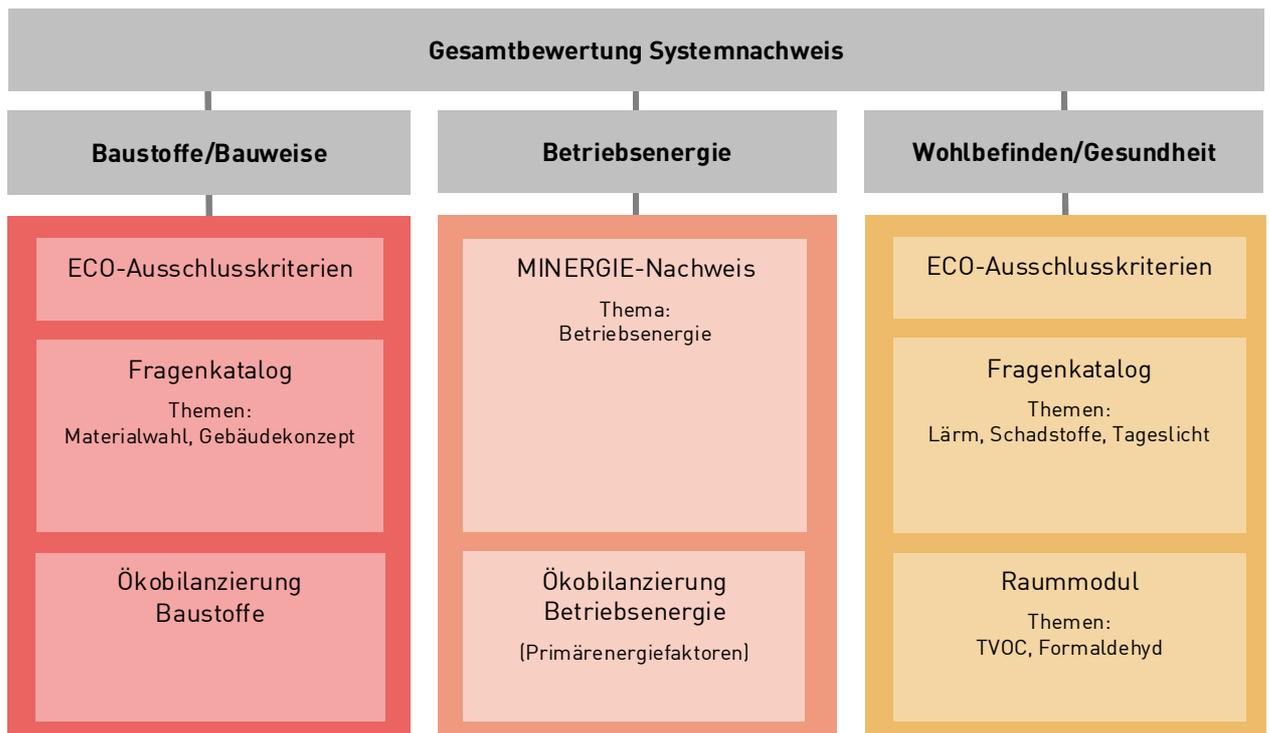




SYSTEMNACHWEIS MINERGIE-ECO

Schlussbericht



Impressum

Datum: 06. Juli 2008

Projektbearbeitung: Severin Lenel, Thomas Rühle, Judith Schinabeck (Intep), Flavio Foradini (E4tech), Stéphane Citherlet (HES Yverdon)

Im Auftrag des Bundesamts für Energie (Projektnummer: 101463)

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen

Postadresse: CH-3003 Bern

Tel. +41 31 322 56 11, Fax +41 31 323 25 00

www.bfe.admin.ch

BFE-Programmleiter: Charles Filleux, Filleux.REN@bhz.ch

und des Vereins eco-bau

c/o NASKA GmbH

Röntgenstrasse 44, CH-8005 Zürich

Tel. +41 44 241 27 22, Fax +41 44 241 27 42

www.eco-bau.ch

eco-bau-Programmleiter: Heinrich Gugerli, heinrich.gugerli@zuerich.ch und Yves Roulet, yves.roulet@vd.ch

Trägerschaft: Bundesamt für Energie, Mitglieder des Vereins eco-bau (Kanton Waadt, Stadt Zürich, Stadt Lausanne, Stadt Genf, weitere Mitglieder), Bundesamt für Gesundheit, Aushub-, Rückbau- und Recycling-Verband Schweiz (ARV)

Projektsteuerung: Charles Filleux (BFE), Heinrich Gugerli (Verein eco-bau), Yves Roulet (Verein eco-bau)

Bezugsort der Publikation: www.energieforschung.ch

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichts verantwortlich.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	5
Résumé	7
Abstract	10
1. Ausgangslage und Konzept	12
1.1. Ausgangslage und Zielsetzung	12
1.2. Vorhandene Grundlagen	12
1.2.1 Gebäudelabel MINERGIE-ECO	13
1.2.2 Lesosai	13
1.2.3 KBOB/eco-bau/IPB-Empfehlung „Ökobilanzdaten im Baubereich“	13
1.2.4 Bauteilkatalog	14
1.2.5 SIA-Merkblatt 2031 „Energieausweis für Gebäude“	14
1.2.6 SIA-Merkblatt 2032 „Graue Energie“	14
1.2.7 SIA-Normen	14
1.3. Methodik und Lösungsweg	14
1.3.1 Workpackages	14
1.3.2 Kriterienkatalog	16
1.3.3 Bestandteile des Systemnachweises	16
1.3.4 Anwendungsgebiete des Systemnachweises	17
1.3.5 Resultate/Punkte	17
1.3.6 Fallbeispiele	18
1.4. Projektorganisation und -ablauf	18
1.4.1 Projektteam	18
1.4.2 Projektbearbeitung	18
1.4.3 Begleitgruppen	18
1.4.4 Projektphasen	19
2. Umsetzung und Ergebnisse	20
2.1. Gesamtbewertung	20
2.1.1 Bestehende Ansätze und Grundlagen	20
2.1.2 Gewählter Lösungsweg	20
2.1.3 Bewertung der Fragenkataloge	21
2.1.4 Bezug zum Kriterienkatalog	22
2.1.5 Zertifizierungsmethodik	23
2.1.6 Gesamtenergiebilanzierung	23
2.2. Betriebsenergie	24
2.3. Baustoffe/Bauweise	27
2.3.1 Phases du cycle de vie	27
2.3.2 Limites du système bâtiment	27
2.3.3 Les différents indicateurs d’impacts utilisés	28
2.3.4 Données d’écobilan	28

2.3.5	Structure de la DLL Eco	28
2.3.6	Affichage des résultats	30
2.3.7	Fragenkatalog.....	30
2.4.	Wohlbefinden/Gesundheit.....	31
2.4.1	Bestehende Ansätze und Grundlagen.....	31
2.4.2	Gewählter Lösungsweg	31
2.4.3	Raummodul	31
2.4.4	Fragenkatalog.....	36
2.4.5	Tageslichtnutzung.....	36
2.5.	Anpassung auf Sanierungen.....	37
2.5.1	Bestehende Ansätze und Grundlagen.....	37
2.5.2	Gewählter Lösungsweg	37
2.5.3	Gebäudecheck.....	37
2.5.4	Betriebsenergie.....	38
2.5.5	Ökobilanzierung	38
2.5.6	Gesundheit/Wohlbefinden	39
2.5.7	Fragenkataloge.....	40
3.	Fallbeispiele.....	41
3.1.	Neubau-Fallbeispiele	41
3.1.1	Baustoffe/Bauweise	41
3.1.2	Wohlbefinden/Gesundheit	44
3.1.3	Untersuchung der Gesamtbewertung.....	46
3.2.	Sanierungs-Fallbeispiele.....	47
3.2.1	Baustoffe, Bauweise	47
3.2.2	Wohlbefinden/Gesundheit	48
3.2.3	Schlussfolgerungen	49
4.	Schlussfolgerungen und Ausblick	50
	Abkürzungsverzeichnis	51
	Referenzen	52
A	Anhang.....	54
A.1	Kriterienkatalog	54
A.2	Fragenkataloge im Wortlaut.....	62
A.3	Durchgeführte Workshops und Teilnehmer	72
A.4	Bewertungsmethodik	77
A.5	Details der DLL-ECO	78
A.6	Gebäudecheck	80
A.7	Formular zur Ermittlung des Gebäudezustands	84
A.8	Formular zur Ermittlung der Sanierungstiefe	88

Zusammenfassung

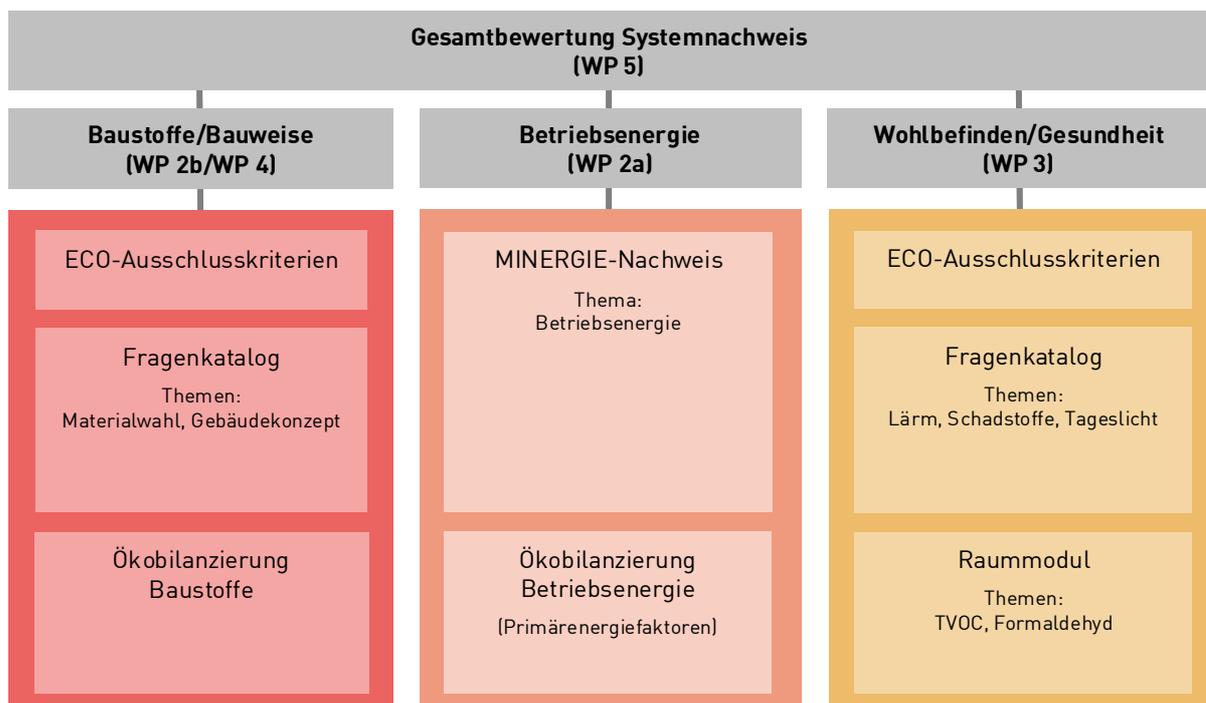
Mit dem Projekt Systemnachweis MINERGIE-ECO wurden die Methoden und Softwarebausteine geschaffen, welche es erlauben, den Betriebsenergieverbrauch, die Umweltbelastung durch Baustoffe und die gesundheitlichen Aspekte eines Gebäudes in einem einfach anzuwendenden und benutzerfreundlichen EDV-Werkzeug zusammenzuführen und zu bewerten. Einerseits soll das Instrument zukünftig die Plattform für das Label MINERGIE-ECO bilden. Zum anderen können verschiedene Energiestandards (Nachweise nach SIA-Normen 380/1 [1], 380/4 [2], SIA-Merkblatt 2031 [3] und MINERGIE) in die Bewertung eingebunden werden. Damit werden Synergien mit dem behördlichen Energiennachweis genutzt und die Basis für eine breite Anwendung geschaffen.

Um eine hohe Akzeptanz zu erzielen, baut das Projekt auf bereits vorhandenen, anerkannten Grundlagen auf; sie umfassen das Gebäudelabel MINERGIE-ECO, die Software Lesosai, die KBOB/ecobau/IPB-Empfehlung „Ökobilanzdaten im Baubereich“ [4], den elektronischen Bauteilkatalog [5], die SIA-Merkblätter 2031 „Energieausweis für Gebäude“ und 2032 „Graue Energie“ [6] sowie diverse SIA-Normen.

Das Projekt ist in Workpackages (WP) unterteilt, welche die Aufgaben themenspezifisch gliedern:

- WP 1: Übergreifendes Konzept
- WP 2a: Betriebsenergie
- WP 2b: Baustoffe/Bauweise
- WP 3: Wohlbefinden/Gesundheit
- WP 4: Anpassung auf Sanierungen
- WP 5: Gesamtbewertung
- WP 6: Vergleich mit Labelanforderungen

Figur Z.1 zeigt den Aufbau des Systemnachweises. In jedem der drei Bereiche Baustoffe/Bauweise, Betriebsenergie und Wohlbefinden/Gesundheit gibt es quantitative Berechnungsmethoden: Ökobilanzierung, Energienachweis und Raummodul. Die Fragenkataloge in den WPs 2b und 3 ergänzen das Themenspektrum. Die beim heutigen Verfahren von MINERGIE-ECO angewendeten qualitativen und halb-quantitativen Bewertungsverfahren sollen damit teilweise durch quantitative Berechnungsmethoden abgelöst werden.



Figur Z.1: Aufbau und Bestandteile des Systemnachweises

Innerhalb des Projekts wurden die folgenden Ergebnisse erarbeitet:

Das Bewertungssystem definiert den Zusammenzug der Teilergebnisse auf mehreren Ebenen: zuerst innerhalb der Öko- und Energiebilanz, des Raummoduls und der Fragenkataloge, dann für die drei Bereiche Baustoffe/Bauweise, Betriebsenergie und Wohlbefinden/Gesundheit und schliesslich für eine Gesamtbewertung. Das System basiert auf einem für den Anwender transparenten Ampelsystem, das qualitative und quantitative Bestandteile gleich stark gewichtet.

Im Bereich Betriebsenergie (WP 2a) wurde ein Softwarebaustein erstellt, mit dem die Betriebsenergie von Gebäuden umfassend ermittelt werden kann, unterteilt in die Verwendungszwecke Heizung, Warmwasser, Kühlung, Lüftung und Beleuchtung. Die Umsetzung ist konform zur EU-Richtlinie und den entsprechenden CEN-Normen über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD, [7]) und somit zum SIA-Merkblatt 2031 „Energieausweis für Gebäude“ und erlaubt eine entsprechende Bewertung. Daneben wurde sichergestellt, dass der Softwarebaustein kompatibel zu bereits bestehenden Computerprogrammen zur SIA-Norm 380/1 unter Windows ist. Gleichzeitig wurden Voraussetzungen geschaffen, um auch die MINERGIE-Berechnungen integrieren zu können.

Der Bereich Baustoffe (WP 2b) umfasst eine einfache Ökobilanz auf Basis der neu herausgegebenen Ökobilanzdaten im Baubereich der KBOB sowie des elektronischen Bauteilkatalogs, wobei sowohl vordefinierte (Bauteilkatalog) als auch durch den Benutzer definierte Baukonstruktionen verwendet werden können. Für die Ökobilanz werden Synergien mit der Energiebilanz genutzt, so dass der Anwender nur wenige Daten zusätzlich erfassen muss.

Im Bereich Gesundheit/Wohlbefinden (WP 3) wurde eine neue Methode – das Raummodul – entwickelt, welche eine Beurteilung der Raumluftqualität bezüglich Schadstoffen bereits in einer frühen Phase der Planung erlaubt. Sie stellt teilweise auf bestehende Ansätze ab. Kernstück ist eine Emissionsdatenbank, die Emissionsraten für flüchtige organische Verbindungen (TVOC) und Formaldehyd für typische Baumaterialien enthält. Die weiteren Kriterien Komfort, Licht, Lärm und Strahlung werden anhand eines Fragenkatalogs in Anlehnung an das bestehende Gebäudelabel MINERGIE-ECO bewertet.

Der Systemnachweis ist nicht nur für Neubauten, sondern auch für Sanierungen anwendbar. Dafür wurde im WP 4 ein eigenes Verfahren entwickelt. Im Unterschied zu Neubauten hat eine Untersuchung bezüglich Schadstoffen in der bestehenden Gebäudenutzung zu erfolgen. Die Methodik der Ökobilanz wurde angepasst, so dass für Sanierungen nur die neu eingebauten Materialien in die Berechnung einbezogen werden. Die Energiebilanz und das Raummodul werden analog zu den Neubauten berechnet.

Die Methodik wurde anhand von Fallbeispielen überprüft. Dazu wurden 13 Gebäude ausgewählt und deren Daten in Lesosai, einer mit den innerhalb des Projekts entwickelten Softwarebausteinen erweiterten Energiebilanzierungs-Software, erfasst. Die Ergebnisse der Auswertung wurden verwendet, um die Plausibilität der Methodik zu testen und Beurteilungswerte festzulegen. Für die Ökobilanz der Baustoffe konnten diese eindeutig definiert werden. Bei der Auswertung des Raummoduls und der Sanierungsfallbeispiele war es möglich, die Grössenordnung der Beurteilungswerte zu bestimmen; es ist jedoch vorgesehen, in einer weiteren Auswertung von neuen Fallbeispielen die Werte endgültig festzusetzen. Es zeigte sich, dass die gewählte Bewertung relativ streng ist. Da keines der untersuchten Gebäude direkt auf die neuen Anforderungen des Systemnachweises optimiert war, wird jedoch davon ausgegangen, dass die Anforderungen realistisch eingehalten werden können, wenn sie zukünftig bereits in frühen Planungsphasen berücksichtigt werden.

Die wichtigsten Resultate des vorliegenden Projekts sind die Erarbeitung der Methodik inklusive deren Dokumentation im vorliegenden Schlussbericht und die Umsetzung der Methodik in Softwarebausteinen sowie deren Integration in eine bestehende Energiebilanzierungssoftware (Lesosai). Diese Programmteile stehen anderen Programmentwicklern zur Implementierung offen. Daneben wurden Fragenkataloge und Checklisten zu den Themen Baustoffe/Bauweise, Wohlbefinden/Gesundheit sowie Sanierungen erstellt, welche die Methodik ergänzen.

Résumé

Le projet du système d'évaluation MINERGIE-ECO a permis la mise en œuvre de méthodes d'évaluations et le développement de logiciels informatiques. Cet outil permet d'évaluer aisément l'énergie nécessaire à l'exploitation d'un bâtiment, l'impact environnemental des matériaux et les aspects santé et bien-être.

D'une part cet instrument pourra être la future plateforme d'évaluation pour la certification MINERGIE-ECO et d'autre part, il permet de quantifier et qualifier directement plusieurs standards énergétiques normés (selon SIA 380/1 [1], SIA 380/4 [2], cahier technique SIA 2031 [3] et MINERGIE). Cet instrument offre également les compatibilités avec les outils d'évaluation énergétiques existants pour permettre une large diffusion.

Afin d'atteindre un niveau d'acceptabilité élevé, le projet est construit sur des bases connues telles que le label MINERGIE-ECO, le programme Lesosai, les recommandations KBOB/eco-bau/IPB „Ökobilanzdaten im Baubereich“ (données du bilan écologique dans le domaine de la construction) [4], le catalogue électronique des éléments de construction [5], le cahier technique SIA 2031 „Energieausweis für Gebäude“ (certificat énergétique des bâtiments) et le cahier technique de la SIA 2032 „Graue Energie“ (énergie grise) [6] ainsi que d'autres normes SIA.

Le projet a été partagé en plusieurs „workpackages“ (WP) qui abordent chacun un thème spécifique:

- WP 1: Concept général
- WP 2a: Energie d'exploitation
- WP 2b: Matériaux et mise en oeuvre
- WP 3: Santé/confort
- WP 4: Assainissement, rénovation
- WP 5: Evaluation globale
- WP 6: Comparaison avec les labels existants

La figure Z 2 montre la structure générale du système d'évaluation. Pour chacun des trois domaines Matériaux et mise en œuvre - Energie d'exploitation – Santé/confort, il comporte une méthode d'évaluation quantitative: écobilan, bilan énergétique et le module „pièce type“. Le catalogue de questions des WPs 2b et 3 élargissent le spectre des thèmes abordés. Lors de la procédure actuelle d'évaluation du standard MINERGIE-ECO, les critères qualitative et semi-quantitative, sont parfois remplacés par des valeurs quantitatives.

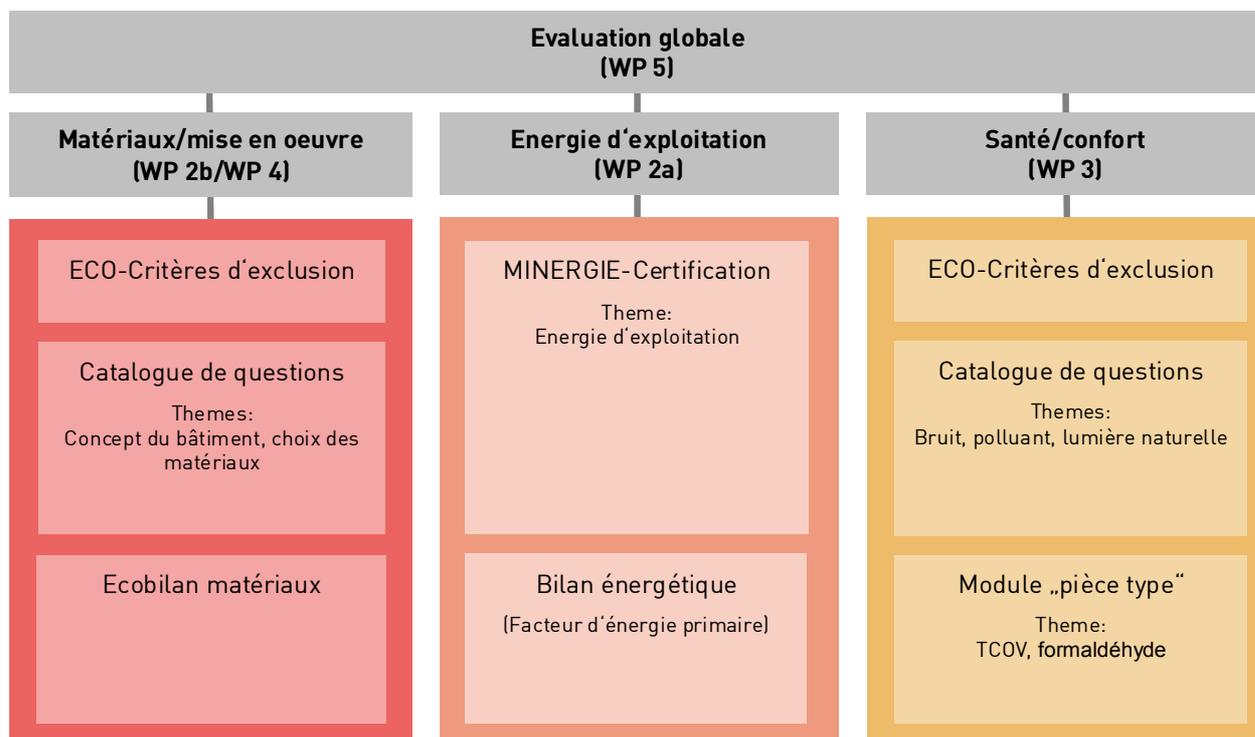


Figure Z.2: structure générale du système d'évaluation

Dans le cadre du projet la procédure suivante a été élaborée:

Le système d'évaluation permet de regrouper des résultats provenant de plusieurs niveaux: en premier lieu les aspects concernant les écobilans de matériaux et le bilan énergétique, l'évaluation d'une pièce type et d'un catalogue de critères, ce qui débouche sur un résultat pour les trois domaines - Matériaux et mise en œuvre - Energie d'exploitation – Santé/confort - et enfin, une évaluation globale regroupant tous les résultats. Le système informe l'utilisateur du résultat par étape au moyen d'indicateurs de couleur (vert, jaune, rouge) et permet ainsi une agrégation des parties quantitatives et qualitatives.

Pour l'énergie d'exploitation (WP 2a), le logiciel permet de faire un bilan complet tenant compte des consommations de chauffage, d'eau chaude, de climatisation, de ventilation et d'éclairage. Les méthodes de calcul sont conformes aux directives européennes, aux normes CEN sur la performance énergétique des bâtiments (EPBD, [7]) et au cahier technique SIA 2031 „certificat énergétique des bâtiments“. De même, toutes les conditions ont été réunies afin de pouvoir intégrer directement la certification MINERGIE. Pour permettre une diffusion équitable, les modules développés dans le cadre du projet sont mis à disposition sans contrepartie des autres logiciels SIA 380/1 qui fonctionnent sous Windows.

Le domaine des matériaux de construction (WP 2b) comprend un bilan écologique des matériaux utilisé pour la construction sur la base des nouvelles données publiées par la KBOB ainsi que celles issues du catalogue des éléments de construction sous format électronique (www.bauteilkatalog.ch). L'utilisateur peut également définir lui-même la composition de ses éléments. Afin de limiter autant que possible le travail de l'utilisateur, les saisies des informations sont utilisées simultanément pour le bilan écologique et le bilan énergétique.

Dans le domaine de la Santé/confort (WP 3) une nouvelle méthode a été développée - le module „pièce type“ - elle permet une évaluation de la qualité de l'air concernant les polluants à un stade précoce de la planification. Résultante d'approches existantes, elle se base sur les données d'émission, les taux de composés organiques volatils (TVOC) et de formaldéhyde pour les matériaux de construction type. Les autres critères de confort, la lumière, le bruit et les rayonnements sont évalués sur la base du questionnaire existant du label MINERGIE-ECO.

Le système d'évaluation est applicable pour les nouvelles constructions et les rénovations pour lesquelles une procédure spécifique a été développée (WP 4). À la différence des constructions neuves, une analyse préalable concernant les polluants dans les bâtiments existants est nécessaire. La méthodologie de l'écobilan a été adaptée pour les rénovations afin d'intégrer seulement les nouveaux apports de matériaux dans le calcul. Le bilan énergétique et le module „pièce type“ sont analogues à ceux des constructions nouvelles.

La méthodologie a été éprouvée sur 13 bâtiments sélectionnés, les données ont été introduites dans Lesosai, après le développement du logiciel. Les évaluations résultantes ont été utilisées pour valider la méthode et comparer les résultats. Le bilan écologique des matériaux de construction a pu être confirmé sans ambiguïté. Lors de l'analyse du module „pièce type“ et pour le cas d'une rénovation, il a été possible de déterminer l'ordre de grandeur des valeurs, mais il est prévu d'étudier de nouveaux cas dans le futur pour affiner les valeurs et confirmer définitivement la méthode et le logiciel.

Il est apparu que les critères sont relativement exigeants. Cependant aucun des bâtiments étudiés selon les nouvelles exigences du système d'évaluation n'était optimisé, les critères d'exigence sont cependant atteignables, si à l'avenir ils sont pris en compte dès les premières phases de planification.

Les principaux résultats du présent projet sont l'élaboration de la méthodologie et sa documentation comprise dans le présent rapport. La transposition de la méthode dans le logiciel Lesosai, ainsi que la compatibilité avec les autres logiciels existants pour le calcul de la SIA 380/1, en vue d'une intégration future. Il reste encore à compléter le catalogue de questions et les check-lists des thèmes Matériaux et mode de construction, Santé/confort, ainsi que pour les rénovations.

Abstract

The MINERGIE-ECO system verification project created the methods and software building blocks that make it possible to collect data on and evaluate the operating energy consumption, the environmental pollution caused by construction materials, and the health aspects of a building with an easy-to-use and user-friendly EDP tool. On the one hand, in future the instrument will form the platform for the MINERGIE-ECO label. On the other, various energy standards (verification according to SIA standards 380/1 [1], 380/4 [2], SIA fact sheet 2031 [3] and MINERGIE) can also be included in the evaluation. This creates synergies with the official energy verification process and creates the basis for wide-range application.

To target a high level of acceptance, the project is built on an already existing, recognized base, which includes the building label MINERGIE-ECO, the software Lesosai, the KBOB/eco-bau/IPB recommendation „Ökobilanzdaten im Baubereich“ (eco-footprint data for construction) [4], the electronic component catalog [5], the SIA fact sheets 2031 „Energieausweis für Gebäude“ (energy certificate for buildings) and 2032 „Graue Energie“ (gray energy) [6], as well as various SIA standards.

The project is divided into work packages (WP) according to subject:

- WP 1: Overall Concept
- WP 2a: Operating Energy
- WP 2b: Construction Materials/Construction Methods
- WP 3: Well-being/Health
- WP 4: Adaptation to Redevelopment
- WP 5: Overall Evaluation
- WP 6: Comparison to Label Requirements

Figure Z.3 shows the system verification structure. In each of the three areas Construction Materials/Construction Methods, Operating Energy and Well-Being/Health, there are quantitative evaluation methods: eco-footprint, energy verification and room module. The question catalogs in WPs 2b and 3 supplement the subject spectrum. The qualitative and semi-qualitative evaluation procedures currently used in the MINERGIE-ECO process are thereby partially replaced by quantitative evaluation methods.

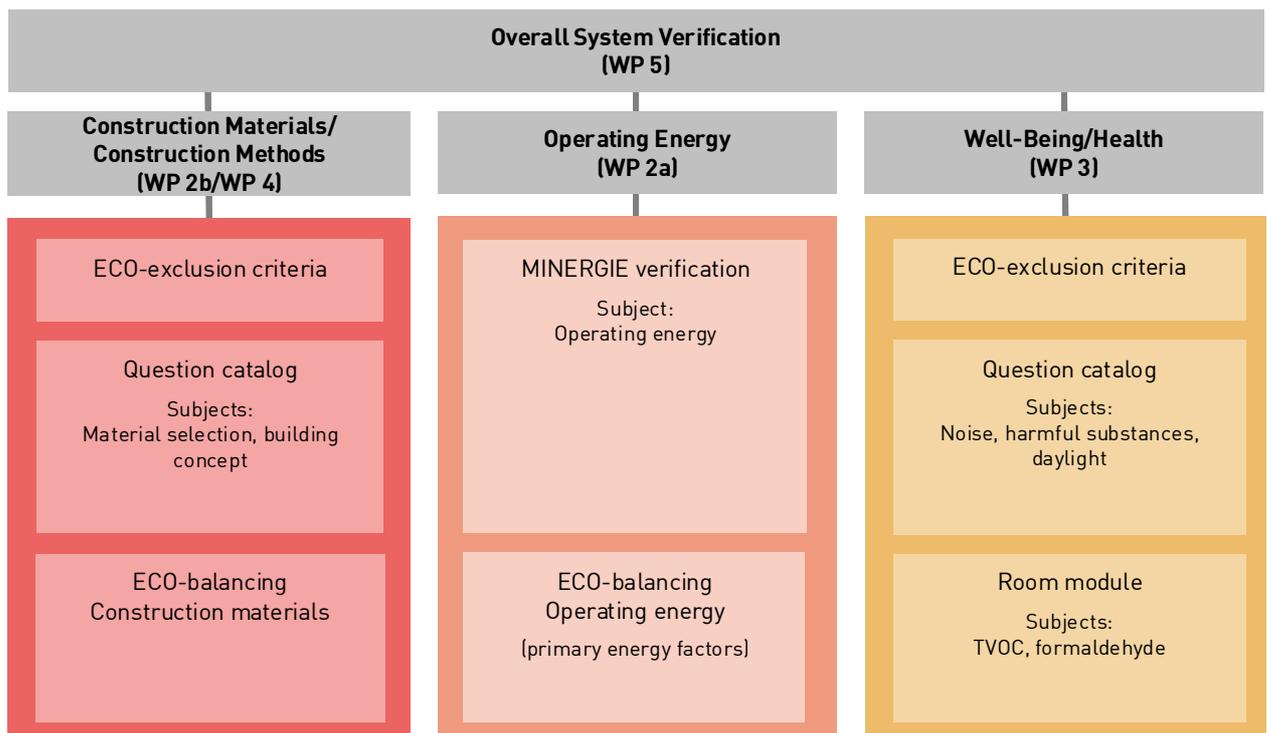


Figure Z.3: Structure and components of system verification

The following results were worked out as part of the project:

The evaluation system defines the collection of part results on several levels: first within the eco and energy footprint, the room module and the question catalog, then for the three areas Construction Materials/Construction Methods, Operating Energy and Well-Being/Health, and finally for Overall Evaluation. The system is based on a “traffic light” system that is easy for users to understand, which equally weighs qualitative and quantitative parts.

For Operating Energy (WP 2a), a software building block was created to comprehensively investigate the operating energy of a building, divided into the use areas heating, warm water, cooling, ventilation and lighting. The implementation meets EU guidelines and the applicable CEN standards on the overall energy efficiency of buildings (EPBD, [7]) and thereby the SIA fact sheet 2031 “*Energieausweis für Gebäude*” (energy certificate for buildings), which allows an evaluation to be made. In addition, the project also resulted in ensuring the software building blocks are compatible with existing computer programs for the SIA standard 380/1 under Windows. At the same time, prerequisites were created to also permit MINERGIE calculations to be integrated.

The area Construction Materials (WP 2b) includes a simple eco-footprint based on newly issued eco-footprint data for construction by KBOB, as well as the electronic component catalog, although predefined (construction component catalog) and user-defined construction means may be used. Synergies with the energy footprint are used for the eco-footprint, so that the user needs only to add a small amount of additional data.

For Well-Being/Health (WP 3) a new method was developed – the room module – which evaluates a room’s air quality for harmful substances early on in the planning phase. It is partly based on existing approaches. Its core is an emissions database, which contains emissions rates for total volatile organic compounds (TVOC) and formaldehyde for typical construction materials. The additional criteria comfort, light, noise and emission are evaluated using a question catalog following the existing building label MINERGIE-ECO.

The system verification process is not just meant for new construction, it can also be applied to redevelopments. A separate procedure was developed during WP 4 to this end. In contrast to newly constructed buildings, existing buildings must be investigated for harmful substances. The eco-footprint methodology was adjusted so that only materials newly built into redevelopments are included in the evaluation. The energy results and the room module are evaluated in the same way as for newly constructed buildings.

The methodology was checked using case examples involving 13 selected buildings. Their data were entered in Lesosai, an energy footprint evaluation software, which was extended using software building blocks developed within the project. The results of the evaluation were used to test the plausibility of the methodology and to set down the evaluation values. For the eco-footprint of the construction materials, these values were able to be clearly defined. For the evaluation of the room module and in the redevelopment case examples, it was possible to determine the general magnitude of the evaluation values. Further evaluation based on new case examples is planned, however, to define the final values more exactly. It became apparent that the selected evaluation is relatively strict. Since none of the investigated buildings were directly optimized for the new requirements of the system verification process, we assume that the requirements can realistically be adhered to in future, if they are already taken into consideration during the early planning stages.

The most important results of this project are the development of the methodology, including its documentation in this final report, and the implementation of the methodology in the software building blocks, as well as their integration into an existing energy footprint evaluation software (Lesosai). These program building blocks are made available to other program developers for implementation. Additionally, question catalogs and checklists were drafted for the areas Construction Materials/Construction Methods, Well-Being/Health and Redevelopment, to supplement the methodology.

1. Ausgangslage und Konzept

1.1. AUSGANGSLAGE UND ZIELSETZUNG

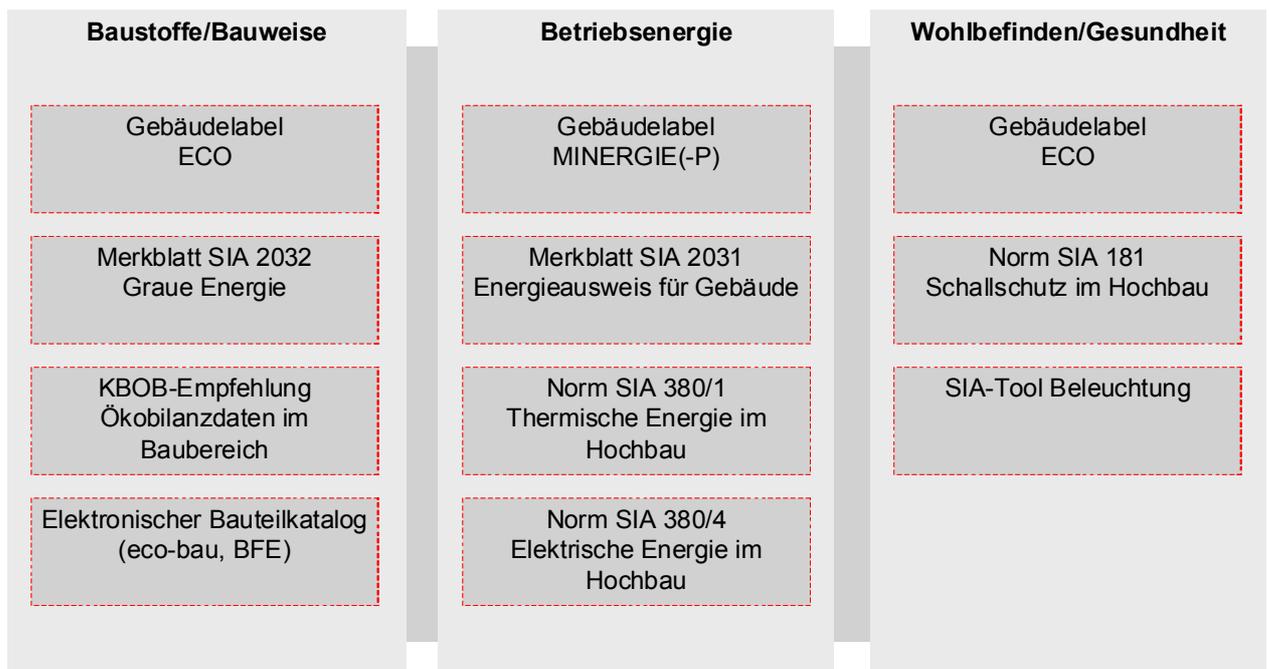
Neben einem energetischen Nachweis soll künftig auf möglichst einfache und benutzerfreundliche Art und Weise auch eine Ökobilanz für Neubauten und Sanierungen erstellt sowie der Nachweis einer gesunden und behaglichen Bauweise geführt werden. Dieser Systemnachweis, der auf Grundlage anerkannter Bilanzierungsmodelle erstellt wird, soll bei Architekturschaffenden, Planenden und Investierenden eine weitere Sensibilisierung für das nachhaltige Bauen bewirken, erlaubt gleichzeitig den objektiven Vergleich von Neubauten bzw. Modernisierungen und definiert die Anforderungsstufen für eine künftige Zertifizierung.

Die Entwicklung eines benutzerfreundlichen EDV-Werkzeuges erlaubt es, zusätzlich zum Heizenergieverbrauch und dem Energieverbrauch für Kühlung, Lüftung, Beleuchtung und Warmwasser (gemäss den europäischen Richtlinien sowie den Merkblättern SIA 2031 „Energieausweis für Gebäude“ [3] und SIA 2032 „Graue Energie von Gebäuden“ [6]) ohne grossen Mehraufwand die Nachhaltigkeit einer Baute zu objektivieren. Zu diesem Zweck werden ausgewählte ökologische sowie gesundheitliche Auswirkungen über den gesamten Lebenszyklus des Gebäudes (Herstellung der Materialien, Verarbeitung in neu erstellten oder sanierten Konstruktionen, Nutzung, Erneuerung, Rückbau) unter Einbezug bestehender Instrumente, wie des elektronischen Bauteilkatalogs (BFE-Projekt 101072) und des von den Vereinen eco-bau und MINERGIE entwickelten Gebäudelabels MINERGIE-ECO, berechnet bzw. beurteilt.

Bei einem breiten Einsatz ist zu erwarten, dass die Umweltwirkungen von Hochbauten wesentlich reduziert und damit positive volkswirtschaftliche Effekte erzielt werden können. Zudem erfährt die Umsetzung einer nachhaltigen Bauweise durch einen allgemein akzeptierten Systemnachweis den notwendigen Schub. Dabei sollen die Synergien mit dem behördlichen Energienachweis genutzt werden, indem er mit demselben Instrument wie der Systemnachweis geführt werden kann. Zu diesem Zweck werden in diesem Projekt programmiersprachen-unabhängige Softwarebausteine erstellt.

1.2. VORHANDENE GRUNDLAGEN

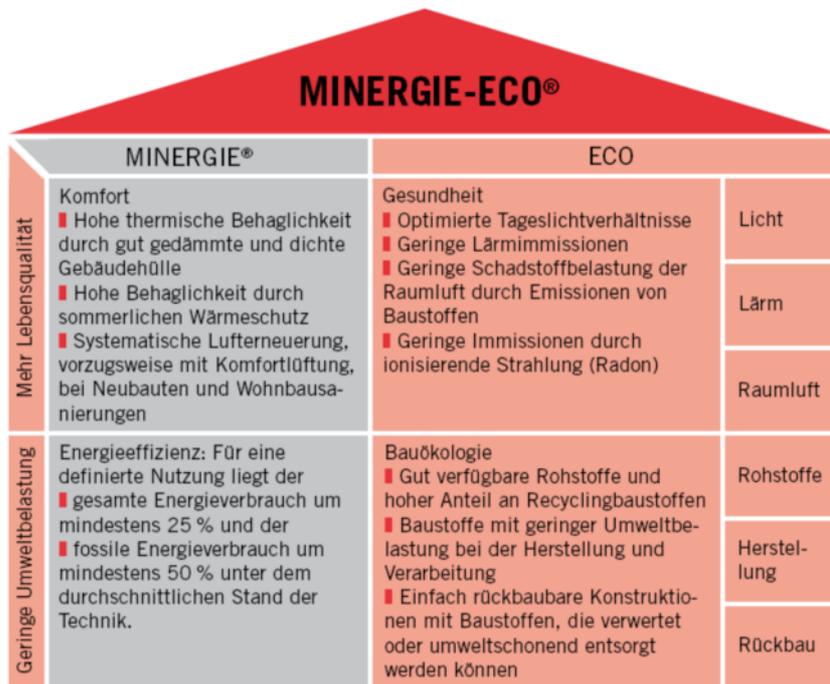
Der Systemnachweis MINERGIE-ECO basiert teilweise auf bereits bestehenden Instrumenten, welche in Figur 1 dargestellt sind und im Folgenden erläutert werden. Mit diesen Grundlagen konnte auf etablierte und akzeptierte Planungswerkzeuge zurückgegriffen werden.



Figur 1: Grundlagen des Systemnachweises MINERGIE-ECO

1.2.1 Gebäudelabel MINERGIE-ECO

Das Gebäudelabel MINERGIE-ECO ist aus einer Kooperation zwischen den Vereinen eco-bau und MINERGIE entstanden und basiert auf dem vom Verein eco-bau entwickelten Gebäudelabel eco-bau. Es ist zusammengesetzt aus dem MINERGIE-Nachweis zur Bewertung des Betriebsenergieverbrauchs und einem Fragenkatalog zur Bewertung der Bauweise hinsichtlich ökologischer und gesundheitlicher Aspekte. Innerhalb des Fragenkatalogs werden die Kriterien Umweltbelastung, Rohstoffe, Rückbau (zusammengefasst zum Hauptkriterium Bauökologie) und Raumluft, Licht, Lärm (Hauptkriterium Gesundheit) abgedeckt. Das Label wurde im Juni 2006 auf dem Markt eingeführt, derzeit sind über 30 Gebäude ausgezeichnet. Weitere Informationen zu MINERGIE-ECO können im Internet unter www.minergie.ch abgerufen werden. Der Systemnachweis ist eine Weiterentwicklung des Gebäudelabels MINERGIE-ECO und beruht deshalb teilweise auf denselben Grundlagen.



Figur 2: Die Kriterien von MINERGIE-ECO

1.2.2 Lesosai

Die Software Lesosai ist ein Berechnungstool für Energiebilanzen von Gebäuden. Es baut unter anderem auf der Norm SIA 380/1 [1] auf und erlaubt den Nachweis des MINERGIE-Standards. Entwickelt wurde das Programm von E4tech und dem Laboratorium für Solarenergie und Bauphysik (LESO-PB) an der EPF Lausanne.

Im Rahmen des vorliegenden Projekts wurden in das Programm beispielhaft die entwickelten Softwarebausteine integriert, so dass der gesamte Systemnachweis damit erfasst werden kann.

1.2.3 KBOB/eco-bau/IPB-Empfehlung „Ökobilanzdaten im Baubereich“

Die KBOB (Koordination der Bau- und Liegenschaftsorgane des Bundes) hat zusammen mit dem Verein eco-bau und der Interessengemeinschaft privater professioneller Bauherren (IPB) die Empfehlung „Ökobilanzdaten im Baubereich“ [4] herausgegeben. Zielgruppe sind Bauherren, Projektleiter und Architekten. Die Daten basieren auf denjenigen von ecoinvent (nationale Datenbank für Ökoinventare; Datenversion 2.0) und sind speziell für den Baubereich aufbereitet und zusammengestellt worden.

Die Daten werden direkt für die Ökobilanz des Systemnachweises verwendet.

1.2.4 Bauteilkatalog

Der Verein eco-bau hat in Zusammenarbeit mit dem BFE in Anlehnung an den U-Wert-Katalog des BFE einen online verfügbaren Bauteilkatalog [5] entwickelt, der Umweltwirkungen und U-Werte von Baukonstruktionen enthält. Als Bewertungsgrößen werden Umweltbelastungspunkte (UBP), Graue Energie und Treibhauspotenzial verwendet. Die Erstellung des Katalogs erfolgte ebenfalls auf Grundlage der KBOB/eco-bau/IPB-Empfehlung „Ökobilanzdaten im Baubereich“ und umfasst über 100 gängige Konstruktionen.

1.2.5 SIA-Merkblatt 2031 „Energieausweis für Gebäude“

Im Jahr 2002 wurde eine EU-Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Energy Performance Building Directive EPBD, [7]) erlassen. Zu deren Umsetzung wurden mehrere CEN-Normen (z.B. [8], [9]) erarbeitet. Der beschriebene Energieausweis für Gebäude wird in der EU bereits umgesetzt und dient als Instrument für die einfache Kommunikation des Betriebsenergieverbrauchs. Eine SIA-Arbeitsgruppe hat die Grundlagen der EPBD auf Schweizer Verhältnisse adaptiert und das SIA-Merkblatt 2031 „Energieausweis für Gebäude“ ausgearbeitet. Voraussichtlich Ende 2008 wird die endgültige Fassung veröffentlicht. Es ist abzusehen, dass der Energieausweis für Gebäude in Zukunft auch im Schweizer Energievollzug eine entscheidende Rolle spielen wird. Allerdings ist noch offen, ob dafür die im SIA-Merkblatt 2031 vorgeschlagene Methodik verwendet wird.

Innerhalb des Projekts Systemnachweis wurden die Softwarebausteine so programmiert, dass der Energieausweis nach Fertigstellung des SIA-Merkblattes komplett integriert werden kann.

1.2.6 SIA-Merkblatt 2032 „Graue Energie“

Mit dem SIA-Merkblatt 2032 „Graue Energie“ [6], das voraussichtlich ebenfalls Ende 2008 veröffentlicht wird, werden einheitliche Grundsätze für die Berechnung der Grauen Energie im Gebäudebereich erarbeitet. Ziel ist es, damit Bauprojekte in den verschiedenen Planungsphasen bis hin zur Realisierung bezüglich Ressourcenverbrauch beurteilen und die Graue Energie gleichberechtigt neben der Betriebsenergie betrachten zu können. Wo vorhanden greift das Merkblatt auf bestehende Dateninventare (z.B.ecoinvent) zurück.

Im Projekt Systemnachweis MINERGIE-ECO wird die Berechnungsmethodik des SIA-Merkblattes 2032 in der Ökobilanzierungsmethodik berücksichtigt.

1.2.7 SIA-Normen

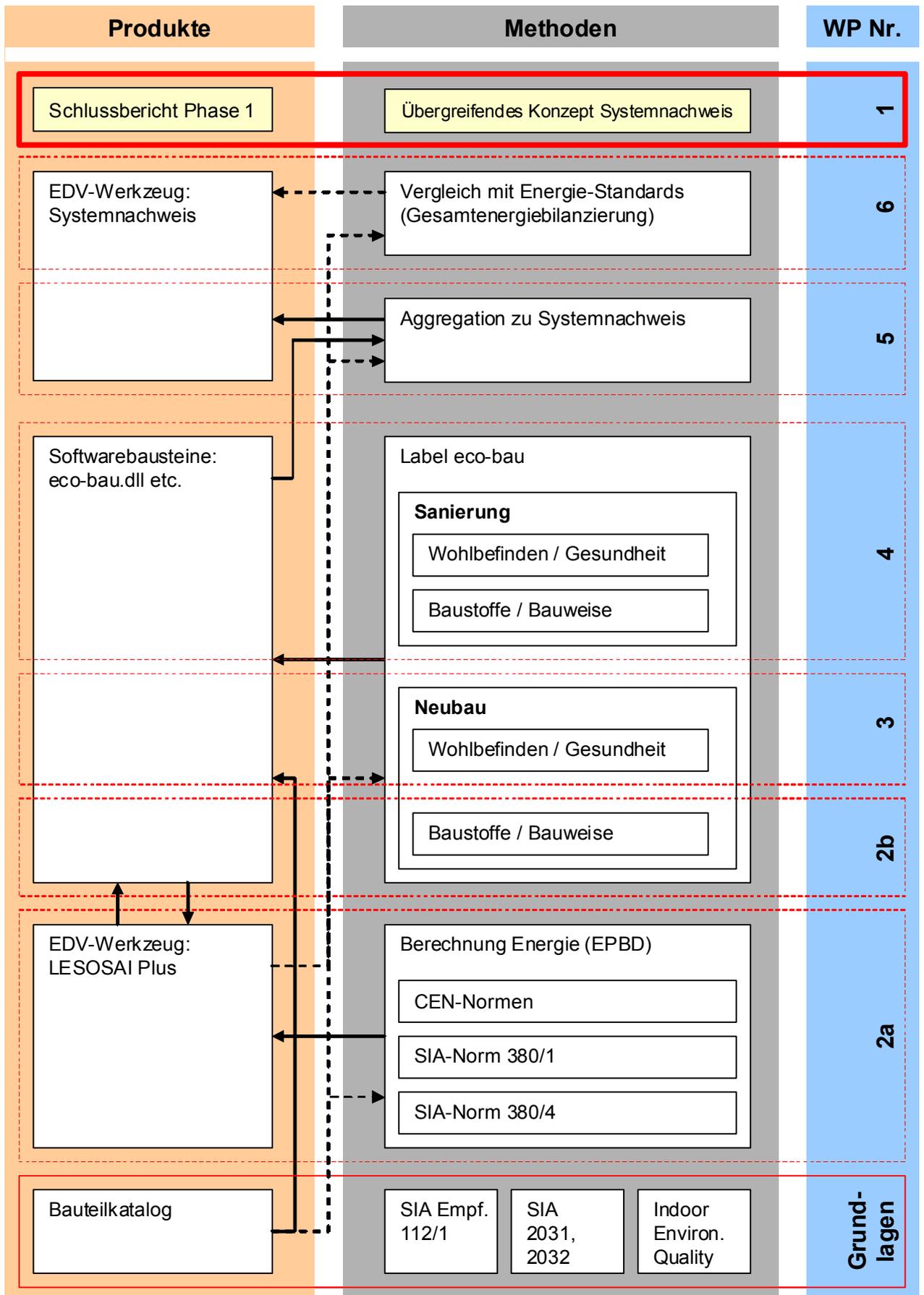
Die Norm SIA 380/1 „Thermische Energie im Hochbau“ [12] (2007) beschreibt die Energiebilanzierungsmethode, welche für Neubauten und Sanierungen in der Schweiz verwendet wird. Weitere Grundlagen für den Systemnachweis MINERGIE-ECO sind die Normen SIA 380/4 „Elektrische Energie im Hochbau“ (2006) [2], SIA 180 „Wärme- und Feuchteschutz im Hochbau“ [10], SIA 181 „Schallschutz im Hochbau“ (2006) [11] und SIA 382/1 „Technische Anforderungen an Lüftungstechnische Anlagen“ (2006) [13].

1.3. METHODIK UND LÖSUNGSWEG

Das Projekt Systemnachweis ist modular aufgebaut und in sechs Workpackages thematisch sowie methodisch untergliedert. Es wurde ein interdisziplinäres Projektteam gebildet, das in Zusammenarbeit mit Begleitgruppen die Methodik erarbeitet hat. Ziel war es, die Entwicklung des Systemnachweises möglichst breit abzustützen, um das Fachwissen von verschiedenen Hochschulen, dem SIA, den Vereinen MINERGIE und eco-bau sowie weiteren Institutionen einzubinden.

1.3.1 Workpackages

Das Gesamtprojekt ist in Workpackages unterteilt, welche die Aufgaben themenspezifisch gliedern und den Auftragnehmern zuteilen (Figur 3):



Figur 3: Übersicht über Workpackages, gegliedert nach Produkten und Methoden

1.3.2 Kriterienkatalog

Für die Bewertungsmethodik wurde ein Kriterienkatalog aufgestellt, in dem die zu berücksichtigenden Kriterien aufgelistet und die Verbindungen mit der Empfehlung SIA 112/1 Nachhaltiges Bauen – Hochbau [14] aufgezeigt werden. Der Katalog basiert auf dem seit 2004 etablierten Kriterienkatalog des Gebäudelabels eco-bau [15].

Figur 4 gibt einen Überblick über die relevanten Kriterien. Der ausführliche Katalog ist in Anhang A.1 enthalten.

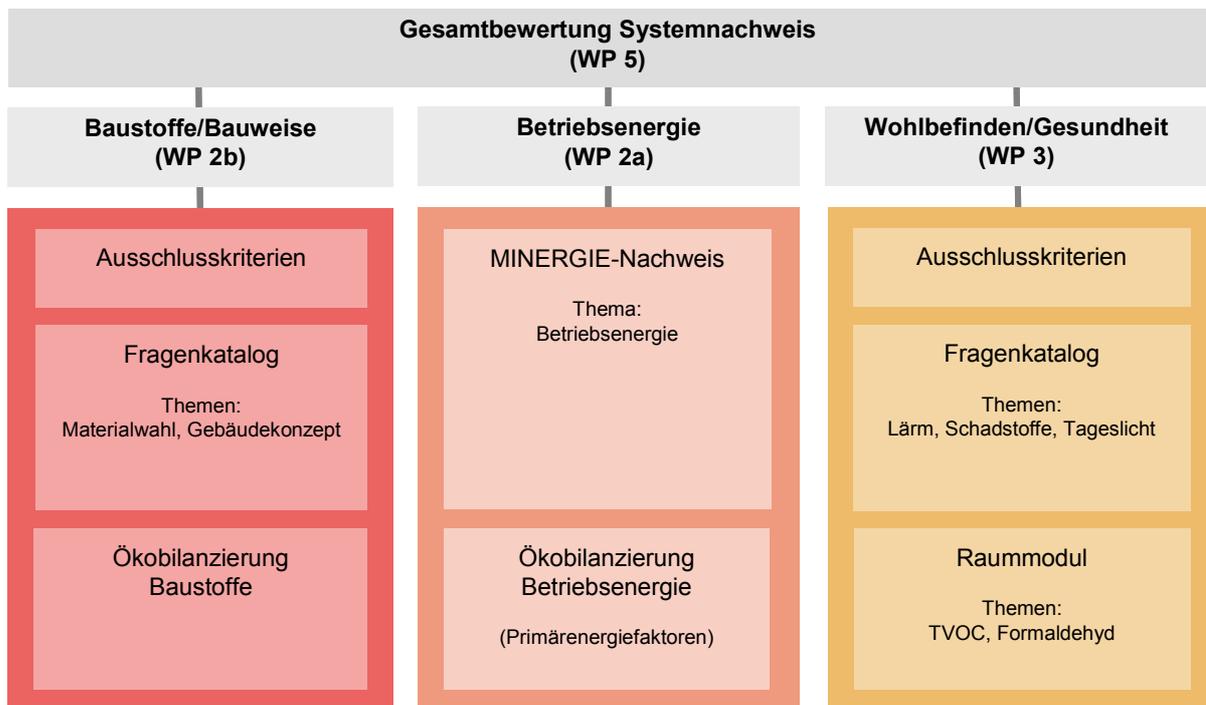
Kriterienkatalog	
MINERGIE	ECO
<p>Energieeffizienz</p> <ul style="list-style-type: none"> Betriebsenergie 	<p>Baustoffe / Bauweise</p> <ul style="list-style-type: none"> Rohstoffe (gut verfügbare Rohstoffe, Recyclingbaustoffe) Herstellung/Verarbeitung (Ökobilanz, Flexibilität) Schadstoffe (Umweltgefährdende Bestandteile, Schadstoffe in bestehender Bausubstanz, Bodenschutz) Rückbau/Instandsetzung (Instandhaltung, Verbindungsmittel/ Trennbarkeit, Gebäudetechnik, Rückbau)
<p>Behaglichkeit</p> <ul style="list-style-type: none"> U-Wert Kaltluftabfall Funktionsgerechter Sonnenschutz Luftfeuchtigkeit Aussenluftfrate 	<p>Gesundheit</p> <ul style="list-style-type: none"> Raumluft (VOC – Volatile Organic Compounds, Formaldehyd) Lärm Strahlung (Radon) Tageslichtnutzung

Figur 4: Überblick über die Kriterien des Systemnachweises

1.3.3 Bestandteile des Systemnachweises

Grundgedanke des Systemnachweises ist es, mit den weitgehend identischen Bauwerksdaten sowohl eine Energiebilanz zur Bewertung der Betriebsenergie, als auch eine Ökobilanz zu erstellen, so dass gleichzeitig quantitative Aussagen über Energiebedarf und Umweltbelastung gemacht werden können. Als weiterer Schwerpunkt wird ein Raummodul zur Einstufung der Raumluftqualität integriert, welches ebenfalls auf einer quantitativen Methode fusst.

Figur 5 zeigt die thematische Zuordnung der Workpackages zu den Bereichen Baustoffe/Bauweise, Betriebsenergie und Wohlbefinden/Gesundheit.



Figur 5: Thematische Zuordnung der Workpackages im Systemnachweis

In jedem der drei Teilbereiche gibt es eine quantitative Erfassung und Bewertung (Ökobilanz, Energienachweis sowie Raummodul). Dadurch können die Themen des Kriterienkatalogs allerdings nicht komplett abgedeckt werden. Diese qualitativen Ergänzungen werden anhand von Fragenkatalogen und Ausschlusskriterien vorgenommen.

Im Anhang A.2 sind die Fragenkataloge im Wortlaut aufgeführt.

1.3.4 Anwendungsgebiete des Systemnachweises

Einerseits soll der Systemnachweis die Methodik des derzeitigen Gebäudelabels MINERGIE-ECO ablösen. Die Grundprinzipien der jetzigen Bewertung anhand von Betriebsenergie, Bauökologie und Gesundheit werden übernommen, die Methodik jedoch im vorliegenden Projekt grundlegend überarbeitet.

Daneben kann das System verwendet werden, um andere Energiestandards zu integrieren und ebenso wie MINERGIE mit einer Ökobilanz und der Bewertung von Wohlbefinden/Gesundheit zu verbinden. Insbesondere sind das die Nachweise nach SIA 380/1 und 380/4 sowie der Gebäudeenergieausweis. In diesen Fällen ist es allerdings nicht möglich, eine Zertifizierung nach MINERGIE-ECO vorzunehmen.

1.3.5 Resultate/Punkte

Die zwei wichtigsten im Projekt Systemnachweis MINERGIE-ECO erarbeiteten Ergebnisse sind die Entwicklung der gesamten Methodik inklusive deren Dokumentation im vorliegenden Schlussbericht sowie Softwarebausteine (Dynamic Link Libraries, DLLs), die es erlauben, die Daten und Berechnungen des Systemnachweises mit geringem Aufwand in bestehende Energiebilanzierungssoftware unter Windows zu integrieren.

Ausserdem wurden diese Bausteine beispielhaft mit einer Benutzeroberfläche in das bestehende Programm Lesosai eingefügt, so dass anhand dieser Software die Funktionsweise der DLLs überprüft werden konnte und als Ergebnis eine funktionsfähige Software zur Verfügung steht.

Es ist vorgesehen, die Softwarebausteine kostenlos an weitere Softwarehersteller abzugeben. Die Rechte daran verbleiben im Eigentum der Auftraggeber. Die Rechte an Lesosai hingegen liegen vollumfänglich bei den bisherigen Eigentümern. Die Software dient nur als Plattform für die beispielhafte Einbindung der DLLs und wird weiterhin kommerziell verwertet.

Weitere Resultate des Projekts sind Fragenkataloge und Checklisten zu den Themen Baustoffe/Bauweise, Wohlbefinden/Gesundheit sowie Sanierungen, welche die ausgearbeitete Methodik ergänzen (siehe Tabelle 2 sowie Anhänge A.2, A.6, A.7).

1.3.6 Fallbeispiele

Die innerhalb des Projekts entwickelte Systematik wurde an 13 Fallbeispielen erprobt. Die Ergebnisse der Auswertung sind in Kapitel 3 erläutert. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die untersuchten Gebäude. Ursprünglich waren 15 Fallbeispiele vorgesehen, wobei sich zwei Sanierungsobjekte bei genauer Prüfung der Unterlagen als ungeeignet herausstellten.

Gebäudebezeichnung	Bauweise	Baumassnahme	Baustandard	EBF, GF
Schule 1	Leichtbau	Neubau	MINERGIE	146 m ² , 150 m ²
Schule 2	Massivbau	Neubau	MINERGIE	1424 m ² , 1709 m ²
Wohnen 1	Massivbau	Neubau	MINERGIE	4361 m ² , 6300 m ²
Wohnen 2	Massivbau	Neubau	MINERGIE-ECO	4353 m ² , 7912 m ²
Wohnen 3	Massivbau	Neubau	MINERGIE	5313 m ² , 7037 m ²
Wohnen 4	Leichtbau	Neubau	MINERGIE-ECO	1197 m ² , 1197 m ²
Wohnen 5	Leichtbau	Neubau	-	1867 m ² , 1867 m ²
Verwaltung 1	Mischbauweise	Neubau	-	8802 m ² , 8533 m ²
Verwaltung 2	Mischbauweise	Neubau	MINERGIE-ECO	4785 m ² , 5006 m ²
Verwaltung 3	Leichtbau	Neubau	MINERGIE-P-ECO	1410 m ² , 1299 m ²
Schule 3	Massivbau	Sanierung	MINERGIE	1681 m ² , 1861 m ²
Schule 4	Mischbauweise	Sanierung	MINERGIE	3111 m ² , 4320 m ²
Verwaltung 4	Massivbau	Sanierung	MINERGIE	4677 m ² , 5780 m ²

Tabelle 1: Übersicht über die untersuchten Fallbeispiele

1.4. PROJEKTORGANISATION UND -ABLAUF

1.4.1 Projektteam

Die Auftraggeber sind das Bundesamt für Energie (BFE) und der Verein eco-bau. Die Projektleitung liegt bei Intep – Integrale Planung GmbH; weitere Auftragnehmer sind die Firma E4tech Sàrl, die Ecole d'ingénieurs du Canton de Vaud (EVID HES), das Laboratorium für Solarenergie und Bauphysik (LESO) sowie Holliger Consult GmbH.

1.4.2 Projektbearbeitung

Das Projekt wurde durch das BFE, den Verein eco-bau (vertreten durch den Kanton Waadt, die Städte Lausanne, Genf und Zürich sowie weitere Mitglieder), das Bundesamt für Gesundheit (BAG), den Aushub-, Rückbau- und Recyclingverband Schweiz (ARV) sowie Eigenleistungen der Auftragnehmer finanziert.

1.4.3 Begleitgruppen

Jedes Workpackage wurde von einer Begleitgruppe, welche aus externen Fachpersonen gebildet wurde, begleitet. Die Einbindung in das Projekt erfolgte in erster Linie mittels Workshops (siehe Anhang A.3) und Stellungnahmen zu Zwischenergebnissen.

Begleitgruppe Gesamtprojekt

Anita Binz-Deplazes (Verein eco-bau), Armin Binz (MINERGIE Agentur Bau), Charles Filleux (BFE), Heinrich Gugerli (Verein eco-bau), Martin Lenzlinger (SIA), Yves Roulet (Verein eco-bau), Jürg Schnyder (Verein eco-bau), Holger Wallbaum (ETH Zürich)

Begleitgruppe Betriebsenergie

Patricia Bürgi (MINERGIE Agentur Bau), Andreas Eckmanns (BFE), Yves Roulet (Verein eco-bau), Charles Weinmann (SIA)

Begleitgruppe Baustoffe/Bauweise

Hans-Jörg Althaus (ecoinvent), Annick Lalive d'Epinay (AHB Zürich), Martin Lenzlinger (SIA), Yves Roulet (Verein eco-bau), Christina Seyler-Jahn (ETH Zürich), Bruno Suter (ARV)

Begleitgruppe Wohlbefinden/Gesundheit

Reto Coutalides (Bau- und Umweltchemie), Felix Dalang (STIPI), Heinrich Gugerli (Verein eco-bau), Wolfgang Mücke (TU München), Michael Pöll (AHB Zürich), Roger Waeber (BAG)

1.4.4 Projektphasen

Das vorliegende Projekt wurde in vier Bearbeitungsphasen unterteilt:

- Phase 1:
Das Konzept (Workpackage 1) liegt bereinigt vor. Die Stellungnahmen der Vereine MINERGIE und eco-bau liegen vor.
Abschluss: 1. Quartal 2006
- Phase 2:
Das Konzept ist umgesetzt und die Methodik ausgearbeitet. Die Benutzeroberflächen der EDV-Werkzeuge sind definiert, aber noch nicht funktional.
Abschluss: 2. Quartal 2007
- Phase 3:
Die EDV-Werkzeuge sind fertig entwickelt, anhand der Fallbeispiele getestet und Mängel behoben, sowie die Benchmarks festgelegt.
Abschluss: 1. Quartal 2008
- Phase 4:
Der Systemnachweis als Vorschlag für MINERGIE-ECO und EDV-Werkzeuge auf Deutsch und Französisch liegen vor.
Abschluss: 2. Quartal 2008

2. Umsetzung und Ergebnisse

2.1. GESAMTBEWERTUNG

2.1.1 Bestehende Ansätze und Grundlagen

Das Projekt Systemnachweis MINERGIE-ECO hat das Ziel, eine anschauliche und richtungssichere Bewertung sowohl innerhalb der drei Bereiche Betriebsenergie, Baustoffe/Bauweise und Wohlbefinden/Gesundheit als auch übergreifend für die Gesamtbewertung zu entwickeln.

Als Grundlage können andere Bewertungssysteme herangezogen werden. Im bereits jetzt angewendeten Gebäudelabel MINERGIE-ECO wird neben Ausschlusskriterien ein Punktesystem verwendet, welches sowohl für die sechs Kriterien als auch für die zwei Kriteriengruppen Mindest erfüllungsgrade erfordert. Das amerikanische LEED [16] basiert auf einer einfachen Punktemethode mit Ausschlusskriterien, während das Wohnungs-Bewertungs-System WBS [17] eine gewichtete Punktemethode enthält.

In der Methodik Albatros des Vereins eco-bau [18] wird die Multikriterienanalyse HERMIONE verwendet. Sie ist besonders dafür geeignet, um verschiedenartige, sowohl quantitative als auch qualitative Kriterien zusammenzuführen und einheitlich zu bewerten.

2.1.2 Gewählter Lösungsweg

Die Herausforderung für die Gesamtbewertung innerhalb des Systemnachweises MINERGIE-ECO liegt darin, alle quantitativen und qualitativen Teilergebnisse auf eine möglichst transparente Weise zusammenzuführen. Nach Ausarbeitung mehrerer Varianten und intensiven Diskussionen mit der Begleitgruppe wurde die HERMIONE-Methode als Grundlage für die Gesamtbewertung des Systemnachweises gewählt. Damit konnte der in Abschnitt 1.3.2 vorgestellte Kriterienkatalog im Bewertungssystem abgebildet werden.

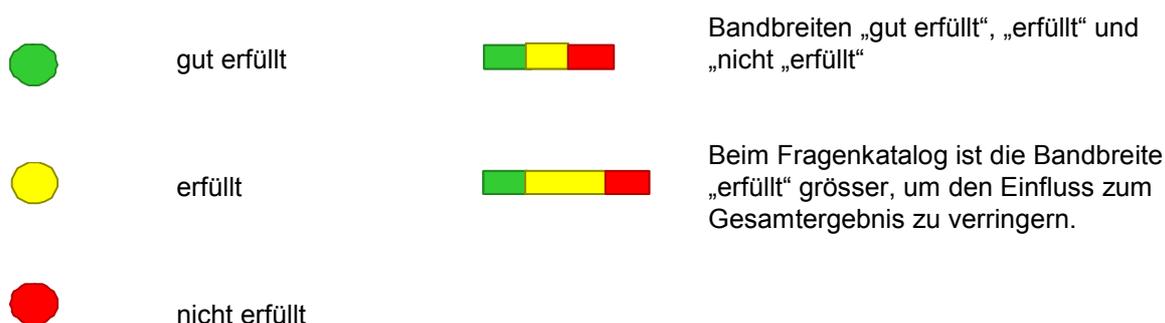
In Workshops (siehe Anhang A.3) wurden zusammen mit der Begleitgruppe die Details der Gesamtbewertung erarbeitet. Figur 6 zeigt eine Zusammenfassung aller Teilergebnisse innerhalb der verschiedenen Workpackages bis hin zur Gesamtbewertung.



Figur 6: Übersicht über das Prinzip der Gesamtbewertung im Systemnachweis

Das in Figur 6 skizzierte Ampelsystem zeigt dem Benutzer auf klar strukturierte Weise die Zusammensetzung der Teil- und Gesamtbewertungen an. Im Detail funktioniert das Prinzip wie folgt:

- Die drei Bereiche Baustoffe/Bauweise, Betriebsenergie und Wohlbefinden/Gesundheit werden gleich stark gewichtet. Innerhalb der Workpackages sind die Bestandteile anhand des Kriterienkatalogs thematisch gegliedert, was zu einer gleichmässigen Gewichtung aller Hauptthemen führt.
- Es werden keine Gewichtungsfaktoren verwendet. Dadurch wird eine grösstmögliche Transparenz für den Anwender erreicht.
- Es werden Mindesterfüllungsgrade festgelegt, anhand derer die Einstufung in



vorgenommen wird. Diese wurden mittels der Auswertung der Fallbeispiele festgelegt und in Kapitel 3 zusammengestellt.

- Innerhalb der Bereiche Baustoffe/Bauweise bzw. Wohlbefinden/Gesundheit besteht eine gleich starke Gewichtung zwischen Ökobilanz und Fragenkatalog (WP 2b) bzw. zwischen Raummodul und Fragenkatalog (WP 3). Die Funktionsweise des Ampelsystems auf diesen Ebenen ist im Anhang A.4 aufgelistet: Sobald mindestens ein Ausschlusskriterium negativ beurteilt wird, folgt daraus eine negative Gesamtbewertung. Eine positive Bewertung des Bereichs resultiert nur, wenn alle Teilkriterien als positiv eingestuft werden.
- Das Bewertungsschema auf der Ebene Gesamtbewertung (Zusammenzug der drei Bereiche Baustoffe/Bauweise – Betriebsenergie – Wohlbefinden/Gesundheit) basiert auf demselben Prinzip; es ist ebenfalls in Anhang A.4 erläutert. Wenn mindestens zwei der drei Bereiche gut erfüllt sind und gleichzeitig keine negative Bewertung vorliegt, wird der gesamte Systemnachweis positiv beurteilt. In allen anderen Fällen gelten die Bedingungen als nicht erfüllt.
- Die Ökobilanzierung über die Betriebsenergie wird nicht in die Gesamtbewertung integriert. Die Gründe dafür sind, dass in diesem Fall der Energiebedarf pro m² Energiebezugsfläche berechnet, für die Ökobilanzierung über die Baustoffe jedoch die Geschossfläche als Bezugsgrösse verwendet wird. Ebenso weichen die im Bereich Betriebsenergie herangezogenen Gewichtungsfaktoren für die Primärenergie (Basis: Reglement MINERGIE) von denjenigen des Bereichs Baustoffe/Bauweise (Basis: EcoInvent-Daten) ab. Die Anzeige einer kombinierten Bilanz über Betriebsenergie und Graue Energie ist jedoch in Lesosai möglich.
- Sanierungen werden auf die gleiche Weise wie Neubauten bewertet.

2.1.3 Bewertung der Fragenkataloge

In den Bereichen Baustoffe/Bauweise und Wohlbefinden/Gesundheit können nicht alle Themen des Kriterienkatalogs mittels Ökobilanz bzw. Raummodul erfasst werden. Deshalb werden Anforderungen in Form von Fragekatalogen zu den Themen Materialwahl und Verarbeitung, Gebäudekonzept, Lärm und Schadstoffe sowie einige Ausschlusskriterien eingeführt. Der Wortlaut der Fragen kann Anhang A.2 entnommen werden.

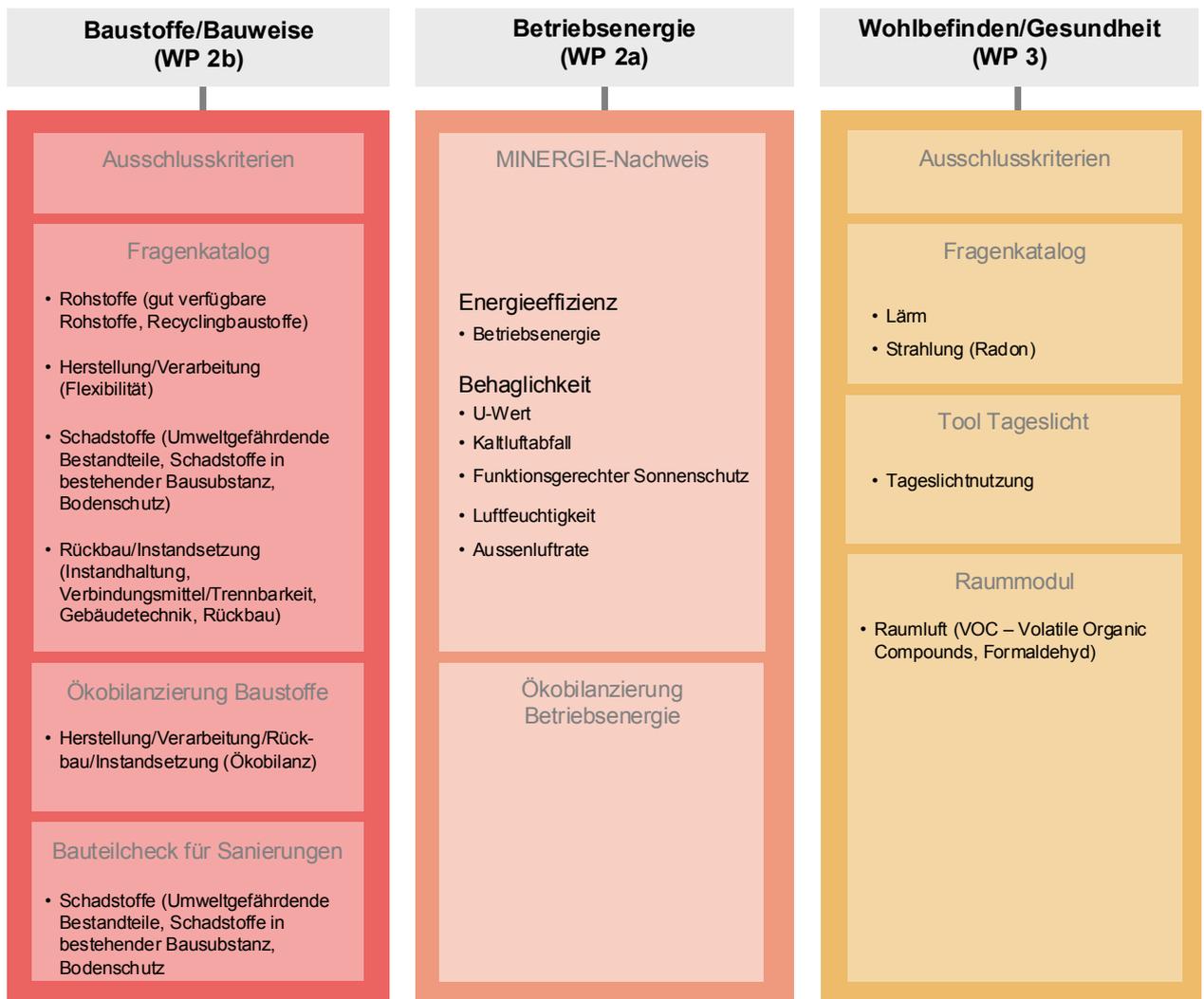
Als Antwortmöglichkeiten stehen zur Verfügung:

- Ausschlusskriterien: Erfüllt – Nicht erfüllt – Nicht anwendbar
- Sonstige Fragen: Voll erfüllt (1.0 Punkte) – Mehrheitlich erfüllt (0.5 Punkte) – Minderheitlich erfüllt (0.2 Punkte) – Nicht erfüllt (0.0 Punkte) – Nicht anwendbar

Wie im Anhang A.2 vermerkt, sind die Fragen zwei verschiedenen Zertifizierungsphasen zugeordnet: einerseits Vorstudien/Projektierung und andererseits Ausschreibung/Realisierung. Dies hängt mit dem Ablauf der Zertifizierung für das Gebäudelabel MINERGIE-ECO zusammen (siehe Kapitel 2.1.5).

2.1.4 Bezug zum Kriterienkatalog

Figur 7 stellt den Bezug zwischen den in Figur 6 gezeigten Teilbereichen und den Vorgaben des Kriterienkatalogs her (siehe Kapitel 1.3.2, Anhang A.1). Die für MINERGIE aufgeführten Kriterien sind bereits im jetzigen MINERGIE-Nachweis enthalten und werden unverändert im Systemnachweis übernommen.



Figur 7: Zusammenhang zwischen dem Kriterienkatalog und den Teilbereichen der Gesamtbewertung

Figur 7 zeigt, dass der komplette Kriterienkatalog in der Gesamtbewertung abgebildet ist.

2.1.5 Zertifizierungsmethodik

Der Ablauf der Zertifizierung energieeffizienter und ökologischer Gebäude mit der Methodik des Systemnachweises ist vergleichbar mit dem existierenden Gebäudelabel MINERGIE-ECO.

Der Antragsteller reicht bei der Zertifizierungsstelle das ausgefüllte Nachweisinstrument und die dazugehörigen Unterlagen ein. Die Zertifizierung erfolgt in zwei Etappen: Das provisorische Zertifikat wird für die Phasen Vorstudien/Projektierung, das definitive Zertifikat nach den Phasen Ausschreibung/Realisierung erteilt. Durch das zweigeteilte Verfahren wird vom Antragsteller einerseits gefordert, die Kriterien des Systemnachweises MINERGIE-ECO bereits in frühen Planungsphasen mit einzubeziehen. Gleichzeitig ist während der definitiven Zertifizierung die Planung so weit vorangeschritten, dass zu diesem Zeitpunkt die Materialwahl feststeht und somit eine sehr differenzierte Bewertung des Gebäudes vorgenommen werden kann. Vor Abschluss der Realisierung werden zudem stichprobenweise Baustellenkontrollen und Raumluftmessungen durchgeführt.

Da mit der Integration des Nachweisinstruments in die Energiebilanzierungsprogramme damit zu rechnen ist, dass die Methodik in unterschiedlichen EDV-Tools implementiert wird, muss die Zertifizierungsstelle zum Import der Daten über alle auf dem Markt verfügbaren Programme verfügen. In einer Nutzungsvereinbarung für die Softwarebausteine ist mit den Softwareherstellern deshalb zu vereinbaren, dass der Zertifizierungsstelle eine Lizenz der neuesten Version jeweils kostenlos abgegeben wird.

2.1.6 Gesamtenergiebilanzierung

Das Workpackage 6 umfasst die Integration und den Vergleich verschiedener Energie- und Umweltbewertungen in den Systemnachweis. Durch den modularen Aufbau der gesamten Methodik können die folgenden Bewertungs- und Berechnungselemente verwendet werden:

- MINERGIE(-ECO)-Nachweis
- MINERGIE-P(-ECO)-Nachweis
- Energieausweis für Gebäude nach den Merkblättern SIA 2031 und 2032
- Energiebilanz nach SIA 380/1 und 380/4

Im Kapitel 2.2 (Betriebsenergie) ist beschrieben, wie die Integration umgesetzt wurde.

2.2. BETRIEBSENERGIE

Le WP 2a avait pour but le développement d'une DLL (Dynamic Link Library) qui permet l'évaluation de la performance énergétique des bâtiments sur la base des quantités de vecteurs énergétiques (energywares) consommées par le bâtiment pour ses usages. Nous avons nommé cette DLL Swiss-Certif.

Nous avons choisi de développer une DLL en se basant sur le travail effectué dans d'autres pays européens, dont la France et le Royaume-Uni – deux pays qui mettent à disposition des développeurs de logiciels des moteurs de calculs certifiés. L'avantage des DLL c'est qu'ils peuvent être intégrés à tous les logiciels qui tournent sur Windows et aux feuilles MS Excel. Une DLL en étant compilé est très rapide à l'exécution.

La DLL pourra être intégrée dans les logiciels actuels selon SIA380/1 [1]. La DLL ne calcule pas la SIA380/1, vu que plusieurs logiciels le font déjà, mais prend en input le Q_n calculé par les différents logiciels.

En Suisse, la directive européenne a été intégrée dans la documentation technique SIA 2031 [3]. En étant 3 participants dans le projet aussi membres de la commission SIA le travail d'intégration a été simplifié.

Le certificat SIA 2031, conforme aux normes européennes, est basé sur la consommation d'énergie primaire annuelle totale et l'émission de gaz à effet de serre correspondante, pour la fourniture de toutes les prestations dans le bâtiment, notamment:

- Chaleur (chauffage, eau chaude)
- Ventilation
- Refroidissement et déshumidification de l'air
- Humidification de l'air
- Éclairage
- Équipement des locaux
- Autres techniques du bâtiment (par ex. ascenseurs)

Pour pouvoir compléter les différents points nous avons dû intégrer plusieurs normes, en particulier la SIA380/4 [2] et la documentation technique 2024 [19]. Comme résultat secondaire, la DLL peut être utilisée pour calculer les besoins électriques pour l'éclairage, la ventilation et la climatisation. Elle permet aussi de calculer l'utilisation de la ventilation, le pourcentage d'éclairage naturel et d'autres valeurs qui sont développées dans le manuel de la DLL. Ce manuel explique aux développeurs comment intégrer facilement la DLL dans les logiciels.

La DLL énergie permet les calculs suivants :

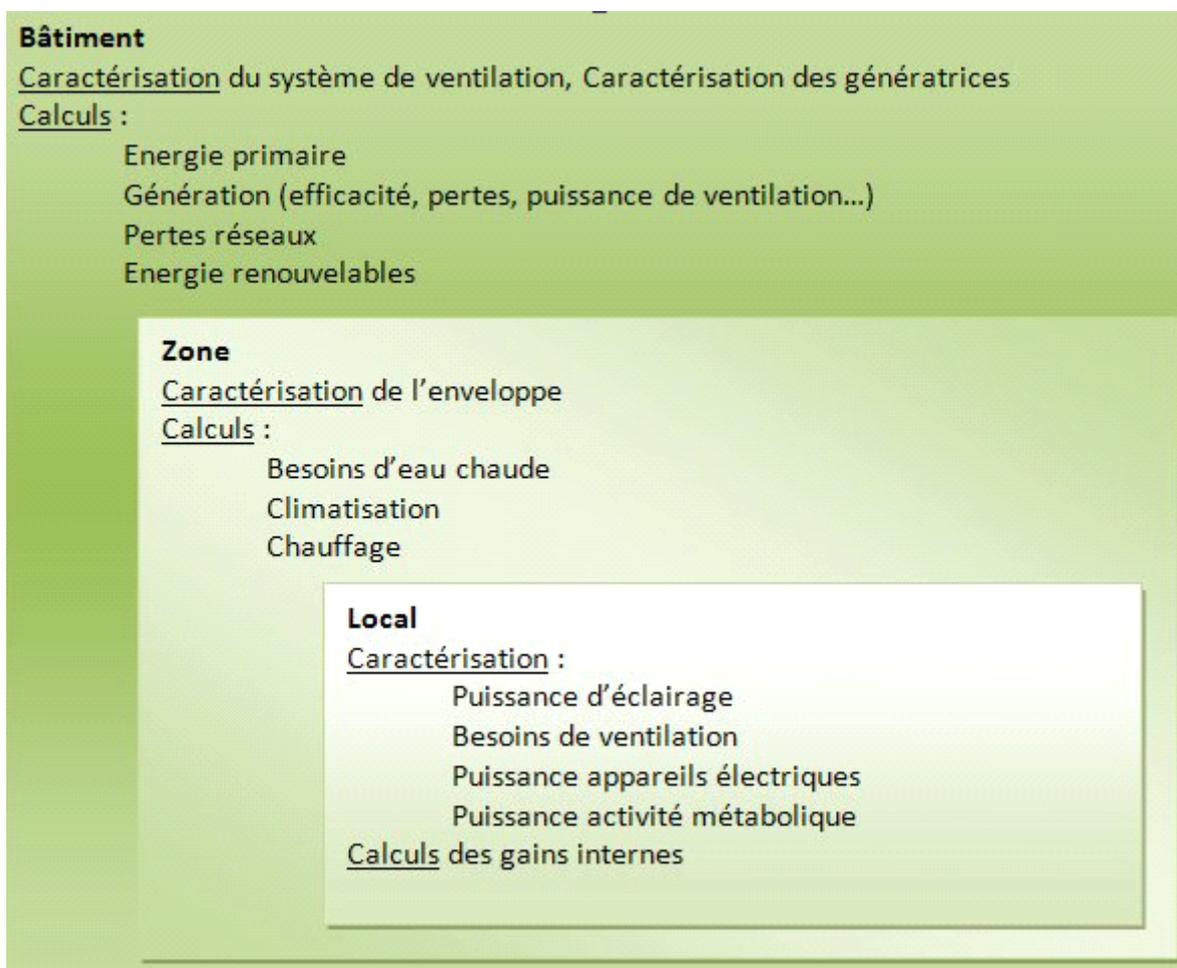
- SIA380/4 Eclairage par pièce
- SIA380/4 Ventilation et humidité par pièce, par système de ventilation et par zone
- Table SIA 2031 : Chauffage SIA380/1 + éclairage SIA380/4
- Table SIA 2031 : Chauffage SIA380/1 + éclairage SIA380/4 + ventilation SIA380/4
- Table SIA 2031 : Climatisation (SIA380/4 + EN ISO 13790)

Pour compléter le point 5 plusieurs calculs sont nécessaires et effectués par la DLL:

- Calcul de la présence des personnes horaires selon la SIA 2024 par pièce
- Calcul de la ventilation horaire selon la SIA 2024 et la SIA380/4 par pièce
- Calcul de l'éclairage horaire selon la SIA 2024 et la SIA380/4 par pièce
- Calcul des charges internes dû aux appareils par pièce et selon la SIA 2024
- Calcul des besoins de climatisation par zone chauffée en utilisant la EN ISO 13790 [20] méthode horaire sans échange entre zones
- Compléter le tableau SIA 2031

En programmant les différentes équations pour le point 5 nous avons trouvé plusieurs “erreurs” entre les normes que nous avons communiquées aux responsables SIA. Pour certains nous sommes toujours en attente d’une explication.

Les caractéristiques du bâtiment sont à définir à différents niveaux du bâtiment, Figur 8 montre l’arborescence :



Figur 8: Caractérisation d’un bâtiment pour le WP 2a

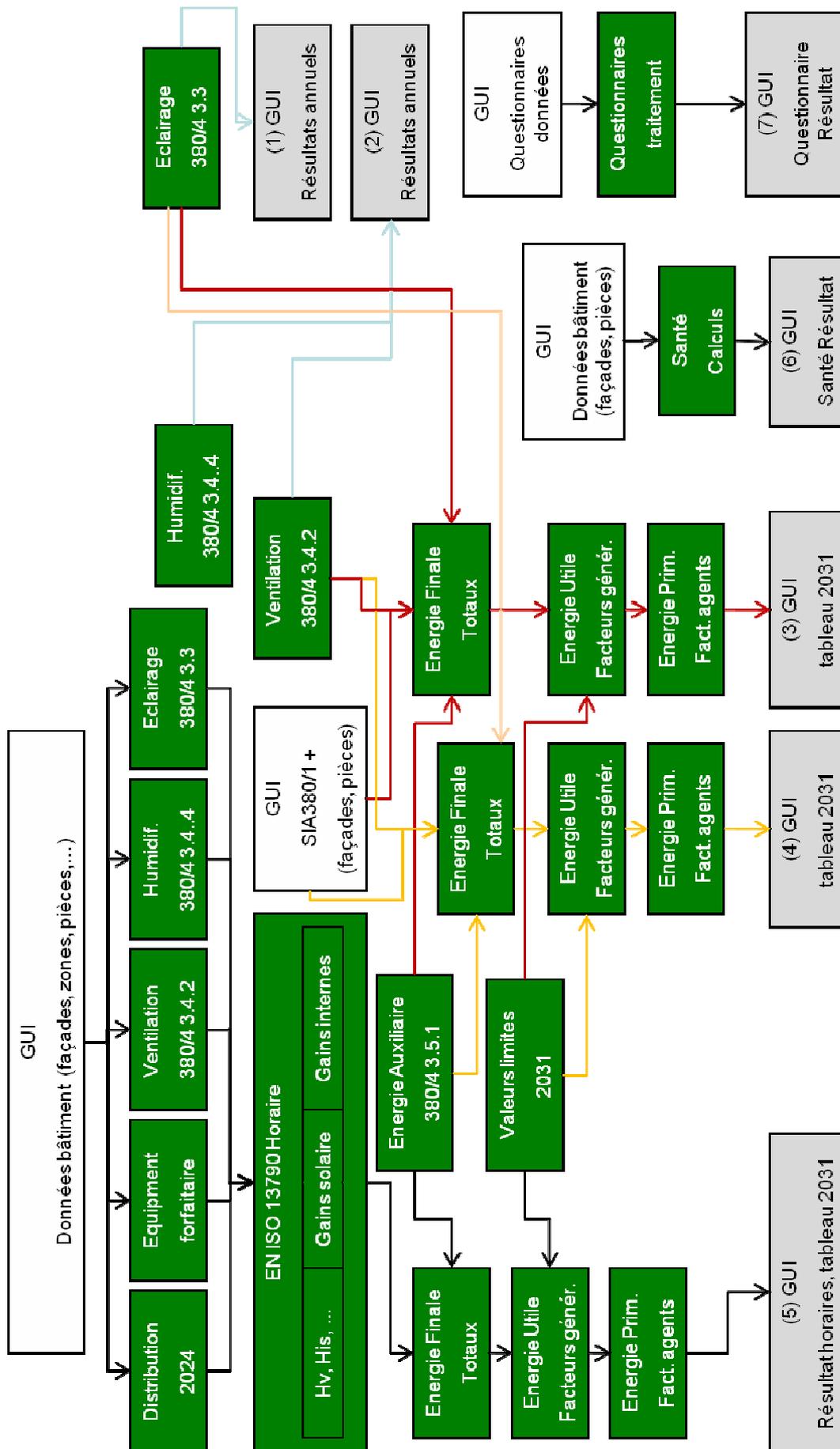
La DLL a été testée en utilisant le logiciel Lesosai 6.0, qui peut être téléchargé et testé depuis le site-web www.lesosai.com.

Dans Lesosai nous avons déjà l’expérience de l’intégration du moteur de calcul anglais SBEM et nous sommes en train d’intégrer le moteur de calcul de la réglementation technique française.

Nous espérons par la suite d’intégrer dans la dll aussi la méthode de calcul de Minergie[®], les contacts ont été et sont très constructif. Nous sommes dans l’attente de savoir quel va être la méthode de calcul appliqué en 2009.

Afin de simplifier l’intégration des DLL du projet dans les différents logiciels, nous avons intégré les calculs de santé (WP3) et le traitement des questionnaires santé et LCA.

L’image à la page suivante montre en vert les différentes possibilités de calcul offertes par la DLL énergie (voir Figur 9).



Figur 9: Possibilités de calcul dans la DLL énergie

2.3. BAUSTOFFE/BAUWEISE

Durant son cycle de vie, un bâtiment engendre des impacts sur l'environnement. Ces impacts sont liés aux différents processus mis en œuvre, de la fabrication des matériaux nécessaires jusqu'à l'élimination des déchets résultant de la démolition du bâtiment. Il est dès lors important de choisir des matériaux peu nuisibles pour l'environnement. Une part importante des impacts totaux d'un bâtiment peut aussi provenir de la consommation énergétique durant la phase d'occupation.

Le WP 2b avait pour objectif :

- de développer une méthode pour calculer les impacts environnementaux d'un bâtiment
- de programmer cette méthode dans un moteur de calcul (DLL Eco)
- d'implémenter cette méthode dans un outil existant (Lesosai)
- de tester l'application de cette solution avec des études de cas.

2.3.1 Phases du cycle de vie

Les phases du cycle de vie d'un bâtiment retenues dans ce projet sont :

- Fabrication des matériaux: cette phase concerne l'extraction des matières premières, leur transport jusqu'à l'usine, ainsi que l'énergie nécessaire à leur transformation en matériaux utilisables pour la construction.
- Remplacement des matériaux: Lorsque la durée de vie d'un matériau de construction est inférieure à celle du bâtiment, il est nécessaire de remplacer ces matériaux.
- Utilisation du bâtiment : lorsque la construction du bâtiment est terminée, celui-ci peut alors être occupé. Il en résultera des impacts liés à son exploitation. Dans le cadre de ce projet, les consommateurs suivants ont été retenus :
 - o Chauffage et eau chaude sanitaire
 - o Climatisation
 - o Ventilation
 - o Eclairage
 - o Autres équipements électriques

L'énergie nécessaire pour ces différents consommateurs ainsi que le vecteur énergétique consommé sont obtenus grâce à la DLL énergie. La DLL Eco ne fait que convertir ces données en impacts environnementaux.

- Élimination des déchets : A la fin de la durée de vie des matériaux, ceux-ci seront soit recyclés, soit incinérés, soit mis en décharge.

En répertoriant tous les flux de matières et d'énergie des différentes étapes du cycle de vie du bâtiment, il est alors possible de quantifier son impact environnemental global.

2.3.2 Limites du système bâtiment

Afin de ne pas alourdir l'entrée des données par l'utilisateur, une étude de cas a permis de mettre en évidence les éléments d'un bâtiment qui ont un impact significatif en regard de l'impact global du bâtiment. La liste des éléments retenus pour l'établissement de l'écobilan d'un bâtiment sont listés ci-après ; ils sont extraits du code de frais par éléments (CFE) :

- D0 Excavations
- D2 Fondations, dalles de fond
- E0 Dalles, escaliers, balcons
- E1 Toitures
- E2 Piliers
- E3 Parois extérieures des sous-sols
- E4 Parois extérieures des rez-de-chaussée et étages supérieurs
- E5 Fenêtres, portes extérieures

- E6 Parois intérieures (gros œuvre)
- M1 Cloisons, portes intérieures
- M3 Revêtements de sols
- M4 Revêtements de parois
- M5 Plafonds

Derzeit werden die Haustechnikinstallationen nicht in die Ökobilanzierung einbezogen, da bisher die dafür notwendigen Grundlagendaten fehlten. Im Softwarebaustein ist aber die Möglichkeit integriert, einen fixen Prozentsatz festzusetzen, der den Anteil der Haustechnikinstallationen an der gesamten Ökobilanz beschreibt. Dieser Wert liegt im Moment bei 0% und kann bei Vorliegen von zuverlässigen Daten einfach angepasst werden.

2.3.3 Les différents indicateurs d'impacts utilisés

Il existe de nombreux indicateurs d'impacts environnementaux qui correspondent chacun à une ou plusieurs catégorie(s) spécifique(s) de dommages. Ces indicateurs permettent de quantifier l'ampleur des dommages considérés. Dans MINERGIE-ECO, les indicateurs suivants ont été retenus pour évaluer la vertu écologique d'un bâtiment :

- **GWP** : Global Warming Potential. Cet indicateur donne la quantité des émissions de gaz (CO₂, CH₄, N₂O, H₃...) contribuant au réchauffement global de la planète. Le GWP n'est pas mesuré dans une unité absolue. Afin de l'évaluer, les émissions de CO₂ servent de référence. On additionne tous les gaz ayant un impact sur l'effet de serre en fonction de leur potentiel respectif. Le GWP s'exprime donc en quantité de CO₂ noté [kg CO₂-eq].
- **TPE** : Total Primary Energy. L'énergie grise représente l'énergie primaire totale (énergétique fossile, nucléaire et hydraulique pour un matériau ou un vecteur énergétique. Cet indicateur s'exprime en [MJ].
- **UBP** : Umweltbelastungspunkte. Les UBP aussi appelés « Ecopoints » permettent de quantifier avec un unique indicateur les charges environnementales en incluant différents indicateurs de base comme l'effet de serre et l'énergie grise.

Pour les matériaux de construction, les indicateurs sont calculés pour la phase de fabrication, de remplacement et d'élimination et une valeur est donnée pour chacun des trois indicateurs (GWP, TPE, UBP).

Pour les vecteurs énergétiques, les trois indicateurs (GWP, TPE et UBP) sont donnés par unité d'énergie consommée.

2.3.4 Données d'écobilan

Les données d'écobilan utilisées dans MINERGIE-ECO proviennent de la coordination des services fédéraux de la construction et de l'immobilier de Suisse (KBOB).

Environ 130 matériaux de construction sont répertoriés dans une liste qui indique, pour chaque matériau, les impacts environnementaux engendrés lors de leur fabrication et de leur élimination.

Cette liste répertorie également plus d'une dizaine de systèmes de chauffage différents, ainsi que 5 types de courants électriques différents par leur mode de production. Ces valeurs sont valables pour la production d'énergie thermique et électrique Suisse.

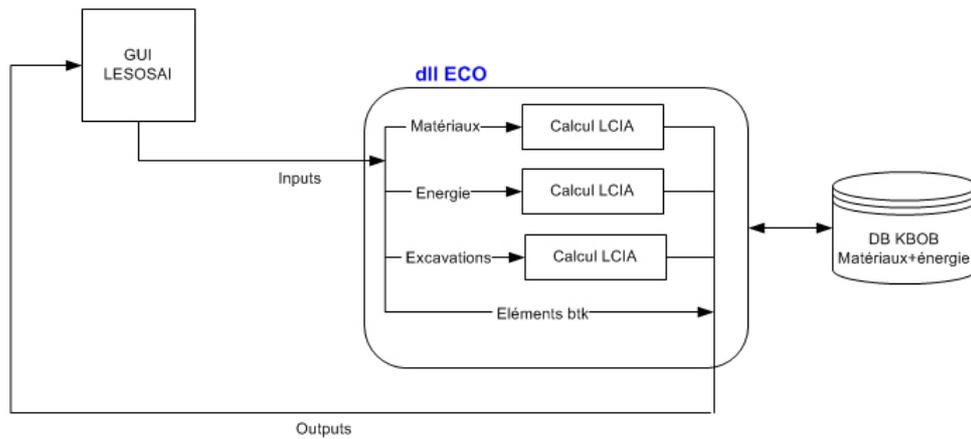
La version finale de la liste KBOB 2008 ne nous ayant pas été fournie, nous n'avons pas eu d'autre choix que d'utiliser la version 2007. La version „beta“ 0.9 de la liste KBOB 2008 qui nous a été envoyée comportait en effet trop d'erreurs et de données manquantes pour être utilisée.

2.3.5 Structure de la DLL Eco

Le moteur de calcul des impacts environnementaux se trouve dans une librairie appelé DLL Eco. Comme le montre la Figur 10, la DLL Eco fonctionne de la manière suivante:

1. Elle reçoit en entrée les données concernant le bâtiment (matériaux, énergie et excavations) de l'interface graphique (GUI).

2. Elle effectue les calculs d'impacts pour l'écobilan du bâtiment en extrayant les valeurs d'impacts de la base de données du KBOB.
3. Elle retourne les résultats ainsi calculés à l'interface graphique (GUI).



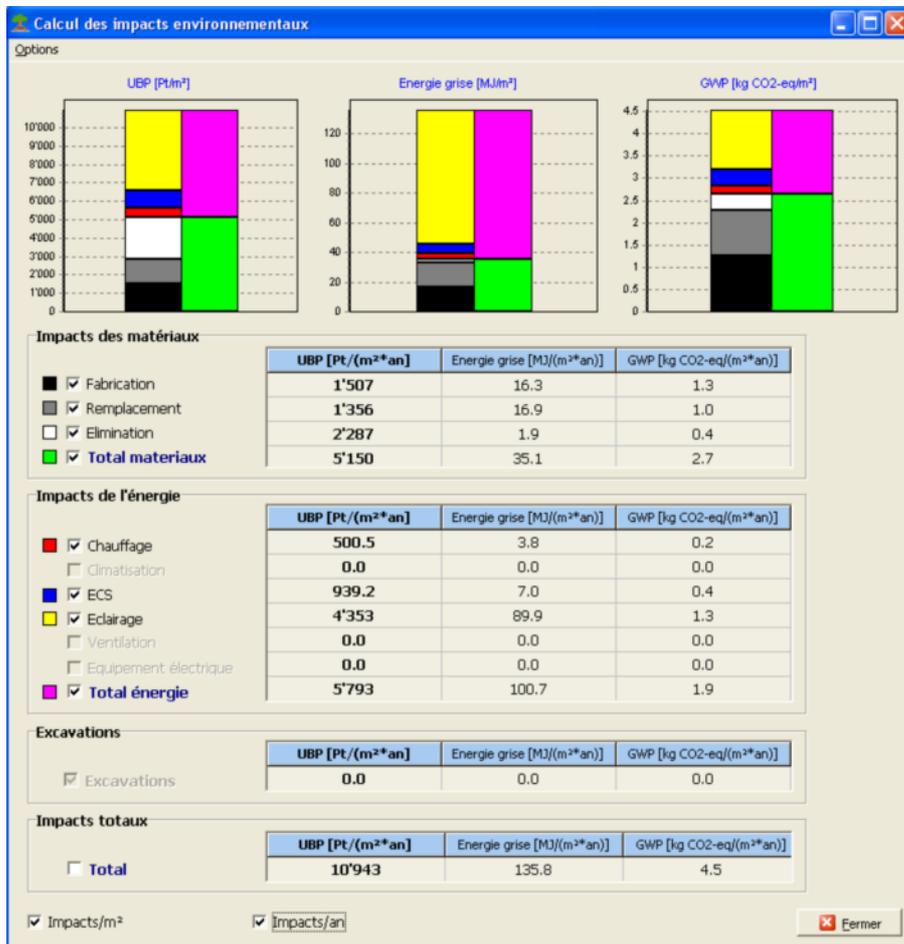
Figur 10 : Structure de la DLL Eco

Le format des données d'entrées (inputs) et des résultats (outputs) est détaillé dans l'annexe A.5 de ce document.

Les détails de la DLL Eco sont listés en annexe A.5.

2.3.6 Affichage des résultats

La DLL Eco gère également l'affichage des résultats du calcul de l'écobilan. Il est possible de visualiser ces résultats sous la forme de graphiques ou de tableaux de valeurs, comme l'illustre la Figur 11.



Figur 11 : Exemple d'une affichage de la contribution globale de l'ensemble des matériaux et de l'énergie consommée par le bâtiment durant son cycle de vie

L'interface des résultats permet d'afficher de différentes manières les résultats de l'écobilan du bâtiment, afin d'avoir une vision aussi précise que possible de la contribution de chaque phase du cycle de vie et de chaque consommateur d'énergie.

2.3.7 Fragenkatalog

Der Fragenkatalog im Bereich Baustoffe/Bauweise umfasst die Themen Materialwahl/Verarbeitung und Gebäudekonzept. Die darin enthaltenen Fragen sind in Anhang A.2 aufgelistet.

2.4. WOHLBEFINDEN/GESUNDHEIT

2.4.1 Bestehende Ansätze und Grundlagen

In Projekten aus mehreren Ländern wurde auf dem Gebiet des Wohlbefindens und der Gesundheit für Gebäudebewohner bereits intensiv Forschung betrieben. Diese Grundlagen sind wichtig für die Entwicklung des Systemnachweises, da sie teilweise in eine ähnliche Richtung gehen.

Für die Bereiche Lärm, Licht und Raumlufte existiert der Fragenkatalog des Gebäudelabels MINERGIE-ECO. In der derzeitigen Form werden in der Regel durch mit „Ja“ oder „Nein“ zu beantwortenden Fragen die Baustoffwahl, der Lärmschutz, die Tageslichtqualität und die durch Strahlung verursachte Belastung bewertet. Der Fragenkatalog basiert unter anderem auf den Merkblättern „Ökologisch Bauen“ des Vereins eco-bau [21], der SIA-Empfehlung 112/1 Nachhaltiges Bauen – Hochbau [14], den SIA-Normen 380/4 [2] und 181 [11] und der SWKI-Richtlinie VA 104-01 „Hygieneanforderungen an raumluftechnische Anlagen und Geräte“ [22].

Im Bereich der Innenraumluftequalität gibt es noch keine Schweizer Methode, welche eine quantitative Bewertung erlaubt. Allerdings gibt es ähnliche Arbeiten bereits in anderen Ländern. Für den Systemnachweis ist in erster Linie der Ansatz des deutschen Ausschusses zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB, [23]) interessant, da er eine Verbindung zwischen Schadstoffemissionen aus Baustoffen und den Immissionen im Raum erlaubt.

An der EMPA wurden im Rahmen der Veröffentlichung „Schadstoffemissionsverhalten von Baustoffen“ [24] 80 Materialien unter anderem auf VOC- und Formaldehyd-Emissionen (VOC: Volatile Organic Compounds) untersucht. Auch am Institut für Toxikologie und Umwelthygiene der Technischen Universität München wurden ähnliche Messungen durchgeführt [25]. Beide Quellen sind Grundlagen für die Bewertung der Innenraumluftequalität im Systemnachweis.

Die Danish Society of Indoor Climate und die Building Information Foundation RTS, Finnland, haben mit dem Indoor Climate Label [26] bzw. dem M-Label [27] bereits Bewertungsmethoden entwickelt, die jeweils das Emissionsverhalten von Baustoffen beurteilen. In beiden Fällen werden Emissionsmessungen von Schadstoffen wie VOC an Baustoffproben durchgeführt. Daraus können theoretische Belastungen der Luft in einem Standardraum abgeleitet werden. Beide Verfahren dienen für den Systemnachweis als Grundlagen für die quantitative Bewertung der Innenraumlufte.

Am National Research Council Canada wurde die Software IA-Quest [28] entwickelt, die eine Berechnung des zeitlichen Verlaufs von Schadstoffkonzentrationen in Innenräumen erlaubt. Teile der darin verwendeten Daten können im vorliegenden Projekt verwendet werden.

Weitere Informationen wurden aus dem Projekt HOPE [29] gewonnen, das die Raumlufte und das Wohlbefinden der Nutzer von über 150 europäischen Gebäuden untersuchte.

2.4.2 Gewählter Lösungsweg

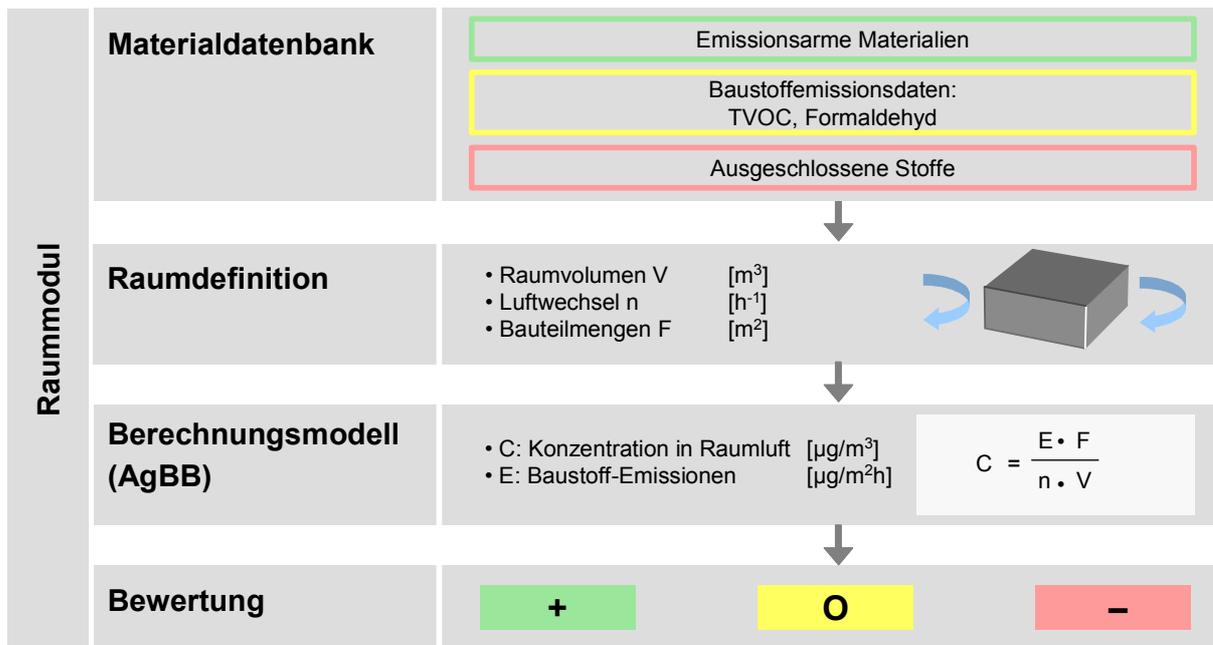
Der Kriterienkatalog (siehe Anhang A.1) ordnet dem Bereich Wohlbefinden/Gesundheit die Themen Raumluftequalität, Strahlung, Lärm und Licht zu. Sie werden auf unterschiedliche Weise bewertet, damit der Bereich – ähnlich wie beim Thema Baustoffe/Bauweise – in seiner ganzen Komplexität abgebildet werden kann. Damit wird gewährleistet, dass die Methode benutzerfreundlich, richtungssicher und zuverlässig ist.

Die Innenraumluftequalität ist quantitativ erfassbar. Dafür wurde ein Raummodul entwickelt, welches die Vorteile der Software nutzt, nämlich die automatische, benutzerfreundliche Berechnung mittels hinterlegten Datenbanken. Alle Aspekte, die mit dem Raummodul nicht bewertet werden können, sind in einen Fragenkatalog integriert und werden qualitativ beurteilt.

Die Entwicklung des Raummoduls wurde durch eine externe Begleitgruppe unterstützt, die unter anderem an drei Workshops (siehe Anhang A.3) die Methodik diskutierte und mit erarbeitete.

2.4.3 Raummodul

Das Raummodul besteht aus einer raumweisen Berechnung der Formaldehyd- und TVOC-Konzentrationen (TVOC: Total Volatile Organic Compounds). Basis dafür stellt eine Materialdatenbank dar, welche die Emissionsdaten von verschiedenen Bauprodukten enthält. Mittels Verknüpfung der Raumboberflächen mit den Datenbankeinträgen sowie einer einfachen Erfassung der Raumdaten kann eine Bewertung der voraussichtlichen Raumluftequalität erfolgen. Figur 12 zeigt den schematischen Aufbau des Raummoduls:



Figur 12: Schematischer Aufbau des Raummoduls

Das Raummodul besteht aus den Komponenten Materialdatenbank, Raumdefinition, Berechnungsmodell und Bewertung über das gesamte Gebäude.

Berechnungsmethodik des Raummoduls

Wesentliches Element des Raummoduls ist die Berechnung der Raumluftkonzentrationen von TVOC und Formaldehyd. Die zugrunde liegende Formel für TVOC ist Figur 13 zu entnehmen; diejenige für Formaldehyd wird analog gebildet.

$$C_{\text{TVOC, Raum 1}} = \frac{\sum_{\text{Bauteil 1...m}} (E_{\text{TVOC, m}} \cdot F_m)}{n \cdot V} \quad \text{wobei} \quad E_{\text{TVOC, m}} = \sum_{\text{Schicht 1...k}} E_{\text{TVOC, k}}$$

$C_{\text{TVOC, Raum 1}}$	[µg/m ³]	Raumluftkonzentration von TVOC in Raum 1
m	[-]	Bauteil-Nr.
F_m	[m ²]	emittierende Bauteilfläche
n	[h ⁻¹]	Luftwechselrate
V	[m ³]	Raumvolumen
k	[-]	Schicht-Nr.
$E_{\text{TVOC, k}}$	[µg/m ² h]	flächenspezifische Emissionsrate von TVOC

Figur 13: Formel zur Berechnung der Raumluftkonzentration für TVOC

Grundlage dieser Formel ist das zuvor erwähnte Bewertungsschema des AgBB. Dadurch kann die Konzentration von TVOC und Formaldehyd je Raum berechnet werden.

Die Summierung über alle Bauteilschichten basiert auf der Annahme, dass nicht nur die oberste Schicht relevante Emissionen aufweist. Speziell Grundierungen und Klebstoffe können auch durch andere Schichten hindurch Schadstoffe in den Raum emittieren. Weil es keine wissenschaftlichen Grundlagen für Abminderungsfaktoren dazwischen liegender Schichten gibt und die Methodik des AgBB ursprünglich nicht für Verbundsysteme ausgelegt ist, wird hier im Sinne eines Worst-Case-Szenarios jede Schicht bis zu einer gewissen Tiefe gleich bewertet. Berücksichtigt werden entweder die raumseitigen 10 cm oder die halbe Bauteildicke, je nachdem welcher Wert geringer ist.

Eines der Ziele des Raummoduls ist es, möglichst viele Daten automatisiert dem Benutzer bereit zu stellen. Deshalb werden die flächenspezifischen Emissionsraten, die für die Berechnung der Raumluftkonzentration benötigt werden, aus der Materialdatenbank entnommen.

Materialdatenbank

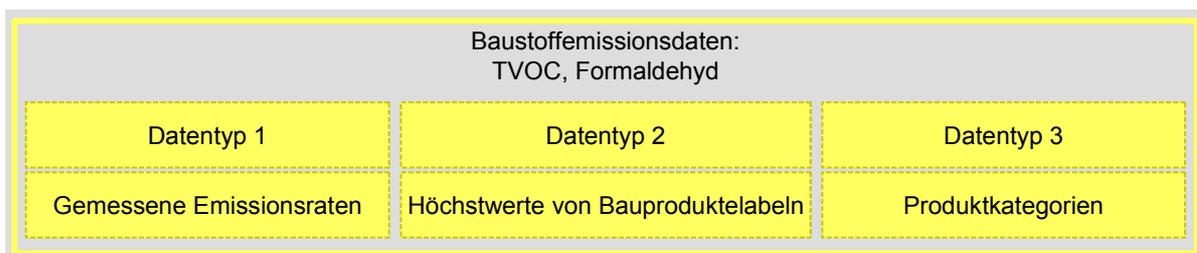
Die Materialdatenbank wurde aus drei verschiedenen Materialtypen zusammengestellt (siehe Figur 12): Sie umfasst ausgeschlossene (keine Emissionsdaten, führt ohne Berechnung zu einer negativen Bewertung der Raumluftqualität), emissionsfreie bzw. -arme (keine Emissionsdaten bzw. Berechnung, haben auch in grosser Menge keinen spürbaren Einfluss auf die Raumluftqualität) sowie normal emittierende Materialien (Berechnung anhand der Baustoffemissionsdaten).

Die ausgeschlossenen Materialien umfassen in erster Linie Stoffe, deren Verwendung in Neubauten bereits verboten ist. Sie werden deshalb nicht explizit im Systemnachweis aufgeführt. Die Grundlagen zu den Ausschlusskriterien wurden vom bestehenden Gebäudelabel MINERGIE-ECO übernommen. Derzeit enthält der Fragenkatalog im Bereich Wohlbefinden/Gesundheit ein Ausschlusskriterium, das den vorbeugenden Einsatz von Holzschutzmitteln und von biozid ausgerüsteten Anstrichstoffen in Innenräumen verbietet. Die Liste der ausgeschlossenen Stoffe kann jedoch jederzeit erweitert werden. Insbesondere wenn durch das Technische Komitee TC 351 „Bewertung der Freisetzung gefährlicher Stoffe aus Bauprodukten“ innerhalb des CEN-Mandats M/366 [30] neue Erkenntnisse erarbeitet werden, können die Ergebnisse in den Systemnachweis aufgenommen werden.

Daneben sind emissionsfreie bzw. -arme Materialien definiert, die aufgrund ihrer Unbedenklichkeit bezüglich TVOC und Formaldehyd uneingeschränkt verbaut werden dürfen. Dafür wird auf die Ergebnisse des TC 351 zurückgegriffen; die dort aufgeführten Materialien umfassen Beton, Mauer- und Natursteine, keramische Fliesen, Glas und Metall.

Baustoffemissionsdaten

Die Baustoffemissionsdaten enthalten Materialien – insbesondere Oberflächenbeschichtungen –, für die flächenspezifische Emissionsraten für TVOC und Formaldehyd vorhanden sind. Ziel war es, von einem Grossteil der relevanten Bauprodukte unter Standardbedingungen gemessene Emissionsdaten in die Datenbank aufzunehmen. Momentan liegen nur für wenige Materialien Messungen vor. Die von Herstellern bzw. von Vergabestellen für Bauproduktlabel vorgenommenen Messungen werden in der Regel nicht publiziert und wurden auch auf diverse Anfragen hin nicht zur Verfügung gestellt. Deshalb wurden im Rahmen des Systemnachweises MINERGIE-ECO weitere Arten von Emissionsdaten in die Raummodulbewertung integriert. Die Baustoffemissionsdaten bestehen darum aus drei Datentypen, die in Figur 14 dargestellt sind.



Figur 14: Übersicht über die drei Datentypen innerhalb der Baustoffemissionsdaten (Materialdatenbank des Raummoduls)

1. Gemessene Emissionsraten:

Zum jetzigen Zeitpunkt stehen drei Datenquellen zur Verfügung: Messungen der EMPA [24], der kanadischen Software IA-QUEST [28] und des Instituts für Toxikologie und Umwelthygiene der Technischen Universität München [25]. In der Materialdatenbank wurden daraus 196 Datensätze verwendet.

Wenn Daten aus unterschiedlichen Quellen herangezogen wurden, war es unumgänglich, deren Vergleichbarkeit sicherzustellen. Die Emissionsmessungen wurden teilweise zu unterschiedlichen Zeitpunkten nach Einbau der Probe in der Prüfkammer vorgenommen. Deshalb wurden alle Datensätze auf einen theoretischen Emissionswert nach 30 Tagen umgerechnet. Dafür wurde eine lineare Interpolation vorgenommen, die davon ausgeht, dass der 30-Tage-Wert einem Drittel des 3-Tage-Wertes entspricht. Somit können für alle Datensätze Emissionswerte zum selben Zeitpunkt angegeben werden. Die Schätzung einer linearen Abklingkurve liegt auf der konservativen Seite, da in vielen Fällen in der Realität eine exponentielle Abnahme festgestellt werden kann. Der 30-Tage-Wert wurde festgelegt, weil er in vielen Fällen als Beschreibung der als konstant betrachteten Langzeitemissionen verwendet wird, so z.B. vom AgBB.

In einem nächsten Schritt wurden die Emissionsdaten gruppiert. Dafür wurden die Emissionswerte gleichartiger Materialien miteinander verglichen, wobei jeweils der höchste Wert als Emissionswert für die gesamte Gruppe gewählt wurde. Da es keine wissenschaftlich begründete Methodik zur Bildung von Durchschnittswerten der vorliegenden Emissionsmessungen gibt, wird somit sichergestellt, dass die Emissionen im Raummodul nicht unterschätzt werden. Gleichzeitig besteht der Anreiz für Baustoffhersteller, selbst gemessene Werte für die Datenbank zur Verfügung zu stellen. Es ist möglich, eine Fehlerabschätzung für jede Gruppe anzugeben. Damit kann der Softwarebenutzer die Datenqualität und -genauigkeit selbst einordnen. Allerdings ist das in erster Linie sinnvoll, wenn die Datenbank wesentlich mehr Datensätze umfasst. Da sich im Moment die Gruppierungen in den meisten Fällen aus wenigen Materialien zusammensetzen, wird derzeit noch auf eine Fehlerrechnung verzichtet.

2. Höchstwerte von Bauproduktlabels:

Die Vergabestellen von Bauproduktlabels definieren in der Regel ihre Labelkriterien unter anderem anhand von Grenzwerten für Schadstoffe. Die entsprechenden Werte für TVOC und Formaldehyd werden im Raummodul herangezogen; gelabelte Produkte werden in der Emissionsdatenbank mit diesen Werten hinterlegt. Eine genauere Einstufung ist leider nicht möglich, da die konkreten Messwerte von Materialien nicht zur Verfügung stehen.

Im Rahmen des vorliegenden Projekts wurden elf Label untersucht. Sechs davon konnten in die Datenbank aufgenommen werden: natureplus [31], EMICODE [32], der Blaue Engel [33], das Österreichische Umweltzeichen [34], das GUT-Signet [35] sowie das finnische M-Label [27]. Ca. 5'000 mit diesen Labeln ausgezeichnete Produkte sind derzeit auf dem Markt verfügbar.

3. Produktkategorien:

Um für eine Vielzahl an Produktgruppen Emissionsdaten zu erhalten, können Informationen aus Sicherheitsdatenblättern und anhand der GISCODE-Einstufungen [36] gewonnen werden. Die Aussagekraft ist allerdings beschränkt; sie lässt eher Bewertungen auf Ebene ganzer Produktkategorien als für einzelne Bauprodukte zu.

Seit Mitte 2007 ist in der EU die REACH-Verordnung [37] zum Chemikalienrecht in Kraft. Dort ist geregelt, dass Chemikalienhersteller schrittweise ihre Produkte bei einer Zentralstelle registrieren lassen müssen. Dadurch werden wesentlich detailliertere Angaben zu Produktzusammensetzungen zugänglich. Es wird erwartet, dass damit in den nächsten Jahren auch für Bauprodukte eine grosse Anzahl an Zusatzinformationen z.B. bezüglich ihres Lösemittelgehalts zur Verfügung stehen wird.

Ziel ist es, möglichst viele Materialien mit den Datentypen 1 (gemessene Emissionsraten) und 2 (Höchstwerte von Bauproduktlabels) darstellen zu können. Deshalb wird langfristig eine Kooperation mit der Baustoffindustrie angestrebt, die entsprechende Messungen zur Verfügung stellt.

Kalibrierung des Raummoduls

Da das Raummodul Aussagen über die voraussichtliche Innenraumluftqualität machen soll, ist es wichtig, dessen Ergebnisse mit Raumluftmessungen zu vergleichen. Deshalb wurden zehn Räume von drei Schulbauten, in denen Messungen zu TVOC und Formaldehyd vorliegen, mit dem Raummodul ausgewertet und die Ergebnisse einander gegenübergestellt (Tabelle 2).

Gebäude	Raum	Raumluftmessung TVOC [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Raummodulberechnung TVOC [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Gebäude 1	Raum 1	1'260	814
	Raum 2	2'190	615
	Raum 3	1'560	615
	Raum 4	1'260	523
Gebäude 2	Raum 1	633	666
	Raum 2	932	675
	Raum 3	880	675
Gebäude 3	Raum 1	521	1'054
	Raum 2	695	1'054
	Raum 3	687	1'759

Tabelle 2 : Vergleich von Raumluftmessungen und Raummodulberechnungen

Es zeigte sich, dass innerhalb der untersuchten Gebäude bei der Auswertung der TVOC-Ergebnisse eine vergleichbare Tendenz für das Verhältnis von Raummodulsimulation zu Messung vorliegt, nicht jedoch zwischen den Gebäuden. Bei der Untersuchung der Formaldehydbelastung zeigen die Berechnungen durchwegs höhere Werte als die Messungen.

Die Gebäude unterscheiden sich hauptsächlich im Oberflächen-/Volumenverhältnis der zugehörigen Räume. Die eingesetzten Bauprodukte sind in den verschiedenen Räumen nicht identisch, jedoch vergleichbar. Generell wurden lösemittel- und formaldehydarme Produkte gewählt. Die festgestellten Abweichungen zwischen Raumluftmessungen und Raummodulsimulationen lassen sich denn auch dadurch begründen: Mit der aktuellen Materialdatenbank können diese feinen Unterschiede aufgrund der eher schmalen Datenbasis noch nicht im Detail abgebildet werden. Deshalb müssen in einem Nachfolgeprojekt einerseits weitere Vergleiche mit heterogener materialisierten Räumen durchgeführt werden, andererseits ist künftig die Zuverlässigkeit des Raummoduls durch eine Verbreiterung der Datenbasis (beispielsweise mittels einer Zusammenarbeit mit Bauprodukteherstellern) zu erweitern.

Bewertung des Raummoduls

Die Methodik lässt nur qualitative Aussagen zur Raumluftbeschaffenheit zu. Deshalb wird zur Bewertung ein Ampelsystem verwendet, wie es in Figur 12 skizziert ist. Eine genauere Einteilung ist nicht notwendig, da in erster Linie angestrebt ist, die Luftbelastung vorsorglich auf einem niedrigen Niveau zu halten. Für die exakte Angabe der auftretenden Konzentrationen müssten zudem Adsorptionseffekte und Reaktionen zwischen emittierten Stoffen beachtet werden, wofür keine ausreichenden Daten vorhanden sind. Beurteilungswerte für den Systemnachweis können aus den obigen Vergleichen nur bedingt abgeleitet werden. Basis bilden deshalb die Grenzwerte des bestehenden Gebäudelabels MINERGIE-ECO, die für TVOC bei $1'000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und für Formaldehyd bei $62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ festgesetzt sind. Anhand der Analyse der Fallbeispiele wird die Plausibilität dieser Werte validiert (siehe Kapitel 3.1.2).

Es sei betont, dass die Qualität der Raumluft und die gesundheitlichen Bedingungen in Innenräumen wesentlich vom Verhalten der Nutzer abhängen. So haben beispielsweise die Wahl der Möbel oder das Lüftungsverhalten einen grossen Einfluss. Der Systemnachweis ist nicht in der Lage, diesen Nutzereinfluss abzubilden, weil das Label alleine für das Gebäude vergeben wird. Es schafft allerdings gute Voraussetzungen für ein gesundes Wohn- bzw. Arbeitsumfeld.

Benutzerführung im Raummodul

Der Softwarebenutzer kann bereits während der Gebäudemodellierung für die Energie- und Ökobilanz Materialien auswählen, die mit Emissionsdaten hinterlegt sind. Dafür wurde die Emissions- mit der Ökobilanzdatenbank verknüpft. So ist sichergestellt, dass Daten nur einmal erfasst werden müssen und das Raummodul dadurch anwenderfreundlich gestaltet ist. Folgende Benutzerangaben sind für die Berechnung des Raummoduls nötig:

- Definition der typischen Räume mit Angaben zu den Raumabmessungen und zur Luftwechselrate (alle Angaben werden bereits für die Berechnung nach SIA 380/4 benötigt)
- Zuordnung von vordefinierten Bauteilen aus der Ökobilanz zu den typischen Räumen

2.4.4 Fragenkatalog

Der Fragenkatalog im Bereich Wohlbefinden/Gesundheit (siehe Anhang A.2) umfasst die Themen Lärm und Schadstoffe. Er baut auf den Vorgaben des aktuellen Gebäudelabels MINERGIE-ECO auf und wurde weitgehend beibehalten. Der Schallschutz wird dabei anhand der Norm SIA 181 – Schallschutz im Hochbau [11] und der Lärmschutz-Verordnung LSV [38] bewertet.

Die Fragen zu Schadstoffen enthalten unter anderem Vorgaben zum Schutz vor Legionellen, Radon und Feinpartikeln.

2.4.5 Tageslichtnutzung

Für die Tageslichtnutzung besteht bereits ein Instrument zur Bewertung – das SIA 380/4-Tool Beleuchtung [39]. Die Berechnungsweise wurde in die Softwarebausteine des Systemnachweises übernommen.

2.5. ANPASSUNG AUF SANIERUNGEN

Bisher gibt es in der Schweiz keine Methodik, die es erlaubt, sanierte Gebäude ökologisch zu bewerten, da MINERGIE-ECO nur für Neubauvorhaben anwendbar ist. Mit MINERGIE für Sanierungen ist dagegen bereits ein Label, das sich auf die energetischen Aspekte beschränkt, vorhanden. Ziel des Workpackage 4 „Anpassungen auf Sanierungen“ ist es, auf derselben Basis wie für Neubauten ein Label zu entwickeln, das sowohl die Aspekte der Betriebsenergie als auch diejenigen von Bauökologie und Gesundheit in die Bewertung mit einbezieht.

2.5.1 Bestehende Ansätze und Grundlagen

Als Grundlage für die Beurteilung von Sanierungen dienen grundsätzlich die für Neubauten entwickelten Methoden des Systemnachweises MINERGIE-ECO, um ein möglichst gleichwertiges, auch bei gemischten Vorhaben (Neubau/Sanierung) anwendbares Verfahren zu erzielen. Für die speziellen Bedürfnisse der Ökobilanzierung und dem darauf basierenden objektunabhängigen Vergleich von Sanierungen sind den Verfassern keine bestehenden Ansätze aus der Literatur bekannt. Wohl gibt es ein speziell auf Sanierungen angepasstes LEED-Produkt (LEED For Major Renovations), aber dieses basiert - wie auch das bestehende Verfahren von MINERGIE-ECO - auf Fragenkatalogen. Zwar ist die Ökobilanzierung auf eine einzelne Sanierungsmassnahme so anwendbar, wie sie an vielen Stellen der Fachliteratur für Gebäude im Allgemeinen beschrieben ist. Für den Systemnachweis ist es aber notwendig, die Vergleichbarkeit zwischen Sanierungen mit unterschiedlicher Eingriffstiefe herzustellen und über das Einzelobjekt hinaus gültige Beurteilungswerte definieren zu können. Dazu müssen neue Methoden entworfen werden.

Anhaltspunkte für die Entwicklung der Methodik lieferten die Grobdiagnose Bau des Impulsprogramms Bau [40], die Checkliste „Gebäudescreening“ des Amts für Hochbauten der Stadt Zürich [41], das BKP-Merkblatt 112 „Abbrüche/Rückbau/Entsorgung“ [21], der Leitfaden „Gesundheitsbewusst modernisieren“ Nordrhein-Westfalen [42], das Handbuch „Gebäude-Schadstoffe“ [43] sowie das SIA-Merkblatt 2032 „Graue Energie“ [6].

2.5.2 Gewählter Lösungsweg

Um eine möglichst breite Abstützung der Methodik zu gewährleisten, wurden in der Entwicklungsphase zwei Workshops mit einer externen Begleitgruppe, die sich unter anderem aus Vertretern des Aus- und Recyclingverbandes Schweiz und des ecoinvent Centre zusammensetzte, durchgeführt (siehe Anhang A.3).

Im Folgenden wird die ausgearbeitete Methodik detailliert dargestellt.

2.5.3 Gebäudecheck

Bei Gebäuden, für die eine Sanierung geplant ist, ist es entscheidend, eine Untersuchung auf vorhandene Altlasten und Schadstoffe durchzuführen. Sowohl von der bestehenden Bausubstanz als auch von Rückständen aus der vorherigen Gebäudenutzung können Gefahren für die menschliche Gesundheit und die Umwelt ausgehen.

Deshalb ist es im Systemnachweis obligatorisch, einen Gebäudecheck bei Sanierungen durchzuführen. Der Antragsteller für das Label ist dafür verantwortlich, diese Untersuchung vorzunehmen und ausreichend zu dokumentieren. Der optimale Zeitpunkt dafür ist die Projektierungsphase, da so die Sanierungsmassnahmen noch problemlos auf die Ergebnisse des Gebäudechecks abgestimmt werden können. Treten während der Umbauarbeiten weitere Problemstoffe auf, müssen die neuen Befunde und die entsprechend angepassten Massnahmen im Rahmen des definitiven Labelantrags der Zertifizierungsstelle mitgeteilt werden.

Der detaillierte Aufbau des Gebäudechecks kann Anhang A.6 entnommen werden. Folgende Vorgehensweise wird dabei gewählt:

- In einem ersten Schritt wird anhand des Baujahres des Gebäudes abgeschätzt, wie hoch die Auftretenswahrscheinlichkeit für die Schadstoffe Asbest, polychlorierte Biphenyle (PCB), polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) sowie Holzschutzmittel wie PCP und Lindan ist. Hierfür müssen auch zurückliegende Sanierungen oder Gebäudeerweiterungen betrachtet werden.
- Daneben werden die Gefahr erhöhter Formaldehydemissionen und das Vorkommen künstlicher Mineralfasern in der Raumluft grob eingestuft.

- Anhand dieser Abschätzung wird in Absprache mit der Zertifizierungsstelle und unter einem allfälligen Beizug der zuständigen behördlichen Fachstellen die genaue Untersuchungsmethodik abgeleitet. Alle Schadstoffe, die im ersten Schritt als unbedenklich eingestuft wurden, werden für die weitere Überprüfung nicht näher berücksichtigt.
- Mit Hilfe einer Checkliste werden in einem weiteren Schritt alle Bauteile inspiziert und Auffälligkeiten notiert. Die Zertifizierungsstelle legt aufgrund dieser Aufzeichnungen fest, ob Massnahmen zur Eliminierung bzw. Neutralisierung vorhandener Schadstoffe eingeleitet werden müssen.

Durch dieses mehrstufige Verfahren unter Aufsicht der Zertifizierungsstelle wird eine kostengünstige und dennoch aussagekräftige Schadstoffuntersuchung gewährleistet.

Alternativ dazu kann der Antragsteller eine akkreditierte Fachperson beauftragen, eine Gebäudeuntersuchung vorzunehmen und eine Analyse auf Altlasten und Schadstoffe durchzuführen. In diesem Fall muss der zuvor beschriebene Gebäudecheck nicht ausgefüllt werden.

2.5.4 Betriebsenergie

Die Erfüllung der MINERGIE-Anforderungen für den Betriebsenergieverbrauch von Sanierungen kann ohne Anpassungen aus dem MINERGIE-Nachweis entnommen werden.

2.5.5 Ökobilanzierung

Die Vorgehensweise bei Sanierungen berücksichtigt einerseits, dass wie bei Neubauten durch Berechnungen eine hohe Aussagekraft erreicht wird. Andererseits wird auch eine unkomplizierte Bedienbarkeit und somit hohe Benutzerfreundlichkeit umgesetzt, weil nur die relevanten Bauteile in der Berechnung berücksichtigt werden. Dabei wird folgendermassen vorgegangen:

Ermittlung von Gebäudezustand und Sanierungstiefe

Mit Hilfe eines Formulars zur Zustandserfassung (siehe Anhang A.7), das angelehnt ist an die Grobdiagnose des Impulsprogramms Bau [40], wird für jedes Bauteil der Zustand anhand von definierten Vorgaben erfasst. Ziel ist es, damit die Zustandserfassung möglichst zeiteffizient und zugleich aussagekräftig realisieren zu können. Darauf basierend wird dem gesamten Gebäude mit einer Punktebewertung einer von vier vordefinierten Gebäudezuständen zugeschrieben: guter Zustand (A) – leichte Abnutzung (B) – grössere Abnutzung (C) – schlechter Zustand (D). Die Ermittlung des Gebäudezustandes sollte gleichzeitig mit der Schadstoffermittlung des Gebäudechecks, z.B. durch den Architekten, durchgeführt werden, um Synergien nutzen zu können. Parallel zu dieser Einstufung ist die erforderliche Sanierungstiefe zu bestimmen (siehe Anhang A.7); unterschieden werden die drei Niveaus: niedrige (a), mittlere (b) und hohe Sanierungstiefe (c).

Bestimmung der Beurteilungswerte für die Ökobilanzierung

Im Gegensatz zu Neubauten kann es bei Sanierungen keinen einheitlichen Beurteilungswert für die Umweltbelastung geben, da der Ressourcenverbrauch in starkem Masse vom Ausgangszustand des Gebäudes abhängt. Deshalb werden die Beurteilungswerte anhand des zuvor ermittelten Gebäudezustandes bzw. der Sanierungstiefe variabel nach dem Schema in Figur 15 festgelegt. S1 steht dabei für den niedrigsten, S6 für den höchsten Wert. Wie auch bei Neubauten muss das Ergebnis der Ökobilanz niedriger als der ermittelte Beurteilungswert liegen, um die Anforderungen des Gebäudelabels erfüllen zu können.

		Sanierungstiefe		
		a	b	c
Zustand	A	S1	S2	S3
	B	-	S3	S4
	C	-	S4	S5
	D	-	-	S6

Figur 15: Ermittlung der variablen Grenzwerte für die Ökobilanz, abhängig von Gebäudezustand und Sanierungstiefe

Bauteilerfassung

Die Bauteile werden durch einen speziell auf Sanierungen zugeschnittenen Bauteilkatalog beschrieben. Sein Aufbau ist vergleichbar mit demjenigen für Neubauten [5]. Da für Sanierungen wegen der Vielzahl eingesetzter Konstruktionen und den sehr unterschiedlichen Sanierungsmassnahmen wesentlich mehr Bauteile erfasst werden müssten als für Neubauten, wird dieser Bauteilkatalog in drei Teile gegliedert. Tabelle 3 zeigt beispielhaft die Aufteilung in innere und äussere Sanierungsmassnahmen sowie die bestehende Konstruktion:

Katalog-Element	Sanierungsmassnahmen innen	Bestand	Sanierungsmassnahmen aussen
Konstruktionsbezeichnung	Innendämmung mit Verschalung (Täfer, Gipskarton) Erneuerung Anstrich	Leichtbaukonstruktion Holz, Stahl, ...) Massive Holzkonstruktion 1-schalige Massivkonstruktion, ohne Dämmung 1-schalige Massivkonstruktion, mit Dämmung 2-schalige Massivkonstruktion, mit Dämmung	Aussendämmung, Verputz und Anstrich oder Verkleidung Aussendämmung Kompaktfassade Aussendämmung mit Unterkonstruktion, hinterlüftet und verkleidet
Beurteilungsgrösse	U-Wert UBP, Graue Energie, GWP	U-Wert	U-Wert UBP, Graue Energie, GWP

Tabelle 3: Beispiele für Bauteile und Sanierungsmassnahmen im Bauteilkatalog für Sanierungen

Dadurch wird gewährleistet, dass mit einer überschaubaren Anzahl von vordefinierten Bauteilen bzw. Sanierungsmassnahmen ein grosser Teil üblicher sanierter Bauteile dargestellt werden kann.

Genauso wie bei der Ökobilanz für Neubauten können auch hier Bauteile durch den Anwender selbst zusammengestellt werden, ohne auf den Bauteilkatalog zurückgreifen zu müssen.

Sowohl in diesem Fall, als auch beim Bauteilkatalog werden nur die neu eingebauten Materialien (Sanierungsmassnahmen innen und aussen) in der Ökobilanz berücksichtigt. Das zugrunde liegende Prinzip geht davon aus, dass die bereits bestehende bzw. rückgebaute Bausubstanz theoretisch schon bei der Ökobilanz über den ursprünglichen Neubau berücksichtigt wurde. Zukünftige Instandsetzungen und Rückbauten werden dagegen in die Bilanz der Sanierung einbezogen. So werden Überschneidungen zwischen mehreren Lebenszyklen vermieden. Um dennoch Rückbauprozesse der aktuellen Sanierung bewerten zu können, enthält der Fragenkatalog eine Frage zu einem geordneten Rückbaukonzept.

Für die Ökobilanz der Sanierung werden zwar nur die neu eingebauten Bauteilschichten berechnet, aber für die Ermittlung des U-Werts sind auch diejenigen des Gebäudebestandes relevant. Deshalb kann der Softwarebenutzer für jede Schicht definieren, ob sie bereits besteht oder nicht. Somit ist gewährleistet, dass das Gebäude für die gesamte Berechnung nur einmal modelliert werden muss.

Die Erstellung des Bauteilkatalogs für Sanierungen ist im vorliegenden Projekt nicht enthalten; einige wenige Konstruktionen wurden allerdings beispielhaft für die Erprobung der Methodik erfasst. Der Bauteilkatalog für Sanierungen wird deshalb zu einem späteren Zeitpunkt im Rahmen eines separaten Projekts ausgearbeitet.

2.5.6 Gesundheit/Wohlbefinden

Das Thema von Altlasten und Schadstoffen, die auf dem Grundstück bzw. in der bestehenden Bausubstanz enthalten sind, ist mit dem oben erläuterten Gebäudecheck abgehandelt.

Das Raummodul (s. Kapitel 2.4.3) zur Bewertung der Innenraumluftqualität kann auch für Sanierungen angewendet werden. Dabei wird so verfahren, dass alle Materialien, die während des Umbaus neu eingesetzt wurden, im Raummodul erfasst werden. Die bereits bestehende Bausubstanz wird nicht in das Raummodul integriert unter der Annahme, dass alle Schadstoffe, welche einen relevanten Einfluss auf die Raumluftqualität haben, entweder beim Gebäudecheck erfasst wurden oder sich seit der Erstellung des Gebäudes bereits verflüchtigt haben.

Die auf dem Grundstück auftretende Radonbelastung wird analog zum Nachweis für Neubauten bewertet.

Auch bei der Beurteilung der Tageslichtausnutzung wird im Wesentlichen das Verfahren für Neubauten angewandt. Jedoch nimmt tendenziell bei sanierten Gebäuden die Möglichkeit der Tageslichtnutzung gegenüber dem Ausgangszustand ab (Dämmung der Fensterleibungen, Verglasungen mit geringerer Lichttransmission, breitere Flügelrahmen etc.). Um den aus energetischer Sicht meist sinnvollen Fensterersatz nicht zu verhindern, wird im Fall von Sanierungen die Berechnung unter Optimalbedingungen durchgeführt. Das bedeutet, dass in den Angaben zum SIA 380/4-Tool Beleuchtung von einer hellen Raumreflexion und einem hohen Transmissionsgrad des Glases ausgegangen wird.

Weitere gesundheitsrelevante Themen sind in den Fragenkatalog integriert.

2.5.7 Fragenkataloge

Die Fragenkataloge für Sanierungen (siehe Anhang A.2.2) behandeln im Wesentlichen die gleichen Themen wie diejenigen für Neubauten. Folgende Unterschiede ergeben sich:

- Der Einsatz von Recyclingbeton ist nicht zwingend vorgeschrieben, wird aber positiv bewertet.
- Die Fragen zur Materialwahl beziehen sich grundsätzlich nur auf neu eingebaute Baustoffe.
- Bei Sanierungen gibt es keine Frage zur flexiblen Fassadengestaltung, da die Fassadenunterteilung meist nur sehr bedingt verändert werden kann.
- Eine Frage zu einem Rückbaukonzept für bestehende Bauteile wurde eingefügt.
- Wenn Radonmessungen im bestehenden Gebäude durchgeführt und im Bedarfsfall entsprechende Massnahmen ergriffen werden, wird eine positive Bewertung erteilt. Anders als für Neubauten sind die Angaben auf der Radonkarte des Bundesamtes für Gesundheit allein nicht mehr ausreichend.
- Eine Frage zur Gefahr von Schimmelpilzbildung aufgrund einer aus bauphysikalischer Sicht ungenügenden Gebäudehülle wurde neu aufgenommen.
- Der Bewertung der Lärmbelastung werden andere Grenzwerte als den Neubauten zugrunde gelegt. Bei Sanierungen ist es nicht zielführend, in jedem Fall die Mindestanforderungen der Norm SIA 181 zu fordern, da sonst teilweise implizit eine erhöhte Eingriffstiefe der Sanierung verlangt wird. Es ist deshalb ausreichend, den Schallschutz gegenüber dem Ausgangszustand deutlich zu verbessern, wobei die Bewertung „voll erfüllt“ eine Verbesserung um 6 dB, „mehrheitlich erfüllt“ um 4dB und „minderheitlich erfüllt“ um 2 dB erfordert.
- Ein ähnliches Vorgehen liegt den Fragen zur Nutzungsflexibilität der Tragstruktur und zur Zugänglichkeit der Haustechnikinstallationen zugrunde. Auch hier genügt eine deutliche Verbesserung gegenüber dem Ausgangszustand.

3. Fallbeispiele

In Tabelle 1 des Kapitels 1.3.6 ist eine Übersicht über die untersuchten Fallbeispiele gegeben. Anhand dieser Gebäude wurde die für den Systemnachweis ausgearbeitete Methodik überprüft. Die Auswahl wurde nach folgenden Gesichtspunkten getroffen:

- Die Gebäudekategorien Wohnen (Mehrfamilienhäuser), Schul- und Verwaltungsbauten sollten möglichst gleichmässig berücksichtigt werden
- Die Leicht-, Misch- und Massivbauweise sollten vertreten sein
- Mehrheitliche Berücksichtigung von Neubauten, aber auch von einigen Sanierungen
- Berücksichtigung sowohl von Gebäuden im MINERGIE(-P-ECO)-Standard als auch von Bauten ohne Label

3.1. NEUBAU-FALLBEISPIELE

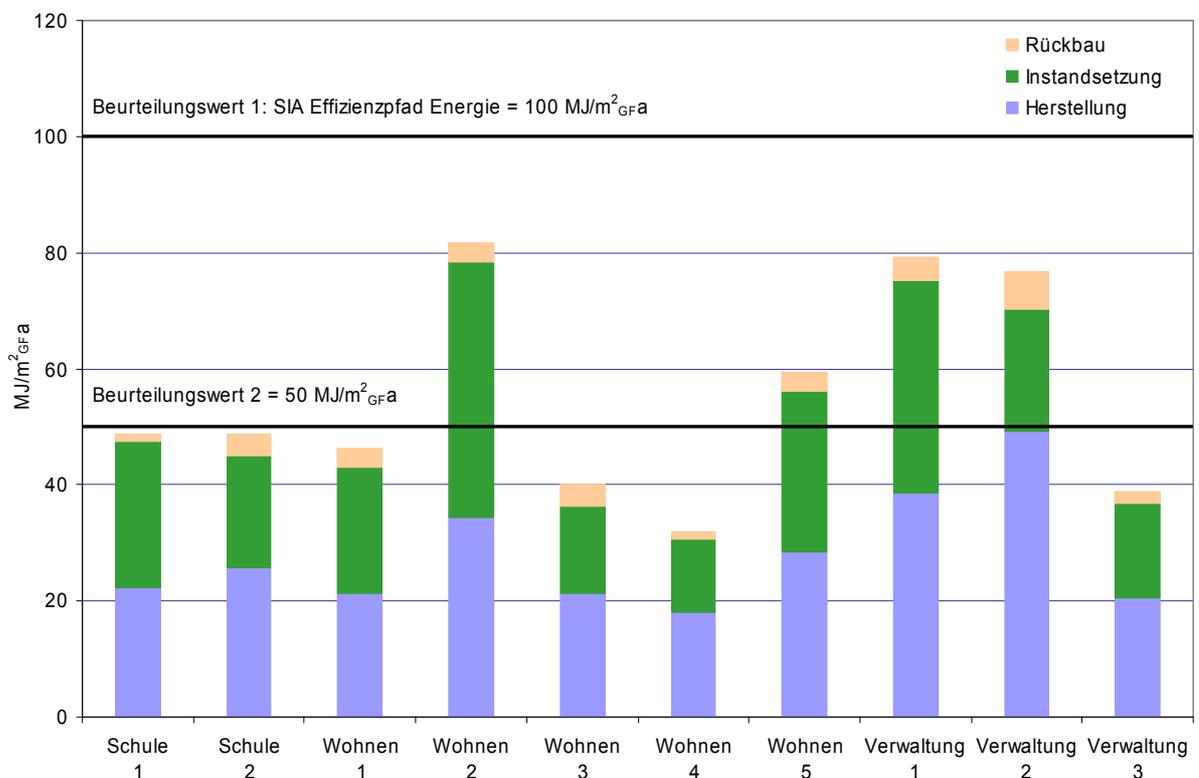
3.1.1 Baustoffe/Bauweise

Auswertung der Ökobilanzen

Für alle zehn Neubau-Fallbeispiele wurden Ökobilanzen, welche sowohl die verwendeten Baustoffe als auch die Betriebsenergie umfassen, über das komplette Gebäude berechnet.

Die Auswertung der Baustoff-Ökobilanz bezieht sich jeweils auf ein Jahr und 1 m² Geschossfläche (GF). Dadurch können die Ergebnisse unabhängig von der Gebäudelebensdauer und -grösse verglichen werden. Die Geschossfläche wird gegenüber der Energiebezugsfläche (EBF) bevorzugt, weil ansonsten Gebäude mit einem hohen Anteil an unbeheizten Zonen benachteiligt würden. Diese Vorgehensweise entspricht derjenigen des Merkblatts SIA 2032 „Graue Energie“ [6].

Figur 16 zeigt eine Zusammenstellung der Ergebnisse, ausgewertet nach dem Indikator Graue Energie:

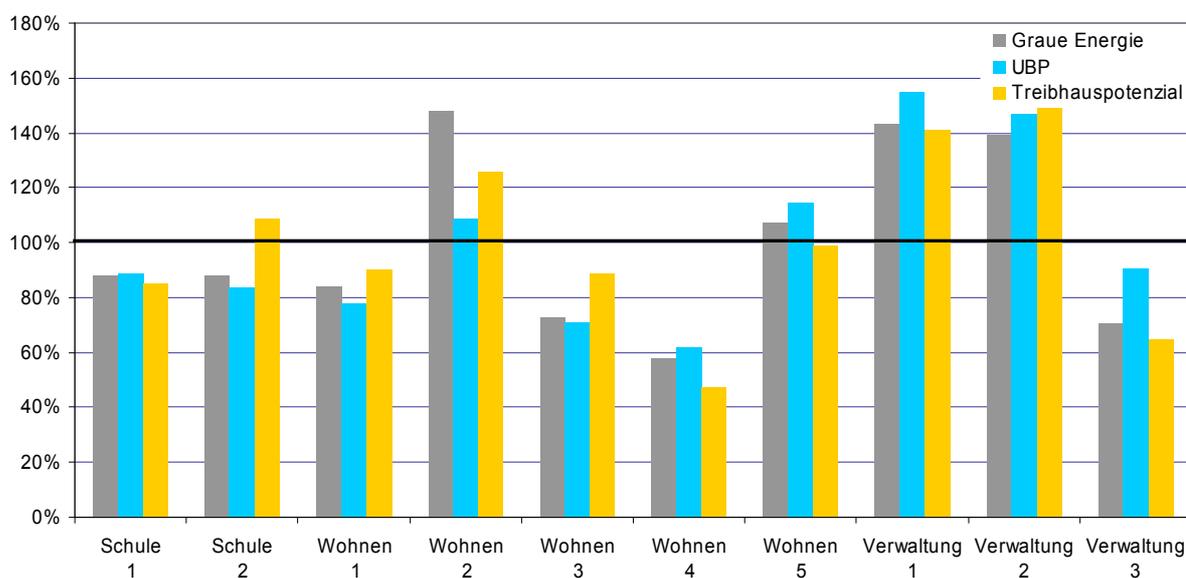


Figur 16: Auswertung der Neubau-Fallbeispiele: Ökobilanzierung mit Grauer Energie

Die Beurteilungswerte wurden für den Systemnachweis unter anderem anhand dieser Auswertungsergebnisse folgendermassen festgelegt:

- Die Anzahl Fallbeispiele erlaubt es nicht, unterschiedliche Beurteilungswerte je Gebäudekategorie festzusetzen. Deshalb gelten vorderhand in allen Fällen dieselben Werte.
- Der Beurteilungswert 1, der zwischen einer ungenügenden und ausreichenden Einstufung unterscheidet, entspricht dem Zielwert für Baumaterial des SIA Effizienzpfades Energie [44] ($100 \text{ MJ/m}^2_{\text{GFa}}$). Obwohl der Effizienzpfad strenge Anforderungen an Gebäude stellt, wird er beim Systemnachweis nicht für den restriktiveren Beurteilungswert 2 angesetzt. Weil in den vorliegenden Ökobilanzen wegen fehlenden Grundlagen Werte weder für Gebäudetechnik noch Innenausbau integriert werden konnten, weicht die Methodik einerseits von derjenigen des SIA-Merkblatts 2032 ab, andererseits kann davon ausgegangen werden, dass die Ergebnisse der Ökobilanzen im Systemnachweis generell tiefer liegen als unter Berücksichtigung der Voraussetzungen des Effizienzpfades. Alle Fallbeispiele liegen unterhalb des Beurteilungswerts 1. Dies ist realistisch, weil von den zehn Gebäuden acht als MINERGIE(-P-ECO)-Bauten ausgeführt sind und somit eine kompakte Bauweise aufweisen.
- Der Beurteilungswert 2 ist bei $50 \text{ MJ/m}^2_{\text{GFa}}$ angesetzt. Damit liegen sechs der zehn untersuchten Gebäude unter diesem Wert, wovon drei Massivbauten und drei Leichtbauten sind. Dies ist ein Indiz, dass die Kompaktheit des Gebäudes in hohem Masse zu einem geringen Verbrauch an Grauer Energie beiträgt.

In Figur 17 sind die Ökobilanzen zu Grauer Energie, Umweltbelastungspunkten (UBP) und Treibhauspotenzial (GWP) einander in relativen Zahlen gegenübergestellt. Der Durchschnittswert über alle Gebäude wurde auf 100% festgesetzt.



Figur 17: Vergleich der Ökobilanzierungen nach Grauer Energie, UBP und Treibhauspotenzial

Anhand Figur 17 ist zu erkennen, dass für die Festlegung der Grenzwerte klar definiert sein muss, welche Beurteilungsgrösse der Ökobilanz zugrunde liegt. Je nach Bewertungsmethode werden nicht dieselben Tendenzen aufgezeigt: Zwar wird in allen Fällen das Gebäude „Wohnen 4“ am besten beurteilt, es werden aber unterschiedliche Gebäude als Schlechtestes eingestuft: Bei der Grauen Energie ist es „Wohnen 2“, bei den Umweltbelastungspunkten „Verwaltung 1“ und beim Treibhauspotenzial „Verwaltung 2“. Damit eine eindeutige und widerspruchsfreie Zertifizierung nach MINERGIE-ECO vorgenommen werden kann, muss sie sich auf eine einzige der drei genannten Beurteilungsgrössen beziehen. Für die Zertifizierung wird die Bewertung nach Grauer Energie festgesetzt, weil so das SIA-Merkblatt 2032 „Graue Energie von Gebäuden“ [6] bestmöglich eingebunden werden kann. Der Softwarebenutzer kann sich jedoch die anderen Auswertungen zur Information ebenfalls anzeigen lassen.

Auswertung des Fragenkatalogs

Alle Fallbeispiele wurden neben der Ökobilanz auch bezüglich der Themen Materialwahl, Verarbeitung und Gebäudekonzept untersucht. Dazu wurde der im Anhang A.2 aufgeführte Fragenkatalog verwendet. Für das Fallbeispiel Wohnen 5 lagen keine ausreichenden Angaben vor, um den Fragenkatalog beantworten zu können. Die Ergebnisübersicht zeigt Tabelle 4. Die Auswertung geschieht in den zwei Phasen Vorstudien/Projektierung sowie Ausschreibung/Realisierung, was dem Ablauf der Zertifizierung entspricht. Näheres dazu kann Kapitel 2.1 entnommen werden.

	Phase Vorstudien/Projektierung				Phase Ausschreibung/Realisierung			
	Ausschlusskriterien	Materialwahl Verarbeitung	Gebäudekonzept	Summe	Ausschlusskriterien	Materialwahl Verarbeitung	Gebäudekonzept	Summe
Schule 1		70%	85%			38%	83%	
Schule 2		58%	57%			30%	52%	
Wohnen 1		58%	59%			34%	60%	
Wohnen 2		34%	79%			28%	80%	
Wohnen 3		50%	65%			25%	62%	
Wohnen 4		90%	94%			81%	94%	
Verw. 1		90%	67%			57%	69%	
Verw. 2		90%	89%			64%	89%	
Verw. 3		90%	58%			56%	58%	

Tabelle 4: Übersicht über die Auswertung des Fragenkatalogs Baustoffe/Bauweise für die Fallbeispiele

Die Auswertung erfolgte anhand des in Kapitel 2.1 beschriebenen Ampelsystems. Die Mindesterfüllungsgrade wurden für eine ausreichende Bewertung (gelb) zu 30% und für eine gute Bewertung (grün) zu 55% angesetzt. Sie sind niedriger gewählt als im Bereich Wohlbefinden/Gesundheit (siehe S.45), weil in diesem Fall die Themen eher als Zusatzinformationen zur Ökobilanz aufgefasst werden können, wohingegen die Themen Lärm und Strahlung, die dem Bereich Wohlbefinden/Gesundheit zugeordnet sind, ausschliesslich im Fragenkatalog behandelt werden.

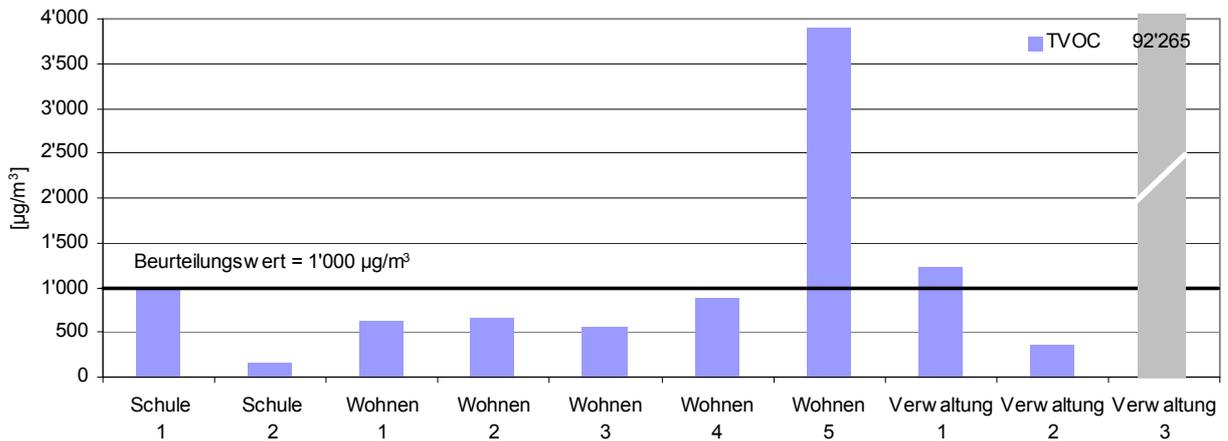
Diskussion der Ergebnisse:

- In vier Fällen werden nicht alle Ausschlusskriterien erfüllt, was jeweils am fehlenden Einsatz von Recyclingbeton liegt. Dieses Kriterium kann bei zukünftigen Gebäuden aber problemlos eingehalten werden, wie man an der Vielzahl von MINERGIE-ECO-Bauten, wo Recyclingbeton Pflicht ist, sehen kann.
- Im Bereich Materialwahl/Verarbeitung der Phase Ausschreibung/Realisierung werden die niedrigsten Erfüllungsgrade erzielt. Dies liegt vor allem an drei Fragen, die sich auf die Verwendung gelabelter Bauprodukte beziehen. In dieser Hinsicht wurden nur zwei der untersuchten Gebäude optimiert.
- Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass Gebäude, die künftig nach den Kriterien des Systemnachweises geplant werden, tendenziell bessere Ergebnisse im Fragenkatalog erreichen werden, da die Anforderungen des Gebäudelabels schon in frühen Planungsphasen berücksichtigt werden können.

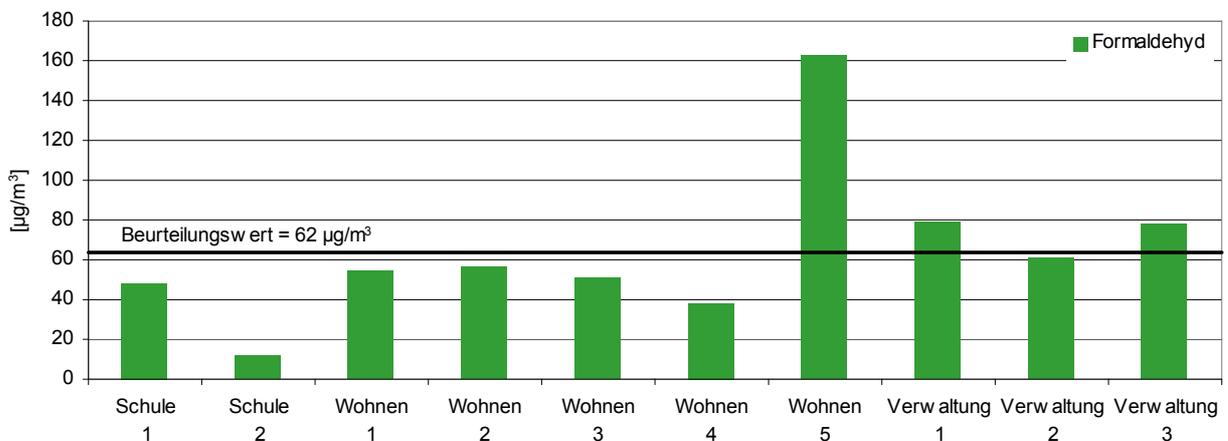
3.1.2 Wohlbefinden/Gesundheit

Auswertung des Raummoduls

Für jedes Fallbeispiel wurden typische Räume definiert und in das Raummodul eingetragen. Dafür wurden jeweils die Raumabmessungen, die Materialzusammensetzung sowie der Luftvolumenstrom erfasst. Figur 18 und Figur 19 geben eine Übersicht über die für die Beispielgebäude berechneten Ergebnisse bezüglich TVOC und Formaldehyd.



Figur 18: Auswertung der Fallbeispiele: Ergebnisdarstellung des Raummoduls für TVOC



Figur 19: Auswertung der Fallbeispiele: Ergebnisdarstellung des Raummoduls für Formaldehyd

- Figur 18 zeigt, dass bei der Berechnung des TVOC-Gehalts der Beurteilungswert von $1'000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in sieben von zehn Fällen eingehalten wird, ein Gebäude überschreitet den Wert um 23%.
- Auch bei der Auswertung des Formaldehydgehaltes (siehe Figur 19) halten sieben Gebäude den Beurteilungswert von $62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ein.
- Deutliche Ausnahmen bilden die Gebäude Wohnen 5 und Verwaltung 3: Im ersten Fall ist der hohe TVOC- und Formaldehyd-Gehalt mit einer sehr geringen Luftwechselrate erklärbar. Der extreme TVOC-Wert des Gebäudes Verwaltung 3 liegt am Einsatz einer stark lösemittelhaltigen Bodenimprägnierung. Der berechnete Wert von $92'265 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ist deutlich höher, als ein Messergebnis erwarten liesse.

- Die ausgewerteten Fallbeispiele zeigen, dass die Beurteilungswerte eine sinnvolle Grössenordnung vorgeben. Anders als beim Vergleich der Raummodulsimulationen mit Raumluftmessungen konnten die verwendeten Materialien mittels der Materialdatenbank in guter Genauigkeit nachgebildet werden. Da unter den analysierten Gebäuden vier das Label MINERGIE-ECO tragen, kann davon ausgegangen werden, dass in diesen Fällen die tatsächlichen Werte unterhalb der Beurteilungswerte liegen. Somit bildet das Raummodul die Ergebnisse richtungssicher ab.

Auswertung des Fragenkatalogs

Die Bewertung der Fragenkataloge erfolgt auf dieselbe Weise wie im Bereich Baustoffe/Bauweise. Es werden allerdings anhand der Auswertung der Fallbeispiele strengere Beurteilungswerte angesetzt: 50% (ausreichende Erfüllung) und 75% (gute Erfüllung). Die Fragen der Phasen Vorstudien/Projektierung sowie Ausschreibung/Realisierung unterscheiden sich nicht. Die Ergebnisse der untersuchten Fallbeispiele sind Tabelle 5 zu entnehmen:

	Phase Vorstudien/Projektierung und Phase Ausschreibung/Realisierung			
	Ausschluss- kriterien	Lärm	Schadstoffe	Summe
Schule 1		50% 	79% 	
Schule 2		64% 	79% 	
Wohnen 1		60% 	67% 	
Wohnen 2		55% 	75% 	
Wohnen 3		78% 	83% 	
Wohnen 4		60% 	93% 	
Verw. 1		62% 	86% 	
Verw. 2		50% 	93% 	
Verw. 3		67% 	81% 	

Tabelle 5: Übersicht über die Auswertung des Fragenkatalogs Wohlbefinden/Gesundheit für die Fallbeispiele

Folgendes lässt sich anhand der Ergebnisse aus Tabelle 5 ableiten:

- Das Ausschlusskriterium zum Einsatz von Holzschutzmitteln und Bioziden wird bei allen Fallbeispielen eingehalten (grün). Deshalb wird davon ausgegangen, dass die Anforderungen ohne weiteres erfüllt werden können.
- Die Vorgaben zum Thema Lärm führen in den meisten Fällen zu einer ausreichenden Bewertung (gelb). Für ein gutes Ergebnis (grün) müssten die erhöhten Anforderungen nach der Norm SIA 181 eingehalten sein. Dies wird als realistisch zu erreichendes Niveau betrachtet.
- Die Fragen zu im Gebäude vorhandenen Schadstoffen waren für die untersuchten Beispiele gut anwendbar. Im bestehenden Gebäudelabel MINERGIE-ECO sind sie vergleichbar formuliert. Dort zeigt die Erfahrung mit bereits zertifizierten Objekten, dass das Anforderungsniveau passend gewählt ist. Deshalb wird für den Systemnachweis darauf zurückgegriffen.

3.1.3 Untersuchung der Gesamtbewertung

		Schule 1	Schule 2	Wohnen 1	Wohnen 2	Wohnen 3	Wohnen 4	Wohnen 5	Verwaltung 1	Verwaltung 2	Verwaltung 3
	MINERGIE	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Baustoffe/ Bauweise	Fragenkatalog	●	●	●	●	●	●	k.A.	●	●	●
	Ökobilanz	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Summe Teilbereich	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Wohlbefinden/ Gesundheit	Fragenkatalog	●	●	●	●	●	●	k.A.	●	●	●
	Raummodul	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Summe Teilbereich	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Gesamt	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

k.A.: keine ausreichenden Angaben vorhanden

Tabelle 6: Übersicht über die Gesamtbewertung der Fallbeispiele

Diskussion der Ergebnisse

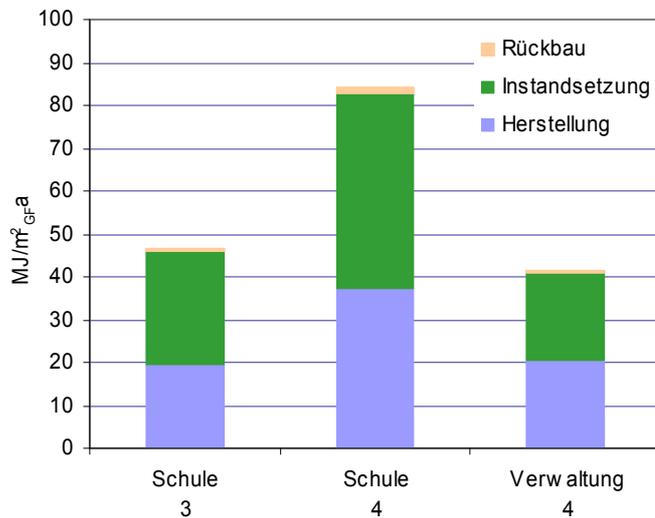
- Anhand der ausgewerteten Fallbeispiele stellt sich das Bewertungssystem relativ streng dar. In den meisten Fällen liegt die Ursache für ein negatives Gesamtergebnis in einzelnen Ausschlusskriterien oder wenigen Vorgaben des Fragenkatalogs, die nicht erfüllt werden können. Dieses Problem wäre durch eine Optimierung der Gebäudeplanung mit geringem Mehraufwand zu beheben. Vor allem für die Gebäude Schule 2 sowie Wohnen 1 und 2 trifft dies zu, da in keinem dieser Fälle Recyclingbeton eingesetzt wurde.
- Nach der Auswertung weiterer Fallbeispiele, die in einer kommenden Erprobungsphase der Softwarebausteine vorgesehen ist, kann entschieden werden, ob das Bewertungssystem angepasst werden soll. Eine Möglichkeit wäre, die Mindesterfüllungsgrade der Fragenkataloge zu senken. Ebenso könnte eine positive Gesamtbewertung schon erteilt werden, wenn nur eines der drei Hauptkriterien Betriebsenergie – Baustoffe/Bauweise – Wohlbefinden/Gesundheit eine gute (grün) sowie zwei eine ausreichende (gelb) Beurteilung erhalten.

3.2. SANIERUNGS-FALLBEISPIELE

3.2.1 Baustoffe, Bauweise

Auswertung der Ökobilanzen

Innerhalb dieses Projekts wurden drei Sanierungen untersucht. Alle Fallbeispiele weisen eine mittlere Sanierungstiefe auf. Die Ergebnisse der Ökobilanzierung, ausgewertet nach Grauer Energie, sind in Figur 20 dargestellt.



Figur 20: Auswertung der Ökobilanzierung nach Grauer Energie für die Sanierungsfälle

In die Auswertung wurden nur neu eingebaute Materialien einbezogen. Bei den Gebäuden Schule 3 und Verwaltung 4 handelt es sich um Massivbauten, die Schule 4 ist in Mischbauweise konstruiert. In allen drei Fällen wurde die Tragstruktur in wesentlichen Teilen erhalten, die Fassaden wurden grundlegend erneuert.

Auffallend ist, dass für das Schulgebäude 4 der Gehalt an Grauer Energie pro Fläche und Jahr trotz nur mittlerer Sanierungstiefe im Bereich von Neubauten liegt. Teilweise kann dies durch den Einsatz von Stahlbauteilen erklärt werden. Es ist geplant, in einer nächsten Phase weitere Fallbeispiele von Sanierungen zu analysieren. Erst danach können belastbare Grenzwerte für die Ökobilanzierung festgelegt werden.

Auswertung des Fragenkatalogs

Die Auswertung des Fragenkatalogs erfolgte analog zu den Neubauten. Tabelle 7 zeigt die Ergebnisse für Baustoffe/Bauweise. Es wurden dieselben Beurteilungswerte für den Erfüllungsgrad wie für Neubauten verwendet.

	Phase Vorstudien/Projektierung				Phase Ausschreibung/Realisierung			
	Ausschlusskriterien	Materialwahl-Verarbeitung	Gebäudekonzept	Summe	Ausschlusskriterien	Materialwahl-Verarbeitung	Gebäudekonzept	Summe
Schule 3	●	100% ●	66% ●	●	●	56% ●	66% ●	●
Schule 4	●	38% ●	67% ●	●	●	25% ●	67% ●	●
Verw. 4	●	63% ●	61% ●	●	●	44% ●	61% ●	●

Tabelle 7: Auswertung der Fragenkataloge für die Sanierungsfälle: Baustoffe/Bauweise

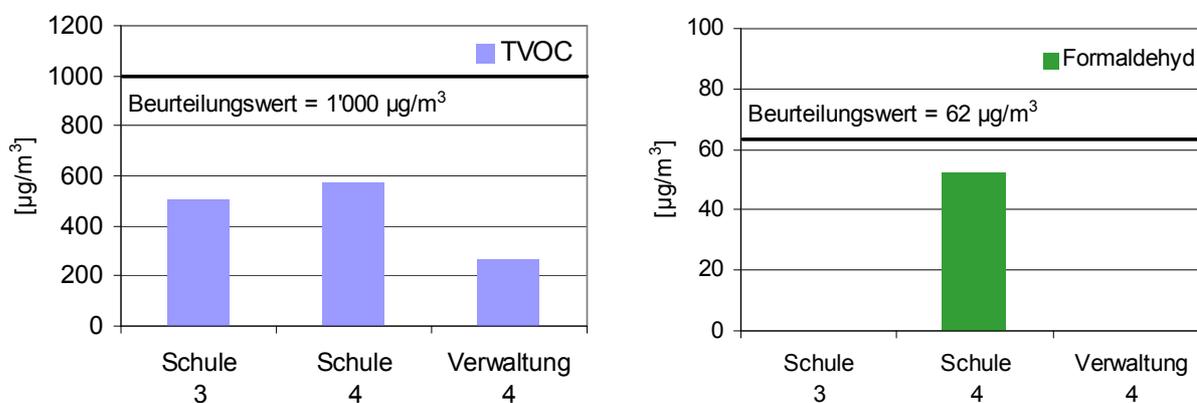
Die Auswertung der Fragenkataloge für Sanierungen zeigt in der Tendenz vergleichbare Ergebnisse wie bei den Neubauten, wobei sich einige Abweichungen ergeben:

- Die Ausschlusskriterien werden durchweg erfüllt, da das Kriterium des Recyclingbetons für Sanierungen nicht zwingend vorgeschrieben ist.
- Im Bereich Materialwahl/Verarbeitung (Phase Ausschreibung/Realisierung) sind die Erfüllungsgrade wie bei den Neubauten relativ niedrig, da sich drei Fragen auf Bauproduktlabel beziehen.
- Gebäudekonzept: In allen Gebäuden wurde ein Grossteil der Tragstruktur erhalten. Alle Gebäude erfüllen die Vorgaben zur Zugänglichkeit der Haustechnik-Installationen und zur Nutzungsflexibilität der Tragstruktur mehrheitlich, da die Verhältnisse im Verwaltungsbau wesentlich gegenüber dem Ausgangszustand verbessert wurden oder bei den Schulbauten teilweise schon vor der Sanierung gegeben waren.

3.2.2 Wohlbefinden/Gesundheit

Auswertung des Raummoduls

Die Fallbeispiele der Sanierungen wurden auf dieselbe Weise wie Neubauten im Raummodul abgebildet. Figur 21 zeigt die entsprechenden Resultate für TVOC und Formaldehyd:



Figur 21: Auswertung des Raummoduls für die Fallbeispiele der Sanierungen

Die Beurteilungswerte für TVOC und Formaldehyd werden in allen Fällen deutlich unterschritten. Dies ist realistisch, weil in den drei Gebäuden emissionsarme Materialien eingesetzt wurden. Die Werte von 0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für Formaldehyd der Gebäude Schule 3 und Verwaltung 4 lassen sich damit erklären, dass in der Datenbank in diesen Fällen keine Einträge vorhanden waren. Mit einer Erweiterung der in der Datenbank vorhandenen Datensätze kann dieser Mangel behoben werden. Es ist davon auszugehen, dass im Raummodul bei vergleichbarer Materialwahl die Ergebnisse für Sanierungen tendenziell niedriger als Neubauten ausfallen, da alle bereits vor der Sanierung bestehenden Materialien nicht mit in die Berechnung integriert werden. Die Beurteilungswerte werden für Sanierungen dennoch auf demselben Niveau wie für Neubauten angesetzt, da sie aus Sicht der Gesundheit und des Wohlbefindens der Bewohner bzw. Nutzer festgelegt sind.

Auswertung des Fragenkatalogs

Die Auswertung des Fragenkatalogs erfolgte analog zu den Neubauten. Tabelle 8 zeigt die Ergebnisse für Wohlbefinden/Gesundheit. Es wurden dieselben Beurteilungswerte für den Erfüllungsgrad wie für Neubauten verwendet.

	Phase Vorstudien/Projektierung und Phase Ausschreibung/Realisierung			
	Ausschluss- kriterien	Lärm	Schadstoffe	Summe
Schule 3		68% 	69% 	
Schule 4		70% 	63% 	
Verw. 4		83% 	69% 	

Tabelle 8: Auswertung der Fragenkataloge für die Sanierungsfallbeispiele: Wohlbefinden/Gesundheit

Die Auswertung der Fragenkataloge für Sanierungen zeigt in der Tendenz vergleichbare Ergebnisse wie bei den Neubauten, wobei sich einige Abweichungen ergeben:

- Lärm: Bei allen Bauten bestand das Ziel, durch die Sanierung den Schallschutz deutlich zu verbessern. Deshalb stellen die Vorgaben in diesen Fällen kein Problem dar. Es bleibt abzuklären, ob private Bauherren ähnlich hohe Anforderungen an den Schallschutz stellen.
- Schadstoffe: siehe Auswertung für Neubauten (S.45)

3.2.3 Schlussfolgerungen

Da bei den Sanierungen differenzierte Beurteilungswerte für die Ökobilanzierung gelten, kann die Methodik erst dann endgültig fertiggestellt werden, wenn weitere Fallbeispiele untersucht werden konnten. Die Erfahrungen mit den bisher ausgewerteten Gebäuden zeigen aber bereits, dass die Methodik gut anwendbar ist.

4. Schlussfolgerungen und Ausblick

Mit dem Systemnachweis MINERGIE-ECO wurde eine Methodik geschaffen, die eine Energie- und Ökobilanzierung sowie eine Bewertung der gesundheitsrelevanten Aspekte in einer benutzerfreundlichen Software vereint und somit eine ganzheitliche Bewertung nachhaltiger Bauten erlaubt. Der Systemnachweis baut auf anerkannten Planungsinstrumenten auf und stellt die Anwendung verschiedener Energiestandards in einer einheitlichen Software zur Verfügung. Damit sind hervorragende Grundlagen für eine breite Anwendung geschaffen.

Bevor der Systemnachweis als neue Methode für die Zertifizierung energieeffizienter und ökologischer Gebäude angewendet werden kann, sind weitere Entwicklungsschritte geplant:

- Erweiterte Erprobungsphase mit ca. 15 zusätzlichen Objekten (Schwerpunkt Sanierungen)
- Erstellung einer Nutzungsvereinbarung für die Softwarebausteine (DLL's)
- Einbettung der Softwarebausteine des Systemnachweises MINERGIE-ECO in zwei bis drei weitere Softwareprodukte (Verantwortlichkeit liegt bei den Softwareherstellern)
- Aktualisierung der Datengrundlagen für Raummodul, Bauteilkatalog und Fragenkataloge
- Erstellung der Dokumente und Hilfsmittel für die neuen Zertifizierungsabläufe und die Qualitätssicherung
- Markteinführung des Systemnachweises MINERGIE-ECO. Ablösung des bisherigen Nachweises für Neubauten von MFH/DL-Gebäuden. Einführung Nachweis für Sanierungen (Verfahren für kleine Wohnbauten nach bisheriger Methode)
- Festlegung der Übergangsbestimmungen zwischen bestehendem und neuem Verfahren.
- Aktualisierung auf SIA 2032 (definitive Fassung erscheint voraussichtlich Ende 2008) und neue Ausgabe KBOB-Liste (September 2008)

Mit diesen Punkten wird eine koordinierte Ablösung des aktuellen Standards MINERGIE-ECO durch das neue Verfahren gewährleistet.

Abkürzungsverzeichnis

AgBB	Deutscher Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten
BAG	Bundesamt für Gesundheit
BFE	Bundesamt für Energie
CEN	Comité Européen de Normalisation
CO ₂ eq	CO ₂ -Äquivalent
dB	Dezibel
DLL	Dynamic Link Library
EBF	Energiebezugsfläche
EMPA	Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungs-Anstalt
EPBD	Energy Performance Building Directive
GF	Geschossfläche
GUI	Graphical User Interface
GWP	Global Warming Potential
IPB	Interessengemeinschaft privater professioneller Bauherren
ISO	International Organization for Standardization
KBOB	Koordination der Bau- und Liegenschaftsorgane des Bundes
LCA	Life Cycle Analysis
MJ	Megajoule
PCP	Pentachlorphenol
RTS	Rakennustietosäätiö (Finnische Stiftung für Gebäudeinformation)
SIA	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
TPC	Total Primary Energy
TVOC	Total Volatile Organic Compounds
UBP	Umweltbelastungspunkte
VOC	Volatile Organic Compounds
WP	Workpackage

Referenzen

- [1] Hrsg. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein: Norm SIA 380/1 - Thermische Energie im Hochbau. Zürich, 2007
- [2] Hrsg. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein: Norm SIA 380/4 - Elektrische Energie im Hochbau. Zürich, 2006
- [3] Hrsg. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein: Merkblatt SIA 2031 Energieausweis für Gebäude, Vernehmlassung. 2007
- [4] Hrsg. Koordination der Bau- und Liegenschaftsorgane des Bundes, Verein eco-bau, Interessengemeinschaft privater professioneller Bauherren: Empfehlung Ökobilanzdaten im Baubereich. 2007
- [5] www.bauteilkatalog.ch
- [6] Hrsg. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein: Merkblatt SIA 2032 Graue Energie von Gebäuden, Vernehmlassung. 2007
- [7] Richtlinie 2002/91/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2002 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden
- [8] Hrsg. Europäisches Komitee für Normung: prEN 15217 – Energieeffizienz von Gebäuden – Verfahren zur Darstellung der Energieeffizienz und zur Energiepasserstellung von Gebäuden; 2005
- [9] Hrsg. Europäisches Komitee für Normung: prEN 15203 – Energieeffizienz von Gebäuden – Bewertung des Energieverbrauchs und Festlegung der Leistungsindikatoren; 2005
- [10] Hrsg. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein: Norm SIA 180 – Wärme- und Feuchteschutz im Hochbau. Zürich, 1999
- [11] Hrsg. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein: Norm SIA 181 - Schallschutz im Hochbau. Zürich, 2006
- [12] Hrsg. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein: Norm SIA 380/1 – Thermische Energie im Hochbau. Zürich, 2007
- [13] Hrsg. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein: Norm SIA 382/1 - Lüftungs- und Klimaanlage - Allgemeine Grundlagen und Anforderungen. Zürich, 2007
- [14] Hrsg. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein: Empfehlung SIA 112/1 – Nachhaltiges Bauen – Hochbau. Ergänzungen zum Leistungsmodell SIA 112. Zürich, 2004
- [15] Hrsg. Verein eco-bau: Kriterienkatalog Gebäudelabel eco-bau. Zürich, 2004
- [16] <http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CategoryID=19>
- [17] Hrsg. Bundesamt für Wohnungswesen (BWO): Wohnbauten planen, beurteilen und vergleichen – Wohnungs-Bewertungs-System WBS. Grenchen, 2000
- [18] Hrsg. Verein eco-bau: Albatros – Methodik zum Einbezug der Kriterien einer Nachhaltigen Entwicklung in der Strategischen Planung von öffentlichen Bauten. 2005
- [19] Hrsg. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein: Merkblatt SIA 2024 Standard-Nutzungsbedingungen für die Energie- und Gebäudetechnik. Zürich, 2006
- [20] Hrsg. Europäisches Komitee für Normung: prEN ISO 13790 – Energieeffizienz von Gebäuden - Berechnung des Energiebedarfs für Heizung und Kühlung; 2005
- [21] Hrsg. Verein eco-bau: Ökologisch Bauen – Merkblätter nach Baukostenplan BKP. Zürich, 2008
- [22] Hrsg. Schweizerischer Verein von Wärme- und Klima-Ingenieuren: Richtlinie SWKI VA104-01 Hygiene-Anforderungen an Raumluftechnische Anlagen und Geräte. Schönbühl, 2006
- [23] Hrsg. Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten: Vorgehensweise bei der gesundheitlichen Bewertung der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC und SVOC) aus Bauprodukten. 2005
- [24] Zellweger, C. Hill, M., Gehrig, R., Hofer, P.: Schadstoffemissionsverhalten von Baustoffen – Methodik und Resultate. Dübendorf, 1997
- [25] Mücke W., Brache L.-J., Huber W., Hunstein R., Ritter U.: Toxikologische Untersuchungen zu Emissionen aus Baustoffen und zur Luftqualität in Innenräumen. München, 2000
- [26] Hrsg. Danish Society of Indoor Climate: Introduction to the Principles behind the Indoor Climate Labelling. Taastrup, 2000
- [27] <http://www.rts.fi>
- [28] Hrsg. National Research Council Canada: Software IA-QUEST 1.1. 2005
- [29] Cox, C. et al.: Health Optimisation Protocol for Energy-efficient Buildings – Final Report. 2005
- [30] European Commission: Horizontal complement to the mandates to CEN/CENELEC concerning the execution of standardisation work for the development of horizontal standardised assessment methods for harmonised approaches relating to dangerous substances under the construction products directive (CPD). Brussels, 2005
- [31] <http://www.natureplus.ch>
- [32] Hrsg. Gemeinschaft Emissionskontrollierte Verlegewerkstoffe, Klebstoffe und Bauprodukte e.V. (GEV): GEV - Einstufungskriterien – Anforderungen an emissionskontrollierte Verlegewerkstoffe und Vergabe des EMICODE. Düsseldorf, 2007
- [33] <http://www.blauer-engel.de>
- [34] <http://www.umweltzeichen.at>
- [35] http://193.201.162.104/de/frames_1.htm
- [36] <http://www.gisbau.de/giscodes/Liste/INDEX.HTM>

- [37] Verordnung (EG) Nr. 440/2008 der Kommission vom 30. Mai 2008 zur Festlegung von Prüfmethode gemäß der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH)
- [38] Schweizerischer Bundesrat: Lärmschutz-Verordnung vom 15. Dezember 1986
- [39] www.energycodes.ch
- [40] Hrsg. Impulsprogramm Bau, Bundesamt für Konjunkturfragen: Grobdiagnose – Zustandserfassung und Kostenschätzung von Gebäuden. Bern, 1995
- [41] Hrsg. Stadt Zürich Amt für Hochbauten: Checkliste Gebäudescreening für Objektmanager und Hauswarte. Zürich, 2007
- [42] Hrsg. Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen: Aktionsprogramm Umwelt und Gesundheit Nordrhein-Westfalen. Leitfaden Gesundheitsbewusst modernisieren Nordrhein-Westfalen. Wohngebäude von 1950 bis 1975. Düsseldorf, 2007
- [43] Zwiener G.: Handbuch Gebäude-Schadstoffe. Köln, 1997
- [44] Hrsg. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein: Dokumentation D 0216 – SIA Effizienzpfad Energie. Zürich, 2006
- [45] Zwiener G., Mötzi H.: Ökologisches Baustoff-Lexikon. Heidelberg, 2006

A Anhang

A.1 KRITERIENKATALOG

1. Teil 1: MINERGIE

Alle nachfolgenden Kriterien sind sowohl für Neubauten als auch für Sanierungen anwendbar.

1.1 Energieeffizienz

1.1.1 Betriebsenergie

Die Betriebsenergie setzt sich aus folgenden Anteilen zusammen:

- Heizung (SIA 380/1)
- Warmwasser (SIA 380/1)
- Lüftungs-, Transmissionswärmeverluste (SIA 380/1)
- Betriebseinrichtungen (SIA 380/4)
- Beleuchtung (SIA 380/4)
- Lüftung/Klima (SIA 380/4)
- Diverse Gebäudetechnik (SIA 380/4)

Die Bewertung der eingesetzten Energieträger erfolgt

- mit Gewichtungsfaktoren für den MINERGIE-Nachweis (gewichtete Energiekennzahl),
- mit Primärenergiefaktoren total (nicht erneuerbar und erneuerbar) sowie Treibhauspotenzial (CO_{2eq}) für den Energieausweis,
- mit Primärenergiefaktoren (nicht erneuerbar) und der Methode der ökologischen Knappheit (UBP) für den Vergleich mit der Grauen Energie.

Anforderung	Umsetzung
Vorgaben von MINERGIE, Energieausweis für Gebäude (gemäss SIA Merkblatt 2031), Graue Energie (gemäss SIA Merkblatt 2032)	MINERGIE-Berechnung, DLL Energie

1.2 Behaglichkeit

Grundsätzlich wird die Behaglichkeit als Folge des energieeffizienten und ökologischen Bauens angesehen. Die nachstehenden Kriterien sind deshalb als Zielformulierungen zu verstehen, die nicht explizit im Systemnachweis abgefragt werden.

1.2.1 U-Wert

Winter: Niedrige U-Werte führen zu einer höheren Oberflächentemperatur der inneren Oberflächen (transparente und opake Bauteile). Hierdurch werden die Kälteabstrahlung und die Effekte der Strahlungsasymmetrie verringert und somit die Behaglichkeit erhöht. Neben dem U-Wert der Fenster (Verglasung, Rahmen) muss auch auf die Vermeidung von Wärmebrücken geachtet werden.

Anforderung	Umsetzung
MINERGIE-Gebäude dürfen nur 80% bzw. 60 % (neue Bestimmungen 2008) der gemäss SIA 380/1 maximal zulässigen Transmissionswärmeverluste aufweisen. Die dadurch benötigte zusätzliche Wärmedämmung führt zu höheren Oberflächentemperaturen.	-

1.2.2 Kaltluftabfall

Winter: Kaltluftabfall entsteht an vertikalen Oberflächen, deren Temperatur unterhalb der Raumlufttemperatur liegt. Hierdurch kann es zu Luftbewegungen und damit zu Zuglufterscheinungen in einem Raum kommen. Diese werden beeinflusst durch: Fenstergrösse, U-Wert der Verglasung, Wärmeabgabesystem (Heizkörperanordnung etc.).

Anforderung	Umsetzung
Keine expliziten Vorgaben, aber Berücksichtigung der SIA 382/1	-

1.2.3 Funktionsgerechter Sonnenschutz

Sommer: Zur Verringerung des Wärmeeintrages durch Sonneneinstrahlung müssen Fensterflächen abgeschirmt werden. Am effektivsten leistet dies ein aussenliegender Sonnenschutz. Bei der Ausbildung des Sonnen- und Blendschutzes ist auf einen ausreichenden Tageslichtdurchgang zu achten. Der Gesamtenergiedurchlassgrad (g-Wert) dient als Mass für die Effektivität des Sonnenschutzes.

Anforderung	Umsetzung
Vorgaben von MINERGIE (noch festzulegen)	MINERGIE-Nachweis, DLL Energie

1.2.4 Luftfeuchtigkeit

Der Behaglichkeitsbereich erstreckt sich für die Raumluftfeuchte zwischen 30% (bei min. 21°C im Winter) und 60% relativer Feuchte (bei max. 26.5°C im Sommer). Raumluftfeuchten über 50% sind während der Heizperiode zu vermeiden, da sie das Wachstum von Mikroorganismen (Milben, Schimmel) begünstigen. Raumluftfeuchten unter 30% in Kälteperioden sind durch geeignete Massnahmen (z.B. Reduktion der Aussenlufttrate) zu minimieren.

Anforderung	Umsetzung
Keine expliziten Vorgaben, aber Berücksichtigung der SIA 180, 382/1	-

1.2.5 Aussenlufttrate

Für die Qualität der Raumluft (Hygiene und Schadstoffminimierung) ist ein ausreichender Luftwechsel (natürliche und mechanische Lüftung) wichtig. Die einzuhaltenden Mindestaussenlufttraten richten sich nach Nutzungsart und Funktion der Räume.

Anforderung	Umsetzung
Keine expliziten Vorgaben, aber Berücksichtigung der SIA 180, 382/1	-

2. Teil 2: ECO

2.1 Baustoffe/Bauweise

2.1.1 Rohstoffe

Gut verfügbare Rohstoffe

Durch den Einsatz gut verfügbarer Rohstoffe wird gemäss Empfehlung SIA 112/1 Wert auf den Schutz der Abbaugelände von Primärrohstoffen, auf einen geringen Deponieraumbedarf durch Einsatz von Sekundärrohstoffen, auf eine nachhaltige Bewirtschaftung der Rohstoffvorräte, auf einen niedrigen Energieverbrauch für den Transport und auf die Schonung des Rohstoffes selbst gelegt. Als Mass für gut verfügbare Rohstoffe werden im Systemnachweis ausschliesslich die ökologischen Auswirkungen von Herstellung, Verarbeitung und Entsorgung betrachtet. U.a. erfüllen nach natureplus bzw. FSC zertifizierte Bauprodukte dieses Kriterium. Die Knappheit der Ressourcen wird also nicht direkt bewertet, sie ist mittels einer separaten Methodik in die Ökobilanz zu integrieren.

Anforderung	Umsetzung
Oben genannte Anforderungen	Separates Projekt, Einzelfragen (Produktlabel natureplus, FSC)

Recyclingbaustoffe

Recyclingbaustoffe enthalten Sekundärrohstoffe, die bereits mindestens einen Lebenszyklus durchlaufen haben und Primärrohstoffe bei der Baustoffherstellung ganz oder teilweise ersetzen. Die Verwendung von Recycling-Baustoffen dient sowohl der Ressourcenschonung als auch der Abfallvermeidung.

Anforderung	Umsetzung
Einsatz von Recyclingbeton	Einzelfragen
Einsatz von weiteren Baustoffen mit Rezyklatanteilen	Einzelfragen

2.1.2 Herstellung/Verarbeitung

Ökobilanz

Die Ökobilanz der Baustoffe erlaubt eine Bewertung von Ressourcenverbrauch und Umweltbelastung während der Herstellungs-, Instandsetzungs- und Rückbauphase des Gebäudes. Die Themen Bauweise, Kompaktheit, einfache Gebäudestruktur und Baustoffwahl, die im bisherigen Kriterienkatalog MINERGIE-ECO aufgeführt sind, werden im Systemnachweis MINERGIE-ECO durch eine Ökobilanz abgedeckt. Die Bewertung der eingesetzten Energie- und Stoffflüsse erfolgt auf Basis der nicht erneuerbaren Primärenergie (Graue Energie) und der Methode der ökologischen Knappheit (UBP). Ziel ist eine integrale Betrachtung des Gebäudes über den Lebenszyklus sowie eine übergeordnete Optimierung von Baustoffeinsatz, Gebäudehülle und Energiesystemen.

Sanierungen: Bei der Gebäudesanierung wird die noch nicht „abgeschriebene“ Umweltbelastung der bestehenden Bausubstanz nicht berücksichtigt. Es wird die Umweltbelastung infolge der Sanierungsmassnahmen ermittelt.

Anforderung	Umsetzung
Minimierung von Ressourcenverbrauch und Umweltbelastung (unter Berücksichtigung des SIA Merkblatts 2032)	BTK/ Ökobilanz

Flexibilität

Das Gebäude muss die Möglichkeit bieten, dass während seiner Lebensdauer Nutzungsänderungen mit vertretbarem baulichem Aufwand vorgenommen werden können. Diese Anforderung kann erfüllt werden durch eine entsprechende Raumanordnung (z.B. Schaltzimmer im Wohnungsbau), oder eine Tragstruktur mit hoher Flexibilität in Verbindung mit einer Fassadengestaltung, welche einen Umbau mit begrenzter Eingriffstiefe erlaubt.

Sanierung: Bei Sanierungen bedeutet eine Flexibilitätsverbesserung, dass bestehende Bausubstanz rückgebaut und die Raumaufteilung verändert werden muss, was einen erhöhten Ressourcenaufwand zur Folge hat. Dies ist in der Bewertung zu berücksichtigen.

Anforderung	Umsetzung
Möglichkeiten späterer Nutzungsveränderungen	Einzelfragen

2.1.3 Schadstoffe

Umweltgefährdende Bestandteile

Baustoffe dürfen keine umweltgefährdenden Bestandteile in relevanten Mengen enthalten. Ziel ist die generelle Minimierung der Schadstoffemissionen aus Baustoffen. Als Grundlagen dienen die Empfehlung SIA 112/1 sowie die BKP-Merkblätter „Ökologisch Bauen“ des Vereins eco-bau.

Anforderung	Umsetzung
Minimierung der umweltgefährdenden Bestandteile in den Baustoffen	Einzelfragen (u.a. Produktlabel), BTK

Schadstoffe in bestehender Bausubstanz

Bei Gebäudesanierungen muss ein Gebäudecheck der bestehenden Bausubstanz durchgeführt werden. Ziel ist dabei, die vorhandenen Schadstoffe zu lokalisieren und Massnahmen zu deren Entfernung bzw. Sicherung zu treffen. Die Behandlung allfällig auf dem Grundstück vorhandener Altlasten (gemäss Altlasten-Gesetzgebung) ist nicht Bestandteil des Systemnachweises MINERGIE-ECO.

Anforderung	Umsetzung
Durchführung Gebäudecheck und Festlegung von Massnahmen durch eine qualifizierte Fachfirma (Alternative: detaillierte Checkliste)	Einzelfragen, Gebäudecheck

Bodenschutz

Die Verdichtung des Bodens ist zu beschränken, damit die natürliche Wasserversickerung und der Lebensraum für die im Boden befindlichen Lebewesen erhalten bleiben. Ziel ist, langfristig die Fruchtbarkeit des Bodens sicherzustellen.

Anforderung	Umsetzung
Minimierung der Verdichtung des Bodens	Einzelfragen

2.1.4 Rückbau/Instandsetzung

Der Themenbereich 'Rückbau/Instandhaltung' beurteilt Konstruktionsweisen hinsichtlich des Aufwandes, mit dem diese möglichst sortenrein ausgebaut oder für allfällige Instandhaltungsarbeiten möglichst einfach ausgetauscht und/oder repariert werden können. Eine Konstruktion ist rückbaugeeignet und einfach erneuerbar, wenn sie mit möglichst geringem Aufwand demontiert und recyclinggerecht sortiert der Wiederverwendung (1. Priorität, im Idealfall z.B. über Bauteilbörsen), der Verwertung (2. Priorität) oder der Entsorgung (3. Priorität) zugeführt werden kann.

Instandsetzung

Für die Erneuerung von Bauteilen ist darauf zu achten, dass Bestandteile mit unterschiedlicher Nutzungsdauer möglichst einfach getrennt und ersetzt werden können. Dabei ist eine konstruktive Systemtrennung nach Primär-, Sekundär- und Tertiärstruktur anzustreben.

Anforderung	Umsetzung
Partielle Erneuerung möglich ohne Zerstörung anderer Bauteile	Einzelfragen

Verbindungsmittel/Trennbarkeit

Zur besseren Trennbarkeit sind unlösbare Verbindungen wie Verklebungen zu vermeiden. Mechanisch lösbare Verbindungen ermöglichen die sortenreine Trennung von Bauteilen oder Bauelementen.

Anforderung	Umsetzung
Mechanisch verbundene, lösbare Bauteile und Konstruktionen oder Wand-, Boden-/Decken- und Dachkonstruktionen, die ausschliesslich aus mineralischen Materialien bestehen	Einzelfragen

Gebäudetechnik

Die Massnahmen zur Gebäudetechnik beziehen sich besonders auf die Instandhaltung und Instandsetzung der Gebäude. Sie bewerten die Zugänglichkeit der Installationen und Apparate sowie die Möglichkeit von Nachinstallationen und einer Erneuerung.

Anforderung	Umsetzung
Zugänglichkeit von Steigleitungen, Installations- und Lüftungschächten, Wasser- und Heizungsrohren sowie Technikräumen und –zentralen, zum Zweck von Reparaturen, Demontage und Montage von Apparaten, Nachinstallationen etc.	Einzelfragen

Rückbau

Rückbaumassnahmen bei Sanierungen: Werden im Bauteilkatalog für Sanierungen durch entfernte Materialschichten berücksichtigt. Zusätzlich ist ein umwelt- und ressourcenschonender Rückbau mittels Einzelfragen zu bewerten.

Anforderung	Umsetzung
Umwelt- und ressourcenschonender Rückbauprozess	BTK für Sanierungen, Einzelfragen

2.2 Gesundheit

2.2.1 Raumluff

Im Hinblick auf die Nutzungsphase muss sichergestellt sein, dass keine Gefährdung der Nutzenden/Bewohnenden eintritt. Deswegen sind die Schadstoffemissionen aus Baustoffen generell zu minimieren. Toxikologisch und umwelthygienisch relevante Inhaltsstoffe sollen weitgehend vermieden werden.

VOC – Volatile Organic Compounds

Flüchtige organische Verbindungen (VOC) in der Raumluff können eine Vielzahl von Symptomen beim Menschen hervorrufen, u.a. Reizungen, Entzündungen und Krebs. Sie stammen vor allem aus Quellen im Inneren der Gebäude. In Neubauten oder nach Sanierungen sind dies hauptsächlich Baustoffe und Inneneinrichtungen. Hinzu kommen Belastungen durch nutzerabhängiges Verhalten (z.B. Rauchen, Reinigungsmittel, Haushaltsprodukte), das im Systemnachweis MINERGIE-ECO nicht berücksichtigt wird. Sowohl die Summenwerte der TVOC als auch die gesundheitsrelevantesten Einzelsubstanzen werden in die Bewertung einbezogen.

Sanierung: Mit einem Gebäudecheck (Punkt 2.1.3) wird ermittelt, ob Schadstoffe vorhanden sein können und ob weitergehende Untersuchungen erforderlich sind. Schadstoffe müssen entfernt bzw. deren Freisetzung verhindert werden.

Anforderung	Umsetzung
Einhaltung von Höchstwerten des VOC-Gehalts in der Innenraumluff	Raummodul

Formaldehyd

Formaldehyd ist eine leichtflüchtige Verbindung aus der Klasse der Aldehyde. Es entsteht als Reaktionskomponente aus der Verleimung von Holzwerkstoffen (Span-, MDF-Platten) und wird auch als Konservierungsmittel für Leime oder Farben eingesetzt. Der Stoff ist von der WHO als „krebserregend für den Menschen“ eingestuft. Deshalb ist der Einsatz von formaldehydhaltigen Materialien in Innenräumen zu begrenzen.

Bei Sanierungen ist zu beachten, dass Formaldehyd-Quellen in der bereits vorhandenen Bausubstanz bestehen können. Diese werden in Punkt 2.1.3 (Schadstoffe in bestehender Bausubstanz) behandelt.

Anforderung	Umsetzung
Einhaltung von Höchstwerten des Formaldehyd-Gehalts in der Innenraumluff	Raummodul

2.2.2 Strahlung

Radon

Hauptursache für eine erhöhte Belastung mit ionisierenden Strahlen in Gebäuden sind die Zerfallsprodukte des natürlichen, radioaktiven Edelgases Radon, das aus dem Erdreich aufsteigt. In Risikogebieten ist daher auf eine gute Abdichtung zum Erdreich zu achten, um das Eindringen von Radongas zu verhindern. Der vom Bundesamt für Gesundheit festgelegte Zielwert für Neubauten ist durch Abdichtungsmassnahmen an der Kellerkonstruktion einzuhalten.

Sanierung: Empfehlung des Bundesamts für Gesundheit: Bei Überschreitung des Grenzwerts von 1000 Bq/m³ müssen Sanierungsmassnahmen getroffen werden und die Radongaskonzentration ist auf 400 Bq/m³ zu senken.

Anforderung	Umsetzung
Messung des Ist-Zustandes und Einhaltung des vom BAG definierten Zielwerts	Einzelfragen

2.2.3 Lärm

Lärmbelastung am offenen Fenster

Der Gebäudestandort und seine Umgebung sind bezüglich Lärmimmissionen zu bewerten. Liegen besondere Lärmquellen vor, sollte dies bei der Situierung des Gebäudes auf dem Grundstück oder bei der Anordnung der Räume entsprechend berücksichtigt werden. Die Lärmbelastung L_r - beurteilt am offenen zur Lüftung notwendigen Fenster während des Tages respektive der Nacht - dürfen die um 3 dB verminderten Grenzwerte der Lärmschutzverordnung für die entsprechenden Räume nicht überschreiten. Für Sanierungen sind die Grenzwerte noch festzulegen.

Sanierung: Es erfolgt eine Beurteilung der Veränderung der Lärmbelastung durch die Sanierungsmassnahmen.

Anforderung	Umsetzung
Einhaltung der um 3 dB verminderten Grenzwerte der LSV	Einzelfragen

Lärmbelastung privater Aussenraum

Die Wohnqualität ist unter anderem auch von der Aussenraumsituation abhängig. Deshalb ist für private Aussenräume von Wohnungen (Sitzplätze, Balkone, etc.) die Lärmbelastung durch Schutzwände bzw. geeignete Terraingestaltung zu minimieren.

Sanierung: Es erfolgt eine Beurteilung der Veränderung der Lärmbelastung durch die Sanierungsmassnahmen.

Anforderung	Umsetzung
Lärmschutz des privaten Aussenraums in lärmbelasteten Gebieten	Einzelfragen

Schallschutz gegen Schall von aussen

Die Schallschutzanforderungen an die Gebäudehülle werden durch die SIA 181 vorgegeben und sind abhängig vom Grad der Störung durch Aussenlärm und der Lärmempfindlichkeit der Räume. Bei Neubauten sind die erhöhten Anforderungen einzuhalten. Eine entsprechende Regelung bei Sanierungen wird ergänzt.

Sanierung: Es erfolgt eine Beurteilung der Veränderung des Schallschutzes durch die Sanierungsmassnahmen (ev. in Abhängigkeit der Sanierungstiefe).

Anforderung	Umsetzung
Einhaltung der erhöhten Anforderungen der SIA 181	Einzelfragen

Schallschutz im Gebäude

Die Anforderungen an den Schallschutz in Gebäuden werden durch die SIA 181 vorgegeben. Bei Neubauten ist der Nachweis zu führen, dass die erhöhten Anforderungen an die relevanten Innenbauteile (Trennwände, Decken und Böden) und Gebäudetechnik bei der Planung berücksichtigt wurden und dass die Ausführung gemäss den planerischen Vorgaben erfolgte.

Bei Sanierungen wird die Regelung ergänzt.

Sanierung: Es erfolgt eine Beurteilung der Veränderung des Schallschutzes durch die Sanierungsmassnahmen (ev. in Abhängigkeit der Sanierungstiefe).

Anforderung	Umsetzung
Einhaltung der erhöhten Anforderungen der SIA 181	Einzelfragen

2.3 Licht

2.3.1 Tageslichtnutzung

Durch die Nutzung des Tageslichts in einem Gebäude wird die Verwendung von künstlichen Lichtquellen reduziert, was die Einsparung von elektrischer Energie zur Folge hat. Daneben trägt eine hohe Tageslichtnutzung zum Wohlbefinden der Bewohner bzw. Nutzer des Gebäudes bei.

Bei der Gebäudeplanung ist deshalb auf Anordnung und Grösse der verglasten Flächen sowie Verschattungseffekte zu achten.

Sanierung: Es erfolgt eine Beurteilung der Veränderung der Tageslichtnutzung durch die Sanierungsmassnahmen (ev. in Abhängigkeit der Sanierungstiefe).

Anforderung	Umsetzung
Mindestwert Tageslichtstunden	eTool Licht (aufbauend auf SIA 380/4)

A.2 FRAGENKATALOGE IM WORTLAUT

A.2.1 Fragenkatalog für Neubauten

Baustoffe/Bauweise

Nr.	Fragentext	V/P	A/R
Ausschlusskriterien			
A01	Montage- und Abdichtungsarbeiten Ausgeschlossen: Montage/Abdichtung mittels Montage- oder Füllschäumen	x	x
A02	Bleihaltige Materialien Ausgeschlossen: Bleihaltige Materialien	x	x
A03	Holzauswahl Ausgeschlossen: Aussereuropäische Hölzer ohne FSC-, PEFC- oder gleichwertiges Label	x	x
A04	Recycling (RC) – Konstruktionsbeton Ausgeschlossen: Der Anteil von RC-Beton (gem. SN EN 206), bezogen auf die Masse der Betonkonstruktionen, für welche RC-Beton grundsätzlich angewendet werden kann, darf nicht kleiner als 50% sein. Für Beton nach Zusammensetzung (Füll-, Hüll- und Unterlagsbeton etc.) muss der Gehalt an Rezyklat bei Gesteinskörnung mindestens 40 Massen-% betragen. Die Distanz zwischen RC-Betonwerk und Baustelle beträgt maximal 25 km. Bemerkung: Grundlage: KBOB/eco-bau/IPB-Merkblatt „Beton aus rezyklierter Gesteinskörnung“. Besteht keine Bezugsmöglichkeit von RC-Beton im Umkreis von 25 km der Baustelle (Nachweis erforderlich), so ist diese Vorgabe nicht anwendbar.	x	x
Materialwahl und Verarbeitung			
M01	Label für Holz und Holzwerkstoffe Mindestens 50 Vol.-% der verwendeten Hölzer bzw. Holzwerkstoffe tragen das FSC- oder PEFC-Label. Die entsprechenden Nachweise liegen vor.	x	x
M02	Produktdeklaration von Anstrichstoffen Es werden nur Produkte in Originalgebinden verwendet, welche gemäss VSLF-Produktdeklaration deklariert sind.		x
M03	Konzept für sparsamen Wasserhaushalt Es wurde ein Konzept für den sparsamen Wasserhaushalt gemäss SIA-Merkblatt 2026 „Effizienter Einsatz von Trinkwasser in Gebäuden“ erstellt.	x	x
M04	Bauproduktelabel für Dämmstoffe Mindestens 50 Vol.-% der eingesetzten Dämmstoffe tragen das Label natureplus.		x
M05	Bauproduktelabel für Farben und Lacke Die eingesetzten Farben und Lacke tragen das Label natureplus oder RAL-UZ 12a.		x
M06	Bauproduktelabel für Holzwerkstoffe Mindestens 50 Vol.-% der eingesetzten Holzwerkstoffe tragen das Label natureplus.		x
M07	Beheizung des Rohbaus Auf eine Beheizung des Rohbaus wird verzichtet, solange die Wärmedämmung nicht vollständig erstellt und die Gebäudehülle undicht ist.	x	x
M08	Bodenschutz während der Bauphase Es besteht ein Konzept für den Schutz des Bodens während der Bauphase. Folgende Kriterien sind darin enthalten: Auf ein Befahren des Oberbodens wird verzichtet, der Boden bei Zufahrten wird mit geeigneten Mitteln geschützt. Es darf nur auf und mit trockenen Böden gearbeitet werden; vor jedem Maschineneinsatz und nach Witterungseinflüssen muss die maximale Bodenpressung bestimmt werden. Für Arbeiten mit dem Ober- oder Unterboden sind Raupenfahrzeuge einzu-	x	

Nr.	Fragentext	V/P	A/R
	setzen, der Maschinen-Kennwert darf höchstens 500g/cm ² betragen. Oberbodendepots dürfen nicht höher als 1.5 m hoch aufgeschüttet werden und sind sofort zu begrünen.		
M09	Bodenschutz während der Bauphase Auf ein Befahren des Oberbodens wird verzichtet, der Boden bei Zufahrten wird mit geeigneten Mitteln geschützt. Es darf nur auf und mit trockenen Böden gearbeitet werden; vor jedem Maschineneinsatz und nach Witterungseinflüssen muss die maximale Bodenpressung bestimmt werden. Für Arbeiten mit dem Ober- oder Unterboden sind Raupenfahrzeuge einzusetzen, der Maschinen-Kennwert darf höchstens 500g/cm ² betragen. Oberbodendepots dürfen nicht höher als 1.5 m hoch aufgeschüttet werden und sind sofort zu begrünen.		x
M10	Altlastenanalyse und –Massnahmen Das Grundstück wurde bezüglich Altlasten analysiert (Altlastenkataster, Verdachtsflächen wie Reben- oder Familiengärten). Bei Belastung des Bodens mit Schadstoffen: weitere Untersuchungen bzw. Massnahmen werden in Absprache mit der kantonalen Bodenschutzfachstelle durchgeführt.	x	
Gebäudekonzept			
G01	Nutzungsflexibilität durch die Fassadengestaltung Die Fassade ist so gestaltet, dass sie eine flexible Raumaufteilung begünstigt. Bemerkung: z.B. Lochfassade, breite vertikale Rahmenpartien bei Fenstern für den Anschluss von Innenwänden (im Abstand von maximal 2.5 m)	x	x
G02	Zugänglichkeit vertikaler HT-Installationen Die vertikal geführten Sanitär- und Lüftungsinstallationen sind über alle Geschosse einfach zugänglich sowie reparierbar, demontierbar, erneuerbar und erweiterbar. Die Anordnung im Grundriss erlaubt kurze Erschliessungswege. Bemerkung: z.B. personenbreiter, erschlossener Schacht, Türen oder Vormauerungen, die mit kleinem Aufwand entfernbar sind	x	x
G03	Zugänglichkeit horizontaler HT-Installationen Die horizontal geführten Sanitär- und Lüftungsinstallationen sind ohne grossen Aufwand zugänglich sowie reparierbar, demontierbar, erneuerbar und erweiterbar. Bemerkung: z.B. grossflächige Revisionsöffnung in abgehängter Decke	x	x
G04	Bauliche Bedingungen für den Ersatz von Maschinen und Grossgeräten Die Positionierung und Dimensionierung der Zugänge, Technikräume und Zentralen gewährleisten, dass der Ersatz von Maschinen und Grossgeräten einfach und ohne bauliche Massnahmen erfolgen kann. Bemerkung: Ausgenommen sind Grossspeicher	x	x
G05	Verbindungen/ Befestigungen für Tragstruktur, Aussen-, Innenverkleidung, Fenster und Türen Lösbare Verbindungen/rein mechanische Befestigungen, um die Möglichkeit einer späteren Erweiterung, Verstärkung oder Wiederverwendung des Bauwerks oder einzelner Teile sicherzustellen. Fenster- und Türrahmen müssen ohne Beschädigungen der Wandkonstruktion einfach demontierbar und erneuerbar sein.	x	x
G06	Rückbaufähigkeit von Wärme- und Trittschalldämmungen Lose verlegte oder mechanisch befestigte Wärme- bzw. Trittschalldämmung (nicht geklebt), so dass sie sortenrein ausgebaut und verwertet werden kann	x	x
G07	Nutzungsflexibilität der Tragstruktur Vollständig erfüllt: Umnutzungsfreundliche Tragstruktur, vorwiegend aus Stützen, mit wenigen oder keinen tragenden Innenwänden. Mehrheitlich erfüllt: Tragstruktur mit erkennbarer Systematik und einem Minimum an tragenden Innen- und Aussenwänden. Teilweise erfüllt: Innerhalb der Nutzungszonen lässt sich die Raumaufteilung ohne Eingriff ins Tragsystem wesentlich verändern.	x	x
G08	Vogelschutz Die Gefährdung für Vögel wurde abgeklärt und allenfalls Massnahmen gemäss Merkblatt „Vögel und Scheiben“ getroffen (Bezug: www.birdlife.ch).	x	x

Nr.	Fragentext	V/P	A/R
	Bemerkung: Probleme stellen Eckverglasungen, spiegelnde Glasflächen, frei stehende Verglasungen oder mehrheitlich verglaste Volumen (z.B. Wintergarten) dar. Bäume oder Büsche in der Nähe von Glasflächen erhöhen das Kollisionsrisiko.		
G09	Beständigkeit der Fassade Die Fassade (Fassadenbekleidung, Fenster, Sockel) besteht aus witterungsunempfindlichen Materialien bzw. Konstruktionen (z.B. Faserzement, Sichtbeton etc.) oder empfindliche Fassadenteile sind ausreichend witterungsgeschützt (Dachvorsprung, zurückversetzte Fenster) und die Fassade besitzt einen Sockel aus witterungsunempfindlichem Material. Bemerkung: Als witterungsunempfindlich gelten z.B. konventionelle mineralische Putze, Faserzement, Glas, korrosionsbeständige Metalle, Sichtbeton etc.. Fenster: Ausreichender Witterungsschutz: Leibungstiefe mindestens 0.2 * Fensterhöhe	x	x
G10	Grundstücksvorbereitung (Rückbau bestehender Gebäude) Auf dem Grundstück bestehende Bauwerke werden geordnet rückgebaut. Ein entsprechendes Konzept mit detaillierten Angaben zu Wiederverwendung, Recycling oder Entsorgung der anfallenden Materialfraktionen liegt vor.	x	
G11	Grundstücksvorbereitung (Rodungen) Zur Grundstücksvorbereitung werden entweder keine Rodungen durchgeführt oder es sind Ersatzpflanzungen in mindestens gleichem Umfang vorgesehen.	x	

Wohlbefinden/Gesundheit

Nr.	Fragentext	V/P	A/R
Ausschlusskriterien			
A05	Holzschutzmittel und Biozide Ausgeschlossen: Vorbeugender Einsatz von Holzschutzmitteln oder von biozid ausgerüsteten Anstrichstoffen in Innenräumen	x	x
Lärm			
L01	Lärmbelastung des privaten Aussenraums In lärmbelasteten Gebieten ($L_r \geq 55$ dB[A]) wird mit geeigneten Massnahmen (Terraingestaltung, Lärmschutzwand etc.) die Lärmbelastung des privaten Aussenraums spürbar reduziert.	x	x
L02	Anforderungen an den Schallschutz der Gebäudehülle (Luftschall) Die Mindestanforderungen an den Schutz gegen Luftschall von aussen werden eingehalten.	x	x
L03	Erhöhte Anforderungen an den Schallschutz der Gebäudehülle (Luftschall) Die erhöhten Anforderungen an den Schutz gegen Luftschall von aussen werden eingehalten.	x	x
L04	Anforderungen an den Schallschutz (Luft- und Trittschall) innerhalb der Nutzungseinheiten Die Empfehlungen Stufe 1 an den Schallschutz innerhalb von Nutzungseinheiten werden eingehalten. Dienstleistung: Die Anforderungen an den Schallschutz innerhalb von Nutzungseinheiten werden mit der Bauherrschaft raumweise definiert und die Einhaltung sichergestellt. Als Richtwerte gelten die Empfehlungen Stufe 1 der SIA 181 (Anhang G).	x	x
L05	Erhöhte Anforderungen an den Schallschutz (Luft- und Trittschall) innerhalb der Nutzungseinheiten Die Empfehlungen Stufe 2 an den Schallschutz innerhalb von Nutzungseinheiten werden eingehalten. Dienstleistung: Die Anforderungen an den Schallschutz innerhalb von Nutzungseinheiten werden mit der Bauherrschaft raumweise definiert und die Einhaltung sichergestellt. Als Richtwerte gelten die Empfehlungen Stufe 2 der SIA 181 (Anhang G).	x	x

Nr.	Fragentext	V/P	A/R
L06	Anforderungen an den Schallschutz im Gebäude (Geräusche haustechn. Anlagen) Die Mindestanforderungen an den Schutz gegen Geräusche haustechnischer Anlagen werden eingehalten.	x	x
L07	Erhöhte Anforderungen an den Schallschutz im Gebäude (Geräusche haustechn. Anlagen) Die erhöhten Anforderungen an den Schutz gegen Geräusche haustechnischer Anlagen werden eingehalten.	x	x
L08	Anforderungen an den Schallschutz (Luft- und Trittschall) zwischen mehreren Nutzungseinheiten Die erhöhten Anforderungen an den Schallschutz zwischen Nutzungseinheiten werden eingehalten.	x	x
Schadstoffe			
S01	Legionellen Die Leitungen werden ohne "Sicherheitsreserven" dimensioniert und werden gleichmässig, unbehindert und mit genügender Fließgeschwindigkeit durchströmt. Die Innenoberflächen der Leitungen sind möglichst porenfrei. Die Anschlussleitungen auf Sicherheits-, Be- und Entlüfterarmaturen sowie Entleerventilen sind max. 30 cm lang. Das Volumen des Warmwasserspeichers kann beim Aufheizen auf 60°C erwärmt werden. Der Einbau von Armaturen in die Warmwasserleitung ist auf das absolut Notwendige beschränkt. Auf den Einbau von zentralen Mischwasseranlagen wird verzichtet. Es werden reinigungs- und aerosolarme Auslaufarmaturen eingesetzt, die nicht zur Verkalkung neigen. Bemerkung: Eine periodische Erwärmung auf mindestens 60°C ist nötig, um das Legionellenrisiko zu minimieren.	x	x
S02	Analyse anhand Radonkarte Anhand der aktuellen Radonkarte wurde die zu erwartende Radonbelastung auf dem Grundstück geprüft. Bei Vorhaben, welche in Gebieten zu liegen kommen, wo das Risiko gemäss Radonkarte als „gering bis mittel“, „mittel“ oder „hoch“ eingestuft wird, werden in Absprache mit der kantonalen Radonfachstelle Massnahmen ergriffen, welche sicherstellen, dass die Radonkonzentration in den bewohnten Räumen 100 Bq nicht übersteigt. Bemerkung: www.ch-radon.ch	x	x
S03	Rauchen Im gesamten Gebäude gilt ein Rauchverbot oder es werden spezielle Raucherräume ausgeschieden. (Für Wohngebäude: nicht anwendbar)	x	x
S04	Reinigungsfähigkeit (Lüftungs- und Klimaanlage) Oberflächen luftführender Bauteile sind konstruktiv und fertigungstechnisch so zu gestalten, dass Schmutzablagerungen nicht begünstigt werden. Planung und Ausführung entsprechen den Vorgaben der SWKI-Richtlinie VA104-1 „Hygiene-Anforderungen an raumlufttechnische Anlagen“. Bemerkung: z.B. keine gerippten Innenflächen, porösen Auskleidungen; keine lösemittelhaltigen Anstriche und Dichtungsmaterialien; Dämmungsmaterial darf keine direkte Berührung mit der transportierten Luft haben. Alle luftführenden Komponenten müssen ohne Demontage (Ausnahme Luftdurchlässe) inspiziert und gereinigt werden können.	x	x
S05	Auslüftung nach Fertigstellung (Schadstoffemissionen) Zwischen der Fertigstellung des Gebäudes und dem Datum des Bezugs liegen mindestens 30 Tage. In dieser Zeit wird eine gute Durchlüftung der Räume gewährleistet.	x	x
S06	RLT-Anlagen ohne Luftkonditionierung Die Lüftungsanlagen enthalten keine Luftkonditionierung (Entfeuchtungs- oder Befeuchtungsanlagen). Falls eine Entfeuchtungs- oder Befeuchtungsanlage zwingend nötig ist, werden die Hygiene-Anforderungen gemäss Richtlinie SWKI VA104-01 „Hygiene-Anforderungen an Raumluft-technische Anlagen und Geräte“ eingehalten.	x	x
S07	RLT-Anlage kondensatfrei gestaltet	x	x

Nr.	Fragentext	V/P	A/R
	Die Lüftungsanlagen sind so konzipiert, dass sich kein Kondensat ansammeln kann. Dazu werden die Hygiene-Anforderungen gemäss Richtlinie SWKI VA104-01 „Hygiene-Anforderungen an Raumluft-technische Anlagen und Geräte“ eingehalten.		

V/P: Frage gültig für Phase Vorstudien/Projektierung

A/R: Frage gültig für Phase Ausschreibung/Realisierung

Antwortmöglichkeiten:

- Ausschlusskriterien: Erfüllt – Nicht erfüllt – Nicht anwendbar
- Sonstige Fragen: Voll erfüllt (1.0 Pt.) – Mehrheitlich erfüllt (0.5 Pt.) – Minderheitlich erfüllt (0.2 Pt.) – Nicht erfüllt (0.0 Pt.) – Nicht anwendbar

A.2.2 Fragenkatalog für Sanierungen

Baustoffe/Bauweise

Nr.	Fragentext	V/P	A/R
Ausschlusskriterien			
AS01	Montage- und Abdichtungsarbeiten Ausgeschlossen: Montage/Abdichtung mittels Montage- oder Füllschäumen	x	x
AS02	Bleihaltige Materialien Ausgeschlossen: Bleihaltige Materialien	x	x
AS03	Holzauswahl Ausgeschlossen: Aussereuropäische Hölzer ohne FSC-, PEFC- oder gleichwertiges Label	x	x
Materialwahl und Verarbeitung			
MS01	Recycling (RC) – Konstruktionsbeton Der Anteil von RC-Beton (gem. SN EN 206), bezogen auf die Masse der neu erstellten Betonkonstruktionen, für welche RC-Beton grundsätzlich angewendet werden kann, beträgt mindestens 50%. Für Beton nach Zusammensetzung (Füll-, Hüll- und Unterlagsbeton etc.) beträgt der Gehalt an Rezyklat bei Gesteinskörnung mindestens 40 Massen-%. Die Distanz zwischen RC-Betonwerk und Baustelle beträgt maximal 25 km. Bemerkung: Grundlage: KBOB/eco-bau/IPB-Merkblatt „Beton aus rezykliertem Gesteinskörnung“. Besteht keine Bezugsmöglichkeit von RC-Beton im Umkreis von 25 km der Baustelle (Nachweis erforderlich), so ist diese Vorgabe nicht anwendbar.	x	x
MS02	Label für Holz und Holzwerkstoffe Mindestens 50 Vol.-% der neu eingebauten Hölzer bzw. Holzwerkstoffe tragen das FSC- oder PEFC-Label. Die entsprechenden Nachweise liegen vor.	x	x
MS03	Produktdeklaration von Anstrichstoffen Es werden nur Produkte in Originalgebinden verwendet, welche gemäss VSLF-Produktdeklaration deklariert sind.		x
MS04	Konzept für sparsamen Wasserhaushalt Es wurde ein Konzept für den sparsamen Wasserhaushalt gemäss SIA-Merkblatt 2026 „Effizienter Einsatz von Trinkwasser in Gebäuden“ erstellt.	x	x
MS05	Bauproduktlabel für Dämmstoffe Mindestens 50 Vol.-% der neu eingebauten Dämmstoffe tragen das Label natureplus.		x
MS06	Bauproduktlabel für Farben und Lacke Die neu eingesetzten Farben und Lacke tragen das Label natureplus oder RAL-UZ 12a.		x
MS07	Bauproduktlabel für Holzwerkstoffe Mindestens 50 Vol.-% der neu eingebauten Holzwerkstoffe tragen das Label natureplus.		x
MS08	Beheizung des Gebäudes Auf eine Beheizung des Gebäudes wird verzichtet, solange die Wärmedämmung nicht vollständig erstellt und die Gebäudehülle undicht ist.	x	x
MS09	Bodenschutz während der Bauphase Es besteht ein Konzept für den Schutz des Bodens während der Bauphase. Folgende Kriterien sind darin enthalten: Auf ein Befahren des Oberbodens wird verzichtet, der Boden bei Zufahrten wird mit geeigneten Mitteln geschützt. Es darf nur auf und mit trockenen Böden gearbeitet werden; vor jedem Maschineneinsatz und nach Witterungseinflüssen muss die maximale Bodenpressung bestimmt werden. Für Arbeiten mit dem Ober- oder Unterboden sind Raupenfahrzeuge einzusetzen, der Maschinen-Kennwert darf höchstens 500g/cm ² betragen. Oberbodendepots dürfen nicht höher als 1.5 m hoch aufgeschüttet werden und sind sofort zu begrünen.	x	

Nr.	Fragentext	V/P	A/R
MS10	Bodenschutz während der Bauphase Auf ein Befahren des Oberbodens wird verzichtet, der Boden bei Zufahrten wird mit geeigneten Mitteln geschützt. Es darf nur auf und mit trockenen Böden gearbeitet werden; vor jedem Maschineneinsatz und nach Witterungseinflüssen muss die maximale Bodenpressung bestimmt werden. Für Arbeiten mit dem Ober- oder Unterboden sind Raupenfahrzeuge einzusetzen, der Maschinen-Kennwert darf höchstens 500g/cm ² betragen. Oberbodendepots dürfen nicht höher als 1.5 m hoch aufgeschüttet werden und sind sofort zu begrünen.		x
Gebäudekonzept			
GS01	Zugänglichkeit vertikaler HT-Installationen Die vertikal geführten Haustechnikinstallationen sind über alle Geschosse einfach zugänglich sowie reparierbar, demontierbar, erneuerbar und erweiterbar. Die Anordnung im Grundriss erlaubt kurze Erschliessungswege. Oder: Die Zugänglichkeit der vertikal geführten Haustechnikinstallationen wird im Vergleich zum Zustand vor der Sanierung deutlich verbessert. (voll erfüllt: gilt für alle Installationen; mehrheitlich erfüllt: gilt für den grössten Teil der Installationen; minderheitlich erfüllt: gilt für bis zu 50% aller Installationen)	x	x
GS02	Zugänglichkeit horizontaler HT-Installationen Die horizontal geführten Sanitär- und Lüftungsinstallationen sind ohne grossen Aufwand zugänglich sowie reparierbar, demontierbar, erneuerbar und erweiterbar. Oder: Die Zugänglichkeit der horizontal geführten Haustechnikinstallationen wird im Vergleich zum Zustand vor der Sanierung deutlich verbessert. (voll erfüllt: gilt für alle Installationen; mehrheitlich erfüllt: gilt für den grössten Teil der Installationen; minderheitlich erfüllt: gilt für bis zu 50% aller Installationen)	x	x
GS03	Bauliche Bedingungen für den Ersatz von Maschinen und Grossgeräten Die Positionierung und Dimensionierung der Zugänge, Technikräume und Zentralen gewährleisten, dass der Ersatz von Maschinen und Grossgeräten einfach und ohne bauliche Massnahmen erfolgen kann. Oder: Die Zugänglichkeit von Maschinen und Grossgeräten wird im Vergleich zum Zustand vor der Sanierung deutlich verbessert. (voll erfüllt: gilt für alle Maschinen/Grossgeräte; mehrheitlich erfüllt: gilt für den grössten Teil der Maschinen/Grossgeräte; minderheitlich erfüllt: gilt für bis zu 50% aller Maschinen/Grossgeräte) Bemerkung: Ausgenommen sind Grossspeicher	x	x
GS04	Verbindungen/ Befestigungen für Tragstruktur, Aussen-, Innenverkleidung, Fenster und Türen (gültig für neue Bauteile/Materialien) Lösbare Verbindungen/rein mechanische Befestigungen, um die Möglichkeit einer späteren Erweiterung, Verstärkung oder Wiederverwendung des Bauwerks oder einzelner Teile sicherzustellen. Fenster- und Türrahmen müssen ohne Beschädigungen der Wandkonstruktion einfach demontierbar und erneuerbar sein.	x	x
GS05	Rückbaufähigkeit von Wärme- und Trittschalldämmungen (neu eingebaut) Lose verlegte oder mechanisch befestigte Wärme- bzw. Trittschalldämmung (nicht geklebt), so dass sie sortenrein ausgebaut und verwertet werden kann.	x	x
GS06	Nutzungsflexibilität der Tragstruktur Die Nutzungsflexibilität der Tragstruktur wurde im Vergleich zum Zustand vor der Sanierung deutlich verbessert. (voll erfüllt: gilt für gesamte Tragstruktur; mehrheitlich erfüllt: gilt für den grössten Teil der Tragstruktur; minderheitlich erfüllt: gilt für bis zu 50% der Tragstruktur). Oder: Bereits vor der Sanierung war eine ausreichende Nutzungsflexibilität gegeben, die während der Sanierung nicht verringert wurde. (Voll erfüllt: Innerhalb der Nutzungszonen lässt sich die Raumaufteilung ohne Eingriff ins Tragsystem wesentlich verändern. Mehrheitlich erfüllt: Innerhalb der Nutzungszonen lässt sich die Raumaufteilung mit geringen Eingriffen ins Tragsystem wesentlich verändern. Minderheitlich erfüllt: Innerhalb der Nutzungszonen lässt sich die Raumaufteilung mit grösseren Eingriffen ins Tragsystem wesentlich verändern.)	x	x

Nr.	Fragentext	V/P	A/R
GS07	Vogelschutz Die Gefährdung für Vögel wurde abgeklärt und allenfalls Massnahmen gemäss Merkblatt „Vögel und Scheiben“ getroffen (Bezug: www.birdlife.ch).	x	x
GS08	Beständigkeit der Fassade Die Fassade (Fassadenbekleidung, Fenster, Sockel) besteht aus witterungsunempfindlichen Materialien bzw. Konstruktionen (z.B. Faserzement, Sichtbeton etc.) oder empfindliche Fassadenteile sind ausreichend witterungsgeschützt (Dachvorsprung, zurückversetzte Fenster) und die Fassade besitzt einen Sockel aus witterungsunempfindlichem Material oder die Beständigkeit der Fassade wurde gegenüber dem Zustand vor der Sanierung deutlich verbessert (bezüglich Materialwahl oder indirektem Fassadenschutz). Bemerkung: Als witterungsunempfindlich gelten z.B. konventionelle mineralische Putze, Faserzement, Glas, korrosionsbeständige Metalle, Sichtbeton etc.	x	x
GS09	Rückbau bestehender Gebäudeteile Phase Vorstudien/Projektierung: Für die entsprechenden Gebäudeteile besteht ein Konzept zum geordneten Rückbau (kantonaler Entsorgungsnachweis, basierend auf SIA 430) mit detaillierten Angaben zu Wiederverwendung, Recyclingquoten und Entsorgung der anfallenden Materialfraktionen. Phase Ausschreibung/Realisierung: Das Konzept zum geordneten Rückbau wurde umgesetzt.	x	x

Wohlbefinden/Gesundheit

Nr.	Fragentext	V/P	A/R
Ausschlusskriterien			
AS04	Holzschutzmittel und Biozide Ausgeschlossen: Vorbeugender Einsatz von Holzschutzmitteln oder von biozid ausgerüsteten Anstrichstoffen in Innenräumen (gültig für Neubauteile bzw. neue Beschichtungen)	x	x
Lärm			
LS01	Lärmbelastung des privaten Aussenraums In lärmbelasteten Gebieten ($L_r \geq 55$ dB[A]) wird mit geeigneten Massnahmen (Terraingestaltung, Lärmschutzwand etc.) die Lärmbelastung des privaten Aussenraums spürbar reduziert. (Voll erfüllt: Reduktion um 6 dB; mehrheitlich erfüllt: Reduktion um 4 dB; minderheitlich erfüllt: Reduktion um 2 dB)	x	x
LS02	Anforderungen an den Schallschutz der Gebäudehülle (Luftschall) Die Mindestanforderungen an den Schutz gegen Luftschall von aussen werden eingehalten. Oder: Im Durchschnitt über die gesamte Fassadenfläche wird das bewertete Bau-Schalldämm-Mass der Gebäudehülle deutlich erhöht. Dabei darf sich der Wert keines Fassadenteils verschlechtern. (voll erfüllt: + 6 dB; mehrheitlich erfüllt: + 4 dB; minderheitlich erfüllt: + 2 dB)	x	x
LS03	Anforderungen an den Schallschutz (Luft- und Trittschall) innerhalb der Nutzungseinheiten Wohnen und Schulen: Die Empfehlungen Stufe 1 an den Schallschutz innerhalb von Nutzungseinheiten werden eingehalten. Dienstleistung: Die Anforderungen an den Schallschutz innerhalb von Nutzungseinheiten werden mit der Bauherrschaft raumweise definiert und die Einhaltung sichergestellt. Als Richtwerte gelten die Empfehlungen Stufe 1 der SIA 181 (Anhang G). Oder: Luftschall: Im Durchschnitt über die gesamte Wand- und Deckenfläche innerhalb von Nutzungseinheiten wird das bewertete Bau-Schalldämm-Mass bei der Sanierung deutlich erhöht. Dabei darf sich der Wert keines Bauteils verschlechtern. (voll erfüllt: + 6 dB; mehrheitlich erfüllt: + 4 dB; minderheitlich erfüllt: + 2 dB). Trittschall: Im Durchschnitt über die gesamte Deckenfläche innerhalb von Nutzungseinheiten wird der bewertete Standard-Trittschallpegel bei der Sanierung deutlich verringert. Dabei darf sich der Wert keines Bauteils verschlechtern. (voll erfüllt: - 6 dB; mehrheitlich erfüllt: - 4 dB; minderheitlich erfüllt: - 2 dB)	x	x

Nr.	Fragentext	V/P	A/R
LS04	Anforderungen an den Schallschutz im Gebäude (Geräusche haustechn. Anlagen) Die Mindestanforderungen an den Schutz gegen Geräusche haustechnischer Anlagen werden eingehalten. Oder: Die Beurteilungspegel vom Zustand vor der Sanierung werden deutlich verbessert. (voll erfüllt: + 6 dB; mehrheitlich erfüllt: + 4 dB; minderheitlich erfüllt: + 2 dB)	x	x
LS05	Anforderungen an den Schallschutz (Luft- und Trittschall) zwischen mehreren Nutzungseinheiten Die Mindestanforderungen an den Schallschutz zwischen Nutzungseinheiten werden eingehalten. Oder: Luftschall: Im Durchschnitt über die gesamte Wand- und Deckenfläche zwischen Nutzungseinheiten wird das bewertete Bau-Schalldämm-Mass bei der Sanierung deutlich erhöht. Dabei darf sich der Wert keines Bauteils verschlechtern. (voll erfüllt: + 6 dB; mehrheitlich erfüllt: + 4 dB; minderheitlich erfüllt: + 2 dB). Trittschall: Im Durchschnitt über die gesamte Deckenfläche zwischen Nutzungseinheiten wird der bewertete Standard-Trittschallpegel bei der Sanierung deutlich verringert. Dabei darf sich der Wert keines Bauteils verschlechtern. (voll erfüllt: - 6 dB; mehrheitlich erfüllt: - 4 dB; minderheitlich erfüllt: - 2 dB)	x	x
Schadstoffe			
SS01	Legionellen Die Leitungen bestehender oder neuer Installationen sind ohne "Sicherheitsreserven" dimensioniert und werden gleichmässig, unbehindert und mit genügender Fliessgeschwindigkeit durchströmt. Die Innenoberflächen der Leitungen sind möglichst porenfrei. Die Anschlussleitungen auf Sicherheits-, Be- und Entlüfterarmaturen sowie Entleerventilen sind max. 30 cm lang. Das Volumen des Warmwasserspeichers kann beim Aufheizen auf 60°C erwärmt werden. Der Einbau von Armaturen in die Warmwasserleitung ist auf das absolut Notwendige beschränkt. Auf den Einbau von zentralen Mischwasseranlagen wird verzichtet. Es werden reinigungs- und aerosolarme Auslaufarmaturen eingesetzt, die nicht zur Verkalkung neigen. Bemerkung: Eine periodische Erwärmung auf mindestens 60°C ist nötig, um das Legionellenrisiko zu minimieren.	x	x
SS02	Radonmessung Es wurde eine Radonmessung in den bewohnten Räumen mit dem höchsten Risiko durchgeführt. Das entsprechende Vorgehen ist unter www.ch-radon.ch beschrieben. Bei Messwerten über 100 Bq werden in Absprache mit der kantonalen Radonfachstelle Massnahmen ergriffen, welche sicherstellen, dass die Radonkonzentration in den bewohnten Räumen 100 Bq nicht übersteigt. Bemerkung: www.ch-radon.ch	x	x
SS03	Rauchen Im gesamten Gebäude gilt ein Rauchverbot oder es werden spezielle Raucherräume ausgeschieden (Für Wohngebäude: nicht anwendbar).	x	x
SS04	Reinigungsfähigkeit (Lüftungs- und Klimaanlage) Oberflächen bestehender oder neuer luftführender Bauteile sind konstruktiv und fertigungstechnisch so gestaltet, dass Schmutzablagerungen nicht begünstigt werden. Planung und Ausführung entsprechen den Vorgaben der SWKI-Richtlinie VA104-1 „Hygiene-Anforderungen an raumluftechnische Anlagen“. Bemerkung: z.B. keine gerippten Innenflächen, porösen Auskleidungen; keine lösemittelhaltigen Anstriche und Dichtungsmaterialien; Dämmungsmaterial darf keine direkte Berührung mit der transportierten Luft haben. Alle luftführenden Komponenten müssen ohne Demontage (Ausnahme Luftdurchlässe) inspiziert und gereinigt werden können.	x	x
SS05	Auslüftung nach Abschluss der Bauarbeiten (Schadstoffemissionen) Zwischen dem Abschluss der Bauarbeiten und dem Datum des Bezugs liegen mindestens 30 Tage. In dieser Zeit wird eine gute Durchlüftung der Räume gewährleistet.	x	x

Nr.	Fragentext	V/P	A/R
SS06	RLT-Anlage Die bestehenden oder neuen Lüftungsanlagen enthalten keine Luftkonditionierung (Entfeuchtungs- oder Befeuchtungsanlagen). Falls eine Entfeuchtungs- oder Befeuchtungsanlage zwingend nötig ist, werden die Hygiene-Anforderungen gemäss Richtlinie SWKI VA104-01 „Hygiene-Anforderungen an Raumluf-technische Anlagen und Geräte“ eingehalten.	x	x
SS07	RLT-Anlage Die bestehenden oder neuen Lüftungsanlagen sind so konzipiert, dass sich kein Kondensat ansammeln kann. Dazu werden die Hygiene-Anforderungen gemäss Richtlinie SWKI VA104-01 „Hygiene-Anforderungen an Raumluf-technische Anlagen und Geräte“ eingehalten.	x	x
SS08	Schimmelpilzbildung Die Gebäudehülle ist so ausgebildet, dass es keine wärmetechnischen Schwachstellen gibt, die zu Kondensat- und Schimmelpilzbildung führen.	x	x

V/P: Frage gültig für Phase Vorstudien/Projektierung

A/R: Frage gültig für Phase Ausschreibung/Realisierung

Antwortmöglichkeiten:

- Ausschlusskriterien: Erfüllt – Nicht erfüllt – Nicht anwendbar
- Sonstige Fragen: Voll erfüllt (1.0 Pt.) – Mehrheitlich erfüllt (0.5 Pt.) – Minderheitlich erfüllt (0.2 Pt.) – Nicht erfüllt (0.0 Pt.) – Nicht anwendbar

A.3 DURCHGEFÜHRTE WORKSHOPS UND TEILNEHMER

WP 2a

Datum	13.12.2005
Thema	Workshop EPBD und MINERGIE
Teilnehmende	Andreas Baumgartner, Amstein + Walthert Stéphane Citherlet, HES Yverdon Andreas Eckmanns, BFE Flavio Foradini, E4tech Heinrich Gugerli, eco-bau Bruno Hari, MINERGIE Hansrudolf Kunz, MINERGIE Severin Lenel, Intep Martin Lenzlinger, SIA Claude-Alain Roulet, EPFL Yves Roulet, eco-bau René Sigg, Intep Mark Zimmermann, EMPA/BFE
Datum	09.03.2007
Thema	Brainstorming zu den Wahlmöglichkeiten im WP 2a
Teilnehmende	Patricia Bürgi, MINERGIE Andreas Eckmanns, BFE Flavio Foradini, E4tech Claude-Alain Roulet Yves Roulet, eco-bau Charles Weinmann, SIA

WP 2b

Datum	07.02.2007
Thema	Koordination der Berechnungen zwischen Bauteilkatalog und den DLLs; Systemgrenzen
Teilnehmende	Stéphane Citherlet, HES Yverdon Didier Favre, HES Yverdon Flavio Foradini, E4tech Markus di Paolantonio, Holliger Consult Edouard Westphal, E4tech
Datum	18.04.2007
Thema	Besprechung der Begleitgruppe WP 2b
Teilnehmende	Hans-Jörg Althaus, EMPA Stéphane Citherlet, HES Yverdon Jean-Bernard Gay, EPFL Annick Lalive d'Epinay, AHB Zürich Martin Lenzlinger, SIA Benoît Nguyen, HES Yverdon Markus Di Paolantonio, Holliger Consult
Datum	18.06.2007
Thema	Bauteilkatalog
Teilnehmende	Stéphane Citherlet, HES Yverdon Didier Favre, HES Yverdon Flavio Foradini, E4tech Benoît Nguyen, HES Yverdon Markus Di Paolantonio, Holliger Consult Edouard Westphal, E4tech

WP 3

Datum 12.01.2006
Thema Workshop Gesundheit/Raummodul
Teilnehmende Anita Binz-Deplazes, eco-bau
Reto Coutalides, Bau- u. Umweltchemie Zürich
Chrit Cox, TNO Delft
Heinrich Gugerli, eco-bau
Severin Lenel, Intep
Prof. Wolfgang Mücke, TU München
Thomas Rühle, Intep
Judith Schinabeck, Intep
René Sigg, Intep
Roger Waeber, BAG
Mark Zimmermann, EMPA

Datum 15.01.2007
Thema Workshop Innenraumlufthqualität II
Teilnehmende Felix Dalang, STIPI
Heinrich Gugerli, eco-bau
Severin Lenel, Intep
Prof. Wolfgang Mücke, TU München
Michael Pöll, AHB Zürich
Yves Roulet, eco-bau
Judith Schinabeck, Intep
Roger Waeber, BAG

Datum 09.07.2007
Thema Workshop Innenraumlufthqualität III
Teilnehmende Felix Dalang, STIPI
Severin Lenel, Intep
Prof. Wolfgang Mücke, TU München
Michael Pöll, AHB Zürich
Thomas Rühle, Intep
Judith Schinabeck, Intep
Roger Waeber, BAG

WP 4

Datum 10.11.2006
Thema Workshop Sanierungen I
Teilnehmende Armin Binz, MINERGIE Agentur Bau
Anita Binz-Deplazes, eco-bau
Heinrich Gugerli, eco-bau
Christoph Lehmann, Architekt
Severin Lenel, Intep
Martin Lenzlinger, SIA
Zürich Judith Schinabeck, Intep
Christina Seyler-Jahn, ETH

Datum 10.07.2007
Thema Workshop Sanierungen II
Teilnehmende Hans-Jörg Althaus, EMPA
Jean-Bernard Gay, EPFL
Annick Lalive d'Epinay, AHB Zürich
Severin Lenel, Intep
Martin Lenzlinger, SIA
Benoît Nguyen, HES Yverdon
Markus Di Paolantonio, Holliger Consult
Thomas Rühle, Intep
Judith Schinabeck, Intep
Bruno Suter, ARV
Yoka Verdegaal, Intep

Allgemein

Datum 10.04.2007
Thema Sitzung der Begleitgruppe des Gesamtprojekts
Teilnehmende Armin Binz, MINERGIE Agentur Bau
Anita Binz-Deplazes, eco-bau
Andreas Eckmanns, BFE
Charles Filleux, BFE
Flavio Foradini, E4tech
Heinrich Gugerli, eco-bau
Severin Lenel, Intep
Yves Roulet, eco-bau
Thomas Rühle, Intep
Jürg Schnyder, eco-bau
Holger Wallbaum, ETH Zürich

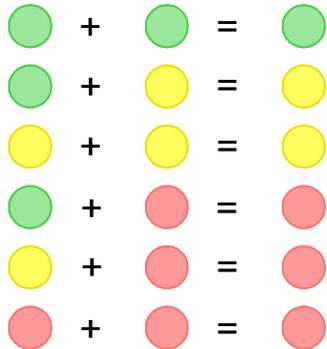
Datum 19.09.2007
Thema Workshop Gesamtbewertung
Teilnehmende Stephane Citherlet, HES Yverdon
Charles Filleux, BFE
Heinrich Gugerli, eco-bau
Severin Lenel, Intep
Markus di Paolantonio, Holliger Consult
Claude-Alain Roulet
Yves Roulet, eco-bau
Judith Schinabeck, Intep
Jürg Schnyder, eco-bau

Datum 05.12.2007
Thema Sitzung der Begleitgruppe des Gesamtprojekts
Teilnehmende Armin Binz, MINERGIE Agentur Bau
Stephane Citherlet, HES Yverdon
Charles Filleux, BFE
Flavio Foradini, E4tech
Heinrich Gugerli, eco-bau
Severin Lenel, Intep
Markus di Paolantonio, Holliger Consult
Claude-Alain Roulet
Yves Roulet, eco-bau
Judith Schinabeck, Intep
Jürg Schnyder, eco-bau
Holger Wallbaum, ETH Zürich

A.4 BEWERTUNGSMETHODIK

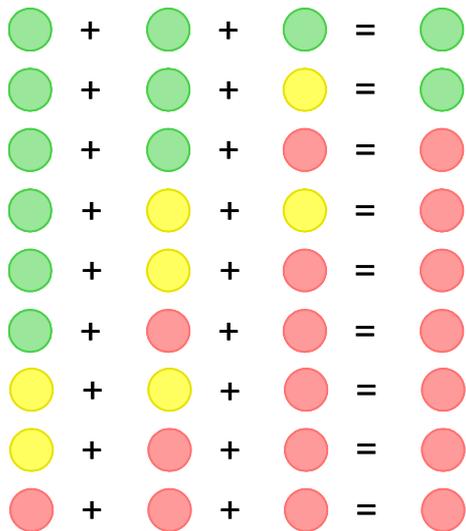
A.4.1 Gewichtung innerhalb von WP 2b bzw. WP 3

Innerhalb der WPs 2b und 3 zeigt Figur A.1 die gleichmässige Gewichtung zwischen Fragenkatalog und Ökobilanz bzw. Raummodul.



Figur A.1: Gewichtung innerhalb der WPs 2b und 3

A.4.2 Gesamtbewertung über alle WPs



Figur A.2: Gesamtbewertung über alle WPs

A.5 DETAILS DER DLL-ECO

La dll-Eco est une librairie informatique destinée à être utilisée par des logiciels de bilans thermiques afin de disposer d'un outil permettant le calcul des impacts environnementaux d'un bâtiment.

A.5.1 Description

Format

La dll-Eco est une librairie win32 codée en Delphi. Elle est portable et peut donc être utilisée sur plateforme Windows par tout logiciel (GUI) en respectant les consignes d'utilisation mentionnées dans ce document. Deux exemples d'utilisation sont fournis pour un GUI codé en Delphi et en C++.

Fichiers

La librairie est constituée des fichiers suivants:

- *meImpacts.dll* : librairie de calcul des impacts environnementaux
- *meDico.dat* : traduction de l'interface graphique d'affichage des résultats
- *categories.lca* : base de données de matériaux et de vecteurs énergétiques.

Les fichiers *meImpacts.dll* et *meDico.dat* doivent être placés dans le même répertoire. Le chemin d'accès au fichier *categories.lca* peut être spécifié lors de la connexion à la base de données.

Données

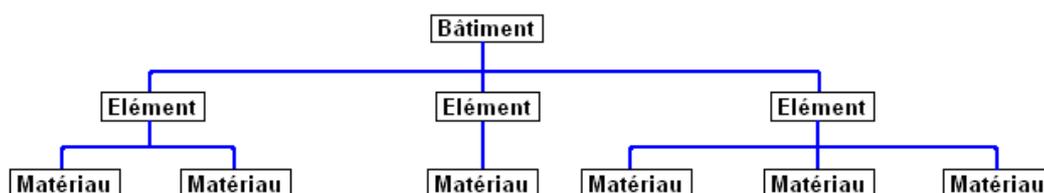
Les données d'impacts stockées dans le fichier *categories.lca* proviennent de la liste KBOB 2007. La base de données pourra être mise à jour lorsque de nouvelles versions de cette liste sortiront.

A.5.2 Structure de données

Chaque logiciel de bilan thermique possède sa propre représentation par bâtiment. Pour utiliser la dll-Eco, un GUI aura pour tâche de convertir cette représentation en une structure utilisable par la dll-Eco. Ce chapitre détaille la création d'une telle structure.

Le bâtiment

Un bâtiment est formé d'éléments (mur, façade, toit, fenêtre, etc..). Chaque élément se compose d'un ou de plusieurs couches de matériaux. La figure 1 illustre les relations entre bâtiment, éléments et matériaux.



Figur A.3: Structure d'un bâtiment

Un bâtiment est représenté informatiquement dans un record de type *TLCABuilding*. Il contient certains inputs qui devront être renseignés par le GUI. Le *TLCABuilding* sera ensuite passé à la dll-Eco qui se chargera de calculer des impacts environnementaux et de remplir les outputs.

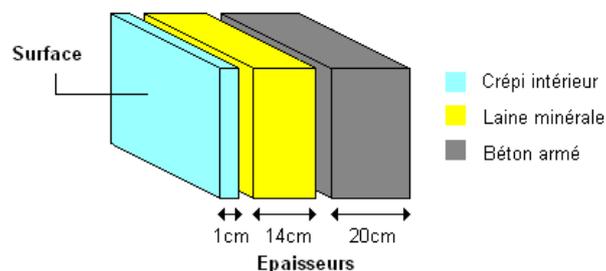
Les éléments

Un élément est un record de type *TLCAElement*. Le GUI a la possibilité d'utiliser des éléments prédéfinis provenant du Bauteilkatalog (BTK) ou de composer lui-même un élément en utilisant des matériaux provenant de la liste KBOB.

Les éléments BTK : Lorsque le GUI veut utiliser un élément provenant du Bauteilkatalog, il est de la responsabilité du GUI de se connecter au BTK et de récupérer les résultats de l'élément désiré. Il suffit alors de fixer *typ = LCABTK* et de spécifier les impacts fournis par le BTK dans le paramètre *impactsBTK*. Il est alors inutile de remplir le tableau *materials*.

Les matériaux

Voyons maintenant plus en détail la composition d'un élément. Comme indiqué précédemment, il est formé de différentes couches. Chacune de ces couches est identifiable par le matériau qui la constitue ainsi que par sa surface et son épaisseur. Prenons l'exemple du mur illustré à la figure 4. Il est formé d'une couche de béton de 20cm d'épaisseur, d'une couche de laine minérale et d'une très fine couche de crépi intérieur. Dans cet exemple, les trois couches possèdent la même surface.



Figur A.4: Composition d'un élément

Un matériau est représenté dans la dll-Eco par un record de type *TLCAMaterial*.

Energie

La dll-Eco gère six types de consommation d'énergie. Ils sont groupés au sein d'un record de types différents.

A.5.3 Résultats

La dll-Eco fournit plusieurs catégories de résultats :

- Les impacts des matériaux de construction
- Les impacts de consommation énergétique
- Les impacts des excavations

La fonction *LCACalcAllImpacts* se chargera de calculer ces impacts et de placer les résultats dans les outputs du *TLCABuilding* passé en paramètre.

Résultats des éléments et des matériaux

La fonction *LCACalcAllImpacts* calcule les impacts totaux de chaque élément du bâtiment en additionnant leurs impacts de fabrication, remplacement et élimination. Ces résultats sont fournis par l'intermédiaire du paramètre *results* d'un *TCLAElement*.

Résultats du bâtiment

La fonction *LCACalcAllImpacts* se charge également de fournir des résultats détaillés au niveau du bâtiment. Ces résultats sont accessibles par le paramètre *results* d'un *TLCABuilding*.

A.6 GEBÄUDECHECK

A.6.1 Ermittlung der potentiellen Altlasten/Schadstoffe

Objektdaten

1	Objektbezeichnung	
2	Objektadresse	
3	PLZ, Ort, Kanton	
4	Anmerkungen	
5	Nutzung	Verwaltung <input type="checkbox"/> Schulbau <input type="checkbox"/> Wohnen EFH <input type="checkbox"/> MFH <input type="checkbox"/> Verkauf <input type="checkbox"/> Restaurants <input type="checkbox"/> Versammlungslokale <input type="checkbox"/> Spitäler <input type="checkbox"/> Industrie <input type="checkbox"/> Lager <input type="checkbox"/> Sportbauten <input type="checkbox"/> Hallenbäder <input type="checkbox"/>
6	Bauweise	
7	Flächen	EBF [m ²] GF [m] A/EBF [-]
8	Baujahr	
9	Sanierung/Umbau	Bereits erfolgte frühere Sanierungen/Umbauten: Datum Ort/Bauteile
10	Fertigstellung	Datum geplante Fertigstellung: Datum geplanter Bezug:

Schadstoffe/Altlasten

Ein detaillierter Gebäudecheck muss frühzeitig in der Planung von Instandsetzungs- oder Sanierungsarbeiten durchgeführt werden. Bei einer Schadstoffuntersuchung ist die Methode auf das Vorkommen und Auftreten der Schadstoffe abzustimmen: Luftuntersuchung, Staubproben, Materialproben etc.

Das Auftreten von Schadstoffen in Gebäuden kann anhand des Baujahrs abgeschätzt werden:

Schadstoffe	Status	Bauzustand	Vorkommen
1. Asbest		Baujahr < 1950	
		Baujahr 1950 - 1982	Brandabschnitte, Dämmungen, Lüftungs-/ Klimaanlage, elektrische und sonstige haustechnische Anlagen, Bodenbeläge (CV oder Cushon-Vinyl), Spritzasbestverkleidung
		Baujahr > 1982	
2. Formaldehyd			Möbel oder Bauteile aus Spanplatten, Klebstoffe, Tapeten, Parkettversiegelung
3. Polychlorierte Biphenyle (PCB)		Baujahr < 1955, Baujahr 1975-1989	
		Baujahr 1955-1975	Fugendichtungen, Fugenmassen, Anstriche
		Baujahr > 1989	
4. Künstliche Mineralfasern (KMF)			freiliegende Glas-, Stein-, Schlackenwolle, Akustikdämmungen
5. Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)		Baujahr < 1991	Asphalt-Fussbodenbeläge, Teerleber, teeröhlhaltige Holzschutzmittel
		Baujahr > 1991	
6. PCP/ Lindan (Holzschutzmittel)		Baujahr < 1978	
		Baujahr 1978 - 1989	Holzschutzmittel, Lederkonservierung, Imprägnierungsmittel
		Baujahr > 1989	
7. Schimmel			Augenscheinlicher Schimmelbefall (Wärmebrücken, Wasserschaden)

A.6.2 Bauteilcheck

Checkliste

Übersicht zu möglichen Schadstoffen in Bauteilen

Konstruktion/ Bauteil	Asbest	KMF	PCB	Holzschutz- mittel	Formaldehyd	PAK	Schimmel/Pilz
Konstruktion, Aussenwand	Faserzementplatten	Dämmung	Dicht- /Fugenmas- sen	Lattung	-	Abdichtung gegen Erd- reich	Dämmung, Hölzer
Fassade	Asbestze- mentplatten	Dämmung	Dichtmassen	Lattung	-	-	Dämmung
Fenster/Türen	Wärme- dämmplatten bei Türen, Fensterbank	Dämmung	Dichtmassen	Holzfenster und Aussentü- ren	-	-	Hölzer
Innenwände	Asbestleicht- bauplatten	Dämmung in Trockenbau- wänden	-	Holzständer- werk	Holzwerk- stoffplatten	-	Tapeten, Dämmstoffe
Decken	Unterlagsbo- den	Unterlagsbo- den	-	Holzdecken	Holzwerk- stoffplatten	Teerasphalt- Unterlagsbo- den	Holzunter- lagsböden
Treppen	-	-	-	Holztreppen, Geländer	-	-	-
Dächer	Asbestze- ment- Wellplatten	Dämmung	-	Sparren, Pfet- ten, Lattung, Schalung	-	Teerpape, Vergussmas- sen	Hölzer, Dämmstoffe
Balkone	Asbest- Vinylverklei- dung	-	-	-	-	Teerpape, Vergussmas- sen	-
Oberflächen: Wand, Decke	Heizkörperni- sche, Fens- terbank	in abgehäng- ten Decken, Akustik- /Schalldämmu ng	-	Holzverklei- dung, Täfer, Spanplatten	Holzwerk- stoffplatten	-	Tapeten, Putze bei Feuchte
Bodenbelag	Florflex, Cus- hin-Vinyl	-	-	Holzfussbö- den	Holzwerk- stoffplatten	Parkettkleber, Asphaltplat- ten, Teerkork	-
Heizung/ Rohrleitungen	Dämmung, Dichtung, Elektro- Speicheröfen	Dämmung	Elektrospei- chergeräte	-	-	-	-
Sanitär/Elektro	Abwasserroh- re, Kabelka- näle	Dämmung	Kühl- /Isolierflüssigk eiten in Trafo u nd Kondens- atoren	-	-	-	-
Lüftung	Lüftungskanä- le	-	-	-	-	-	-

Durchführung

- Alle Räume, auch wenn sie auf ersten Blick gleichartig erscheinen, begehen und systematisch visuell untersuchen (ohne Werkzeuge)
- Verdächtige Materialien im Publikumsbereich mit hohem Freisetzungspotenzial beproben
- Situation und Dringlichkeit der Schadstoffsanierung nach geltenden Vorschriften beurteilen
- Objektmanager informieren. Bei Einleitung allfälliger Sofortmassnahmen und Information der Beteiligten mitwirken
- Gefundene bzw. verdächtige Materialien in Datenbank und mit Fotos dokumentieren

Mit Hilfe der folgenden Tabelle kann eine systematische Untersuchung dokumentiert werden. Hierbei sind die Bauteile, wie auch die Räume, in denen mögliche Schadstoffe vermutet werden zu dokumentieren (Beschreibung, Lage, Foto).

Dokumentation Bauteilcheck

Konstruktion/ Bauteil	Raum Nr./Geschoss etc.	Beurteilung
Konstruktion, Tragwerk		
Fassade		
Dächer		
Fenster/Türen		
Innenwände		
Decken		
Treppen		
Balkone		
Oberflächen: Wand, Decke		
Bodenbelag		
Heizung/Rohrleitungen		
Sanitär/Elektro		
Lüftung		

Quellen:

[21], [41], [42], [43], [45]

A.7 FORMULAR ZUR ERMITTLUNG DES GEBÄUDEZUSTANDS

A.7.1 Vorgehen zur Ermittlung des Gebäudezustands

- Ausfüllen der Tabelle zur Ermittlung des Gebäudezustands
- Bestimmung des Abnutzungsgrades in Anlehnung an Beispieltabelle
- Bestimmung des Abnutzungsgrades kann anteilmässig differenziert werden (z.B. nach Gebäudeteilen)
- Bestimmung des Gebäudezustands: Summierung aller Kategorien (anteilmässig gewichtet): guter Zustand = 1 Pt., leichte Abnutzung = 2 Pt., grössere Abnutzung = 3 Pt., schlechter Zustand = 4 Pt.
- Gesamtpunktzahl: 9-15 Pt. = guter Zustand (a), 16-22 Pt. = leichte Abnutzung (b), 23-29 Pt. = grössere Abnutzung (c), 30-36 Pt. = schlechter Zustand

A.7.2 Tabelle mit Beispielen zum Gebäudezustand

Quelle: [40]

	Guter Zustand (1 Pt.)	Leichte Abnutzung (2 Pt.)	Grössere Abnutzung (3 Pt.)	Schlechter Zustand (4 Pt.)
Tragkonstruktion	Gebäude in statisch gutem Zustand; keine Risse, Abplatzungen, Durchbiegungen etc. sichtbar	Gebäude in statisch gutem Zustand; Spuren von Haarrissen, Abplatzungen; keine Durchbiegungen sichtbar	Spuren von Haarrissen, Abplatzungen und Durchbiegungen, beschädigte Fläche < 5%	Erhebliche Risse, beschädigte Fasadefläche > 5%, Durchbiegungen, Setzungen, Abplatzungen deutlich erkennbar
Fassade, Aussenfenster, -türen	Keine sichtbaren Schäden, Anstrich sauber, keine Anzeichen von Ablösungen oder Rissen, keine Anzeichen von Schäden an Befestigungen; keine sichtbaren Schäden an Balkonen; Wärmedämmung entspricht den Mindestanforderungen nach SIA 380/1; Fenster, Türen: in gutem Zustand, Dämmung genügend, Schliessung funktioniert	Anstrich verwittert, Putzschäden < 20% der Fasadefläche, keine Anzeichen von Schäden an Befestigungen; Balkone: Verschmutzung, örtliche Haarrisse, kleinere Belagschäden; Fenster, Türen: Oberflächen teilweise beschädigt, Schliessung funktioniert	Anstrich verwittert, Ausblühungen, Putzschäden 20-50% der Fasadefläche, keine Anzeichen von Schäden an Befestigungen; Balkone: zahlreiche Risse und Abplatzungen ohne Beeinträchtigung der Sicherheit, teilweise mangelhafte Verankerung; Fenster, Türen: Oberflächen und Beschläge beschädigt	Anstrich verwittert, Ausblühungen, Putzschäden > 50% der Fasadefläche, Anzeichen von korrodierten Befestigungen, Sicherheit gefährdet; Balkone: Sicherheit gefährdet; unzureichende Wärmedämmung; Fenster, Türen: sämtlich beschädigt, Dämmung ungenügend, Schliessung funktioniert nicht
Dach	Deckung und Abschlüsse in gutem Zustand, Wasserdichtigkeit gewährleistet; ausreichende	Deckung und Abschlüsse weitgehend in gutem Zustand, Wasserdichtigkeit gewährleistet	Deutlich sichtbare Schäden an Dachdeckung, örtliche Wassereintritte	Erhebliche Schädigung der Dachdeckung, verbreitete Wassereintritte; Wärmedämmung ungenü-

	Guter Zustand (1 Pt.)	Leichte Abnutzung (2 Pt.)	Grössere Abnutzung (3 Pt.)	Schlechter Zustand (4 Pt.)
	Dämmung			gend
Gebäudetechnik	<p>Wärmeerzeugung in gutem Zustand;</p> <p>Leitungs-dämmung genügend, Leitungen voll funktionstüchtig;</p> <p>Heizkörper funktionsfähig;</p> <p>Lüftung ausreichend dimensioniert; behördliche Vorschriften werden eingehalten</p>	<p>Wärmeerzeugung: Dämmung teilweise beschädigt, Wirkungsgrad unsicher;</p> <p>Leitungen: Dämmung teilweise beschädigt, punktuelle Roststellen;</p> <p>Heizkörper verschmutzt, schlechter Durchfluss, Vorlauf-temperatur unter 60°C</p>	<p>Wärmeerzeugung: Dämmung beschädigt, Wirkungsgrad ungenügend;</p> <p>Leitungen: Dämmung beschädigt, deutliche Roststellen;</p> <p>Heizkörper verschmutzt, schlechter Durchfluss, Vorlauf-temperatur über 60°C</p>	<p>Wärmeerzeugung entspricht nicht den behördlichen Vorschriften;</p> <p>Leitungen: deutliche Roststellen, ungenügende Dämmung, Leitungen am falschen Ort, elektrische Installationen entsprechen nicht den Vorschriften;</p> <p>Heizkörper veraltet, Standorte falsch;</p> <p>Lüftung ungenügend dimensioniert</p>
Innenausbau, Innentüren	<p>Bodenbeläge: Oberflächen, Sockelleisten, Fugen in Ordnung;</p> <p>Wandverkleidungen: Verkleidungen, Anstriche, Tapeten in gutem Zustand;</p> <p>Deckenverkleidungen: in gutem Zustand, Oberflächen sauber;</p> <p>Türen: funktions-tüchtig, Oberflächen sauber</p>	<p>Bodenbeläge: örtliche Verschleissstellen, Sockelleisten, Fugen teilweise beschädigt;</p> <p>Wandverkleidungen: Untergrund in Ordnung, Oberflächen schmutzig;</p> <p>Deckenverkleidungen: Oberflächen verschmutzt, Untergrund in gutem Zustand;</p> <p>Türen: mehrheitlich funktionstüchtig, Oberflächen punktuell schadhaf</p>	<p>Bodenbeläge: Belag teilweise abgelöst, Sockelleisten/Fugen verbreitet beschädigt;</p> <p>Wandverkleidungen: Oberflächen schmutzig, Untergrund teilweise gerissen;</p> <p>Deckenverkleidungen: Oberflächen verschmutzt, örtliche Ablösungen/Risse;</p> <p>Türen: nur teilweise funktions-tüchtig, Oberflächen schadhaf</p>	<p>Bodenbeläge: Belag verbreitet abgelöst, Schäden an Unterlagsböden;</p> <p>Wandverkleidungen: Oberflächen und Untergrund in schlechtem Zustand;</p> <p>Deckenverkleidungen: Oberflächen stark beschädigt, Untergrund in schlechtem Zustand;</p> <p>Türen: nicht funktionstüchtig, Oberflächen in schlechtem Zustand</p>
Energie	MINERGIE-Standard für Sanierungen erfüllt	-	MINERGIE-Standard für Sanierungen nicht erfüllt	-
Schall	Anforderungen der Fassade nach SIA 181 erfüllt	-	Anforderungen der Fassade nach SIA 181 nicht erfüllt	-

	Guter Zustand (1 Pt.)	Leichte Abnutzung (2 Pt.)	Grössere Abnutzung (3 Pt.)	Schlechter Zustand (4 Pt.)
Feuchte	keine Feuchteschäden	Feuchteschäden vorhanden, die die Ästhetik beeinträchtigen	Feuchteschäden vorhanden, die die Ästhetik und Dauerhaftigkeit beeinträchtigen	Feuchteschäden vorhanden, die die Ästhetik, Dauerhaftigkeit und Tragfähigkeit beeinträchtigen
Schadstoffe	nicht bis wenig schadstoffbelastet Grundlage: Gebäudecheck	teilweise schadstoffbelastet, nur Sicherung der Schadstoffe nötig Grundlage: Gebäudecheck	teilweise schadstoffbelastet, Sicherung und teilweise Ausbau der Schadstoffe nötig Grundlage: Gebäudecheck	grossflächige Schadstoffbelastung, Sicherung und Ausbau der Schadstoffe nötig Grundlage: Gebäudecheck
Summe	9-15 Pt.	16-22 Pt.	23-29 Pt.	30-36 Pt.

A.7.3 Tabellenvorlage zum Ausfüllen vom Antragssteller

	Guter Zustand (1 Pt.)	Leichte Abnutzung (2 Pt.)	Grössere Abnutzung (3 Pt.)	Schlechter Zustand (4 Pt.)
Tragkonstruktion	Bau-/ Gebäude- teile: % bzw. m ³	Bau-/ Gebäude- teile: % bzw. m ³	Bau-/ Gebäude- teile: % bzw. m ³	Bau-/ Gebäude- teile: % bzw. m ³
Fassade, Aussen- fenster, -türen	Bau-/ Gebäude- teile: % bzw. m ²	Bau-/ Gebäude- teile: % bzw. m ²	Bau-/ Gebäude- teile: % bzw. m ²	Bau-/ Gebäude- teile: % bzw. m ²
Dach	Bau-/ Gebäude- teile: % bzw. m ²	Bau-/ Gebäude- teile: % bzw. m ²	Bau-/ Gebäude- teile: % bzw. m ²	Bau-/ Gebäude- teile: % bzw. m ²
Gebäudetechnik	Bau-/ Gebäude- teile: %			
Innenausbau, Innentüren	Bau-/ Gebäude- teile: % bzw. m ²	Bau-/ Gebäude- teile: % bzw. m ²	Bau-/ Gebäude- teile: % bzw. m ²	Bau-/ Gebäude- teile: % bzw. m ²
Energie	Bau-/ Gebäude- teile: %			
Schall	Bau-/ Gebäude- teile: % bzw. m ²	Bau-/ Gebäude- teile: % bzw. m ²	Bau-/ Gebäude- teile: % bzw. m ²	Bau-/ Gebäude- teile: % bzw. m ²
Feuchte	Bau-/ Gebäude- teile: % bzw. m ²	Bau-/ Gebäude- teile: % bzw. m ²	Bau-/ Gebäude- teile: % bzw. m ²	Bau-/ Gebäude- teile: % bzw. m ²
Schadstoffe	Bau-/ Gebäude- teile: %			
Summe				

A.8 FORMULAR ZUR ERMITTLUNG DER SANIERUNGSTIEFE

Quelle: [40]

	Niedrige Sanierungstiefe (1 Pt.)	Mittlere Sanierungstiefe (2 Pt.)	Hohe Sanierungstiefe (3 Pt.)
Tragkonstruktion	Tragstruktur nicht ersetzt, nur einzelne Oberflächen/ Verkleidungen erneuert	Tragstruktur weitgehend nicht ersetzt, einzelne Schichten werden erneuert	Tragstruktur wird in weiten Teilen ersetzt
Fassade, Aussenfenster, -türen	Fassade: nur die Oberflächen werden erneuert (z.B. Putz, Anstrich) Fenster, Türen: Erneuerung des Anstrichs	Fassade: einzelne nicht tragende Schichten werden grossteils erneuert (z.B. Ersatz der Fassadenbekleidung) Fenster, Türen: teilweise Ersatz (< 50%)	Fassade: wird grossflächig ersetzt Fenster, Türen: weitgehender Ersatz (> 50%)
Dach	geringfügige Ausbesserungen an der Deckschicht, keine Erneuerung der Wasserdichtigkeit	Deckschicht wird weitgehend ersetzt	Der komplette Dachaufbau wird weitgehend ersetzt
Gebäudetechnik	kein Ersatz ganzer Maschinen, teilweise Erneuerung der Leitungsdämmung, geringfügige Änderung der Leitungsführung	Ersatz einzelner Maschinen, Leitungsdämmungen werden in grösserem Umfang ersetzt, teilweise Änderung der Leitungsführung	Ersatz wesentlicher Maschinen, Leitungsdämmungen werden in grossem Umfang ersetzt, weitgehende Änderung der Leitungsführung
Innenausbau, Innentüren	Bodenbeläge, Wandverkleidungen, Deckenverkleidungen: Ersatz der Oberflächenschichten (z.B. Schleifen, Anstrich) Türen: Erneuerung des Anstrichs	Bodenbeläge, Wandverkleidungen, Deckenverkleidungen: Ersatz ganzer Schichten (ohne Tragkonstruktion) Türen: teilweise Ersatz (< 50%)	Bodenbeläge, Wandverkleidungen, Deckenverkleidungen: grossflächiger Ersatz der Oberflächenmaterialien, Eingriffe in die Tragstruktur Türen: weitgehender Ersatz (> 50%)
Summe			