC-Gesteinskörnung				Bauingenieur
	NM13	Mineralische Recyclingbaustoffe: RC-Füll-, Hüll- und Unterlagsbeton				Bauingenieur
	NM14	Mineralische Recyclingbaustoffe: Einsatz von RC-Kiessand				Architekt
	NM15	Devisierung mit eco-devis				Architekt
	NM16	Halogenfreie Installationsmaterialien	↑			HLKSE-Planer**
NM17	Umweltrelevante Bestandteile: Checkliste Anforderungsniveau 1				Architekt**	
NM18	Umweltrelevante Bestandteile: Checkliste Anforderungsniveau 2	↑	↓		Architekt**	
NM19	Entsorgungsrelevante Eigenschaften: Checkliste Anforderungsniveau 1				Architekt**	
NM20	Entsorgungsrelevante Eigenschaften: Checkliste Anforderungsniveau 2	↑	↓		Architekt**	
7. Graue Energie	Nachweis	Graue Energie: Oberer Grenzwert (GW2)		↓		Architekt, Fachplaner
	Nachweis	Graue Energie: Unterer Grenzwert (GW1)		↓↓		Architekt, Fachplaner

## Modernisierung

5. Gebäude-konzept	MG14	Rückbau bestehender Gebäude: Konzept				Architekt
	MG15	Rückbau bestehender Gebäude: Umsetzung			⊕	Architekt
6. Materia-lien + Bau-prozesse	MM12	Mineralische Recyclingbaustoffe: Mindestens 50 % RC-Beton				Bauingenieur

### Legenden

Kriterien-Nr.: ■ = Ausschlusskriterium (A); ■ = Vorgabe; N = Neubau; G = Gebäudekonzept; M = Materialien und Bauprozesse; ↑↓ = höhere/tiefere Kosten; ⊕ = längere Bauzeit; ☞ = logistische Mehraufwendungen

\* Kriterium entfällt in Vorgabenkatalog Modernisierung

\*\*Beauftragung einer Fachperson für Innenraumklima und Materialökologie prüfen