

EcoEasy - Abschlussbericht

**Entwicklung einer Methode zur Bewertung der potentiellen Umweltwirkungen von
Gebäuden in frühen Planungsphasen
Abschlussbericht - Juli 2012**



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Bearbeiter:

Technische Universität Darmstadt
Fachgebiet Entwerfen und Energieeffizientes Bauen
Prof. Manfred Hegger
Dipl.-Ing. Joost Hartwig (Projektleitung)
Dipl.-Ing. Michael Keller
cand. arch. Larissa Elschen
cand. arch. Patrick Pick

BEIBOB Medienfreunde Lode, Mathes, Möller GBR
Dipl. Inf. Tobias Lode
Dipl. Des. Dirk Mathes

Drexler Guinand Jauslin Architekten GmbH
Dipl.-Arch. ETH Architekt Hans Drexler M. Arch (dist.)
Dipl.-Ing. Anne Bauer

Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung gefördert.

Aktenzeichen: SF – 10.08.7- 10.17 / II 3 – F20-10-1-033

Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt bei den Autoren

Zusammenfassung

Im Rahmen des Forschungsprojekts „EcoEasy - Entwicklung einer Methode zur Bewertung der potentiellen Umweltwirkungen von Gebäuden in frühen Planungsphasen“ wurde ein prototypisches Softwaretool entwickelt, mit dem eine grobe Ökobilanz eines Gebäudes bereits in frühen Planungsphasen erstellt werden kann, um die Gebäudeplanung entsprechend zu optimieren.

Gebäude tragen in erheblichen Umfang zu den Umweltschäden und Ressourcenverbräuchen durch die Gesellschaft bei. Über 40% des weltweiten Energieverbrauchs und mehr als ein Drittel der weltweiten Treibhausgasemissionen gehen auf die Errichtung und den Betrieb von Gebäuden zurück¹. Zudem tragen Gebäude zu mehr als der Hälfte des gesamten Abfallaufkommens in Deutschland bei². Laut den Vereinten Nationen kommt Gebäuden daher eine Schlüsselrolle im Kampf gegen den Klimawandel zu³.

Zur Verringerung der Umweltfolgen von Gebäuden konzentrierten sich Fachleute und Gesetzgeber bisher in erster Linie auf die Reduktion der Betriebsenergie, da durch Herstellung, Instandhaltung und Rückbau verursachte Emissionen bei Gebäuden älteren Baujahrs vernachlässigbar klein waren. Durch verbesserte Technik und veränderte rechtliche Auflagen (Wärmeschutzverordnung, Energieeinsparverordnungen) erhöhte sich der energetische Standard der neu errichteten und sanierten Gebäude erheblich. Dadurch spielen bei neuen Gebäuden mit optimiertem Betriebsenergieverbrauch die Umweltwirkungen aus Herstellung, Instandhaltung und Entsorgung der Gebäudekonstruktion eine größere Rolle (siehe Abbildung 1). Diese Tendenz wird sich durch die Etablierung von Netto-Nullenergiehäusern verstärken.

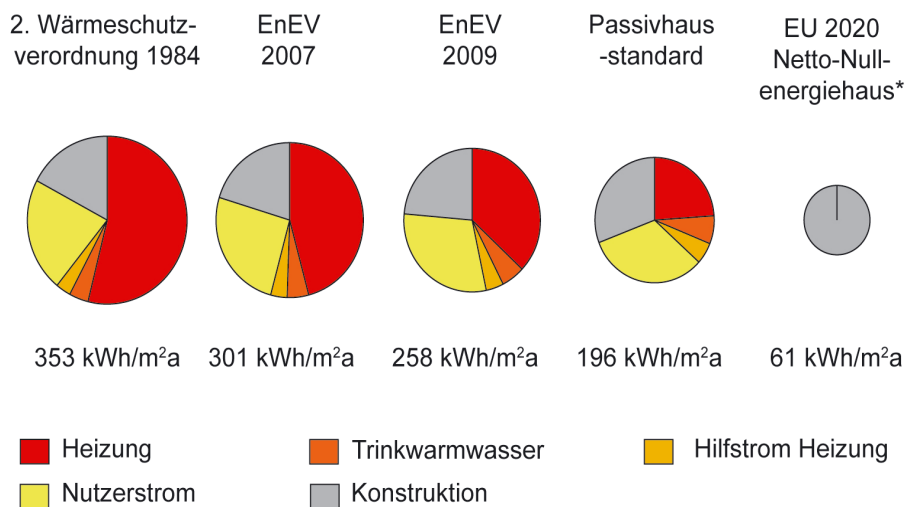


Abbildung 1: Bedarf an zugeführter Primärenergie (z.B. über das Stromnetz) für Wohngebäude unterschiedlicher energetischer Standards im Jahresmittel (Betrachtungszeitraum 50 Jahre). Die Reduzierung des Wärmebedarfs wird bis 2020 mit dem "Netto-Nullenergiehaus" der EU ihren Abschluss finden. Diese Gebäude werden ihren Energiebedarf für Heizung, Warmwasser sowie Hilfs- und Nutzerstrom im Jahresmittel selbst decken. Rechnerisch besteht der Primärenergiebedarf dann lediglich aus Aufwendungen für Herstellung, Instandhaltung und Entsorgung der Gebäudekonstruktion.

¹ UNEP SBCI: Buildings and Climate Change. Summary for Decision-Makers. Paris 2009, S. 6. Abrufbar im Internet. URL: www.unep.org/sbci/pdfs/SBCI-BCCSummary.pdf. Stand: 25.7.2012.

² Statistisches Bundesamt: Abfallwirtschaft. Hohe Wiederverwertung, kaum noch Deponierung von Abfällen. Wiesbaden 2007. Abrufbar im Internet. URL: https://www.destatis.de/DE/Publikationen/STATmagazin/Umwelt/2007_11/Umwelt2007_11.html. Stand: 25.07.2012.

³ United Nations Environment Programme: Buildings Can Play a Key Role in Combating Climate Change. Oslo 2007. Abrufbar im Internet. URL: <http://www.unep.org/Documents.Multilingual/Default.asp?DocumentID=502&ArticleID=5545&l=en>. Stand: 25.7.2012.

Grundlage für das dargestellte Netto-Nullenergiehaus 2020 ist das „Förderprogramm für Modellprojekte im Effizienzhaus Plus Standard“ des Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS)⁴.

Ein nächster logischer Schritt zur Reduktion des Energieverbrauchs und der Umweltfolgen von Gebäuden ist die Betrachtung von Herstellung, Instandhaltung und Entsorgung der Baukonstruktion über den gesamten Lebenszyklus hinsichtlich ihrer möglichen Optimierung. Hierzu wurde die Methode der Ökobilanzierung bereits für den Einsatz im Bauwesen angepasst. Eine Ökobilanz analysiert den Lebensweg von Produkten. Dazu betrachtet man die Lebensstadien Rohstoffgewinnung, Herstellung, Verarbeitung und Transport, ggf. auch Gebrauch, Nachnutzung und Entsorgung. In einer sogenannten Sachbilanz werden zunächst die für das Produktsystem relevanten Stoff- und Energieumwandlungsprozesse erfasst und quantifiziert. In der Wirkungsabschätzung wird dann der Beitrag der Sachbilanzergebnisse zu bestimmten Wirkungskategorien ermittelt. Wirkungskategorien beschreiben jeweils eine bestimmte potentielle Umweltwirkung (z.B. Treibhauspotential) und werden mittels eines Stoffäquivalents (z.B. CO₂-Äquivalent) dargestellt. Alle Stoffströme der Sachbilanz mit einem Beitrag zu einer bestimmten Wirkungskategorie werden mittels festgelegter Charakterisierungsfaktoren in das jeweilige Stoffäquivalent umgerechnet und zusammengefasst. Auf diese Weise gelingt es, hunderte Emissionen mit wenigen potentiellen Umweltwirkungen zu beschreiben. In einigen Gebäudezertifizierungssystemen erfolgt mit Hilfe dieser Methode bereits die Bewertung der Umweltwirkungen des Lebenszyklus.

Ziel des Forschungsprojekts

Die beschriebenen Entwicklungen erfordern, dass Planerinnen und Planer Umweltfolgen Ihrer Bauvorhaben in den verschiedenen Phasen abschätzen und analysieren können, um sie gegebenenfalls zu optimieren. Bisher zur Verfügung stehende Ökobilanzierungsverfahren erfordern detaillierte Angaben zur Konstruktion und finden deswegen erst in späten Planungsphasen Anwendung. Dann sind Anpassungen in Hinblick auf die Ergebnisse mit erheblichem Zeitaufwand, Kosten und Verzögerungen im Planungsablauf verbunden und kaum durchsetzbar. Im Gegensatz dazu ist in den frühen Planungsphasen zwar das Entwicklungspotential eines Projektes am größten, die Datengrundlage für Entscheidungen aber am geringsten. Allerdings werden meist zu Beginn grundsätzliche Festlegungen (Art der Fassaden, Material der Primärkonstruktion) getroffen, die das Gebäude und seine Umweltfolgen oft entscheidender prägen als die konstruktive Umsetzung in späteren Planungsphasen. Hier setzt das vorliegende Forschungsprojekt an: Es sollte ein einfach zu handhabendes Ökobilanzierungs-Werkzeug entwickelt werden, das bereits in frühen Entwurfs- und Planungsphasen zum Einsatz kommt und rechtzeitig Rückmeldungen über zu erwartende Umweltfolgen des späteren Gebäudes gibt. Dadurch ist es möglich, Ökobilanzierungen zu einem integralen Bestandteil der Erstellung nachhaltiger Gebäude zu machen und im Planungsprozess zu etablieren.

Durchführung der Forschungsaufgabe

Grundannahme des Forschungsvorhabens EcoEasy ist, dass Gebäude mit ähnlichen Merkmalen (Größe, Orientierung, Konstruktion, energetische Standards) vergleichbare Umweltfolgen haben. Wenn in einer Datenbank Vergleichswerte für diese Merkmale gesammelt werden, dann kann mit einem geringem Eingabeaufwand ein zu untersuchendes Gebäude eingeordnet und seine Umweltfolgen abgeschätzt werden.

⁴ Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Richtlinie des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung über die Vergabe von Zuwendungen für Modellprojekte im Effizienzhaus Plus-Standard im Jahre 2012. 2012. URL: <http://www.bmvbs.de/SharedDocs/DE/Artikel/B/forschungsinitiative-zukunft-bau-foerderrichtlinie-modelle-ehp-standard.html?nn=75494>. Stand: 17.7.2012.

Ursprünglich sollte die Datengrundlage aus eingegebenen Projekten generiert werden. EcoEasy ist daher Server-basiert, das heißt, theoretisch arbeiten alle Nutzer mit der gleichen Datengrundlage und in der gleichen Datenbank. Dadurch vergrößert sich die Datengrundlage mit jeder Erfassung und die Vorhersagegenauigkeit der Umweltwirkungen verfeinert sich. Es ließen sich auch Werte wie Umweltwirkungen pro Quadratmeter und Jahr als grober Gesamtdurchschnitt aller in EcoEasy eingegeben Gebäude ausgeben.

Im Laufe des Projekts wurden allerdings verschiedene Schwierigkeiten bei diesem Vorgehen identifiziert. Zum Einen ist die Vorhersagegenauigkeit sehr gering, so dass der Nutzer bei einer späteren Spezifizierung der Geometrie, der Baukonstruktion und des Heizsystems noch mit großen Sprüngen im Ergebnis konfrontiert wäre, zum Anderen ergibt sich kein linearer Arbeitsprozess, da der Nutzer zwar eine Abschätzung erhält, das Ergebnis aber nicht im Rahmen der Planung weiterentwickeln kann. Im Gegenteil der Nutzer würde nach und nach die immer gleichen Parameter sukzessive verändern und kombinieren müssen und dann die jeweiligen Ergebnisse miteinander vergleichen. Der Programmablauf wurde daher entsprechend geändert, um den planungsbegleitenden Charakter von EcoEasy beibehalten zu können.

Der Software-Prototyp

Grundsätzlich ist EcoEasy in zwei Programmbereiche gegliedert: den Projektbereich, in dem die Projekte verwaltet und bearbeitet werden und die Bauteilbibliothek, in der Bauteilaufbauten erstellt und gespeichert werden. Ein Projektassistent hilft bei der Erstellung eines neuen Projekts. Dieser Assistent erzeugt mit wenigen Eingaben ein generisches Gebäudemodell. Notwendige Eingaben sind:

- die Bauweise und der energetische Standard z.B. „Holzrahmenbau EnEV“
- geometrische Angaben zum Gebäude (Länge, Breite, Höhe des Gebäudes)
- Angaben zur Orientierung
- Anzahl der Geschosse / Kellergeschosse
- Fensterflächenanteil in Prozent
- Standortregion nach DIN 4108-6 Anhang A

Aus diesen Eingaben wird ein Gebäudemodell angelegt, das mit vorgegebenen Bauteilaufbauten aus der Bauteilbibliothek ausgestattet ist. Diese sind für die gewählte Bauweise und den angestrebten energetischen Standard in der Datenbank hinterlegt. Die Fenster werden entsprechend des Fensterflächenanteils zunächst gleichmäßig auf alle Fassaden verteilt, als Heizsystem wird standardmäßig das Anlagenschema 1 (Erdgas-/ Heizöl-Niedertemperaturkessel) angesetzt. Anhand der errechneten U-Werte der Bauteile, der solaren und inneren Gewinne und der Anlagentechnik berechnet das Programm Heizwärme- und Endenergiebedarf. Art und Menge der verwendeten Materialien ergeben die Umweltwirkungen der Gebäudekonstruktion. Aus Endenergiebedarf und dem entsprechenden Nutzungsdatensatz der Heizungsanlage werden die Umweltwirkungen des Gebäudebetriebs abgeleitet. Alle Ergebnisse werden dem Nutzer auch graphisch zur Verfügung gestellt.

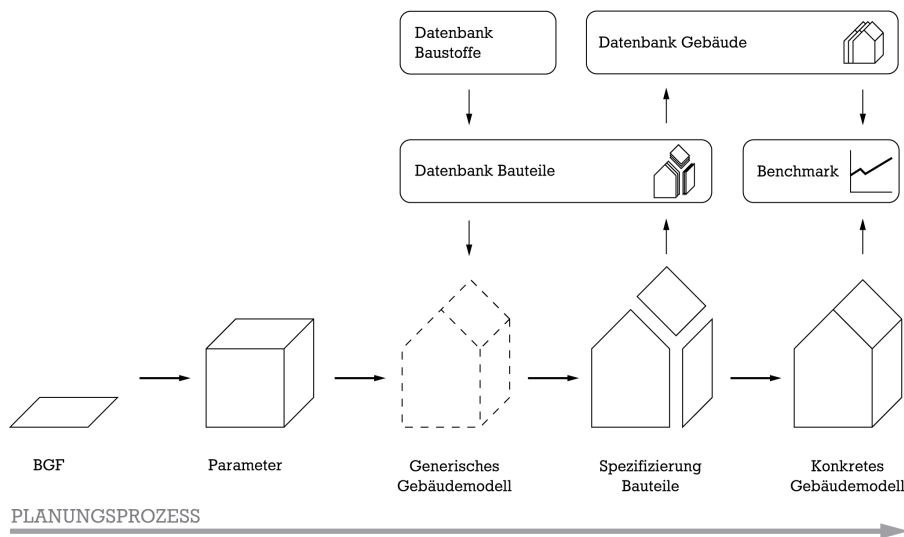


Abbildung 2: Programmablauf von EcoEasy. Aus wenigen Parametern wird zunächst ein generisches Gebäudemodell entwickelt, das Bauteile aus der EcoEasy Datenbank verwendet. Über die Spezifizierung der Bauteile wird das Gebäudemodell schrittweise an das reale Gebäude angepasst. Die Ergebnisse können mit anderen Projekten aus EcoEasy verglichen werden.

Aufbauend auf diesen ersten Ergebnissen kann der Nutzer mit der Spezifizierung der Gebäudegeometrie und Optimierung der Ökobilanzaspekte beginnen (siehe Abbildung 2). Über die Auswirkungen jeder Änderung am Gebäudemodell wird der Nutzer durch automatisch aktualisierte Grafiken direkt informiert (siehe Abbildung 3). Diese Grafiken zeigen nicht nur die Verteilung der Umweltwirkungen auf die unterschiedlichen Abschnitte des Gebäudelebenszyklus (Herstellung, Instandhaltung, Betrieb und Entsorgung) für unterschiedliche Wirkungskategorien der Ökobilanz (Treibhauspotential, Versauerung, etc.) und deren Entwicklung über die Nutzungszeit auf, sondern erlauben auch den Vergleich mit anderen Gebäuden der Datenbank bzw. mit festgelegten Benchmarks, wie sie zum Beispiel Zertifizierungssysteme verwenden.

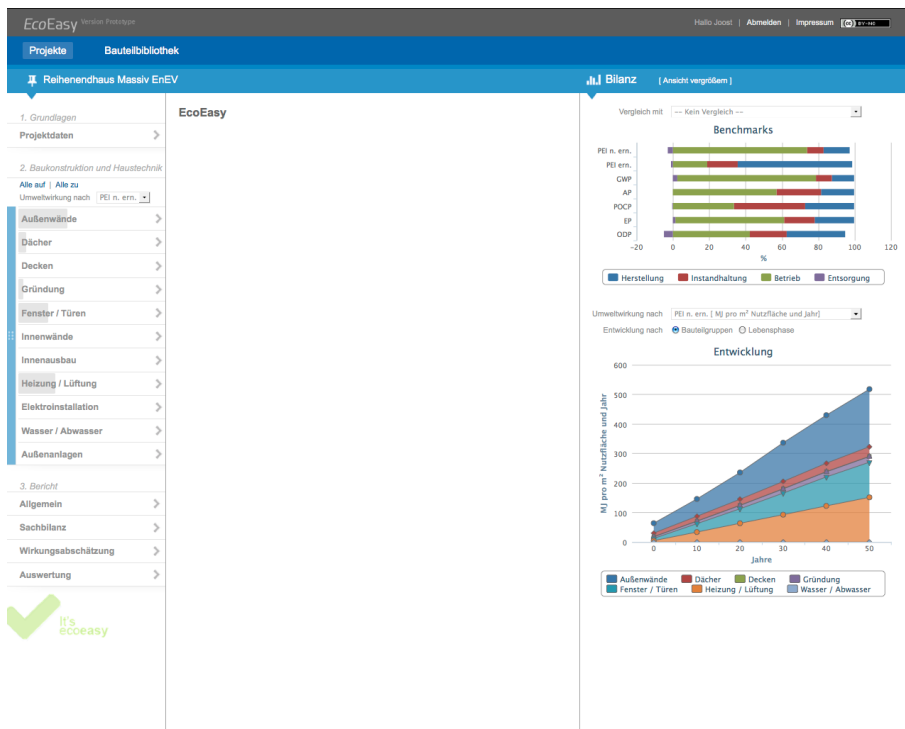


Abbildung 3: Arbeitsoberfläche von EcoEasy. Diese ist in drei Bereiche gegliedert: die Navigation ganz links, den Arbeitsbereich in der Mitte (in dieser Darstellung leer) und den Ergebnisbereich ganz rechts. Im Navigationsbereich kann der Nutzer über die grauen Balken leicht die Bauteile mit einem besonders hohem Anteil an der gewählten Wirkungskategorie erkennen und diese gezielt bearbeiten. Auf der rechten Seite sind die Ergebnisse der Gebäudeökobilanz in unterschiedlichen Darstellungen ablesbar. Diese Darstellungen werden bei jeder Veränderung des Gebäudemodells durch den Nutzer aktualisiert.

Die Sortierung der Bauteile orientiert sich grob an den Kostengruppen der DIN 276. Durch eine graphische Ausgabe auch im Bereich der Navigation wird der Nutzer auf die Bauteile hingewiesen, die einen besonders großen Anteil zu einer vorher gewählten Wirkungskategorie haben. Diese kann der Nutzer dann bevorzugt optimieren. EcoEasy ermöglicht es, neben der schnellen Bilanz in frühen Planungsphasen auch vollständige Ökobilanzen für detaillierte Planungen durchzuführen.

Zusammenfassung der Ergebnisse

Im zweiten Schritt des Projekts wurde untersucht, inwieweit die Vorhersagen, die das Programm EcoEasy in einer frühen Planungsphase mit dem beschriebenen Verfahren trifft, mit einer später durchgeführten, vollständigen Ökobilanz übereinstimmt. Dazu wurde zunächst eine vollständige Bilanz eines Gebäudes mit EcoEasy und in Microsoft Excel erstellt. Beide Bilanzen benutzen als Datengrundlage die Ökobaudat 2009. Mittels des Vergleichs beider Ergebnisse konnte zunächst sichergestellt werden, dass die Berechnungen in EcoEasy korrekt sind. Im Anschluss wurde das Gebäude noch einmal mit Hilfe des Projektassistenten eingegeben. Aus dem Vergleich der Ergebnisse ließen sich Aussagen zur Vorhersagegenauigkeit treffen.

Die Ergebnisse des neu angelegten Projekts weichen in den einzelnen Abschnitten des Lebenszyklus zum Teil erheblich vom Ergebnis der vollständigen Bilanz ab. Im Rahmen der Auswertung konnten unterschiedliche Ursachen für die Abweichungen zwischen Neueingabe und ausführlicher Bilanz identifiziert werden. Dies sind unter anderem:

- Abweichende Flächen und Volumina
- Abweichende Bautypologie (in diesem Fall ein Reihenendhaus)
- Abweichendes Heizsystem
- Bezugsgröße der Auswertung

In einem zweiten Untersuchungsschritt wurden daher diese Ursachen bevorzugt bearbeitet. Wenige Modifikationen, die ein geübter Benutzer in kurzer Zeit durchführen kann, erhöhten die Vorhersagegenauigkeit deutlich. Insbesondere die Wahl des Heizsystems und die Anpassung an die reale bauliche Situation haben einen großen Einfluss. Bei einer Weiterentwicklung von EcoEasy wäre zu prüfen, inwieweit diese Punkte bereits im Projektassistenten berücksichtigt werden können.

EcoEasy wurde als Methodik entwickelt und an einem Berechnungsprototypen erprobt. Zur Entwicklung einer funktionsfähigen Software wäre die Betrachtung unter anderen folgender Gesichtspunkte notwendig:

- Nutzerverwaltung
- Betriebskonzept (technisch und fachlich)
- Fortlaufende Anpassung an technische, fachliche und methodische Entwicklungen
- Verbesserung des Nutzerkomforts (Bedienerfreundlichkeit)
- Modularisierung der Programmbestandteile zur besseren Integration weiterer Programmmodule
- Etablierung von Schnittstellen zu anderen Programmen

Der vorhandene Softwareprototyp bietet neben der Weiterentwicklung zu einer Anwendersoftware eine Reihe von Ansätzen zur Weiterentwicklung. Dies sind unter anderem:

- Integration von Lebenszykluskosten analog zur ökologischen Betrachtung des Lebenszyklus
- Integration anderen Nutzungen: Erweiterte Eingabe von Kühlbedarf, Lüftung, Beleuchtung und Nutzungsstrom (Berechnung der Energiebedarfe nach DIN V 18599 oder einem anderen vereinfachten Verfahren für Nichtwohngebäude)
- Ganzheitliche Optimierung: Integration weiterer relevanter Module (Erweiterung des Untersuchungsrahmens)
 - Ökologische Wirkungen der Mobilität der Nutzer des Gebäudes (Einbeziehung des Standorts in die Betrachtung)
 - Wasserverbrauch der Gebäudekonstruktion und des Gebäudekonstruktion
 - Infrastruktur (Erschließung, Leitungen, öffentliche Gebäude)
 - Landverbrauch, gebäudebezogen und Infrastruktur
- Variantenvergleich innerhalb der Software
- Verbesserte Plausibilitätsprüfungen für die Datengrundlage und die eingegebenen Bauteile und Gebäude.

Insgesamt bestätigen die Ergebnisse des Projekts die These, dass Gebäude mit ähnlichen Eigenschaften (Größe, Orientierung, Konstruktion, energetische Standards) vergleichbare Umweltfolgen aufweisen. Im Rahmen des Projekts konnte ein Softwareprototyp entwickelt werden, der noch keine optimalen Abschätzungen zulässt, aber durch einige Modifikationen Optimierungspotential besitzt. Die Projektergebnisse bieten inhaltliche und technische Ansätze für weitere Forschungs- und Entwicklungsprojekte.

Abstract

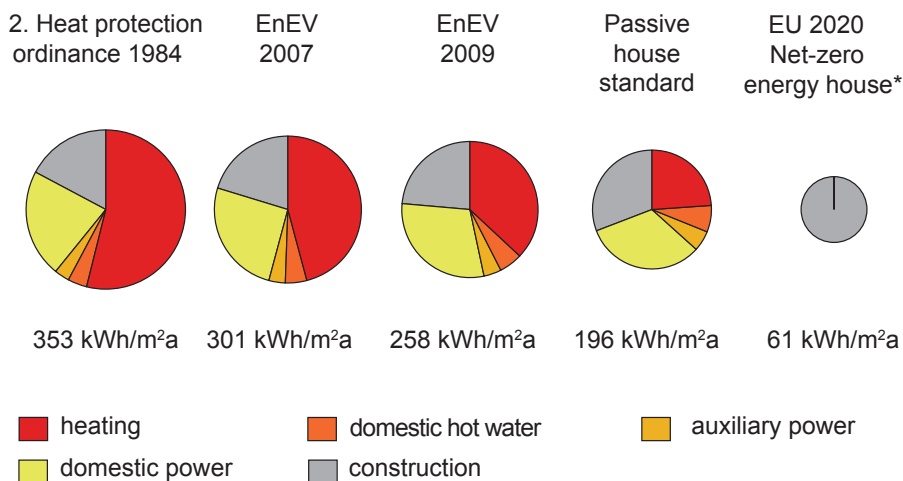
As part of the research project "EcoEasy - Developing a methodology for assessing the potential environmental impacts of buildings in the early design phases" was developed a prototype software tool that allows a rough life cycle assessment of a building in the early design phases, to optimize the building design accordingly.

Buildings contribute in substantial measure to the environmental damage and resource consumption by the society. About 40% of global energy consumption and more than a third of global greenhouse gas emissions are attributable to the construction and operation of buildings⁵. Also buildings contribute to more than half of the total waste generation in Germany⁶. According to the United Nations buildings play a key role in the fight against climate change.⁷

To reduce the environmental impact of buildings, experts and legislator so far focused primarily on the reduction of operating energy, as caused by production, maintenance and decommissioning emissions from buildings were negligibly small. With improved technology and changing legal requirements (Wärmeschutzverordnung, Energieeinsparverordnung), the energy standard of the newly constructed and renovated buildings increased substantially. For new buildings with energy-optimized operation the environmental impacts from the manufacture, maintenance and disposal of the building construction play a larger role (see Figure 1). This trend will be reinforced by the establishment of net-zero energy homes.

Primary energy demand of residential buildings of various energy standards

(Period under consideration: 50 years)



*) Definition BMVBS from august 2011

Abbildung 4: Demand for primary energy supplied (eg via the electricity grid) for residential buildings in various energy standards (period under consideration: 50 years). The reduction of heat demand will see its final results by the "net-zero energy building" of the EU in 2020. These buildings will cover their energy needs for heating, hot water and electricity supplies by themselves. Mathematically, the primary energy demand then only expenses for manufacture, maintenance and disposal of building

⁵ UNEP SBCI: Buildings and Climate Change. Summary for Decision-Makers. Paris 2009, S. 6. Abrufbar im Internet. URL: www.unep.org/sbci/pdfs/SBCI-BCCSummary.pdf. Stand: 25.7.2012.

⁶ Statistisches Bundesamt: Abfallwirtschaft. Hohe Wiederverwertung, kaum noch Deponierung von Abfällen. Wiesbaden 2007. Abrufbar im Internet. URL: https://www.destatis.de/DE/Publikationen/STATmagazin/Umwelt/2007_11/Umwelt2007_11.html. Stand: 25.07.2012.

⁷ United Nations Environment Programme: Buildings Can Play a Key Role in Combating Climate Change. Oslo 2007. Abrufbar im Internet. URL: <http://www.unep.org/Documents.Multilingual/Default.asp?DocumentID=502&ArticleID=5545&l=en>. Stand: 25.7.2012.

construction.

The presented net zero energy house 2020 is based on the "Förderprogramm für Modellprojekte im Effizienzhaus Plus Standard" of the Federal Ministry of Transport, Building and Urban Development (BMVBS).⁸.

A next logical step to reduce energy consumption and environmental impact of buildings is the consideration of manufacturing, maintenance and disposal of building construction throughout the entire life cycle in terms of their possible optimization. For this purpose the method of life cycle assessment is cleared for use in the construction industry has been adjusted. A life cycle assessment analyzes the life cycle of products. For this purpose one considers the life stages of raw material extraction, production, processing and transportation, and if necessary, use, reuse and disposal. In a so-called inventory analysis relevant material and energy conversion processes for the product system are initially recorded and quantified. The impact assessment then determines the contribution of the Life Cycle Inventory results for certain impact categories. Impact categories describe a certain potential environmental impact (eg global warming potential) and are shown by an equivalent material (such as CO₂ equivalent). All material flows of the life cycle, with a contribution to a particular impact category are defined by characterization factors in the respective equivalent material translated and summarized. This makes it possible to describe hundreds emissions in a few potential environmental effects. In some building certification systems this method is already used to assess the environmental effects of the life cycle.

Goal of the research project

These developments require that planners can assess and analyze environmental impacts of their project in different design phases and in order to optimize them. Previously available LCA practices require detailed information on construction and therefore only found application in late stages of planning. Then adjustments regarding to the results of an LCA can only be implemented with an considerable amount of time, costs and delays in the planning process. In contrast, in the early planning stages the potential for development of a project is greatest, while the data basis for decisions is at its lowest. However, basic specifications usually made at the beginning (type of walls, the primary construction material) that characterize the building and its environmental consequences are often more important than the design details in later planning stages. This is the starting point of the research project: To develop an easy-to-use Life Cycle Assessment tool, which comes for use in the early design and planning phases and gives feedback on the expected environmental consequences of the future building in time. This makes it possible to make LCA an integral part of creating sustainable buildings and to establish itself in the planning process.

Accomplishment of the research task

Basic assumption of the research project EcoEasy is that buildings with similar characteristics (size, orientation, construction, energy standards) have comparable environmental impacts. If reference values for these characteristics are collected in a database, then one building to be examined can be easily classified and its environmental impacts can be assessed.

Originally, the data base should have been generated of entered projects. Therefore EcoEasy server-based, which means that theoretically all users use the same data base. As a result, the data base would increase with each acquisition and improve the predictive accuracy of the environmental impacts. There are values such as environmental impacts per square meter and year which can be generated as a rough

⁸ Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Richtlinie des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung über die Vergabe von Zuwendungen für Modellprojekte im Effizienzhaus Plus-Standard im Jahre 2012. 2012. URL: <http://www.bmvbs.de/SharedDocs/DE/Artikel/B/forschungsinitiative-zukunft-bau-foerderrichtlinie-modelle-ehp-standard.html?nn=75494>. Stand: 17.7.2012.

overall average of all building entered into EcoEasy .

During the project, however, several problems were identified in this procedure. On the one hand, the prediction accuracy is very low, so the user would still face big jumps in results while later specifying the geometry, the building structure and the heating system, on the other hand there is no linear work process, because the user is indeed getting an estimation of the results but can not develop it in the context of planning. On the contrary, the user would have to change the same parameters gradually, successively combine them and then compare their results with each other. The program sequence was therefore modified accordingly in order to maintain the character of the accompanying planning tool.

The prototype software

Basically EcoEasy is organized in two program areas: the project area in which the projects are managed and edited and the component library in which building components are created and stored. A project wizard helps you create a new project. This wizard generates a generic model of the building with only a few entries. Required fields are:

- the construction and energy standards as "Timber frame EnEV"
- Geometric information to the building (length, width and height of the building)
- Information on the orientation
- Number of floors / basements
- Percentage of window area
- site region according to DIN 4108-6 Appendix A

From these inputs, a building model is created which is equipped with components specified in the components library. These are stored for the selected construction and the targeted energy standard in the database. The windows are evenly distributed on all fronts according to the window surface proportion . As the heating system by default, the system diagram 1 (natural gas / fuel oil boilers low temperature) is used. On the basis of the calculated U-values of the building components, of the solar and internal gains and the system technology, the program calculates heating - and final energy demand. Type and quantity of materials provide the environmental impact of building construction. Of final energy use and the corresponding data set of the heating system, the environmental impact of building operation are derived. All results are also graphically provided to the user.

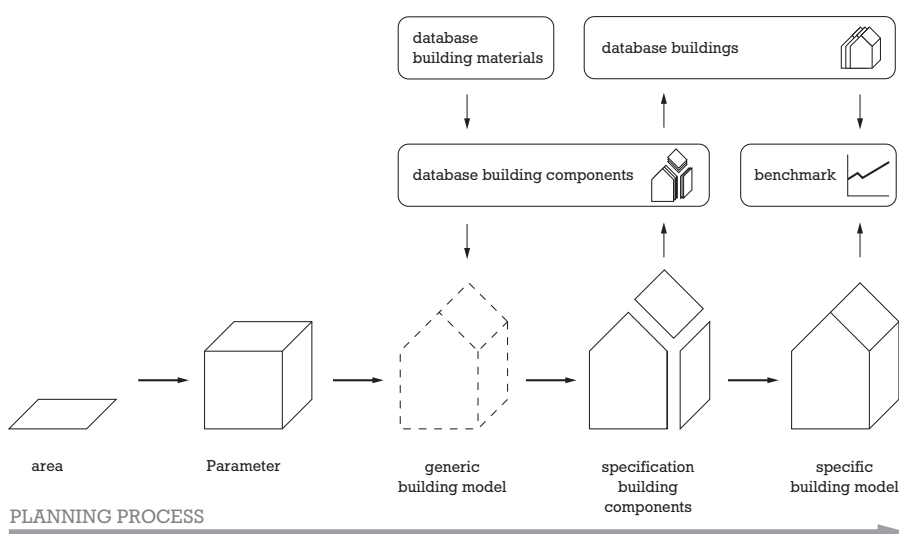


Abbildung 5: Program run by EcoEasy. From a few parameters a generic building model is developed that uses components of the EcoEasy database. Through the specification of the components the building model will be adapted to the real building. The results then can be compared with other projects from EcoEasy.

Based on these initial results, the user can start specifying the building geometry and optimizing aspects of the LCA (see Figure 2). About the impact of any change to the building model, the user is informed by automatically updated graphics directly (see Figure 3). These pictures show not only distribution of environmental impact on the different segments of the building life cycle (production, maintenance, operation and disposal) for various impact categories of LCA (global warming potential, acidification, etc.) and their development through during the life cycle but also allow the comparison with other buildings in the database or with established benchmarks, such as certification systems use.

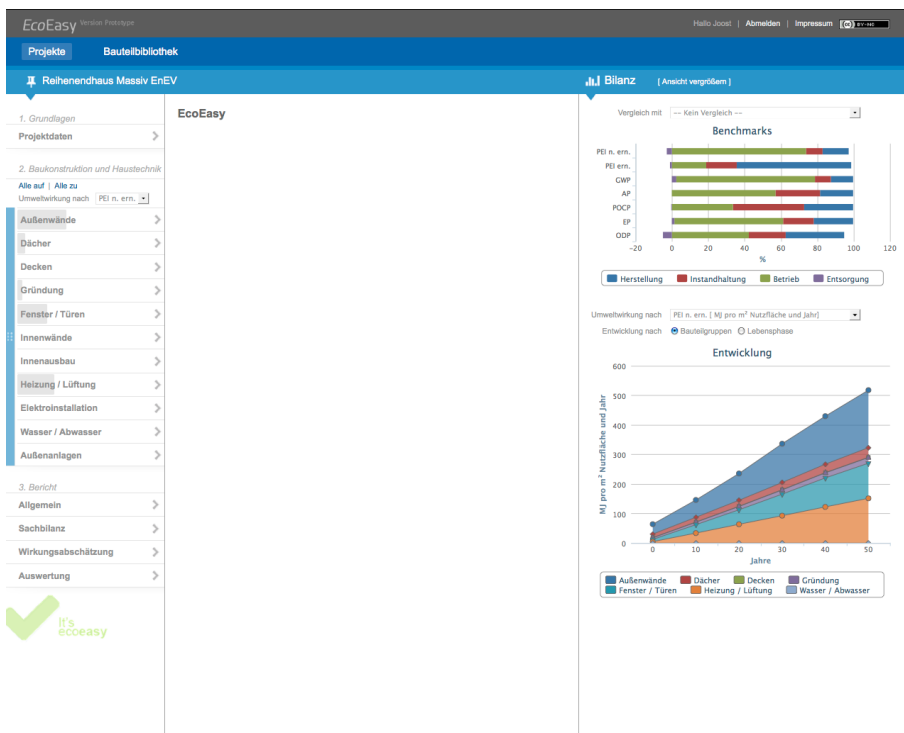


Abbildung 6: Interface of EcoEasy. This is organized into three areas: the navigation on the left, the work area in the middle (empty in illustration) and the results area on the right. In the navigation area the user can easily identify the components with a particularly high proportion of the selected impact category by the gray bars and directly start modifying them. On the right side the results of building life cycle assessment in different representations can be read. These representations are updated with each change in building model by the user.

The sorting of the components is based on DIN 276. By a graphical output in the field of navigation, the user is advised of the components that have a particularly large share of a pre-selected impact category. These can be optimized by the user at first. Besides rough estimations in early stages of planning with EcoEasy it is also possible to full LCAs for detailed planning.

Summary of results

In the second step of the project it was examined, if the predictions made by EcoEasy in the early correspond to a later carried out, full life cycle assessment. For that, a complete balance of a building with EcoEasy and Microsoft Excel was created. Both accounts use as a data base Ökobaudat 2009. By means of comparison of both results could first be ensured that the calculations are correct in EcoEasy. After that the building was entered again by using the project wizard. From the comparison of the results could be draw conclusions for the prediction accuracy.

The results of the newly created project vary in the different sections of the life cycle considerably from the results of the complete balance sheet. As part evaluation were several reasons for the differences between new input and detailed balance are identified. These include:

- Other areas and volumes
- Other building typology (in this case a row house)
- contrary heating system
- reference evaluation

In a second step, therefore, these causes were handled preferentially. A few modifications that a skilled user can carry out in a short time increase the prediction accuracy significantly. In particular, the choice of heating system and adaptation to the real development situation have a big impact. In a further development of EcoEasy it needs to be examined, if these issues can be included in the project wizard.

EcoEasy was developed as a methodology and tested in a software prototype. To develop a functional software the consideration of the following other aspects would be necessary:

- User Management
- Operational Concept (technical and functional)
- Continuous adaptation to technical, scientific and methodological developments
- Improvement of user comfort (ease of use)
- Modularization of the program components to improve the integration of additional program modules
- Establishment of interfaces to other programs

The existing prototype software offers a number of approaches for development. These include:

- Integration of life-cycle cost analysis analogous to the ecological life cycle
- Integration of other building typologies: Extended input cooling requirements, ventilation, lighting and electricity usage (calculation of energy requirements according to DIN 18599 or other simplified procedures for non-residential)
- • Holistic optimization: integration of other relevant modules (expansion of the scope of examination)
 - Ecological effects of the mobility by the user of the building (including the location in the analysis)
 - Water consumption of the building construction
 - Infrastructure (development pipes, public buildings)
 - land use, buildings and related infrastructure
- Comparison of alternatives within the software
- Improved validation checks for data base entered building and components.

Overall, the results confirm the hypothesis of the project that buildings with similar characteristics (size, orientation construction energy standards) have comparable environmental impacts. The project has developed a software prototype, which still does not allow for optimal estimations but has optimizing potential by some modifications. The project results provide substantive and technical approaches for further research and development projects.

Inhaltsverzeichnis	
Zusammenfassung	I
Abstract	VII
Inhaltsverzeichnis	XII
Abbildungsverzeichnis	XIV
Tabellenverzeichnis	XVI
1 Einleitung	1
2 Beschreibung des Forschungsvorhabens	2
2.1 Ausgangslage	2
2.2 Ökobilanzierung im Bauwesen	3
2.3 Ökobilanzierung in Zertifizierungssystemen	3
2.3.1 BREEAM (Building Research Establishment's Environmental Assessment Method)	3
2.3.2 LEED (Leadership in Energy & Environmental Design)	3
2.3.3 BNB / DGNB Zertifikat	4
2.3.4 Bewertung von Ökobilanzen in Nachhaltigkeitszertifizierungssystemen	4
2.4 Vorhandene Ökobilanztools für Architekten	4
2.4.1 LEGEP	5
2.4.2 GaBi	5
2.4.3 Zusammenfassung	6
2.5 Zielsetzung des Forschungsvorhabens	6
2.5.1 Frühe Integration in den Planungsprozess	7
2.5.2 Einfache Handhabung und Integration in den Entwurfsprozess	8
2.5.3 Ganzheitliche und integrative Betrachtung	9
2.5.4 Grundlagen für Extrapolationen und weiterführende Forschungen	9
2.6 Zielgruppe und Einsatzgebiet von EcoEasy	9
3 Methodik von Ecoeasy	11
3.1 Methodik und Aufbau	11
3.2 Qualitätssicherung bei der Eingabe von Referenzdaten	14
3.3 Normative Grundlagen	15
3.3.1 Ökobilanz	15
3.3.2 Berechnung des Heizwärmebedarfs	15
3.3.3 Berechnung des Endenergiebedarfs	15
3.4 Verwendete Datengrundlage	16
3.4.1 Ökobaudat	16
3.4.2 Nutzungsdauern der Bauteile	16
3.5 Sachbilanz der Gebäudekonstruktion	16
3.6 Sachbilanz des Gebäudebetriebs	17
3.6.1 Anpassungen und Annahmen bei der Berechnung des Heizwärmebedarfs	17
3.6.2 Anpassungen und Annahmen bei der Berechnung des Endenergiebedarfs	20
3.7 Wirkungsabschätzung	24
3.7.1 Betrachtete Wirkungskategorien	25
3.7.2 Darstellung der Ergebnisse	29
4 Referenzwerte, Vergleichsgebäude	32
4.1.1 Grundlagen und Annahmen	32
4.1.2 Gebäudegröße	32
4.1.3 Energetischer Standard inkl. Versorgungstechnik	33
4.1.4 Baumaterial und Konstruktionen	33
4.2 Kategorisierung von Bauweisen in Ecoeasy	35
4.3 Zuordnung der Bauteile im generischen Modell	36

5	Entwicklung des Softwareprototyp	37
5.1	Technologie	37
5.2	Informationsarchitektur, Informationsdesign	37
5.2.1	Navigation und Bedienoberfläche	37
5.2.2	Informationsdesign	38
5.2.3	Handlungsdirektheit	38
5.3	Gestaltung	38
6	Ergebnisse der Testphase	39
6.1	Funktionstest	39
6.1.1	Projekt Reihenendhaus (Massivbau)	39
6.1.2	Ergebnisse Funktionstest	40
6.2	Vorhersagegenauigkeit in frühen Planungsphasen	41
6.2.1	Auswertung des ersten Vergleichs neu angelegter Projekte mit einer fertigen Bilanz	42
6.2.2	Fazit des ersten Vergleichs neu angelegter Projekte mit einer fertigen Bilanz	43
6.2.3	Anpassung des Vergleichs neu angelegter Projekte mit einer fertigen Bilanz	44
6.2.4	Fazit	48
6.3	Bedienbarkeit durch unerfahrene Benutzer	48
7	Ausblick und weitere Entwicklung im Bausektor	50
7.1	Weiterentwicklung zu Softwareprodukt	50
7.1.1	Nutzerverwaltung	50
7.1.2	Betriebskonzept	51
7.2	Ausblick: Weiterentwicklung von EcoEasy	52
7.2.1	Lebenszyklus - Kostenbetrachtung: Economy Easy	52
7.2.2	Integration anderen Nutzungen: Erweiterte Eingabe von Kühlbedarf, Lüftung, Beleuchtung und Nutzungsstrom	53
7.2.3	Ganzheitliche Optimierung: Weitere Module	53
7.2.4	Variantenvergleich	56
7.2.5	Plausibilitätsprüfungen	57
8	Anhang	58
8.1	Übersicht über Ökobilanzierungs-Werkzeuge (national und international)	59
8.1.1	Legep	60
8.1.2	GaBi	63
8.1.3	EcoPro	66
8.1.4	EcoQuantum	67
8.1.5	Bauloop / Bauluna	70
8.1.6	LTE Ogip	77
8.1.7	BEES	86
8.1.8	www.oekobilanz-bau.de	94
8.2	Modifizierte Datengrundlage Ökobaudat 2009	97
8.3	Installationsanleitung EcoEasy	98
8.3.1	CD Inhalt	98
8.3.2	1.2 Systemvoraussetzungen	98
8.3.3	Installation	100
8.4	Kurzanleitung Eco Easy	102
8.4.1	Programmstruktur und -bestandteile	102
8.4.2	Programmstruktur	102
8.4.3	Bildschirmaufbau und Funktionsbereiche	102
8.4.4	Schnelleinstieg: Wie benutzt man EcoEasy?	108
8.5	Vergleichsprojekt Reihenendhaus	114
8.5.1	Ergebnisse EcoEasy	114
8.5.2	Ergebnisse Excel	121

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Bedarf an zugeführter Primärenergie (z.B. über das Stromnetz) für Wohngebäude unterschiedlicher energetischer Standards im Jahresmittel (Betrachtungszeitraum 50 Jahre). Die Reduzierung des Wärmebedarfs wird bis 2020 mit dem "Netto-Nullenergiehaus" der EU ihren Abschluss finden. Diese Gebäude werden ihren Energiebedarf für Heizung, Warmwasser sowie Hilfs- und Nutzerstrom im Jahresmittel selbst decken. Rechnerisch besteht der Primärenergiebedarf dann lediglich aus Aufwendungen für Herstellung, Instandhaltung und Entsorgung der Gebäudekonstruktion.	I
Abbildung 2: Programmablauf von EcoEasy. Aus wenigen Parametern wird zunächst ein generisches Gebäudemodell entwickelt, das Bauteile aus der EcoEasy Datenbank verwendet. Über die Spezifizierung der Bauteile wird das Gebäudemodell schrittweise an das reale Gebäude angepasst. Die Ergebnisse können mit anderen Projekten aus EcoEasy verglichen werden.	IV
Abbildung 3: Arbeitsoberfläche von EcoEasy. Diese ist in drei Bereiche gegliedert: die Navigation ganz links, den Arbeitsbereich in der Mitte (in dieser Darstellung leer) und den Ergebnisbereich ganz rechts. Im Navigationsbereich kann der Nutzer über die grauen Balken leicht die Bauteile mit einem besonders hohem Anteil an der gewählten Wirkungskategorie erkennen und diese gezielt bearbeiten. Auf der rechten Seite sind die Ergebnisse der Gebäudeökobilanz in unterschiedlichen Darstellungen ablesbar. Diese Darstellungen werden bei jeder Veränderung des Gebäudemodells durch den Nutzer aktualisiert.	V
Abbildung 4: Demand for primary energy supplied (eg via the electricity grid) for residential buildings in various energy standards (period under consideration: 50 years). The reduction of heat demand will see its final results by the "net-zero energy building" of the EU in 2020. These buildings will cover their energy needs for heating, hot water and electricity supplies by themselves. Mathematically, the primary energy demand then only expenses for manufacture, maintenance and disposal	VII
Abbildung 5: Program run by EcoEasy. From a few parameters a generic building model is developed that uses components of the EcoEasy database. Through the specification of the components the building model will be adapted to the real building. The results then can be compared with other projects from EcoEasy.	IX
Abbildung 6: Interface of EcoEasy. This is organized into three areas: the navigation on the left, the work area in the middle (empty in illustration) and the results area on the right. In the navigation area the user can easily indentify the components with a particularly high proportion of the selected impact category by the gray bars and directly start modifying them. On the right side the results of building life cycle assessment in different representations can be read. These representations are updated with each change in building model by the user.	X
Abbildung 7. Entwicklung des Primärenergiebedarfs von Wohngebäuden und Verteilung auf die Energiedienstleistungen.	2
Abbildung 8: Beeinflussbarkeit der Planung und Einsatzgebiet bestehender Ökobilanzierungswerkzeuge und EcoEasy.	8
Abbildung 9: Eingabeablauf und Berechnung der Ökobilanzierung nach EcoEasy	12
Abbildung 10: Programmablauf von EcoEasy. Aus wenigen Parametern wird zunächst ein generisches Gebäudemodell entwickelt, dass Bauteile aus der EcoEasy Datenbank verwendet. Über die Spezifizierung der Bauteile wird das Gebäudemodell schrittweise an das reale Gebäude angepasst. Die Ergebnisse können dann wiederum mit anderen Projekten aus EcoEasy verglichen werden.	13
Abbildung 11: Projektassistent aus dem Softwareprototyp zur Erstellung des generischen Gebäudemodells. Die Eingabe dieser Daten steht am Beginn jeder Ökobilanz mit EcoEasy.	14
Abbildung 12: Karte der Referenzklimaregionen zur Auswahl durch de Nutzer in EcoEasy (eigene Darstellung nach DIN 4108-6, Anhang 1)	18
Abbildung 13: Wirkungsprinzip Treibhauseffekt	26

Abbildung 14: Wirkungsprinzip Ozonabbau	26
Abbildung 15: Wirkungsprinzip Versauerung	27
Abbildung 16: Wirkungsprinzip Bodennahe Ozonbildung	28
Abbildung 17: Wirkungsprinzip Eutrophierung	28
Abbildung 18: Wirkungsprinzip Primärenergiebedarf erneuerbar und nicht erneuerbar	29
Abbildung 19: Darstellung der Ergebnisse der Ökobilanz für eine Bauteilschicht in der EcoEasy Bauteilbibliothek	30
Abbildung 20: Darstellung der Ergebnisse der Ökobilanz für ein Bauteil	30
Abbildung 21: Darstellung der Ergebnisse der Ökobilanz für eine Gruppe von Bauteilen der gleichen Kostengruppe	30
Abbildung 22: Darstellung der Ergebnisse der Ökobilanz für eine Phase des Lebenszyklus und alle Bauteile	31
Abbildung 23: Darstellung der Ergebnisse der Ökobilanz für das gesamte Gebäude.....	31
Abbildung 24: Eingabeformular für neue Projekte mit den Angaben zum Projekt "Reihenendhaus". Als Bauweise und Energiestandard wurden "Stahlbeton Passivhaus" sowie "Stahlbeton EnEV" gewählt. Die Ergebnisse wurden anschließend mit der vollständigen Ökobilanz des Projekts verglichen.	42
Abbildung 25: Eingaben für die Heizungsanlage des Projekts "Reihenhaus". Bei den neu eingegebenen Vergleichsprojekten wurde die Heizungsanlage entsprechend dieser Angaben angepasst.	45
Abbildung 26: Verändertes Heizsystem des neu angelegten "Projekt EnEV" für das Reihenendhaus. Es mussten für die Änderung lediglich ein anderer Energieträger (Erdgas) und ein neuer Erzeuger (Brennwertgerät) gewählt werden.	46
Abbildung 27: Bilanzräume in EcoEasy.	54

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ökobilanzierung in Nachhaltigkeitszertifizierungssystemen.....	4
Tabelle 2: Festlegungen bzw. Ermittlung der Einflussfaktoren für die Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlusts bei freier Lüftung im Rahmen der Heizwärmebedarfsermittlung	18
Tabelle 3: Festlegungen bzw. Ermittlung der Einflussfaktoren für die Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlusts bei mechanischer Lüftung im Rahmen der Heizwärmebedarfsermittlung .	19
Tabelle 4: Festlegungen bzw. Ermittlung der Einflussfaktoren für die Berechnung der solaren Wärmegewinne im Rahmen der Heizwärmebedarfsermittlung	20
Tabelle 5: Konfiguration der in EcoEasy berücksichtigten Anlagen aus DIN 4701-10 Beiblatt 1	24
Tabelle 6: Ergebnisse für das Treibhauspotential der Gebäudekonstruktion (Herstellung, Instandhaltung, Entsorgung) des Projekts „Reihenendhaus“ aus EcoEasy in kg CO ₂ -Äqv. / m ² a und Vergleich mit den Ergebnissen einer Berechnung mit Microsoft Excel sowie Darstellung der Abweichung (EcoEasy 100%).....	40
Tabelle 7: Ergebnisse für das Projekt „Reihenendhaus“ für die Wirkungskategorie „Treibhauspotential“ in kg CO ₂ -Äqv. / m ² a. Dargestellt sind die Ergebnisse für die Originalbilanz sowie für die Starteingaben „Stahlbeton EnEV“ (Projekt EnEV) und „Stahlbeton Passivhaus“ (Projekt Passiv). Ausgewiesen ist zudem die Abweichung von der vollständigen Bilanz der Ergebnisse von Prozent...	42
Tabelle 8: Ergebnisse für das Projekt „Reihenendhaus“ für die Wirkungskategorie „Treibhauspotential“ in kg CO ₂ -Äqv. / m ² a. Dargestellt sind die Ergebnisse für die Originalbilanz sowie für die Starteingaben „Stahlbeton EnEV“ (Projekt EnEV) und „Stahlbeton Passivhaus“ (Projekt Passiv) jeweils mit angepasstem Heizsystem. Das Heizsystem entspricht dem des Projekt Org.. Ausgewiesen ist zudem die Abweichung von der vollständigen Bilanz der Ergebnisse von Prozent.	46
Tabelle 9: Nettogrundfläche und Volumen des Reihenendhauses (Projekt Org.) und der beiden neu angelegten Projekte. Im Rahmen der Optimierung wurden die Flächen und Volumen an das reale Gebäude angepasst.	47
Tabelle 10: Ergebnisse für das Projekt „Reihenendhaus“ für die Wirkungskategorie „Treibhauspotential“ in kg CO ₂ -Äqv. / m ² a. Dargestellt sind die Ergebnisse für die Originalbilanz sowie für die Starteingaben „Stahlbeton EnEV“ (Projekt EnEV) und „Stahlbeton Passivhaus“ (Projekt Passiv) jeweils mit angepasstem Heizsystem und korrigierten Flächen und Volumen. Das Heizsystem entspricht dem des Projekt Org.. Ausgewiesen ist zudem die Abweichung von der vollständigen Bilanz der Ergebnisse von Prozent.	47
Tabelle 11: Ergebnisse für das Projekt „Reihenendhaus“ für die Wirkungskategorie „Treibhauspotential“ in kg CO ₂ -Äqv. / m ² a. Dargestellt sind die Ergebnisse für die Originalbilanz sowie für die Starteingaben „Stahlbeton EnEV“ (Projekt EnEV) und „Stahlbeton Passivhaus“ (Projekt Passiv) jeweils mit angepasstem Heizsystem und korrigierten Flächen und Volumen sowie angepasster Bautypologie (Reihenendhaus statt freistehendem Haus). Das Heizsystem entspricht dem des Projekt Org.. Ausgewiesen ist zudem die Abweichung von der vollständigen Bilanz der Ergebnisse von Prozent.	48

1 Einleitung

Projekthalt

Entwicklung einer Methode zu Bewertung der potentiellen Umweltwirkungen von Gebäuden in frühen Planungsphasen.

Projektbeteiligte

Das Projekt wurde von den folgenden Stellen bearbeitet:

BEIBOB Medienfreunde Lode, Mathes, Möller GBR

Dipl. Inf. Tobias Lode

Dipl. Des. Dirk Mathes

Drexler Guinand Jauslin Architekten GmbH

Dipl.-Arch. ETH Architekt Hans Drexler M. Arch (dist.)

Dipl.-Ing. Anne Bauer

FG Entwerfen und Energieeffizientes Bauen, TU Darmstadt

Prof. Manfred Hegger

Dipl.-Ing. Joost Hartwig

Dipl.-Ing. Michael Keller

cand. arch. Larissa Elschen

cand. arch. Patrick Pick

Wissenschaftlicher Beirat

Dr.- Ing. Wolfram Trinius

Dipl.-Ing. Nicolas Kerz, BBSR, Berlin

Dipl.-Ing. Merten Welsch, BBSR, Berlin

Dipl.-Ing. Claus Asam, BBSR, Berlin

Projektkoordination im BBSR:

Dipl.-Ing. Asmus Schriewer, BBSR, Bonn

Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung gefördert.

Aktenzeichen: SF – 10.08.7- 10.17 / II 3 – F20-10-1-033

2 Beschreibung des Forschungsvorhabens

2.1 Ausgangslage

Bei der ökologischen Beurteilung von Gebäuden und ihrer Optimierung im Sinne der Nachhaltigkeit haben die Umweltfolgen der Baukonstruktion in Herstellung, Instandhaltung und Entsorgung einen entscheidenden Einfluss. Bei den derzeit geltenden gesetzlichen Vorgaben (EnEV) bleibt der Einfluss der Herstellung, Instandhaltung und des Rückbaus unberücksichtigt, weil bei Gebäuden älteren Datums dieser den größten Anteil am Energieverbrauch hatte.

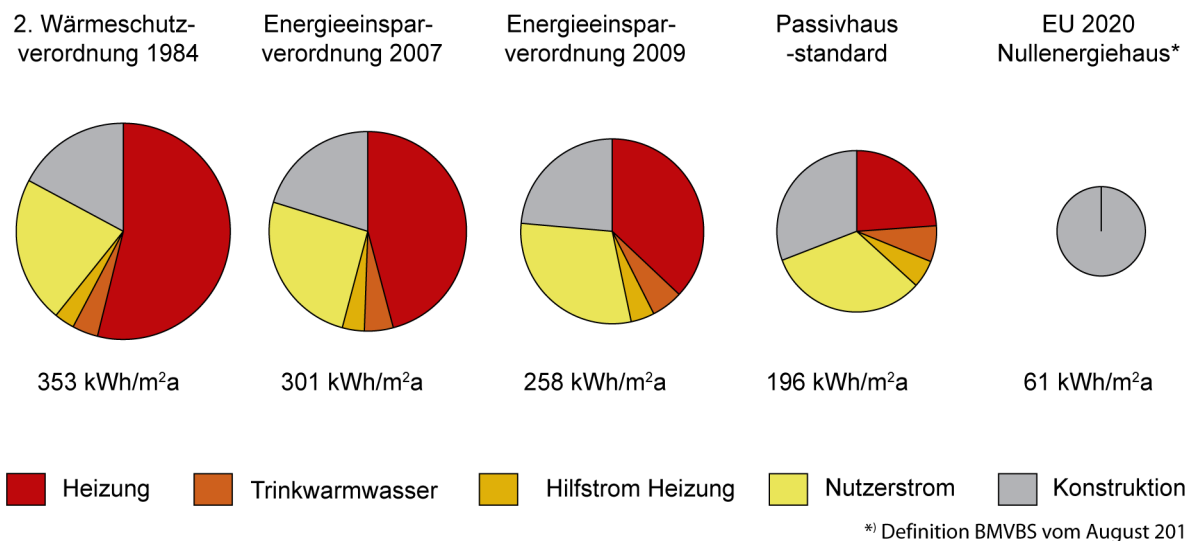


Abbildung 7. Entwicklung des Primärenergiebedarfs von Wohngebäuden und Verteilung auf die Energiedienstleistungen.

Gerade bei neuen Gebäuden mit optimiertem Energieverbrauch im Betrieb, spielen die Umweltwirkungen aus Herstellung, Instandhaltung und Entsorgung der Gebäudekonstruktion eine große Rolle.

Als Grundlage für die Ermittlung der Umweltfolgen des Lebenszyklus eines Gebäudes wurde die Methode der Ökobilanzierung für das Bauwesen angepasst. In einigen Gebäudezertifizierungssystemen erfolgt mit Hilfe dieser Methode bereits die Bewertung des Lebenszyklus. Bei den derzeit geltenden gesetzlichen Vorgaben (EnEV) bleibt der Einfluss der Gebäudekonstruktion jedoch noch unberücksichtigt.

Für die Durchführung einer Ökobilanz ist die genaue Kenntnis der Gebäudekonstruktion und somit eine weit fortgeschrittene Planung notwendig. Die Ergebnisse fließen erst spät in die Planung ein und sind nur mit erheblichem Aufwand umzusetzen.

Um die Umweltwirkungen bereits früher zu beurteilen und gezielt zu optimieren, wurde mit EcoEasy eine anwenderfreundliche, am Planungsprozess orientierte Methode und Software entwickelt werden, die bereits in der Vorplanung anhand vorhandener Planungsparameter wie z.B. Gebäudevolumen, Primärkonstruktion und Heizsystem eine Abschätzung der Umweltwirkungen ermöglicht. Mit EcoEasy wird die Methode der Ökobilanzierung auf die frühen Planungsphasen übertragen und der Bilanzraum der Energieeinsparverordnung um das wichtige Thema der Ökobilanz der Gebäudekonstruktion erweitert.

2.2 Ökobilanzierung im Bauwesen

Gebäude tragen jedoch in einem ganz erheblichen Umfang zu den Umweltschäden und Ressourcenverbräuchen durch die Gesellschaft bei. So gehen geschätzte 40% aller Energieverbräuche und ca. 50% des Materialabfallvolumens auf die Errichtung und den Betrieb von Gebäuden zurück. Bei der Verringerung der Umweltfolgen von Gebäuden haben sich Fachleute und Gesetzgeber in erster Linie auf die Betriebsenergie konzentriert, da die Emissionen die durch die Herstellung, Instandhaltung und Rückbau der Gebäude verursacht wurden, gegenüber denen aus dem Betrieb eines Gebäudes älteren Baujahrs vernachlässigbar klein waren. Durch die verbesserte Technik und die verbesserten rechtlichen Auflagen (EnEV 2009 und EnEV 2012) wurde der energetische Standard der neu errichteten und auch der sanierten Gebäude erheblich verbessert. Bei den gesetzlichen Vorgaben (EnEV) blieb der Einfluss der bisher Baukonstruktion unberücksichtigt. Der nächste logische Schritt zur Optimierung von Energieverbrauch und Umweltfolgen von Gebäuden ist, die Baukonstruktion und den gesamten Lebenszyklus in die Betrachtung einzubeziehen. Für diese Optimierung, haben die Umweltwirkungen der Baukonstruktion in Herstellung, Instandhaltung und Entsorgung einen entscheidenden Einfluss, der in der bisherigen planerischen Praxis selten berücksichtigt wurde. Ökobilanzierungen im Bauwesen sind im Vergleich zu anderen numerischen Verfahren wie Tragwerksberechnungen und Energiebedarfsberechnungen relativ neue Methoden.

2.3 Ökobilanzierung in Zertifizierungssystemen

Ökobilanzen werden dienen in verschiedenen Zertifizierungssystemen als Grundlage für die Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden. Im internationalen Vergleich sind dabei vor allem folgende Systeme zu betrachten:

2.3.1 BREEAM (Building Research Establishment's Environmental Assessment Method)

BREEAM wurde 1990 durch das britische Building Research Establishment entwickelt. Es war somit das erste Zertifizierungssystem zur Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden. Einige Systemvarianten von BREEAM stehen auch außerhalb von Großbritannien zur Verfügung und sind entsprechend angepasst worden. Dies führte zu einer weltweiten Verbreitung des Systems, allerdings bisher mit einer geringen Anzahl zertifizierter Gebäude.

In der Systemvariante BREEAM Europe findet die Bewertung auf Basis der europäischen EN zw. ISO Normen statt.

Die Bewertung findet in fünf Zertifizierungsstufen statt: Bestand (Gesamterfüllungsgrad >30%), Gut (>45%), Sehr gut (>55%), Exzellent(>70%) und Herausragend (>85%).⁹

2.3.2 LEED (Leadership in Energy & Environmental Design)

Das LEED System wurde in den 1990er Jahren vom USGBC (U.S. Green Building Council) entwickelt. Ziel war die vergleichende Beurteilung von Gebäuden in Bezug auf ihre Nachhaltigkeit und die Weiterentwicklung der amerikanischen Baubranche. Das LEED System wird vor allem in den USA verwendet, allerdings sind Zertifizierungen weltweit möglich.

Da das LEED System vom USGBC betrieben wird, muss zumindest ein Teil der Dokumentation in englischer Sprache abgeben werden. Des Weiteren beziehen sich alle Angaben auf US-amerikanische Normen und Standards.

Die Bewertung findet in vier Zertifizierungsstufen statt: Zertifiziert (40-49 Punkte), Silber (50-59 Punkte), Gold (60-79 Punkte) und Platin (>80 Punkte).¹⁰

⁹ Ebert, Thilo; Essig, Nathalie; Hauser, Gerd: Zertifizierungssysteme für Gebäude. München 2010, S. 35 ff.

2.3.3 BNB / DGNB Zertifikat

Das DGNB Zertifikat wurde ab 2007 vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) und der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) entwickelt. Seit Herbst 2009 ist die DGNB allein für die Systementwicklung des DGNB Zertifikats zuständig, während das BMVBS die Regeln für die Zulassung von Zertifizierungssystemen in Deutschland überwacht, sowie die Inhalte des Zertifizierungssystems für die Bewertung von Bauvorhaben den Bundes weiterentwickelt und als BNB System öffentlich zugänglich gemacht hat. Das BNB / DGNB Zertifikat wird als erstes Zertifizierungssystem der zweiten Generation bezeichnet, da es Aspekte (z.B. der Lebenszyklusbezug) berücksichtigt, die in anderen Systemen (BREEAM, LEED) nicht enthalten sind.

Die Bewertung findet in den drei Zertifizierungsstufen Bronze (Gesamterfüllungsgrad >50%), Silber (>65%) und Gold (>80%) statt. Zusätzlich gibt es Nebenanforderungen für die Silber und Gold, z.B. muss für die Bewertungsstufe Silber in allen Hauptkriteriengruppen mindestens ein Erfüllungsgrad von 50% erreicht werden.

2.3.4 Bewertung von Ökobilanzen in Nachhaltigkeitszertifizierungssystemen

Tabelle 1 zeigt die Anforderungen der drei genannten Nachhaltigkeitszertifizierungssysteme im Bereich Ökobilanzierung.

Nachweisart	BNB / DGNB	BREEAM	LEED
Ökobilanzierung nach DIN EN ISO 14040/14044	■	■	
Lebenszykluskostenberechnung	■	□	
Luftqualitätsmessung für Formaldehyd und TVOC nach DIN ISO 16000-3, -5 und -6	■		□
Messung der Luftdichtheit des Gebäudes nach DIN EN 13829	□	□	
Dokumentation der verwendeten Materialien und Hilfsstoffe	■	■	■
Zonale thermische Raumsimulation nach DIN EN 15251	□	□	
Berechnung der Nachhallzeit nach DIN 18041	□		
Abfallmanagementplan während der Bauphase		□	□
Gebäudeenergiesimulation nach ASHRAE Standard 90.1		□	■
funktionale Qualitätssicherung und systematische Inbetriebnahme	□	□	■
Erstellung eines Erosion und Sediment Control Plans			■

■ Pflichtnachweis □ optionaler Nachweis

Tabelle 1: Ökobilanzierung in Nachhaltigkeitszertifizierungssystemen¹¹

Bei LEED und BREEAM ist eine Ökobilanz noch kein bzw. nur ein optionaler Nachweis. Das BMVBS und die DGNB haben jedoch bei der Einführung ihres Nachhaltigkeitszertifikats die Ökobilanzierung als Grundlage für die Beurteilung der Gebäude einbezogen, aus der sich Umweltfolgen von Herstellung, Verbrauch und Entsorgung ableiten lassen. Dies bedeutet, dass Architekten und Planer, die Umweltfolgen Ihrer Planungen gezielt verbessern wollen, in die Lage versetzt werden müssen, diese zu analysieren und die Auswirkungen der einzelnen Teile der Planung und des Lebenszyklus getrennt betrachten zu können.

2.4 Vorhandene Ökobilanztools für Architekten

Es gibt eine Reihe von Ökobilanzierungswerkzeugen (siehe Anhang 8.1) von denen allerdings nur wenige bis zu einer vollständigen Marktreife entwickelt wurden. Die Gründe hierfür sind zum einen in der

¹⁰ Ebert, Thilo; Essig, Nathalie; Hauser, Gerd: Zertifizierungssysteme für Gebäude. München 2010, S. 43 ff.

¹¹ Ebert, Thilo; Essig, Nathalie; Hauser, Gerd: Zertifizierungssysteme für Gebäude. München 2010, S. 102

geringen Nachfrage seitens der PlanerInnen zum anderen in der ungenügenden Datenlage für die Baustoffdaten zu sehen. Bei einem internationalen Vergleich von ähnlichen Produkten ist auch zu beachten, dass aufgrund der unterschiedlichen Produktions- und Entsorgungsmethoden, Stoffkreisläufe und Energiestrukturen die Material- und Baustoffkennwerte nicht ohne Weiteres übertragbar sind. Deswegen ist eine Software nur in dem Wirtschaftsraum einsetzbar für den sie entwickelt wurde und muss stetig aktualisiert werden.

Derzeit werden Ökobilanzen im Baubereich überwiegend mit zwei Produkten erstellt: Der Software Legep und GaBi. Hauptnachteile diese beiden Lösungen sind die hohen Investitionskosten und der hohe Eingabeaufwand, der sich nicht am Planungsprozess orientiert.

In einem vorangehenden Forschungsprojekt "Minimum Impact House - Entwicklung eines Prototypen für nachhaltiges Bauen" (gefördert von der DBU, AZ 24897) wurde eine vergleichende Ökobilanz einer optimierten und einer konventionellen Konstruktion durchgeführt. Diese ergab, dass die Herstellung bei den meisten Wirkungskategorien, die im Bauen beurteilt werden den entscheidenden Einfluss hat. Bei dem Forschungsprojekt wurden auch die beiden verbreiteten Ökobilanzierungswerkzeuge (GABI, Legep) in Hinblick auf ihre Gebrauchstauglichkeit für den Architekturentwurf geprüft. Dabei wurde festgestellt, dass die Eingabe in beiden Fällen aufwendig ist und nicht immer eine genaue Eingabe (z.B. eigener Bauteilaufbauten) zulässt.

2.4.1 LEGEP

Bei der Software Legep wurde das Ökobilanzierungswerkzeug auf eine Software zur Kostenschätzung und Ausschreibung (Sirados) aufgebaut. Diese Koppelung hat den Vorteil, dass die Dateneingabe, die stets den größten Aufwand bei der Ökobilanzierung bedeutet, in einem für den Planungsprozess sinnvollen und notwendigen Rahmen geschieht und dann einer doppelten Verwendung bei Kostenschätzung und Ökobilanzierung zugeführt wird. Nachteil dieser bei größeren Projekten anwendbaren Lösung ist die aufwendige Eingabe. Für Planer, die ohnehin mit Legep für die Kostenschätzung arbeiten, ist dies ein sinnvoller Ansatz, weil dann zusätzliche Kosten und Aufwand gering sind. Für andere PlanerInnen ist die Bindung an eine Basis-Software eher ein Nachteil. Ein weiterer Nachteil ist die Bindung der Eingabe an die vom Programm vorgegebene Bauteil-Datenbank, die nur eingeschränkt eine freie Eingabe von Bauteilen und Materialien zulässt. Dadurch ist der Einsatz beschränkt und die Software unflexibel.

Bei der Bauteil-bezogenen Eingabe von Legep erfordert die Eingabe der Daten in den bestehenden Ökobilanzwerkzeugen für Gebäude eine hohe Planungstiefe und Aufwand für die Dateneingabe. Die notwendige Informationstiefe ist meist erst am Ende der Ausführungsplanung vorhanden. Zu diesem Zeitpunkt sind jedoch bereits so viele Entscheidungen und Festlegungen getroffen (Bauantrag, Abstimmungen mit den Bauherren und Nutzern, Kostenplanung), dass eine Anpassung der Planung aufgrund der Ergebnisse der Ökobilanzierung bei den meisten Bauvorhaben eine erhebliche Überschreitung des Zeit- und Kostenrahmens bedeuten würde. Sinnvoll wäre die Integration einer Ökobilanzierung über Näherungen und Abschätzungen in die frühen Planungsphasen, weil hier der planerische Handlungsspielraum noch groß ist.

2.4.2 GaBi

Die Software „GaBi 4“ ermöglicht die Erstellung von Ökobilanzen für nahezu alle Arten von Produkten und Prozessen und ist somit nicht speziell auf das Bauwesen ausgerichtet. Erreicht wird dies über eine Eingabe, in der Prozesse und Flüsse in Form von Flussdiagrammen auf sogenannten Plänen modelliert werden. Über die Verknüpfung verschiedener Pläne lassen sich auch komplexe Prozesse nachvollziehbar abbilden. Gabi 4 verfügt über zahlreiche Auswertungsfunktionen und Möglichkeiten zur Eingabe über Parameter. Insbesondere diese Funktionen ermöglichen theoretisch die schnelle Eingabe und Auswertung

von Gebäuden. Dazu ist allerdings ein vollständiges parametrisches Gebäudemodell nötig, dass vom Nutzer zuvor erstellt werden muss. Die Software ist für Architekten ungewohnt zu bedienen und erfordert eine entsprechend lange Einarbeitungszeit sowie umfangreiches Fachwissen über die Methode der Ökobilanzierung um eine korrekte Modellierung sicher zu stellen.

Im Zuge der größeren Nachfrage aus dem Bausektor wird außerdem „Gabi Buildit“ angeboten. Dabei handelt es sich im Grunde um eine Eingabemaske für ein parametrisiertes Massenmodell des Gebäudes. Datengrundlage ist die Ökobau.dat. Die Ergebnisse werden in Form eines Berichts ausgegeben. Die vorgesehene Eingabe von Massen pro Baustoffe für das Gesamtgebäude erleichtert die Arbeit aber nicht wesentlich, da die aufwendige Massenermittlung dennoch von Hand stattfinden muss. Die Nachvollziehbarkeit des Rechenwegs ist nur noch unvollständig gegeben.

2.4.3 Zusammenfassung

Neben den Kosten für die Anschaffung der Soft- und Hardware ist der Zeitaufwand für das Erlernen der Software und die Eingabe der Daten ein Hemmnis. Während die Eingabelogik von Legep der, anderer Kostenrechnungs-Programme ähnelt und von Planern mit Erfahrungen mit derartigen Programmen erlernt werden kann, basiert die Eingabe bei Gabi auf frei programmierbaren Stoff-, Energieflüssen und Prozessen. Auch wenn diese Eingabe ein Höchstmaß an Genauigkeit und Anpassungsfähigkeit ermöglicht, die dazu führt, dass mit Gabi jegliche Prozesse und Produkte analysiert werden können, ist sie für die Anwendung in einem Planungsprozess ungeeignet. Die Eingabe kann nur in geringem Umfang auf vorgegebene Bauteile und Strukturen zurückgreifen, so dass die gesamten Bauteile und Prozesse für ein neues Bauvorhaben definiert und spezifiziert werden müssen. Eine solche Eingabe ist nur im Bereich der Forschung und bei industriellen Massenprodukten sinnvoll. Hier werden die einzelnen Teilschritte und Bestandteile vielfach multipliziert, weswegen die detaillierte Betrachtung sinnvoll ist.

2.5 Zielsetzung des Forschungsvorhabens

Ziel des Forschungsvorhabens ist die Entwicklung einer Methode zur Beurteilung der Umweltfolgen von Planungen (Ökobilanz). Dazu soll die Methode der Ökobilanzierung (DIN 14040) auf die frühen Phasen eines Planungsprozesses übertragen werden und die bereits vorhandenen Methoden (z.B. EnEV) ergänzen.

Für den Planer stellt sich das Problem, dass die Ökobilanzierung mit den vorhandenen Programmen meist erst dann verwertbare Ergebnisse liefert, wenn die Planung schon relativ weit fortgeschritten ist. Die für eine Ökobilanz nötige Genauigkeit der Planung wird in der Regel erst in der Ausführungsplanung (Leistungsphase 5 nach HOAI) erreicht, grundlegende Änderungen sind dann allerdings nur mit hohem zeitlichen, personellem und finanziellen Aufwand durchzuführen. Da zu diesem Zeitpunkt bereits viele Parameter der Planung festgelegt sind und mit Bauherren und Fachplanern abgestimmt, kann zu diesem Zeitpunkt der Planer nur in einem sehr geringen Umfang auf die dann vorliegenden Ergebnisse reagieren. Eine grundsätzliche Veränderung der Planung, etwa eine Umstellung des Tragwerks von Massivbauweise auf Leichtbauweise) würde zu Mehrkosten in der Planung und Verzug im Planungsablauf führen. Dies zu tragen sind die wenigstens Bauherren bereit und in der Lage. Sinnvoll ist es, mit der Optimierung bereits in frühen Planungsphasen zu beginnen und die Planung kontinuierlich in Hinblick auf die Umweltfolgen zu überwachen und zu verbessern.

Im vorliegenden Forschungsprojekt wird untersucht, in wie weit sich Gebäude gleichen Typs (Wohngebäude), ähnlicher Größe (BGF, BRI) und Konstruktion (z.B. massiv) sowie mit vergleichbaren Heizsystemen ähnliche Umweltwirkungen haben. Dazu werden vorhandene Untersuchungen ausgewertet und eigene Bilanzen von Beispielprojekten einer Typologie durchgeführt.

Die Umweltwirkungen werden für einzelne Planungsparameter des Gebäudes (Größe, Konstruktion, Heizsystem etc.) getrennt ermittelt und so deren Einfluss sowie mögliche maximale und minimale Beiträge zur Gesamtbilanz dargestellt.

Auf Basis der ermittelten Planungsparameter wird ein Planungstool entwickelt, das es ermöglicht, die Umweltwirkungen einer Planung durch Angabe früh zur Verfügung stehender Parameter grob abschätzen zu können.

Auf Basis des Forschungsprojekts ist eine Integration der Methode der Ökobilanzierung in den Planungsprozess als eine Ergänzung der gesetzlichen Vorgaben (EnEV) möglich. Die Vorarbeiten ermöglichen anschließend die Entwicklung entsprechender Softwaretools bzw. die Integration in vorhandene Softwaretools. Somit wird die Betrachtung vom Gebäudebetrieb (EnEV) auf den gesamten Lebenszyklus ausgeweitet.

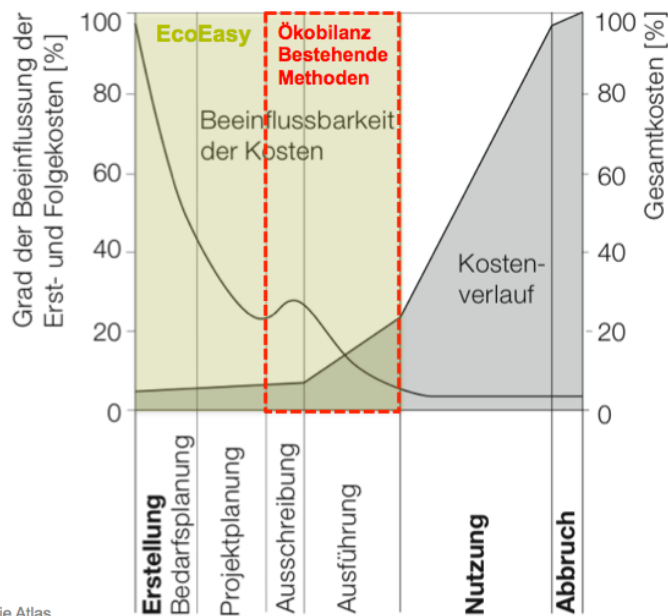
Durch EcoEasy wird die Analyse der umfassenden Umweltfolgen einfach in den Entwurfsprozess einbezogen. So können die verantwortungsbewussten Akteure ihre Planungen in Hinblick auf die Umweltfolgen optimieren.

Ein weiteres Ziel des Vorhabens ist die Erweiterung des Kenntnisstandes über die Umweltfolgen von typischen Baukonstruktionen. Durch die erleichterte Eingabe und Erstellung von Ökobilanzen für Gebäude entstehen mit EcoEasy schneller Umweltdaten zu unterschiedlichen Gebäudetypen und Bauweisen. Aus dem eingegebenen Daten entstehen Durchschnittswerte und spezifische Datensätze, die herangezogen werden, um den Gebäudetypen und Bauweisen. Aus den eingegebenen Daten entstehen Durchschnittswerte und spezifische Datensätze, die herangezogen werden, um den Gebäudetypen und Bauweisen Eigenschaften zuweisen zu können. Diesen Kategorien (Gebäudetypen und Bauweisen) wiederum erlauben, die erlauben, die Extrapolation von Umweltfolgen, basierend auf einer vergleichsweise geringen Eingabemenge von Daten durch den Vergleich mit ähnlichen Gebäuden und Konstruktionen.

Im Folgenden werden die Vorteile von EcoEasy detaillierter beschrieben:

2.5.1 Frühe Integration in den Planungsprozess

Wenn Planer die Umweltfolgen Ihrer Planungen gezielt verbessern wollen, müssen sie zunächst in die Lage versetzt werden, diese zu analysieren und die Auswirkungen der einzelnen Teile der Planung und des Lebenszyklus getrennt betrachten zu können. Hier setzt das vorliegende Forschungsprojekt an: Es wird ein einfach zu handhabendes Ökobilanzierungs-Werkzeug entwickelt, das im Entwurfs- und Planungsprozess eingesetzt werden kann.



Quelle: Hegger u.a.: Energie Atlas

Abbildung 8: Beeinflussbarkeit der Planung und Einsatzgebiet bestehender Ökobilanzierungswerkzeuge und EcoEasy.

In den frühen Planungsphasen ist das Entwicklungspotential eines Projektes am größten, die Datengrundlage für Entscheidungen aber am geringsten. Trotzdem werden auch schon in den ersten Planungsphasen grundsätzliche Festlegungen getroffen, die das Projekt und seine Umweltfolgen oft entscheidender prägen als die konstruktive Umsetzung in späteren Planungsphasen. Bisher verfügbare Programme können erst nach einer abgeschlossenen Ausführungsplanung und einem hohen Detaillierungsgrad Ergebnisse liefern. Häufig sind dann jedoch die Spielräume für eine Anpassung und Optimierung der Planung gering, weil dies zu Zeitverlust und erhöhten Planungskosten führt. EcoEasy ist so aufgebaut, dass sie schon in den ganz frühen Planungsphasen eingesetzt werden kann und den Detaillierungsgrad und Genauigkeit der Ökobilanzierung im Projektverlauf steigert. Dadurch lassen sich frühzeitig Abschätzungen machen und der Entwurfsprozess gezielt auf eine optimale Ökobilanz hinsteuern.

2.5.2 Einfache Handhabung und Integration in den Entwurfsprozess

EcoEasy soll anwenderfreundlich, schnell zu erlernen und einfach einzusetzen sein. Deswegen wird EcoEasy gezielt für Bau- und Planungsprozesse entwickelt und folgt in der Logik seiner Programmabfolge und Eingabe der, den Planern vertrauten Eingaben und Abläufen (DIN 276). Die, für die Eingaben notwendigen Daten, sind von den PlanerInnen im Rahmen der Kostenschätzung ohnehin zu erheben, weswegen der Eingabe-Aufwand gering ist. Die wichtigste Verbesserung für die Optimierung der Umweltfolgen ist jedoch darin zu sehen, dass die ArchitektInnen und PlanerInnen mit EcoEasy in die Lage versetzt werden, die Ökobilanzierungen mit vertretbarem Aufwand selbst durchzuführen und damit in den Entwurfs- und Planungsprozess zu integrieren. Gegenüber einer externen Durchführung der Berechnung kann so viel einfacher zwischen Planung und Bewertung iterativ vermittelt werden.

Durch die Anwenderfreundlichkeit und den geringeren Eingabeaufwand können mit EcoEasy auch Ökobilanzen für kleine und mittleren Gebäude, sowie Sanierungen erstellt werden, bei denen bisher der Aufwand für ein solches Verfahren unverhältnismäßig hoch war. Da aber kleine und mittlere Gebäude, vor allem aber Sanierungen einen Großteil der Bautätigkeit ausmachen, ist es besonders wichtig hier ein geeignetes Werkzeug zu schaffen, um die Umweltfolgen des Gebäudesektors insgesamt zu verbessern.

2.5.3 Ganzheitliche und integrative Betrachtung

EcoEasy umfasst auch die Bilanzierung nach DIN V 4108 / DIN V 4701 gemäß EnEV, die den Betrieb des Gebäudes bewertet. Gleichzeitig bewertet EcoEasy die Herstellung, Instandhaltung und den Rückbau des Gebäudes über den gesamten Lebenszyklus. Durch diese ganzheitliche Betrachtung können Umweltfolgen verschiedener Entwurfsvarianten verglichen und die Planung in Hinblick auf die Gesamtheit der Folgen optimiert werden. Die ganzheitliche und integrative Betrachtung ermöglicht die sonst schwierige Abwägung zwischen Erstinvestitionen und –folgen und Folgen im Betrieb.

2.5.4 Grundlagen für Extrapolationen und weiterführende Forschungen

Mit EcoEasy könnte eine weit größere Menge an Gebäuden und Baumaßnahmen bilanziert werden als bisher, weil der Aufwand geringer wird. Dadurch entstehen für die Forschung wichtige Daten, die genutzt werden können, um Konstruktionen, Bauteile und Materialien zu entwickeln, deren Umweltfolgen geringer sind. Insgesamt ist das Wissen über die Umweltfolgen meist auf einzelne Materialien und Bauteile bezogen. Mit einer großen Anzahl von Datensätzen zu den Lebenszyklen ganzer Gebäude könnte die Forschung zu systemischer Optimierung der Umweltfolgen einen großen Schritt vorangebracht werden.

Durch den alltäglichen Umgang mit Ökobilanzierungen und einer Verbreitung von fundierten Referenzwerten zu den Umweltfolgen von unterschiedlichen Konstruktionen könnten die ArchitektInnen und PlanerInnen mittelfristig einen ähnlich intuitiven und selbstverständlichen Umgang mit diesen Aspekten des Bauens kriegen, wie er schon lange für konstruktive Fragen und in jüngster Zeit teilweise auch im Umgang mit betriebs-energetischen Wirkungen von Planungsentscheidungen geübt wird. So könnte eine optimale Umweltbilanz zu einem selbstverständlichen und integralen Bestandteil des Planens und Bauens werden.

2.6 Zielgruppe und Einsatzgebiet von EcoEasy

EcoEasy ermöglicht die Optimierung der Planung von Gebäuden hinsichtlich der Ökobilanz von Gebäudekonstruktion und –betrieb. Durch die einfache Umsetzung und Bedienbarkeit von EcoEasy soll diese Optimierung ohne Fachingenieur und planungsbegleitend, das heißt eingebettet in den Entwurfsprozess, durchgeführt werden können.

Zielgruppe sind daher vor allem Architekten und Architektinnen. In Planungsprozessen kommt den Architekten und Architektinnen eine übergeordnete Koordinierungsrolle zu. So sollen Planungs- und Bauleistungen, aber auch die Entscheidungen des Bauherren und Anliegen späterer Nutzer von den Architekten und Architektinnen zusammengeführt und zu einem schlüssigen Gesamtsystem verknüpft werden. Für eine ganzheitliche Optimierung der Umweltfolgen eines Gebäudes ist es deswegen sinnvoll, die Analyse und Optimierung der Folgen ebenfalls hier anzusetzen. EcoEasy ist in der Eingabelogik auf den Planungsablauf von Architekten und Architektinnen und in der Darstellung auf die spezifischen Kommunikationsgewohnheiten von Architekten und Architektinnen ausgerichtet. Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt übersichtlich und graphisch, um der visuellen Kommunikation der Anwender entgegenzukommen. Allerdings sind grundlegende Kenntnisse über Ökobilanzen (Ablauf, untersuchte Umweltwirkungen) auch für die Anwendung von EcoEasy notwendig.

Als Anwendungsgebiet von EcoEasy kommen grundsätzlich alle Arten und Größen von Gebäuden in Frage. Besondere Vorteile bietet EcoEasy aber bei kleinen und mittleren Projekten, bei denen die Einbindung eines Fachplaners für Ökobilanzen zu teuer ist und daher in der Regel keine Optimierung erfolgt. Auf Grund der Einschränkungen bei der Berechnung des Heiz- und Endenergiebedarfs (Verwendung der DIN V 4108 / DIN 4701 anstatt der DIN V 18599) ist EcoEasy uneingeschränkt nur für Gebäude nutzbar, bei denen dieses Rechenverfahren zulässig ist. Dies sind aktuell Wohngebäude. Die verwendeten Anlagenschemata aus DIN 4701 Beiblatt 1 gelten darüber hinaus nur bis zu einer

bestimmten Gebäudegröße. In der Regel liegen für Gebäude mit einer Nutzfläche von mehr als 1.000m² nicht mehr für alle Anlagenschemata Informationen zum Endenergiebedarf vor. In der aktuellen prototypischen Version ist EcoEasy also für Wohngebäude bis zu einer Größe von ca. 1.000m² Nutzfläche uneingeschränkt verwendbar. Für alle anderen Gebäudetypen und größere Wohngebäude kann EcoEasy für die ökologische Optimierung der Gebäudekonstruktion verwendet werden, nicht jedoch für die Betrachtung des Gebäudebetriebs.

Mittelfristig ist vorstellbar, dass EcoEasy auch in der Zertifizierung von Gebäuden eingesetzt werden kann. Hierzu sind jedoch noch Abstimmungen hinsichtlich der Anforderungen (z.B. angesetzte Nutzungsdauern von Bauteile etc.) und den Dokumentationsrichtlinien der Zertifizierungssysteme notwendig, die nicht Gegenstand des aktuellen Forschungsprojekt waren.

3 Methodik von Ecoeasy

3.1 Methodik und Aufbau

Die Ökobilanzierung soll als integrales Planungswerkzeug zur Optimierung der Architekturplanung eingesetzt werden. Deswegen kann die Eingabe mit einer zunehmenden Planungstiefe erfolgen:

Im einen **ersten Arbeitsschritt** können anhand einer groben Gebäudevolumetrie und einer Abschätzung von Öffnungsanteilen und Innenausbau verschiedene Konstruktionsvarianten verglichen werden, indem Standardwerte typischer Konstruktionen aus der EcoEasy Datenbank verwendet werden. Die Betriebsphase kann in diesem Modus ebenfalls durch Standardwerte (EnEV, Passivhaus, etc.) übersichtlich abgebildet werden. Ziel dieses Modus ist, dass mit einem sehr geringen Aufwand die Umweltfolgen verschiedener Entwurfsvarianten, Konstruktionen und energetischen Standards miteinander verglichen werden können.

Im **zweiten Schritt** können schrittweise Geometrie des Gebäudes (Massenermittlung), Bauteile, Konstruktionen und Haustechnik präzisiert werden. Während im ersten Arbeitsschritt zwischen Konstruktionstypen (Massivbau, Holzrahmenbau, ...) unterschieden wird, werden im zweiten Schritt die wichtigsten (massereichsten) Bauteile genau definiert werden. Der Rückgriff auf die Datenbank mit typischen Aufbauten, die gegebenenfalls mit geringem Aufwand modifiziert werden können, vereinfacht die Eingabe. Da in dieser Planungsphase meistens die Gebäudestruktur und Konstruktionsart festgelegt werden, aber genaue Aufbauten und Materialien erst in der Ausführungsplanung festgelegt werden, soll hier der Aufwand für die Eingabe bewusst gering gehalten werden, um die PlanerInnen zu Vergleichen von unterschiedlichen Systemen anzuregen.

Planungsbegleitend werden Bauteile und Konstruktionen genau erfasst. So ist es möglich nach genauerer Festlegung der Baukonstruktion eine die Planung begleitende Ökobilanzierung durchzuführen, die den PlanerInnen die Möglichkeit gibt, verschiedene Aufbauten und Konstruktionen zu vergleichen und so die optimale Lösung zu finden. Wichtig für diese Betrachtung ist auch, dass die Software die Ergebnisse nicht allein für das Modul „Herstellung“ ausgibt. Es wird eine komplette Lebenszyklusanalyse des Gebäudes ausgegeben, bei der jedem Bauteil eine Komponente, Instandhaltung (Wartung, Reparatur, Instandhaltung, Austausch) zugeordnet wird.

Die Daten für das Modul „Betrieb“ werden auf Basis der eingegebenen Bauteile und der gewählten Gebäudetechnik errechnet. Durch eine Zuordnung der jeweiligen Energieträger können dann leicht die Ökobilanzdaten aus diesem Modul berechnet werden.

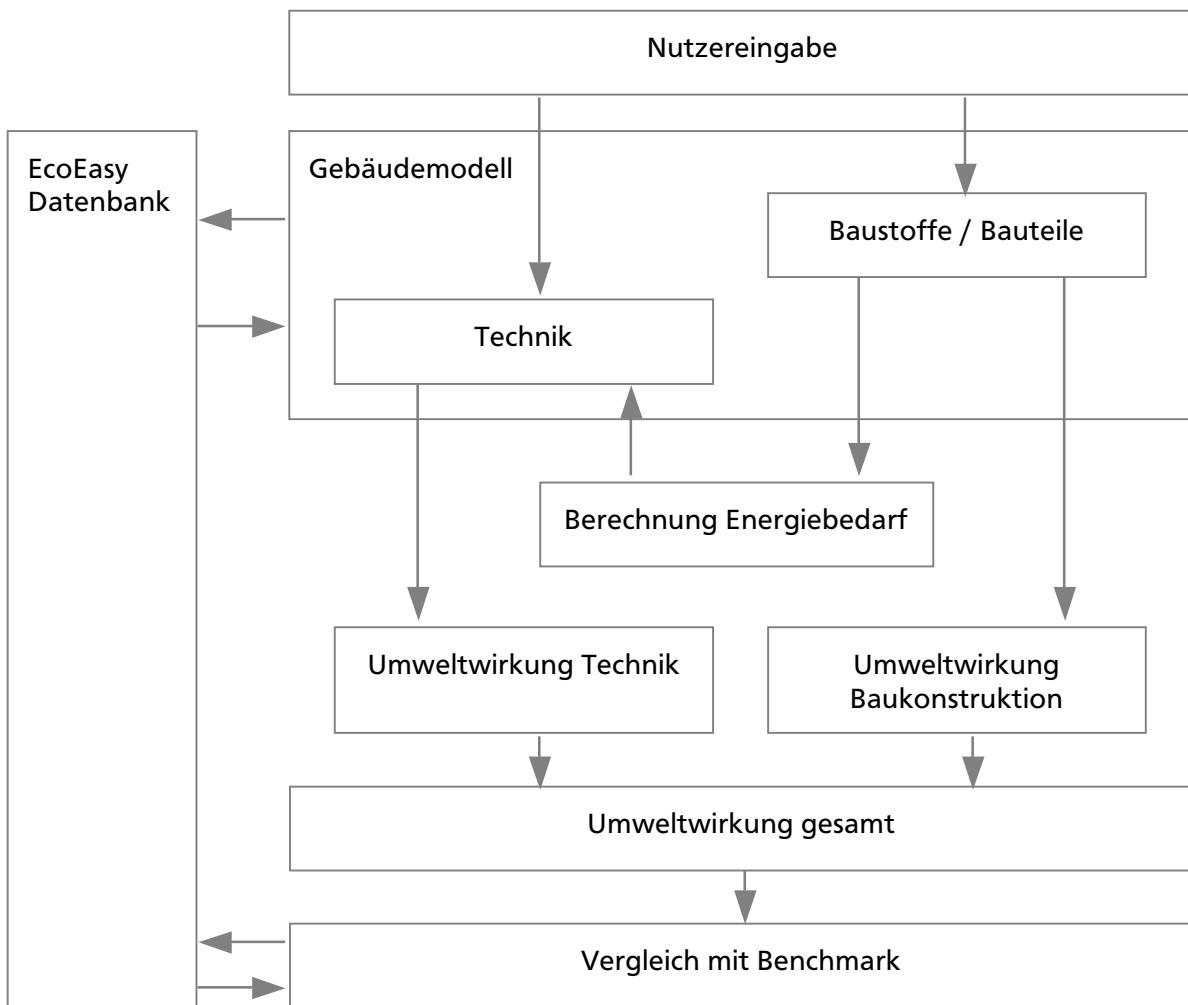


Abbildung 9: Eingabeablauf und Berechnung der Ökobilanzierung nach EcoEasy

Anfangs wurde ein anderer Programmablauf geprüft, bei dem die einzelnen Leistungsphasen mit unterschiedlichen Rechenmodellen abgebildet werden sollten, deren Detailtiefe sich mit fortschreitender Planung erhöht. In diesem Ablauf wäre zunächst ein stark vereinfachtes Modell für den Vorentwurf und Entwurf simuliert worden, dessen Rechengrundlage allein auf Durchschnittswerten vergleichbarer Gebäude (Größe, Nutzung, Bauweise, energetischer Standard) ermittelt worden wäre. In diesem Vorprojektmodus hätte EcoEasy nicht mit konkreten Bauteilen sondern nur mit statischen Durchschnittswerten gerechnet. Dadurch wäre die Aussagekraft des ersten Datenmodells erhöht worden, weil die gesamte Datenbasis der in EcoEasy eingegebenen Projekte eingeflossen werden. Erst in der Ausführungsplanung wäre ein Modell mit konkreten Bauteilen und Aufbauten eingegeben worden. Dieser Ansatz wurde verworfen. Auch wenn der Vorprojektmodus aufgrund der größeren Datengrundlage eine höhere Verlässlichkeit hinsichtlich der zu erwartenden Ergebnisse erbracht hätte, wäre ein deutlicher Bruch in der Berechnung zwischen Vorprojekt und Ausführungsplanung entstanden. Der Wechsel der Berechnungsmethode von dem Durchschnittswerten-basierten Modell (Vorprojektmodus) hinzu einem Modell, das auf konkreten Bauteilen basiert (Ausführungsplanung) hätte notwendig dazu geführt, dass sich die Ergebnisse plötzlich verändern, ohne, dass der Nutzer die Veränderungen im Einzelnen nachvollziehen kann. Da EcoEasy vor allem ein Werkzeug sein soll, dass den Nutzer kontinuierlich informiert und so eine gezielte Steuerung der Planung ermöglicht, wurde ein anderes Rechenmodell entwickelt, in dem ein kontinuierlicher Datenfluss entsteht.

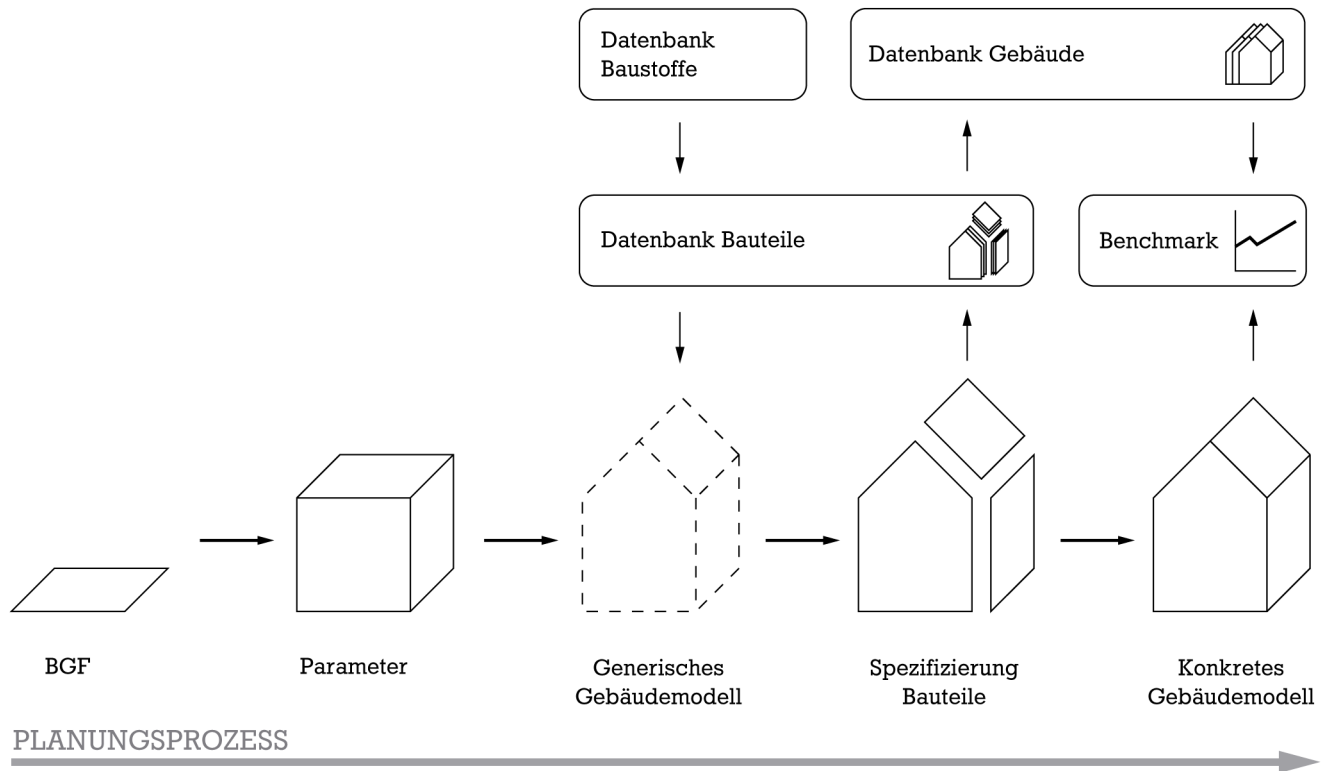


Abbildung 10: Programmablauf von EcoEasy. Aus wenigen Parametern wird zunächst ein generisches Gebäudemodell entwickelt, das Bauteile aus der EcoEasy Datenbank verwendet. Über die Spezifizierung der Bauteile wird das Gebäudemodell schrittweise an das reale Gebäude angepasst. Die Ergebnisse können dann wiederum mit anderen Projekten aus EcoEasy verglichen werden.

Über die Eingabe der ersten Projektparameter erzeugt EcoEasy ein **generische Gebäudemodell**, das bereits konkrete Bauteile enthält und dem Gebäude eine konkrete (vereinfachte kubische) Geometrie zuweist. In diesem generischen Modell kann EcoEasy alle Bauteilgruppen nach den statistischen Durchschnitten, die aus den Datengrundlage aller in EcoEasy erfassten Projekte errechnet wurden, berücksichtigen, indem für alle Bauteilgruppen Stellvertreter generiert werden, deren Bauweise, Massen und Geometrie der eines durchschnittlichen, vergleichbaren Gebäudes entsprechen.

The screenshot shows a web browser window with the URL <http://www.eco-easy.org/projects/create/>. The page title is 'EcoEasy' and the version is 'Version: Prototype'. The user is logged in as 'Hallo Joost' and can click 'Abmelden'. The main navigation bar has 'Projekte' and 'Bauteilbibliothek'. The 'Neues Projekt' form contains the following fields:

- Projektname* (text input)
- Bauweise* (dropdown menu, currently showing '-- Keine Auswahl --')
- Länge* m (text input)
- Breite* m (text input)
- Höhe* m (text input)
- Orientierung der Längsseite* (dropdown menu, currently showing '0° - Nord')
- Geschosse* (text input, value '2')
- Kellergeschoss vorhanden? (checkbox, currently unchecked)
- Fensterflächenanteil* % (text input, value '30')
- Standortregion nach DIN-4108-6 Anhang A* (dropdown menu, currently showing '12 Mannheim')

There is a 'Karte öffnen' link next to the location dropdown. A blue 'Anlegen' button is at the bottom right of the form. On the left side of the form, there is a green checkmark and the text 'It's ecoeasy'.

Abbildung 11: Projektassistent aus dem Softwareprototyp zur Erstellung des generischen Gebäudemodells. Die Eingabe dieser Daten steht am Beginn jeder Ökobilanz mit EcoEasy.

Der große Vorteil dieser Methode ist, dass der Nutzer mit einem sehr geringen Kenntnisstand, der für frühe Planungsphasen typisch ist, und einem sehr geringen Zeitaufwand, bereits ein komplettes Gebäudemodell erhält, das zumindest in der Größenordnung richtige Aussagen über die Wirkanteile der Bauteile und Bauteilgruppen zulässt. Es erschien auch einfacher und attraktiver, dieses generische Modell zu ergänzen und zu modifizieren, als zuerst alle Bauteile anlegen zu müssen, um erste Ergebnisse zu erhalten. Hierin sehen die Bearbeiter einen großen Vorteil von EcoEasy: Während die meisten Programmen erst nach einer längeren Zeit der Eingabe erste Ergebnisse liefern und Eingaben erfordern, die in den frühen Planungsphasen oft nicht zur Verfügung stehen, arbeitet EcoEasy von Anfang an mit einem vollständigen (generischen) Gebäudemodell, das im Laufe der Planung und der weiteren Eingaben verbessert und ergänzt wird. Natürlich können mit diese geringen Eingaben am Anfang keine allzu verlässlichen Aussagen zu einzelnen Bauteilen und Wirkanteilen gemacht werden. Dennoch gibt es eine für frühe Planungsphasen ausreichende Abschätzungen der Gesamtwirkung (siehe Kapitel 6.2). Auch kann die Verteilung auf die Bauteilgruppen und den Lebenszyklus genutzt werden, um schnell die Bereiche der Planung zu identifizieren, die große Anteile an der Gesamtwirkung haben und deswegen zuerst angegangen werden müssen am effektivsten zu optimieren.

3.2 Qualitätssicherung bei der Eingabe von Referenzdaten

Die Abschätzungen im generischen Gebäudemodell basieren auf der Eingabe von Referenzbauteilen. Aus den Referenzbauteilen erstellt EcoEasy beim Anlegen des Projektes das generische Gebäudemodell. Die Genauigkeit der Abschätzung hängt deswegen maßgeblich von der Genauigkeit der Eingabe der Referenzbauteile ab. Um sicher zu stellen, dass die Referenzbauteile richtig eingegeben sind und für die

Bauweise sinnvolle und gebräuchliche Konstruktionen darstellen, sollten diese in einer späteren Software nur von Administratoren eingegeben und den Bauweisen zugeordnet werden können. Die Eingaben der Nutzer sind zwar für die Administratoren einzusehen, werden aber nicht automatisch in die allgemeinen Bauteildatenbank von EcoEasy übernommen. Gleichwohl sollen die Administratoren die Möglichkeit die Bauteile, die sie geprüft haben und als sinnvolle Ergänzung der allgemeinen Bauteildatenbank von EcoEasy empfinden zu übernehmen. Bei dieser Übernahme könnten auch etwaige Eingabefehler korrigiert werden. Somit kann auch die Qualität der Daten geprüft werden auf denen die anfänglichen Abschätzungen von EcoEasy basieren. In diese gehen allein die geprüften Systemparameter ein (Ökobaumat, DIN ISO 14040ff., DIN 4108...) und die fachlich geprüften Referenzbauteile ein. Der ursprüngliche Ansatz einer Cloud-Intelligence (Wiki-Ansatz) wurde aufgrund des Hinweis des Projektbeirats auf die hohen Anforderungen an die Datenqualität fallen gelassen. Im Umkehrschluss erhöht sich durch die Kontrolle und Pflege der Daten für einen späteren Betreiber der Aufwand.

3.3 Normative Grundlagen

3.3.1 Ökobilanz

Methodische Grundlage der Ökobilanzierung ist die DIN EN ISO 14040ff: 2006-10 Umweltmanagement - Ökobilanz. Die hier notwendigen Teilschritte werden in die Eingabe und Auswertung der Software integriert, so dass dem Nutzer am Ende der Eingabe die notwendigen Informationen zur Verfügung stehen. Eine Ökobilanzierung nach DIN EN ISO 14 040 erfasst und bewertet eine definierbare Gruppe von Umwelteinflüssen eines Produktes oder Prozesses im Verlauf seines Lebens von der Rohstoffgewinnung bis zur endgültigen Beseitigung. Sie besteht grundsätzlich aus 4 Abschnitten:

- Festlegung des Bilanzraumes und Nennung des Zieles
- Sachbilanz
- Wirkungsabschätzung
- Auswertung

Diese vier Teilschritte werden auch in EcoEasy enthalten und getrennt ausgewiesen.

Das Ziel und Untersuchungsrahmen im Sinne der DIN EN ISO 14040ff, der im Rahmen der Eingabe und Auswertung mit der Software durchgeführten Ökobilanzierung, ist die ökologische Optimierung des Gebäudes im Lebenszyklus. Die Sachbilanz wird aus den Eingaben des Nutzers bzw. aus den hinterlegten Bauteilaufbauten aus der Bauteilbibliothek sowie der Berechnung des Energiebedarfs erstellt. Die Wirkungsabschätzung wird nach der Eingabe durch die Software automatisch erstellt und ergibt sich aus den in der Datenbank hinterlegten Baustoff- und Materialwerten.

3.3.2 Berechnung des Heizwärmebedarfs

Die Ermittlung des Heizwärmebedarfs in EcoEasy erfolgt in Anlehnung an das in DIN 4108-6 „Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden“ beschriebene Verfahren. Für die Berechnung des Heizwärmebedarfs wurden im Projektverlauf eine Reihe von Annahmen getroffen. Diese sind im Kapitel 3.6 beschrieben.

3.3.3 Berechnung des Endenergiebedarfs

Die Ermittlung des Endenergiebedarfs in EcoEasy erfolgt nach dem in DIN 4701-10 beschriebenen Verfahren und mittels der in DIN 4701-10 Beiblatt 1 beschriebenen Anlagenbeispiele. Dabei wurden nur die Anlagenbeispiele berücksichtigt, bei denen die Herstellung, Nutzung und Entsorgung der Anlagenkomponenten auch mit Daten der Ökobau.dat abbildbar sind. Eine Übersicht, über die abgebildeten Anlagen ist in Kapitel 3.6.2 beschrieben.

Die Berechnung des Energiebedarfs nach DIN 4108-6 / 4701-10 erfolgt in EcoEasy um den Berechnungsprozess möglichst einfach zu halten. Von einer Bilanzierung nach DIN V 18599 wurde daher abgesehen.

3.4 Verwendete Datengrundlage

Als Datengrundlage werden unterschiedlich Quellen genutzt, die im Folgenden beschrieben sind.

3.4.1 Ökobaudat

Als Datengrundlage für die Ökobilanzdaten der Baustoffe dient die vom BMVBS veröffentlichte Ökobaudat 2009 (<http://www.nachhaltigesbauen.de/baustoff-und-gebaeuedaten/oekobaudat.html>). Diese ist auf der Homepage „Nachhaltiges Bauen“ des BMVBS kostenfrei herunterzuladen.

Die Datengrundlage der Ökobau.dat wurde bearbeitet, um sie für EcoEasy nutzbar zu machen. Die vorgenommenen Modifikationen der Datengrundlage sind in Kapitel 3.5 beschrieben.

Während der Bearbeitung des Projektes wurde eine neue Version der Ökobau.dat erarbeitet und im März 2012 veröffentlicht. Diese Daten konnten im laufenden Projekt nicht berücksichtigt werden. Eine Anpassung an die Ökobaudat 2011 ist im Rahmen einer weiteren Entwicklung notwendig.

3.4.2 Nutzungsdauern der Bauteile

Ein wichtiger Aspekt bei der Ökobilanzierung von Gebäuden ist die angenommene Nutzungsdauer der eingesetzten Baustoffe in ihrer konkreten Einbausituation (Bauteil) im Gebäude. Für die Nutzungsdauern von Bauteilen liegt eine entsprechende Tabelle „Nutzungsdauern von Bauteilen zur Lebenszyklusanalyse nach BNB“ vor, die vom BMVBS veröffentlicht wurde¹².

Da die Nutzungsdauer eines Baustoffs abhängig von seinem Einsatzort in einem Bauteil oder Gebäude ist, können Lebensdauern nicht konkreten Datensätzen in der Ökobau.dat zugeordnet werden. Die Eingabe von Lebensdauern erfolgt in EcoEasy daher durch den Nutzer.

3.5 Sachbilanz der Gebäudekonstruktion

In der Sachbilanz werden nach DIN EN ISO 14040 die für das Produktsystem relevanten Stoff- und Energieumwandlungsprozesse unter Berücksichtigung der Systemgrenze und der Abschneidekriterien erfasst und quantifiziert. Einbezogen werden Energie-, Rohstoff- und Betriebsstoffinputs, Produkte, Koppelprodukte und Abfälle sowie Emissionen in Luft, Wasser und Boden.¹³

In EcoEasy wird die Sachbilanz durch die Eingabe von Bauteilen durch den Nutzer bzw. durch die Verwendung von hinterlegten Bauteilen aus der Bauteilbibliothek gebildet. Die Sachbilanz ist dabei zwangsläufig zu Beginn der Eingabe nicht vollständig bzw. bildet das konkrete Vorhaben nicht vollständig ab. Mit fortschreitendem Projektverlauf ist jedoch die vollständige Eingabe des gesamten Gebäudes „bis zur letzten Schraube“ theoretisch möglich. Für eine Abschätzung der Umweltwirkungen in frühen Planungsphasen ist eine so tiefgehende Erfassung der Bauteile nicht notwendig und auch nicht zielführend. Für die Ermittlung zuverlässiger Benchmarks kann sie aber verwendet werden.

Das Ergebnis der Sachbilanz der Gebäudekonstruktion sind die Aufbauten der Bauteile mit den jeweils eingesetzten Baustoffen und deren Anzahl und Bezugsgröße (kg, m, m², m³, Stück, etc.).

¹² Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: "Nutzungsdauern von Bauteilen zur Lebenszyklusanalyse nach BNB". URL: http://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/pdf/baustoff_gebaeuedaten/BNB_Nutzungsdauern_von_Bauteilen__2011-11-03.pdf. Stand: 27.1.2012

¹³ DIN EN ISO 14040:2006-10: Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen. S. 25f.

3.6 Sachbilanz des Gebäudebetriebs

Die Sachbilanz des Gebäudebetriebs erfolgt durch eine Verknüpfung der Energiebedarfsberechnung nach DIN 4108-6 und DIN 4701-10 mit den Anlagenbeispielen aus DIN 4701-10 Beiblatt 1. Dazu wurden verschiedene Annahmen und Vereinfachungen vorgenommen, die im Folgenden beschrieben sind.

3.6.1 Anpassungen und Annahmen bei der Berechnung des Heizwärmebedarfs

Um die Ermittlung des Heizwärmebedarfs und die Energiebedarfsberechnung so einfach wie möglich zu halten, wurde eine Reihe von Annahmen getroffen, die im folgenden beschrieben sind.

Die Berechnung des Heizwärmebedarfs erfolgt nach dem Monatsbilanzverfahren, das in DIN 4108-6 unter Kapitel 3.6.1 beschrieben wird. Die vom Nutzer eingegeben Bauteile werden für die Berechnung herangezogen. Im folgenden sind nur die Abweichungen und Annahmen für dieses Verfahren beschrieben. Nicht beschriebene Teile des Berechnungsverfahrens folgen vollständig den Vorgaben der Norm.

3.6.1.1 Hüllfläche und Bruttovolumen

Die Berechnung der Hüllfläche und des Bruttovolumens erfolgt aus den Eingaben des Nutzer und kann später von diesem korrigiert werden.

3.6.1.2 Wärmeleitfähigkeit δ Baustoffe

Um den Wärmedurchgangswiderstand R und den Wärmedurchgangskoeffizient U berechnen zu können, wurden den Baustoffen der Ökobau.dat Wärmeleitfähigkeiten zugeordnet. Die zugeordneten Wärmeleitfähigkeiten und die Datenquellen können Anhang 8.2 entnommen werden.

3.6.1.3 Temperaturkorrekturfaktor F_x

Mit dem Temperaturkorrekturfaktor F_x wird der durch den U -Wert beschriebene Wärmestrom bei nicht an die Außenluft angrenzenden Bauteilen modifiziert. Für EcoEasy wurden abweichend von dem in DIN 4108-6 beschriebenen Verfahren, das vereinfachte Verfahren zur Bestimmung der Temperaturkorrekturfaktoren nach DIN EN 12831, Tabelle C.1 verwendet. Die beiden Verfahren unterscheiden sich hauptsächlich im Bereich des unteren Gebäudeabschlusses. Die Vereinfachungen der DIN EN 12831 erschienen im Kontext von EcoEasy dennoch zulässig.

3.6.1.4 Wärmebrückenzuschlag HWB

Der pauschale spezifische Wärmebrückenzuschlag auf den den spezifischen Transmissionswärmeverlust H_{WB} wird vereinfachend gemäß DIN 4108-6 Abschnitt 5.5.2 ohne Nachweis mit $\Delta U_{WB} = 0,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$ festgelegt.

3.6.1.5 Referenzklima

Für die Berechnung der solaren Gewinne und die Ermittlung der Außentemperatur werden die in DIN 4108-6 Anhang 1 vorhandenen meteorologischen Daten verwendet. Die entsprechende Referenzklimazone wird vom Nutzer im Rahmen der Projekteingabe gewählt.



Abbildung 12: Karte der Referenzklimaregionen zur Auswahl durch de Nutzer in EcoEasy (eigene Darstellung nach DIN 4108-6, Anhang 1)

3.6.1.6 Spezifischer Lüftungswärmeverlust H_V

Bei der Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlusts H_V wird zwischen freier und mechanischer Lüftung unterschieden.

Die Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlusts H_V bei freier Lüftung erfolgt nach folgender Formel:

$$H_V = n V \rho_L c_{pL}$$

mit

n mittlere Standard-Luftwechselrate

V Netto Volumen

$\rho_L c_{pL}$ spezifische Wärmekapazität der Luft bei 20°C

Die nachfolgende Tabelle zeigt, wie diese in EcoEasy erhoben bzw. berücksichtigt wurden:

Faktor	Kürzel	Annahme	Datenquelle für EcoEasy
Standard-Luftwechselrate	n	$0,6 \text{ h}^{-1} / 0,7 \text{ h}^{-1}$	Eingabe Nutzer über Auswahl Luftdichtigkeit geprüft: ja / nein
Netto Volumen	V	$0,76 \times V_e / 0,8 \times V_e$	Eingabe Nutzer über Auswahl Gebäudegröße: klein / groß
Wärmekapazität Luft	$\rho_L c_{pL}$	$0,34 \text{ Wh}/(\text{m}^3 \times \text{K})$	DIN 4108-6 Abschnitt 6.2.2

Tabelle 2: Festlegungen bzw. Ermittlung der Einflussfaktoren für die Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlusts bei freier Lüftung im Rahmen der Heizwärmebedarfsermittlung

Die Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlusts H_V bei freier Lüftung erfolgt nach folgender Formel:

$$n = n_{\text{Anl}} (1 - \eta_V) + n_x$$

mit

n_{Anl} Anlagenluftwechselrate

η_V Nutzungsfaktor Abluft-Zuluft-Wärmetauschers

n_x zusätzlicher Luftwechsel infolge Undichtigkeiten und Festeröffnen

Die nachfolgende Tabelle zeigt, wie diese in EcoEasy erhoben bzw. berücksichtigt wurden:

Faktor	Kürzel	Annahme	Datenquelle für EcoEasy
Anlagenluftwechselrate	n_{Anl}	$0,4 \text{ h}^{-1}$	
Nutzungsfaktor Wärmetauscher	n_V	0	DIN 4701-10 Abschnitt 4.1
zusätzlicher Luftwechsel	n_x	$0,4 \text{ h}^{-1}$	DIN 4108-6 Abschnitt 6.2.3

Tabelle 3: Festlegungen bzw. Ermittlung der Einflussfaktoren für die Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlusts bei mechanischer Lüftung im Rahmen der Heizwärmebedarfsermittlung

3.6.1.7 Flächenbezogene interne Wärmeleistung $q_{i,M}$

Für die mittlere flächenbezogene Wärmeleistung $q_{i,M}$, also die internen Wärmegewinne, wurden gemäß DIN 4108-6 Tabelle 2 pauschal 5 W/m^2 angenommen. Dieses Verfahren ist bei der Bilanzierung von Wohngebäuden zulässig.

3.6.1.8 Monatlicher solarer Wärmegewinn $\Phi_{s,M}$

Der monatliche solare Wärmegewinn wird maßgeblich von den Öffnungen in der Gebäudehülle bestimmt. Nach DIN V 4108-6 wird der solare Wärmestrom Φ_s nach folgender Formel berechnet:

$$\Phi_s = \sum_j I_{s,j} \sum_i^n A_{s,ji}$$

mit:

i ein Bauteil

j die Orientierung

A_s die effektive Kollektorfläche

Dabei wird die effektive Kollektorfläche A_s wie folgt berechnet:

$$A_s = A F_S F_C F_F g$$

mit

A Bruttofläche Bauteil

F_S Abminderungsfaktor Verschattung

F_C Abminderungsfaktor Sonnenschutz

F_F Abminderungsfaktor Rahmenanteil

g wirksamer Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung

Der solare Wärmegewinn wird dabei von einer Reihe von Faktoren bestimmt. Die nachfolgende Tabelle zeigt, wie diese in EcoEasy erhoben bzw. berücksichtigt wurden:

Faktor	Kürzel	Annahme	Datenquelle für EcoEasy
Bruttofläche Bauteil	A	entfällt	Siehe F_F
Orientierung des Bauteils	j		Eingabe Nutzer
Abminderungsfaktor Rahmenanteil	F_F		Eingabe der Nettoglasfläche durch den Nutzer
Abminderungsfaktor Verschattung	F_S	0,9	EnEV 2009, Anhang 1, Tabelle 3
Abminderungsfaktor Sonnenschutz	F_C	1	Gemäß DIN 4108-6 Abschnitt 6.4.2
Gesamtenergiedurchlassgrad Verglasung	g_i		Eingabe Nutzer

Tabelle 4: Festlegungen bzw. Ermittlung der Einflussfaktoren für die Berechnung der solaren Wärmegewinne im Rahmen der Heizwärmebedarfsermittlung

3.6.1.9 Wirksame Speicherkapazität C_{wirk}

Zur Bestimmung der nutzbaren inneren und solaren Gewinne ist die Ermittlung der wirksamen Speicherkapazität C_{wirk} erforderlich. Es werden die in DIN 4108-6 Abschnitt 6.5.2 aufgeführten Pauschalwerte verwendet:

- leichte Gebäude: $c_{\text{wirk}} = 15 \text{ Wh}/(\text{m}^3 \times \text{K}) \times V_e$
- schwere Gebäude: $c_{\text{wirk}} = 50 \text{ Wh}/(\text{m}^3 \times \text{K}) \times V_e$

Die Festlegung schweres / leichtes Gebäude wird vom Nutzer bei der Eingabe gemacht.

3.6.1.10 Monatlicher Ausnutzung η_M

Der Ausnutzungsgrad der nutzbaren inneren und solaren Gewinne wird in EcoEasy entsprechend dem in DIN 4108-6 Abschnitt 6.5.3 beschriebenen Verfahren berechnet.

3.6.2 Anpassungen und Annahmen bei der Berechnung des Endenergiebedarfs

Aus dem berechneten Heizwärmebedarf Q_H wird der resultierende Endenergiebedarf Q_F bestimmt. Um diese Ermittlung möglichst einfach zu halten, greift EcoEasy auf die in DIN 4701-10 Beiblatt 1 beschriebenen Anlagenkonfigurationen zurück. Dieses Beiblatt soll die Ermittlung des Primärenergiebedarfs einer Heizungsanlage in einem frühen Planungsstadium erleichtern¹⁴. Dazu liegen für insgesamt 78 verschiedene Anlagensysteme Diagramme und Wertetabellen für Primär-, End- und Hilfsenergiebedarf sowie die resultierende Anlagenaufwandszahl vor. Da die Umweltwirkungen des Betriebs der verwendeten Anlagen in EcoEasy abgebildet werden sollten, wird aus den Tabellen jeweils der Endenergie- und Hilfsstrombedarf in Abhängigkeit vom ermittelten Heizwärmebedarf und der Energiebezugsfläche A_N ermittelt. Dieser wird dann in der Wirkungsabschätzung mit dem entsprechenden Datensatz für die Anlagenutzung aus der Ökobau.dat verknüpft.

In der Ökobau.dat stehen darüber hinaus auch Datensätze für die Herstellung und Entsorgung der Anlagentechnik zur Verfügung. Im Rahmen einer vollständigen Abbildung der Anlagentechnik werden diese Datensätze ebenfalls in EcoEasy verwendet. Da sich mit diesen Datensätzen nicht alle in DIN 4701-10 Beiblatt 1 beschriebenen Anlagen abbilden lassen, wurde die Zahl der verfügbaren Anlagen in EcoEasy reduziert. Anlagen, deren technische Komponenten nicht oder nur teilweise mit den Datensätzen der Ökobau.dat abbildbar sind, wurden in EcoEasy nicht berücksichtigt und sind nicht wählbar.

Auf Grund fehlender Datensätze nicht berücksichtigt wurden Anlagen mit folgenden Komponenten:

- Kombikessel (Kombinationen aus Erzeuger und Speicher)
- elektronische Regeleinrichtungen mit Optimierungsfunktion

¹⁴ DIN V 4701-10 Bbl 1:2007-02: Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen – Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung; Beiblatt 1: Anlagenbeispiele. S. 5.

- Luft-Luft Wärmepumpen (mit Außenluft) als Wärmeerzeuger
- Luft-Luft Wärmepumpen (mit Abluft) als Wärmeerzeuger
- dezentrale Elektroheizungen (Elektro Kleinspeicher) als Wärmeerzeuger

Darüber hinaus wurden folgende Unterschiede in den Anlagenkonfigurationen nicht berücksichtigt, um die Erfassung einfach zu halten:

- Gleich- bzw. Wechselstromventilator bei Lüftungsanlagen
- unterschiedliche Luftwechselraten bei Lüftungsanlagen
- unterschiedliche Auslegungstemperaturen bei Heizungsanlagen

Diese Unterschiede werden in DIN 4701-10 Beiblatt 1 über Varianten der Anlagenkonfiguration ausgedrückt.

Tabelle 5 zeigt eine Übersicht der in EcoEasy abbildbaren Anlagen der DIN 4701-10 Beiblatt 1.

Anlagennr. nach DIN 4701-10 Bbl 1	in Ecoeasy abbildbar	Energie- träger Heizung	Energie- träger TWW	Erzeuger TWW	Zirkulations- leitung	Solar- anlage	Lüftungs- anlage	Wärme- übergabe	Anordnung (therm. Hülle)
1	ja	Erdgas Erdöl	gleich Heizung	gleich Heizung	ja	nein	nein	frei	innerhalb
2	ja	Erdgas Erdöl	gleich Heizung	gleich Heizung	nein	nein	nein	frei	innerhalb
3	nein								
4	ja	Erdgas Erdöl	gleich Heizung	gleich Heizung	ja	nein	nein	frei	außerhalb
5	ja	Erdgas Erdöl	gleich Heizung	gleich Heizung	nein	nein	nein	frei	außerhalb
6	ja	Erdgas Erdöl	gleich Heizung	gleich Heizung	ja	nein	Abluft	frei	außerhalb
7	ja	Erdgas Erdöl	gleich Heizung	gleich Heizung	ja	nein	Zu-/Abluft WRG	frei	innerhalb
8	nein								
9	ja	Erdgas Erdöl	gleich Heizung	gleich Heizung	nein	nein	Zu-/Abluft WRG	frei	innerhalb
10	ja	Erdgas Erdöl	gleich Heizung	gleich Heizung	ja	TWW Bereitung	nein	frei	außerhalb
11	ja	Erdgas Erdöl	gleich Heizung	gleich Heizung	ja	TWW Bereitung	nein	frei	innerhalb
12	ja	Erdgas Erdöl	gleich Heizung	gleich Heizung	nein	TWW Bereitung	nein	frei	innerhalb
13	ja	Erdgas Erdöl	Strom	elek. Durchlauferh.	nein	nein	nein	frei	innerhalb
14	ja	Erdgas Erdöl	Strom	elek. Durchlauferh.	nein	nein	nein	frei	außerhalb
15	ja	Erdgas Erdöl	Strom	elek. Durchlauferh.	nein	nein	Zu-/Abluft WRG	frei	innerhalb

Anlagennr. nach DIN 4701-10 Bbl 1	in Ecoeasy abbildbar	Energie- träger Heizung	Energie- träger TWW	Erzeuger TWW	Zirkulations- leitung	Solar- anlage	Lüftungs- anlage	Wärme- übergabe	Anordnung (therm. Hülle)
16	ja	Erdgas Erdöl	gleich Heizung	gleich Heizung	ja	nein	nein	frei	außerhalb
17	nein								
18	ja	Erdgas Erdöl	gleich Heizung	gleich Heizung	ja	nein	nein	frei	innerhalb
20	ja	Erdgas Erdöl	gleich Heizung	gleich Heizung	nein	nein	nein	frei	innerhalb
21	nein								
22	nein								
23	ja	Erdgas Erdöl	gleich Heizung	gleich Heizung	ja	nein	nein	integriert	außerhalb
24	ja	Erdgas Erdöl	gleich Heizung	gleich Heizung	ja	nein	nein	integriert	innerhalb
25	ja	Erdgas Erdöl	gleich Heizung	gleich Heizung	nein	nein	nein	integriert	innerhalb
26	ja	Erdgas Erdöl	gleich Heizung	gleich Heizung	ja	nein	Abluft	frei	innerhalb
27	ja	Erdgas Erdöl	gleich Heizung	gleich Heizung	ja	nein	Zu-/Abluft WRG	frei	innerhalb
28	ja	Erdgas Erdöl	gleich Heizung	gleich Heizung	nein	nein	Zu-/Abluft WRG	frei	innerhalb
29	ja	Erdgas Erdöl	gleich Heizung	gleich Heizung	ja	nein	Zu-/Abluft WRG	integriert	innerhalb
30	ja	Erdgas Erdöl	gleich Heizung	gleich Heizung	nein	nein	Zu-/Abluft WRG	integriert	innerhalb
31	ja	Erdgas Erdöl	gleich Heizung	gleich Heizung	ja	TWW Bereitung	nein	frei	innerhalb
32	ja	Erdgas Erdöl	gleich Heizung	gleich Heizung	nein	TWW Bereitung	nein	frei	innerhalb
33	ja	Erdgas Erdöl	gleich Heizung	gleich Heizung	ja	TWW Bereitung	nein	integriert	innerhalb
34	ja	Erdgas Erdöl	gleich Heizung	gleich Heizung	nein	TWW Bereitung	nein	integriert	innerhalb
35	ja	Erdgas Erdöl	gleich Heizung	gleich Heizung	ja	TWW Bereitung	Zu-/Abluft WRG	frei	außerhalb
36	ja	Erdgas Erdöl	gleich Heizung	gleich Heizung	ja	TWW Bereitung	Zu-/Abluft WRG	frei	innerhalb
37	ja	Erdgas Erdöl	gleich Heizung	gleich Heizung	nein	TWW Bereitung	Zu-/Abluft WRG	frei	innerhalb
38	ja	Erdgas Erdöl	gleich Heizung	gleich Heizung	ja	TWW Bereitung	Zu-/Abluft WRG	integriert	außerhalb
39	ja	Erdgas Erdöl	gleich Heizung	gleich Heizung	ja	TWW Bereitung	Zu-/Abluft WRG	integriert	innerhalb
40	ja	Erdgas Erdöl	gleich Heizung	gleich Heizung	nein	TWW Bereitung	Zu-/Abluft WRG	integriert	innerhalb

Anlagennr. nach DIN 4701-10 Bbl 1	in Ecoeasy abbildbar	Energie- träger Heizung	Energie- träger TWW	Erzeuger TWW	Zirkulations- leitung	Solar- anlage	Lüftungs- anlage	Wärme- übergabe	Anordnung (therm. Hülle)
41	ja	Erdgas Erdöl	gleich Heizung	gleich Heizung	ja	Heiz. Unterstütz.	nein	frei	außerhalb
42	ja	Erdgas Erdöl	gleich Heizung	gleich Heizung	ja	Heiz. Unterstütz.	nein	integriert	außerhalb
43	ja	Erdgas Erdöl	Strom	elek. Durchlauferh.	nein	nein	nein	frei	außerhalb
44	ja	Erdgas Erdöl	Strom	elek. Durchlauferh.	nein	nein	nein	frei	innerhalb
45	ja	Erdgas Erdöl	Strom	elek. Durchlauferh.	nein	nein	nein	integriert	außerhalb
46	ja	Erdgas Erdöl	Strom	elek. Durchlauferh.	nein	nein	nein	integriert	innerhalb
47	ja	Erdgas Erdöl	Strom	elek. Durchlauferh.	nein	nein	Zu-/Abluft WRG	frei	innerhalb
48	ja	Erdgas Erdöl	Strom	elek. Durchlauferh.	nein	nein	Zu-/Abluft WRG	integriert	innerhalb
49	ja	Strom	gleich Heizung	gleich Heizung	nein	nein	nein	integriert	außerhalb
50	ja	Strom	gleich Heizung	gleich Heizung	ja	nein	nein	integriert	außerhalb
51	ja	Strom	gleich Heizung	gleich Heizung	nein	nein	nein	integriert	außerhalb
52	ja	Strom	gleich Heizung	gleich Heizung	ja	nein	nein	integriert	außerhalb
53	nein								
54	nein								
55	nein								
56	nein								
57	nein								
58	ja	Strom	Strom	elek. Durchlauferh.	nein	nein	nein	integriert	innerhalb
59	nein								
60	nein								
61	nein								
62	nein								
63	nein								
64	nein								
65	ja	Fernwärme	gleich Heizung	gleich Heizung	ja	nein	nein	frei	außerhalb
66	nein								

Anlagennr. nach DIN 4701-10 Bbl 1	in Ecoeasy abbildbar	Energie- träger Heizung	Energie- träger TWW	Erzeuger TWW	Zirkulations- leitung	Solar- anlage	Lüftungs- anlage	Wärme- übergabe	Anordnung (therm. Hülle)
67	ja	Fernwärme	gleich Heizung	gleich Heizung	ja	nein	nein	frei	innerhalb
68	nein								
69	ja	Fernwärme	gleich Heizung	gleich Heizung	nein	nein	nein	frei	innerhalb
70	nein								
71	ja	Fernwärme	gleich Heizung	gleich Heizung	ja	nein	Zu-/Abluft WRG	frei	außerhalb
72	ja	Holzpellets Holzhackschnitzel	gleich Heizung	gleich Heizung	ja	nein	nein	frei	außerhalb
73	ja	Holzpellets Holzhackschnitzel	gleich Heizung	gleich Heizung	nein	nein	nein	frei	außerhalb
74	ja	Holzpellets Holzhackschnitzel	gleich Heizung	gleich Heizung	ja	nein	Abluft	frei	außerhalb
75	ja	Holzpellets Holzhackschnitzel	gleich Heizung	gleich Heizung	nein	nein	Zu-/Abluft WRG	frei	innerhalb
76	ja	Holzpellets Holzhackschnitzel	gleich Heizung	gleich Heizung	nein	TWW	nein	frei	außerhalb
77	ja	Holzpellets Holzhackschnitzel	gleich Heizung	gleich Heizung	ja	TWW	nein	frei	innerhalb
78	ja	Holzpellets Holzhackschnitzel	gleich Heizung	gleich Heizung	ja	TWW	Zu-/Abluft WRG	frei	außerhalb

Tabelle 5: Konfiguration der in EcoEasy berücksichtigten Anlagen aus DIN 4701-10 Beiblatt 1

Für einige Wärmeerzeuger liegen in der Ökobau.dat verschiedene Herstellungs-, Entsorgungs- und Nutzungsdatensätze in Abhängigkeit von der Leistung des Wärmeerzeugers vor. Da Kessel in der Regel mit zunehmender Größe effizienter arbeiten, sinken auch die Umweltwirkungen pro erzeugte Kilowattstunde Wärme. Die Auswahl des richtigen Datensatzes erfolgt in EcoEasy automatisch. Dafür wird die Leistung des Wärmeerzeugers bestimmt. Dies geschieht nach folgender Formel:

Leistung des Wärmeerzeugers in kW = Spezifischer Wärmeverlust HL × (35/1000)

EcoEasy verwendet dann den Datensatz, der zur entsprechenden Leistung passt.

3.7 Wirkungsabschätzung

In der Wirkungsabschätzung wird der Beitrag der Sachbilanzergebnisse zu bestimmten potentiellen Umweltwirkungen ermittelt.¹⁵ Zu diesem Zweck werden die Ergebnisse der Sachbilanz üblicherweise mit einer (oder mehreren) Wirkungskategorien verknüpft. Wirkungskategorien beschreiben jeweils eine bestimmte potentielle Umweltwirkung (z.B. Treibhauspotential) und werden mittels eines Stoffäquivalents (z.B. CO₂-Äquivalent) dargestellt. Alle Stoffströme der Sachbilanz mit einem Beitrag

¹⁵ DIN EN ISO 14040:2006-10: Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen. S. 27f.

zu einer bestimmten Wirkungskategorie werden mittels festgelegter Charakterisierungsfaktoren in das jeweilige Stoffäquivalent umgerechnet und zusammengefasst. Auf diese Weise werden hunderte Emissionen mit wenigen potentiellen Umweltwirkungen beschrieben. Es gibt keine genormten Vorgaben für die darzustellenden potentiellen Umweltwirkungen. Daher müssen die für die Umweltauswirkungen des Produkts maßgeblichen Wirkungskategorien im Einzelfall ausgewählt werden.¹⁶

3.7.1 Betrachtete Wirkungskategorien

Die Norm ISO 14040 legt sich nicht auf bestimmte Wirkungskategorien fest. Auf diese Weise ist es einfacher, zurzeit noch in der Entwicklung befindliche Wirkungskategorien zu integrieren. Es werden jedoch Anforderungen und Empfehlungen an die Auswahl der Wirkungskategorien ausgesprochen. Diese sind unter anderem:

- Übereinstimmung mit der Zieldefinition,
- umfassende Auswahl umweltbezogener Fragestellungen in Bezug auf das Produkt,
- eindeutige Referenzierung der Quellen,
- Erläuterung und Beschreibung der Kategorien und Wirkungsmechanismen,
- Begründung der Auswahl,
- internationale Akzeptanz der Wirkungskategorien ist erwünscht,
- keine „Doppelzählung“ derselben Wirkungen in mehreren Kategorien (z.B. Wirkungskategorie Versauerungspotential und Protoneneintrag als getrennte Kategorien).

In EcoEasy werden folgende Wirkungskategorien ausgewiesen:

- Eutrophierungspotential (EP)
- Ozonabbaupotential (ODP)
- Photochemisches Oxidantienbildungspotential (POCP)
- Primärenergieinhalt, nicht erneuerbar (PEI n. ern.)
- Primärenergieinhalt, erneuerbar (PEI ern.)
- Treibhauspotential (GWP 100)
- Versauerungspotential (AP)
-

Diese entsprechen den Wirkungskategorien, die auch in einer DGNB¹⁷ bzw. BNB¹⁸ Zertifizierung betrachtet werden und in den Umweltproduktdeklarationen des Instituts Bauen und Umwelt (IBU)¹⁹ aufgeführt sind.

Darüber hinaus werden alle übrigen Wirkungskategorien (z.B. abiotischer Ressourcenverbrauch) und Stoffströme der Sachbilanz (z.B. Abfälle, Wasser) mit erfasst und berechnet und können so einfach hinzugefügt werden.

¹⁶ Hegger u.a.: Baustoff Atlas. München 2005, S. 98

¹⁷ Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen: Die Themenfelder und Kriterien des DGNB Zertifikats in der Übersicht. URL: http://dgnb.de/_de/zertifizierung/bewertung/kriterien-ueberblick.php. Stand: 30.1.2012.

¹⁸ Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Steckbriefe BNB Version 2011_1. URL: <http://www.nachhaltigesbauen.de/bewertungssystem-nachhaltiges-bauen-fuer-bundesgebaeude-bnb/steckbriefe-bnb-2011-1.html>. Stand: 30.01.2012.

¹⁹ Institut Bauen und Umwelt e.V.: Leitfaden für die Formulierung der Anforderungen an die Produktkategorien der Umweltdeklarationen (Typ III) für Bauprodukte. Königswinter 2006, S. 10. abrufbar im Internet. URL: http://bau-umwelt.de/download/CY22ca6fa5X1269771fda0XYca7/Allgemeiner_Leitfaden.pdf. Stand: 27.01.2012.

3.7.1.1 Treibhauspotential GWP 100 [kg CO₂ – Äq.]

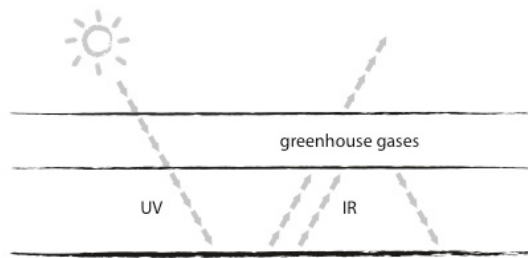


Abbildung 13: Wirkungsprinzip Treibhauseffekt

Der Treibhauseffekt beschreibt die Wechselwirkungen zwischen Sonneneinstrahlung und Erdatmosphäre. Kurzwellige UV- und Lichtstrahlung von der Sonne dringt nahezu ungehindert in die Atmosphäre und wird dort in langwellige Wärmestrahlung (Infrarotstrahlung) umgewandelt. Spurengase in der Erdatmosphäre verhindern, dass die Infrarotstrahlung ungehindert ins Weltall abgestrahlt wird. Beispiele für solche Spurengase sind Wasserdampf (H₂O) und Kohlendioxid (CO₂). Ohne diesen „natürlichen Treibhauseffekt“ läge die durchschnittliche Temperatur auf der Erdoberfläche bei ca. –18°C. Auf Grund der sich in der Atmosphäre befindlichen Spurengase wird die Temperatur bei durchschnittlich +15°C gehalten. Durch menschliche Aktivitäten (z.B. Verbrennungsprozesse) auf der Erde werden zusätzliche, so genannte anthropogene Treibhausgase wie z.B. Kohlendioxid, Methan oder FCKW freigesetzt. Diese Gase erfüllen in der Atmosphäre die gleiche Aufgabe wie die schon vorhandenen Spurengase und sorgen somit für einen zusätzlichen Treibhauseffekt, der wiederum für eine Erwärmung der Atmosphäre sorgt.

Das Treibhauspotential beschreibt den Beitrag eines Stoffs zum anthropogenen Treibhauseffekt. Der durch ein bestimmtes Treibhausgas ausgelöste Temperaturanstieg ist nicht genau bekannt und unterscheidet sich je nach benutztem Modell. Entscheidende Größen sind die Absorptionseigenschaften der Gase und Lebenszeit der Moleküle in der Atmosphäre.

Das Treibhauspotential (Global Warming Potential) eines Stoffs wird in kg Kohlendioxid - Äquivalent (CO₂ – Äq.) angegeben. Alle Emissionen werden bezüglich ihres potentiellen Treibhauseffektes zu CO₂ ins Verhältnis gesetzt. Da die Verweildauer der Gase in der Atmosphäre berücksichtigt werden muss, wird der betrachtete Zeitraum immer mit angegeben. Dieser ist üblicherweise auf 100 Jahre normiert.

3.7.1.2 Ozonabbaupotential in der Stratosphäre ODP [kg R11-Äq.]

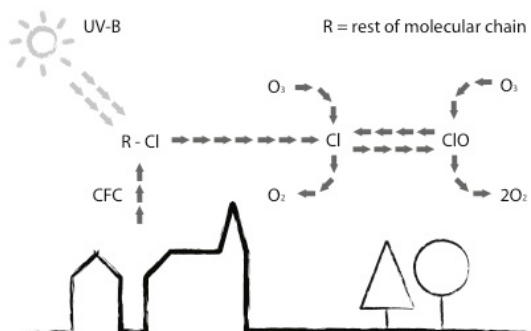


Abbildung 14: Wirkungsprinzip Ozonabbau

Das in der Stratosphäre gebildete Ozon (O₃) absorbiert einen Teil der UV-Strahlung der Sonne, die beim Menschen zu Schädigungen von Haut und Augen führen kann.

Als Ozonabbau bezeichnet man die Verringerung dieser Ozonschicht vor allem über Antarktis (antarktisches Ozonloch) aber auch anderen Teilen der Erde. Verursacht wird die Zerstörung der Ozonschicht vor allem durch halogenierte Kohlenwasserstoffe, wie zum Beispiel Fluorchlorkohlenwasserstoff (FCKW). Halogenierte Kohlenwasserstoffe wurden (und werden zum Teil noch immer) als Treibmittel in Sprays und bei der Herstellung von Schaumstoffen, als Kälte- und Reinigungsmittel und in medizinischen Anwendungen eingesetzt. Durch internationale Abkommen ist die Verwendung der von halogenierten Kohlenwasserstoffen inzwischen restriktiv geregelt.²⁰

Das Ozonabbaupotential wird in kg R11 (Trichlorfluormethan) Äquivalent angegeben.

3.7.1.3 Versauerungspotenzial AP [kg SO₂-Äq.]

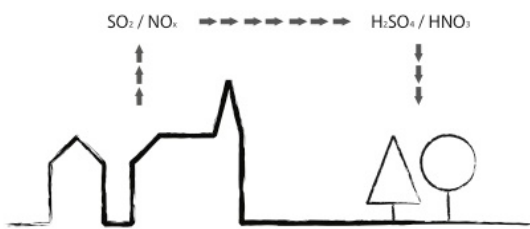


Abbildung 15: Wirkungsprinzip Versauerung

Versauerung entsteht überwiegend durch die Umwandlung von Luftschadstoffen in Säuren. Daraus resultiert eine Verringerung des pH-Werts von Niederschlag (saurer Regen).²¹ Dies führt zur Versauerung von ungepufferten Oberflächengewässern, Waldschäden (Waldsterben) und der Versauerung von Böden.²² An Gebäuden können durch die verstärkte Korrosion von Metallen und die Zersetzung von Naturstein Schäden entstehen.²³

Zur Versauerung tragen hauptsächlich die Emissionen aus der Verbrennung schwefelhaltiger fossiler Brennstoffe wie Kohle und Öl bei, die zusammen mit Wasser Säuren bilden, sowie Stickoxide die ebenfalls bei Verbrennungsprozessen freigesetzt werden.

Das Versauerungspotential wird in kg Schwefeldioxid (SO₂) Äquivalent angegeben.

²⁰ Klöpffer, Walter / Grahl, Birgit: Ökobilanz (LCA). Ein Leitfaden für Ausbildung und Beruf. Weinheim, 2009. S. 257ff.

²¹ Hegger u.a.: Baustoff Atlas. München 2005, S. 99

²² Klöpffer, Walter / Grahl, Birgit: Ökobilanz (LCA). Ein Leitfaden für Ausbildung und Beruf. Weinheim, 2009. S. 273ff.

²³ Hegger u.a.: Baustoff Atlas. München 2005, S. 99

3.7.1.4 Photochemisches Oxidantienbildungspotential POCP [kg C₂H₄-Äq.]

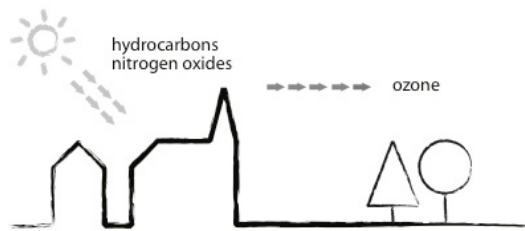


Abbildung 16: Wirkungsprinzip Bodennahe Ozonbildung

Als Photochemisches Oxidantienbildungspotential wird die Entstehung von aggressiven Reaktionsprodukten aus flüchtigen organischen Verbindungen (VOCs), Kohlenmonoxid und Stickoxiden unter Einwirkung von Sonnenstrahlung (UV-Strahlung) bezeichnet. Die entstehenden Reaktionsprodukte, insbesondere Ozon, werden auch Sommersmog genannt. Bodennahes Ozon wirkt in höheren Konzentrationen toxisch auf den Menschen, Nutzpflanzen und ganze Ökosysteme.²⁴

Die zur photochemischen Oxidantienbildung betragenden Emissionen werden vor allem vom Autoverkehr (Stickoxide, Kohlenwasserstoffe) und Industrieanlagen (Kohlenwasserstoffe) freigesetzt. Begünstigt wird die Bildung von Sommersmog lokal durch hohe UV-Strahlung und austauscharme Wetterlagen.²⁵

Das Ozonbildungspotenzial wird auf die Wirkung von Ethen (C₂H₄) bezogen.²⁶

3.7.1.5 Eutrophierungspotential EP [kg PO₄₃--Äquivalent]

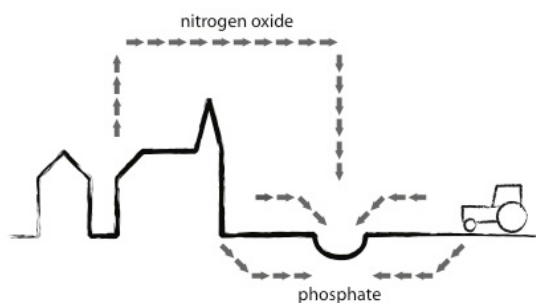


Abbildung 17: Wirkungsprinzip Eutrophierung

Unter Überdüngung bzw. Eutrophierung versteht man die Anreicherung von Nährstoffen in einem Ökosystem. In überdüngten Gewässern kann es zu vermehrtem Algenwachstum und Fischsterben bis hin zum »Umkippen«, d.h. zum biologischen Tod des Gewässers kommen. Pflanzen auf eutrophierten Böden weisen eine Schwächung des Gewebes und eine geringere Resistenz gegen Umwelteinflüsse auf. Ein hoher Nährstoffeintrag führt weiterhin zur Nitratanreicherung im Grund- und Trinkwasser, wo es zu humantoxischem Nitrit reagieren kann.²⁷

²⁴ Jeroen, B. Guinée (Hg.): Handboock on Life Cycle Assessment. Operational Guide to the ISO Standards. Dordrecht, 2002. S. 80f.

²⁵ Klöpffer, Walter / Grahl, Birgit: Ökobilanz (LCA). Ein Leitfaden für Ausbildung und Beruf. Weinheim, 2009. S. 263ff.

²⁶ Hegger u.a.: Baustoff Atlas. München 2005, S. 99

²⁷ Hegger u.a.: Baustoff Atlas. München 2005, S. 99

Zur Überdüngung tragen hauptsächlich Phosphor und Stickstoff, zum Beispiel aus Düngemitteln oder Haushalts- und Industrieabwässern, bei.

Das Überdüngungspotenzial fasst Substanzen im Vergleich zur Wirkung von PO_4^{3-} -Äquivalent zusammen.²⁸

3.7.1.6 Primärenergieinhalt PEI [MJ]

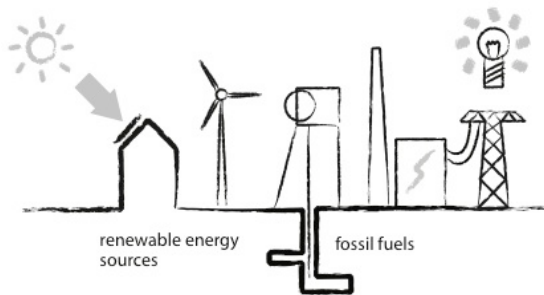


Abbildung 18: Wirkungsprinzip Primärenergiebedarf erneuerbar und nicht erneuerbar

Der Primärenergieinhalt eines Baustoffs beschreibt den zur Herstellung, Nutzung und Entsorgung des Materials notwendigen Aufwand an Energieträgern (Ressourcen). Dabei wird zwischen nicht erneuerbarer (z.B. Erdöl, Erdgas, Kohle, Uran) und erneuerbarer Primärenergie (z.B. Strom aus Windkraft) unterschieden.²⁹ Im Gegensatz zu den zuvor beschriebenen aus den Emissionen der Materialnutzung resultierenden Umweltwirkungen (Output-bezogen), handelt es sich beim Primärenergieverbrauch um eine Input-bezogene Wirkungskategorie, also eine Umweltwirkung, die durch den Verbrauch von begrenzt vorhandenen Ressourcen (in diesem Fall energetischen Ressourcen) verursacht wird.³⁰

Durch die Nutzung des Heizwerts eines Produkts, z.B. im Rahmen einer thermischen Verwertung, wird der Einsatz anderer Primärenergieträger zur Erzeugung von Strom und Wärme reduziert. Diese Einsparung kann dem betrachteten Produkt angerechnet werden und somit den Primärenergieinhalt des untersuchten Produkts reduzieren.

Der Primärenergieverbrauch wird in Megajoule (MJ) Primärenergie angegeben.³¹

3.7.2 Darstellung der Ergebnisse

Die Ergebnisse der Ökobilanz werden getrennt für die Abschnitte des Lebenszyklus dargestellt.

3.7.2.1 Ergebnisse auf Bauteilebene

Die Ökobilanzergebnisse für einzelne Bauteile werden in der Bauteilbibliothek ausgewiesen. Dabei werden die Berechnungsschritte und die Ergebnisse pro Bauteilschicht bzw. Einzelkomponente angezeigt. Die Berechnung der Ergebnisse ist somit auf der Ebene der Bauteile transparent nachvollziehbar.

²⁸ Hegger u.a.: Baustoff Atlas. München 2005, S. 99

²⁹ Hegger u.a.: Baustoff Atlas. München 2005, S. 99

³⁰ Klöpffer, Walter / Grahl, Birgit: Ökobilanz (LCA). Ein Leitfaden für Ausbildung und Beruf. Weinheim, 2009. S. 229ff.

³¹ Hegger u.a.: Baustoff Atlas. München 2005, S. 99

Element: P057-I AW: Stahlbeton Fertigteil 10cm; PS 20cm; Mineralputz 1,5cm
 EnEV
 Bauteilgruppe: Tragende Außenwände
 Erzeugt von: Joost am 13.10.2011, 12:05 Uhr
 Modifiziert von: Joost am 20.01.2012, 15:24 Uhr

Geom. Komponente: Aufbau P057-I Außenwand
 Fläche: 1 m²

Schichtnr:	1		
Name Baustoff:	Wandfarbe innen		
Fläche:	1 m²		
Schichtdicke:	0,0001 m		
Menge:	0,0001 m³		
Herstellung			
Datensatz:	Innenfarbe Dispersionsfarbe scheuerfest		
Bezugseinheit:	kg		
Dichte:	1560,0000 kg/m³		
Masse:	0,15 kg		
	pro Bezugseinheit	Faktor	Ergebnis
PEI n. em.	62,223360262	0,15	9,3335040393
PEI em.	1,0404586622	0,15	0,1560687993
GWP	2,7843873722	0,15	0,4176581058
AP	0,041808495	0,15	0,0062712742
POCP	0,0075029704	0,15	0,0011254456
EP	0,0006742101	0,15	0,0001011315
ODP	1,849E-7	0,15	2,77E-8
Entsorgung			
Datensatz:	Verbrennung Hausmüll		
Bezugseinheit:	kg		
	pro Bezugseinheit	Faktor	Ergebnis
PEI n. em.	-6,040912244	0,15	-0,9061368366
PEI em.	-0,0543421075	0,15	-0,0081513161
GWP	0,5713733339	0,15	0,0857060001
AP	0,0010038874	0,15	0,0001505831
POCP	2,90602E-5	0,15	4,359E-6
EP	0,0001610778	0,15	2,41617E-5
ODP	-1,14E-8	0,15	-1,7E-9
Instandhaltung			
Lebensdauer:	15 Jahre		
	Austausch		Ergebnis
PEI n. em.	3		25,2821016081
PEI em.	3		0,4437524496
GWP	3		1,5100923177
AP	3		0,0192655721
POCP	3		0,0033894138
EP	3		0,0003758796
ODP	3		7,81E-8

Abbildung 19: Darstellung der Ergebnisse der Ökobilanz für eine Bauteilschicht in der EcoEasy Bauteilbibliothek

3.7.2.2 Ergebnisse auf Gebäudeebene - Normierung auf die Nettogrundfläche (NGF)

Die Ergebnisse der Gebäudeökobilanz werden getrennt darstellt für:

- jedes Bauteil (z.B. Außenwand Nord mit 45m²), Abbildung 20
- jede Bauteilgruppe (z.B. alle Außenwände), Abbildung 21
- das gesamte Gebäude nach Lebensphase (z.B. Herstellung, Instandhaltung etc.), Abbildung 22
- das gesamte Gebäude über alle Lebensphasen, Abbildung 23

Außenwände > Tragende Außenwände

Bauteil:	Außenwand Nord	
Menge im Gebäude:	135,8 m²	
Wirkungskategorie	Einheit	Umweltwirkung pro Bauteil / m²a
peIEm	MJ	63,6258009907
peIEm	MJ	1,3523681518
gwp	kg CO2-Äqv.	4,7946626416
ap	kg SO2-Äqv.	0,0479739989
pocp	kg Ethen-Äqv.	0,0064727752
ep	kg PO4-Äqv.	0,0011273525
odp	kg R11-Äqv.	1,838E-7

Abbildung 20: Darstellung der Ergebnisse der Ökobilanz für ein Bauteil

Fenster / Türen

Wirkungskategorie	Einheit	Umweltwirkung / m²a
peIEm	MJ	6,7563203622
peIEm	MJ	0,2480615308
gwp	kg CO2-Äqv.	0,5977957492
ap	kg SO2-Äqv.	0,0021565674
pocp	kg Ethen-Äqv.	0,0001451589
ep	kg PO4-Äqv.	0,0002142916
odp	kg R11-Äqv.	1,49E-8

Abbildung 21: Darstellung der Ergebnisse der Ökobilanz für eine Gruppe von Bauteilen der gleichen Kostengruppe

Herstellung

Wirkungskategorie	Einheit	Umweltwirkung / m²a
peiNE _m	MJ	64,9716305369
peiE _m	MJ	7,5531708098
gwp	kg CO ₂ -Äqv.	3,9230481488
ap	kg SO ₂ -Äqv.	0,0233228843
pocp	kg Ethen-Äqv.	0,0030650845
ep	kg PO ₄ -Äqv.	0,0011892901
odp	kg R11-Äqv.	2,252E-7

Abbildung 22: Darstellung der Ergebnisse der Ökobilanz für eine Phase des Lebenszyklus und alle Bauteile

Gesamt

Wirkungskategorie	Einheit	Umweltwirkung / m²a
peiNE _m	MJ	160,0089215225
peiE _m	MJ	8,2567999851
gwp	kg CO ₂ -Äqv.	13,0615366953
ap	kg SO ₂ -Äqv.	0,0635327667
pocp	kg Ethen-Äqv.	0,0080511711
ep	kg PO ₄ -Äqv.	0,0027799483
odp	kg R11-Äqv.	3,227E-7

Abbildung 23: Darstellung der Ergebnisse der Ökobilanz für das gesamte Gebäude

Grundsätzlich orientieren sich Berechnungen und Datenausgabe in EcoEasy an der Methodik der DGNB/BNB. Dort werden die Ergebnisse der Wirkungsbilanz auf die Nettogrundfläche des Gebäude (NGF) bezogen. Da auch die Referenzwerte der DGNB/BNB sich jeweils auf die Nettogrundfläche beziehen, wird diese Ausgabe auch bei EcoEasy verwendet.

4 Referenzwerte, Vergleichsgebäude

4.1.1 Grundlagen und Annahmen

EcoEasy beschränkt sich in der ersten Entwicklungsphase auf Wohngebäude. Zum einen haben diese großen Anteil an der Gebäudesubstanz und Neubautätigkeit. 35% der Neubaufäche im Jahr 2009 war Wohnfläche.³² Zum anderen ist in diesem Nutzungssegment der Anteil des Betriebs an den gesamten Emissionen über den Lebenszyklus geringer als bei anderen Nutzungen (Gewerbe, Schulen). Bei energieeffizienten Gebäuden (EnEV 2009, Passivhaus) ist dieser Anteil noch geringer. Der Anteil der Herstellung ist hier besonders hoch ist. Deswegen ist besonders bei den Wohngebäuden eine ganzheitliche Betrachtung sinnvoll und notwendig ist.

Die einfachere Berechnung der Energieverbräuche im Betrieb legt ebenfalls nahe, mit der Entwicklung einer ganzheitlichen Methode bei Wohngebäuden zu beginnen. Während die Berechnung der Umweltfolgen im Betrieb bei anderen Nutzungen mit der DIN 18599 erfolgen müsste, kann für Wohngebäude die einfacheren DIN 4108 / DIN 4701 angewandt werden.

Im nächsten Schritt sollte die Methode auch auf andere Nutzungen ausgeweitet werden. Hier ist es jedoch sinnvoll abzuwarten bis die DIN V 18599:2011-12 im Rahmen der Novellierung der EnEV Grundlage für das öffentlich-rechtliche Nachweisverfahren wird und dann diese zur Berechnung der Emissionen im Betrieb zu machen.

Kategorisierung der Gebäude

Um erste Abschätzungen und Vergleiche machen zu können, muss EcoEasy die zu bewertenden Gebäude zu anderen Gebäuden in der Datenbank zuordnen können. Ressourcenverbrauch und Energieverbräuche hängen maßgeblich von folgenden Parametern ab:

- Nutzung (wird in der ersten Version von Eco Easy ausgeblendet, weil nur Wohngebäude untersucht werden)
- Gebäudegröße
- Energetischer Standard (inkl. Versorgungstechnik)
- Bauweise / Konstruktion

Eco Easy arbeitet mit einem System von Parametern, mit denen sich die Gebäude kategorisieren lassen. Diese Parameter und ihre Nutzung in EcoEasy sind im Folgenden beschrieben.

4.1.2 Gebäudegröße

EcoEasy erstellt im ersten Arbeitsschritt ein generisches Gebäudemodell. So können die Abschätzungen von Eco Easy von Anfang an zu dem Gebäudevolumen, dem Materialaufwand und den zu erwartenden Aufwand für Herstellung, Instandhaltung, Betrieb und Entsorgung in Beziehung gesetzt werden.

Anhand der geometrischen Näherung werden im generischen Modell Außenbauteile generiert und bewertet. Schwieriger ist die Abschätzung für die innenliegenden Bauteile und Konstruktionen. Mit zunehmender Datenmenge können zu einem späteren Zeitpunkt mit statischen Methoden Aussagen gemacht werden, welche Bauteile bei welchen Gebäudegrößen typischerweise in welchen Mengen auftreten. Aus den durch die Nutzer eingegebenen Daten kann in einer späteren Version von EcoEasy

³² Statistisches Bundesamt, Baugenehmigungen, Baufertigstellungen - Lange Reihen bis 2009, <http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Publikationen/Fachveroeffentlichungen/BauenWohnen/BautaetigkeitWohnungsbau/BaugenehmigungenBaufertigstellungen,templateId=renderPrint.psml>, Zugriff 2011.06.10.

eine Aussage darüber gemacht werden, welchen Innenwände, Treppen, Innenausbau, haustechnische Installationen u.v.a. bei vergleichbaren Gebäuden vorkommen. Aus diesen Werten ließe sich eine Extrapolation auf neue einzugebende Projekte ableiten.

4.1.3 Energetischer Standard inkl. Versorgungstechnik

Die Umweltwirkung der Gebäude wird maßgeblich durch den energetischen Standard geprägt. EcoEasy soll als Planungswerkzeug beim Neubau oder der Modernisierung von Gebäuden eingesetzt werden. Die energetischen Standards werden deswegen in Anlehnung an die gesetzlichen Vorgaben (EnEV 2009) definiert. Zusätzlich werden die Grenzwerte des Passivhaus-Instituts eingeführt.

Im Folgenden sind die einzelnen energetischen Stufen gemäß den gesetzlichen Anforderungen (EnEV2009) bzw. des Passivhausinstituts für Neubauten aufgeführt:

EnEV 2009: N EnEV

Anforderungen der Energieeinsparverordnung (EnEV2009) 2009 an Neubauten

- Primärenergiebedarf Q_P = Neubaustandard EnEV2009
- Spezifischer Transmissionswärmeverlust H'_T = Neubaustandard EnEV2009

Passivhaus: PH

- Heizwärme max. $Q_H \leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ oder Heizwärmelast max. $10 \text{ W}/\text{m}^2$
- Drucktestluftwechsel n_{50} max. $0,6 \text{ h}^{-1}$
- Primärenergiebedarf Q_P = Energiekennwert der gesamten Primärenergie max. $30 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ inkl. Haushaltsstrom

4.1.4 Baumaterial und Konstruktionen

Bei den verwendeten Baumaterialien müssen zum einen Massiv- und Leichtbauweisen unterschieden werden, weil sie sich in Hinblick auf die Umweltfolgen erheblich unterscheiden.

Statistische Angaben liegen nur in Hinblick auf das überwiegend verwendete Material (Primärkonstruktion) vor, weswegen die sekundären Konstruktionen und Materialien baukonstruktiv ergänzt wurden.

Bei den Bauweisen werden folgende Konstruktionen nach dem überwiegend verwendeten Baustoff unterschieden:

Stahl:

Kann vernachlässigt werden, weil der Anteil **weniger als 1%** an den neu errichtenden Gebäuden bezogen auf den umbauten Raum beträgt.

Stahlbeton:

- **Gründung: Stahlbeton**
- **Wände: Stahlbeton**
- **Decken: Stahlbeton**
- Dach: Keine Angaben

Anteil von **11%** an den neu errichtenden Gebäuden bezogen auf den umbauten Raum.

Ziegel:

- **Gründung: Stahlbeton**
- **Wände: Ziegel**

-
- **Decken: Stahlbeton**
 - Dach: Keine Angaben

Anteil von **36%** an den neu errichtenden Gebäuden bezogen auf den umbauten Raum.

Sonstige Mauersteine (Kalksandstein):

- **Gründung: Stahlbeton**
- **Wände: Sonstige Mauersteine (Kalksandsteine)**
- **Decken: Stahlbeton**
- Dach: Keine Angaben

Anteil von **42%** an den neu errichtenden Gebäuden bezogen auf den umbauten Raum.

Holz (Holzrahmenbau):

- **Gründung: Stahlbeton**
- **Wände: Holz**
- **Decken: Holz**
- Dach: Keine Angaben

Anteil von **11%** an den neu errichtenden Gebäuden bezogen auf den umbauten Raum.

Sonstige Baumaterialien:

Kann vernachlässigt werden, weil der Anteil **weniger rund 3%** an den neu errichtenden Gebäuden bezogen auf den umbauten Raum beträgt.

Erteilte Genehmigungen zum Bau neuer Wohngebäude umbauter Raum in 1000 m³ nach überwiegend verwendetem Baustoff															
	Gebä- udear- t	Ins- gesamt		Davon nach überwiegend verwendetem Baustoff											
			Ko- ntr- oll- e	St- ah- l	%	Stahl- beton	%	Ziegel	%	Sonst. Mauers- tein	%	Holz	%	Sonst. Baust- off	%
	Wohnge- bäude insg.	92 522	100%	14	0%	9 788	11%	33 205	36%	38 668	42%	10003	11%	845	1%
Anzahl der Wohneinheiten Pro Gebäude															
	1 WE	57 274	100%	0	0%	3 416	6%	21 551	38%	23 143	40%	8 579	15%	585	1%
	2 WE	8 846	100%	-	0%	543	6%	3 670	41%	3 402	38%	1 163	13%	68	1%
	3 WE und mehr	25 379	100%	14	0%	5 534	22%	7 746	31%	11 648	46%	245	1%	192	1%
	Mit Eigent- ums WE	15 055	100%	-	0%	3 629	24%	4 600	31%	6 612	44%	112	1%	101	1%
	Fertigt- eil-bau	9 609	100%	0	0%	1 083	11%	18	0%	54	1%	8 192	85%	262	3%

Tabelle: Baugenehmigungen von Wohn- und Nichtwohngebäuden nach überwiegend verwendetem Baustoff - Lange Reihen, 1980 - 2009, Quelle: Statistisches Bundesamt³³

4.2 Kategorisierung von Bauweisen in Ecoeasy

In EcoEasy werden verschiedenen Bauweisen vorgegeben:

- Holzrahmenbau EnEV
- Holzrahmenbau Passivhaus
- Massivbau (Kalksandstein und Stahlbeton) EnEV
- Massivbau (Mauerziegel und Stahlbeton) Passivhaus
- Massivbau (Kalksandstein und Stahlbeton) EnEV
- Massivbau (Mauerziegel und Stahlbeton) Passivhaus
- Massivholz EnEV
- Massivholz Passivhaus
- Stahlbeton EnEV
- Stahlbeton Passivhaus

Grundsätzlich ist es denkbar, auch weitere Bauweisen zu definieren.

In EcoEasy sind für alle Bauweisen Bauteile hinterlegt.

³³ Statistisches Bundesamt, Gustav-Stresemann-Ring 11, D-65189 Wiesbaden,

<http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Publikationen/Fachveroeffentlichungen/BauenWohnen/BautaetigkeitWohnungsbau/BaugenehmigungenBaustoff5311107097004,property=file.pdf>, Zugriff 2011.06.13

Sinnvoll wäre es auch, dass der energetische Standard unabhängig von der Bauweise definiert werden kann. So kann grundsätzlich jeder energetische Standard mit jeder Bauweise (hinsichtlich der vorherrschenden Baumaterlien) erreicht werden.

Der große Vorteil von EcoEasy ist, dass Bauweisen und Bauteile frei eingegeben werden können. Somit ist EcoEasy ein offenes System, das sich flexibel an geänderte technische oder rechtliche Rahmenbedingungen anpassen kann.

4.3 Zuordnung der Bauteile im generischen Modell

Beim Anlegen des Projektes ordnet EcoEasy aufgrund der Bauweisen den einzelnen Bauteilgruppen Bauteile aus der Bauteildatenbank zu. Weil EcoEasy zur Planung von Gebäuden mit möglichst geringen Umweltfolgen beitragen möchte, werden automatisch solche Bauteile ausgewählt, die die geringsten Umweltfolgen haben. Hierfür werden die Wirkungskategorien nach den Vorgaben von BNB / DGNB gewichtet zusammengerechnet und ein flächenbezogener Mittelwert gebildet. Diese Auswahl bezieht sich jedoch nur auf Herstellung des einzelnen Bauteil, so dass der Nutzer durchaus weiter optimieren kann. So können insbesondere die Umweltwirkungen im Betrieb, bei denen die Wärmeverluste den einzelnen Bauteilen zugeordnet werden, weitere Verbesserungen erreicht werden. Die Umweltwirkung eines Bauteils hängt somit auch von der konkreten Einbausituation ab und kann nicht automatisch vorgegeben werden.

5 Entwicklung des Softwareprototyp

5.1 Technologie

EcoEasy ist als vollständig browserbasierte Internetanwendung umgesetzt und kann somit unabhängig vom jeweiligen Betriebssystem plattformübergreifend genutzt werden.

Die Umsetzung als Internetapplikation trägt der Zielsetzung Rechnung mit EcoEasy eine große Nutzerzielgruppe zu erreichen und die Hürden für die Benutzung der Anwendung auch in technologischer Sicht möglichst gering zu halten. Der Nutzer benötigt lediglich einen aktuellen Browser und eine aktive Verbindung ins Internet.

Neben der zentralen und effizienten Steuerung und Einspielung von Updates und Bugfixes erlaubt, die Realisierung von EcoEasy auf der Basis moderner Webtechnologie die übergreifende und zentrale Speicherung und Bevorratung der Projekt- und Objektdaten mit der Möglichkeit diese – in einem zweiten Schritt - für projektübergreifende Analysen und Auswertungen zu nutzen.

Die technischen Voraussetzungen für Installation und Betrieb der gesamten Applikation bewegen sich hinsichtlich der Anforderungen an Webserver, Betriebssystem und Datenbank im Rahmen jeder datenbankgestützten Internetseite. Bei der Realisierung von EcoEasy wurde – mit Ausnahme der Darstellung und dem Rendering der Charts – Open-Source-Software eingesetzt und auf lizenpflichtige Software verzichtet.

Die detaillierten technischen Spezifikationen und die notwendigen Schritte zur Installation sind im Anhang dieser Dokumentation 'Systemvoraussetzungen und Installation von EcoEasy' aufgeführt.

5.2 Informationsarchitektur, Informationsdesign

Im besonderen Fokus standen eine sinnvolle Informationsarchitektur und die Abbildung von Handlungsmodellen, die der Arbeitsweise des Nutzers Rechnung trägt. Eine wesentliche Rolle spielt hierbei das Navigationskonzept und die Navigation als zentrales Interface.

5.2.1 Navigation und Bedienoberfläche

Die Anwendung gliedert sich in zwei Haupteinstiegspunkte: der erste Hauptnavigationspunkt 'Projekte' bietet den Einstieg in die Projektauswahl und die konkrete Projektarbeit mit den übergreifenden Projektdaten, der Konfiguration des Gebäudes auf der Grundlage von Bauteilen in ihrer konkreten Einbausituation sowie dem dynamisch generiertem detaillierten Projektbericht.

Der Zweite Einstiegspunkt 'Bibliothek' ermöglicht es dem Nutzer grundlegende Bauteile bzw. Bauteilgruppen projektunabhängig und losgelöst von der Einbausituation anzulegen oder bestehende zu optimieren.

Die Hauptnavigation im linken Bereich der Bedienoberfläche gliedert sich im Bereich 'Projekte' in die drei Navigationsbereiche 'Grundlagen', 'Baukonstruktion und Haustechnik' und 'Bericht' in vertikaler Ausrichtung. Die Reihenfolge entspricht im wesentlichen auch dem Vorgehen des Nutzers. Die zur Gebäudekonfiguration zentrale Navigation 'Baukonstruktion und Haustechnik' wurde mit einem Scrollbalken versehen damit sie unabhängig von der Anzahl der dort notwendigen Bauteilkategorien stets im für den Nutzer sichtbaren Bereich bleibt.

Die grundlegende Ausrichtung der gesamten Bedienoberfläche ist horizontal von links nach rechts ausgelegt und folgt dem Handlungsmodell 'Selektieren, agieren, informieren'. Das Basislayout zieht sich

konsequent durch die gesamte Anwendung. Neben der Navigation befindet sich der Hauptinhaltsbereich mit den jeweiligen entsprechenden Auswahllisten oder Konfigurationselementen. Die Darstellung der Ergebnisse und Diagramme erfolgt in der rechten Spalte daneben. Dieser Bereich kann für eine größere Ansicht über den Hauptinhaltsbereich aufgezogen werden.

5.2.2 Informationsdesign

Eine wesentliche Zielsetzung war es dem Anwender in unterschiedlichen Arbeitszusammenhängen und Arbeitsbereichen die wesentliche Informationen bzw. Ergebnisse zur Ökobilanzierung in unterschiedlicher und kontextbezogener Informationstiefe darzustellen. Dadurch soll der Nutzer in den verschiedenen Arbeitsbereichen und der fortschreitenden Projektarbeit wesentlich unterstützt und angeleitet werden, indem durch die visuelle Auszeichnung von Elementen hinsichtlich ihrer Auswirkung oder Anteilen an den Ökobilanzierungsparametern, jederzeit und in verschiedenen Detailstufen eine schnelle Bewertung von Bauteilgruppen oder einzelnen Bauteilen möglich ist. So können 'Problembereiche' schnell identifiziert werden.

So sind zum Beispiel schon die Hauptnavigationenpunkte der Bauteilgruppennavigation im Projektbereich visuell ausgezeichnet und geben dem Anwender erste Informationen über die Anteile an den auswählbaren Grundparametern der Ökobilanzierung.

Auch auf der Ebene der Navigation innerhalb der im Projekt vorhandenen Einbauteilen wird dem Anwender eine visuelle Auszeichnung als Orientierungshilfe angeboten. Gleichzeitig kann er auf dieser Ebene aber auch mit einer einfachen Mauszeigeraktion die konkreten Zahlenwerte abrufen.

5.2.3 Handlungsdirektheit

Die Visualisierung von aktuellen Werten in unterschiedlicher Detailtiefe und vielfältigen Kontexten gewinnt im Rahmen der angestrebten Echtzeitberechnung der Daten an Handlungsdirektheit für den Nutzer, da die Ergebnisse seiner Projektarbeit unmittelbar auf der Benutzeroberfläche umgesetzt und visualisiert werden. Dieses unmittelbare 'Feedback' soll den Nutzer involvieren und zu einem explorativen Umgang animieren, da neue Konfigurationen unmittelbar ausprobiert und beurteilt werden können.

5.3 Gestaltung

Im Rahmen der Prototypentwicklung lag der Fokus nicht in der Ausgestaltung von Wortmarke oder Logo für EcoEasy oder einem 'produktspezifischem' Corporate Design. Im Vordergrund stand die Ausgestaltung eines übergreifenden Anwendungsrahmen und die Entwicklung eines Basisraster zur visuellen Gliederung der einzelnen Arbeits- und Funktionsbereiche, das dem Nutzer einen schnellen Einblick in den grundlegenden Aufbau der Anwendung bzw. Benutzeroberfläche und ein effizientes Zusammenspiel zwischen Navigation, Inhalts- und Konfigurationsbereiche, Informationsbereiche in der Benutzerführung ermöglichen soll.

Ein weiterer wesentlicher Schwerpunkt wurde auf die konsistente und mediengerechte Ausgestaltung von interaktiven Elementen (Navigation, Schaltflächen, Verweise) und deren sinnvolle Anordnung und Zuordnung im konkreten Arbeitsablauf auf der Benutzeroberfläche.

Auch die Ausgestaltung und Zuordnung von Icons und Symbolen folgte dieser Zielsetzung.

Die mediengerechte Auswahl und Umsetzung von Typografie, Farbflächen und Formsprache im Rahmen der Anwendung unterstützt die Lesbarkeit der Informationen und deren Bündelung zu sinnvollen Informationseinheiten.

6 Ergebnisse der Testphase

Zur Optimierung von EcoEasy wurden eine Reihe von unterschiedlichen Gebäuden eingegeben. Diese Eingaben wurden genutzt, um

- Rechengenauigkeit von EcoEasy zu kontrollieren,
- die Vorhersagegenauigkeit der ersten Ergebnisse nach der Eingabe zu überprüfen und um
- Benutzerfreundlichkeit und Praxistauglichkeit der Eingabemasken und Programmstruktur zu testen.

6.1 Funktionstest

Um die Rechengenauigkeit von EcoEasy zu prüfen, wurden Gebäude eingegeben für die aus anderen Quellen bereits Ökobilanzen vorliegen.

Hierzu wurden einige Gebäude eingegeben.

- A Projekt Reihenendhaus Massivbau
 - o Gebäudevolumen 510.06 m³
- D dgj071 MIH Minihaus Walter Kolb Strasse 22
 - o Gebäudevolumen 666 m³
- G dgj167 PEH Plus Energie Haus W10
 - o Gebäudevolumen 1566 m³

Die Auswahl dieser Gebäude erfolgte unter anderem auch so, dass für die unterschiedlichen Bauweisen durch die Eingaben Referenzbauteile generiert wurde, so dass die späteren Nutzer bereits auf bestehenden Referenzbauteile zugreifen können.

6.1.1 Projekt Reihenendhaus (Massivbau)

Am Beispiel des Projekts „Reihenendhaus“ wird die Rechengenauigkeit und die Funktionsfähigkeit von EcoEasy dargestellt. Für den Funktionstest wurde eine Bilanz des zu untersuchenden Reihenendhauses in EcoEasy und in einem am Fachgebiet Entwerfen und Energieeffizientes Bauen von einem Spin-off entwickelten Excel-Tool eingegeben. Beide Tools verwenden die gleiche Datengrundlage. Mit dem Vergleich der Ergebnisse konnten durch mehrere Korrekturschleifen Fehler in der Datengrundlage und in dem Rechenmodell von Ecoeasy gefunden und korrigiert werden. Der Funktionstest war daher ein wichtiger Schritt zur Qualitätssicherung von EcoEasy.

Im Folgenden sind die Ausgangsparameter und die Ergebnisse des Funktionstest für das Projekt „Reihenendhaus“ dokumentiert. Zwischenschritte, die zur Korrektur von Fehlern und zur Überarbeitung des Rechenmodells führten sind im vorliegenden Bericht nicht dokumentiert.

Die vollständige Bilanz des Projekts „Reihenendhaus“ ist in Anhang 8.5 dokumentiert. Dort sind sowohl die Ausgabe der EcoEasy Berechnung als auch die Ergebnisse des Exceltools nachvollziehbar dargestellt. Das Projekt „Reihenendhaus“ ist darüber hinaus in dem Softwareprototyp von EcoEasy enthalten³⁴.

6.1.1.1 Projektbeschreibung „Reihenendhaus“

Bei dem Projekt „Reihenendhaus“ handelt es sich um ein typisches Einfamilienhaus (Reihenendhaus), wie es in Deutschland Bauträgern für das Endkundengeschäft mit Wohneigentum errichtet wird. Es handelt

³⁴ Die Ergebnisse sind dort unter dem Projektnamen „Reihenendhaus: vollständige Bilanz“ zu finden.

sich um einen nicht unterkellerten Massivbau mit einer Wohnfläche von 149m² und einer Nettogrundfläche (Bezugsgröße in EcoEasy) von 167m². Das beheizte Gebäudevolumen beträgt 510m³.

Das Gebäude ist auf einer Bodenplatte aus Stahlbeton errichtet. Die tragenden Außenwände sind ebenfalls aus Stahlbeton ausgeführt und mit einem Wärmedämmverbundsystem aus 20cm Polystyrolschaum versehen. Außentür- und Fensterrahmen sind aus PVC. Eine Längsseite ist an ein angrenzendes Nachbargebäude angebaut, dieses ist nicht Teil der Bilanz. Die Decken über dem Erd- und Obergeschoss sind ebenfalls als Stahlbetonkonstruktion ausgeführt und mit Teppich und Fliesen belegt. Die Decke über dem 2. Obergeschoss (Spitzboden) ist eine einfache Holzkonstruktion. Das Sparrendach ist mit Mineralwolle gedämmt und mit Ziegel eingedeckt.

Das Gebäude unterschreitet die Anforderungen der geltenden Energieeinsparverordnung 2009 bezüglich des Transmissionswärmeverlusts um ca. 30% und die des Primärenergiebedarfs um ca. 45%. Als Wärmeerzeuger zur Bereitstellung von Heizwärme und Warmwasser wurde ein Gasbrennwertkessel angesetzt.

6.1.1.2 Ergebnisse Projekt „Reihenendhaus“

In der folgenden Tabelle 6 sind die Ergebnisse der Ökobilanz aus EcoEasy für die Abschnitte „Herstellung“, „Instandhaltung“ und „Entsorgung“ des Lebenszyklus getrennt nach Bauteilgruppen dargestellt. Zum Vergleich sind die Berechnungsergebnisse der Excelberechnung und die Abweichung der Ergebnisse voneinander aufgeführt. Da der Funktionstest zur Überprüfung des Rechenmodells von EcoEasy dient, wurde er nur für eine Wirkungskategorie (Treibhauspotential) durchgeführt.

Bauteilgruppe	EcoEasy	Excel	Abweichung
	[kg CO ₂ -Äqv. / m ² a]	[kg CO ₂ -Äqv. / m ² a]	[%]
Außenwände	1,7327	1,7262	-0,38%
Dächer	0,2164	0,2150	-0,65%
Decken	1,1215	1,1214	0,00%
Gründung	0,9489	0,9443	-0,49%
Fenster / Türen	0,6014	0,5989	-0,42%
Innenwände	0,6881	0,6855	-0,39%
Heizung / Lüftung	0,1560	0,1554	-0,40%
Gesamt	5,4651	5,4467	-0,34%

Tabelle 6: Ergebnisse für das Treibhauspotential der Gebäudekonstruktion (Herstellung, Instandhaltung, Entsorgung) des Projekts „Reihenendhaus“ aus EcoEasy in kg CO₂-Äqv. / m²a und Vergleich mit den Ergebnissen einer Berechnung mit Microsoft Excel sowie Darstellung der Abweichung (EcoEasy 100%).

Die Abweichungen liegen für alle Bauteilgruppen im Promillebereich. Die Gesamtabweichung für die Gebäudekonstruktion liegt bei 0,34% gegenüber der Berechnung mit Microsoft Excel. Die Ursachen für die verbleibende geringe Abweichung sind in Kapitel 6.1.2 Ergebnisse Funktionstest beschrieben.

6.1.2 Ergebnisse Funktionstest

Durch den Funktionstest und die iterative Korrekturphase konnten folgende Fehler identifiziert und teilweise behoben werden:

- Rundungsfehler
- Fehler durch unterschiedliche Priorisierung von Abfragen
- Fehler durch Datenbanküberarbeitung

Die Auswirkungen sind im folgenden genauer beschrieben.

6.1.2.1 Rundungsfehler

Rundungsfehler ergeben sich durch die hohe Genauigkeit der Ausgangsdaten, die sich vor allem bei den Umweltwirkungen durch eine große Anzahl an Nachkommastellen ergeben. Die Nachkommastellen bei den Umweltwirkungen wurden in der vorhandenen Genauigkeit in EcoEasy erhalten. Ungenauigkeiten ergaben sich daher erst bei der Umrechnung von der Nutzereingabe (z.B. als Dicke einer Bauteilschicht) in die Bezugsgröße des Datensatzes der Ökobau.dat. Die Vielzahl der Bezugsgrößen und den unterschiedlichen Möglichkeiten der Eingabe machte die Einführung einer Reihe von Umrechnungsfaktoren notwendig. Z.B. die Dichte (kg/m^3), das Flächengewicht (kg/m^2), das Gewicht auf eine Länge (kg/lfm) oder eine Stückzahl (kg/Stück). Insgesamt wurde immer mindestens eine Umrechnung über die Dichte notwendig. Die Dichte ist daher für die meisten Stoffe angegeben worden. Dabei wurde auf die Angaben der Ökobau.dat zurückgegriffen, wo diese nicht vorlagen wurde die Dichte aus Literaturangaben ergänzt. Darüber hinaus ist als zweiter Umrechnungsfaktor die „Masse pro Bezugsgröße“ für viele Datensätze erhoben worden. Bei Datensätzen, die als Bezugsgröße m^3 haben, entspricht dieser Wert der Dichte. Bei anderen Bezugsgrößen ergänzt er die Dichte. Für alle Umrechnungsfaktoren wurde dabei eine übliche Anzahl an signifikanten Stellen verwendet, in der Regel zwei Nachkommastellen. Das hat zur Folge, dass bei einigen Datensätzen die Berechnung über die Dichte und die Berechnung über die Masse pro Bezugsgröße auf Grund von Rundungen zu leicht unterschiedlichen Ergebnissen führt. Die in Tabelle 6 dargestellten Abweichungen des Gesamtergebnisses beruhen, soweit feststellbar, alle auf Rundungsfehlern. Die sich ergebende Ungenauigkeit aus Rundungsfehlern liegt also im Promillebereich.

6.1.2.2 Fehler durch Priorisierung von Abfragen

Eng mit Rundungsfehlern verknüpft sind Fehler, die sich aus der Arbeitsweise und dem Datenmodell von EcoEasy ergeben und die eine Art der Umrechnung einer anderen vorziehen. Wird zur Berechnung einer Umweltwirkung aus den Nutzereingaben eine Umrechnung auf die Bezugsgröße des Ökobaudat-Datensatzes notwendig und stehen dafür mehrere Verfahren zur Verfügung (z.B. eine Umrechnung über die Dichte oder über die Masse pro Bezugsgröße), gibt EcoEasy einem von beiden Verfahren den Vorzug (in der Regel der Umrechnung über die Masse pro Bezugsgröße). Dadurch werden unter Umständen die oben beschriebenen Rundungsfehler begünstigt, da EcoEasy nicht unbedingt die für den Nutzer am einfachsten erscheinenden Rechenweg verwendet.

6.1.2.3 Fehler durch die Überarbeitung der Datenbank

Die Datengrundlage für EcoEasy bildet die Ökobaudat. Allerdings wurde diese Datengrundlage an die Erfordernisse von EcoEasy angepasst und zum Beispiel die Umrechnungsfaktoren für die Bezugsgrößen ergänzt sowie den Herstellungsdatensätzen entsprechende Entsorgungsdatensätze zugeordnet und vieles mehr. Ein großer Teil der Anpassungen erfolgte über händische Eingaben, die in einem gewissen Maß fehleranfällig sind. Durch den Funktionstest und den Abgleich mit vorhandenen Bilanzen wurde versucht diese Fehler soweit wir möglich zu reduzieren.

6.2 Vorhersagegenauigkeit in frühen Planungsphasen

Eines der Ziele von EcoEasy war eine möglichst genaue Abschätzung von Ökobilanzergebnissen auf Basis möglichst weniger Eingaben durch den Nutzer. Auf Basis der Eingaben in das Formular „Neues Projekt“ (siehe Abbildung 24) soll dem Nutzer eine erste Abschätzung der Ökobilanzergebnisse für sein Projekt vorliegen, die er dann weiter optimieren kann. Anhand des oben beschriebenen Projekts „Reihenendhaus“ wurde geprüft, wie genau die Vorhersagen von EcoEasy auf Basis der ersten Nutzereingaben mit dem späteren Ergebnis einer vollständigen Bilanz übereinstimmen bzw. wie groß die Abweichungen sind und welche Ursachen diese haben.

Zu diesem Zweck wurde die vollständig vorliegende, mit EcoEasy erstellte, Ökobilanz des Projekts „Reihenendhaus“ mit zwei neu angelegten Projekten verglichen. Für die beiden neu angelegten Projekte wurde zunächst jeweils nur das Eingabeformular „Neues Projekt“ ausgefüllt (Abbildung 24). Dabei wurden für beide neuen Projekte die geometrischen Angaben des Projekts „Reihenendhaus“ angenommen. Lediglich in der Bauweise unterscheiden sich die beiden neu angelegten Projekte. Für das Projekt „Reihenendhaus: Starteingabe , Stahlbeton EnEV“ wurde die Bauweise „ Stahlbeton EnEV“ angenommen. Dieses Projekt wird im weiteren als „Projekt EnEV“ bezeichnet. Für das Projekt „Reihenendhaus: Starteingabe , Stahlbeton Passivhaus“ wurde die Bauweise „Stahlbeton Passivhaus“ angenommen. Dieses Projekt wird im folgenden als „Projekt Passiv“ bezeichnet. Die vorhandene, vollständige Ökobilanz wird im folgenden Vergleich als „Projekt Org.“ (für „original“) bezeichnet.

Abbildung 24: Eingabeformular für neue Projekte mit den Angaben zum Projekt "Reihenendhaus". Als Bauweise und Energiestandard wurden "Stahlbeton Passivhaus" sowie "Stahlbeton EnEV" gewählt. Die Ergebnisse wurden anschließend mit der vollständigen Ökobilanz des Projekts verglichen.

6.2.1 Auswertung des ersten Vergleichs neu angelegter Projekte mit einer fertigen Bilanz

Tabelle 7 zeigt die Ergebnisse für die Wirkungskategorie „Treibhauspotential“ der beiden neu angelegten Projekte im Vergleich zu vollständigen Bilanz des Reihenendhaus. Diese Ergebnisse wurden von EcoEasy nur auf Basis der in Abbildung 24 dargestellten Angaben ermittelt.

	Projekt Org.	Projekt EnEV		Projekt Passiv	
	GWP [kg CO ₂ -Äqv. / m ² a]	GWP [kg CO ₂ -Äqv. / m ² a]	Abweichung [%]	GWP [kg CO ₂ -Äqv. / m ² a]	Abweichung [%]
Herstellung	3,46	4,97	+30,3%	5,62	+38,4%
Instandhaltung	1,34	2,57	+48,0%	3,16	+57,6%
Betrieb	15,37	35,11	+56,2%	25,45	+39,6%
Entsorgung	0,92	1,03	+10,7%	1,33	+30,7%
	21,09	43,68	+51,7%	35,56	+40,7%

Tabelle 7: Ergebnisse für das Projekt „Reihenendhaus“ für die Wirkungskategorie „Treibhauspotential“ in kg CO₂-Äqv. / m²a. Dargestellt sind die Ergebnisse für die Originalbilanz sowie für die Starteingaben „Stahlbeton EnEV“ (Projekt EnEV) und

„Stahlbeton Passivhaus“ (Projekt Passiv). Ausgewiesen ist zudem die Abweichung von der vollständigen Bilanz der Ergebnisse von Prozent.

Die Ergebnisse für die beiden neu angelegten Projekte weichen in den einzelnen Abschnitten des Lebenszyklus zum Teil erheblich vom Ergebnis der vollständigen Bilanz ab. Sowohl die Eingabe nach EnEV-Standard, als auch die nach Passivhausstandard liegen in allen Abschnitten des Lebenszyklus über der Originalbilanz. Erwartungsgemäß hat das „Projekt Passiv“ höhere Umweltwirkungen im Bereich der Konstruktion, durch das mehr an verbauten Dämmstoffen, und geringe Umweltwirkungen im Bereich Betrieb durch den geringen Transmissionswärmeverlust der Gebäudehülle.

6.2.2 Fazit des ersten Vergleichs neu angelegter Projekte mit einer fertigen Bilanz

Im Rahmen der Auswertung konnten unterschiedliche Ursachen für die Abweichungen zwischen Neueingabe und fertiger Bilanz identifiziert werden. Dies sind unter anderem:

- Abweichende Flächen und Volumina
- Abweichende Bautypologie
- Abweichendes Heizsystem
- Bezugsgröße der Auswertung

Im folgenden sind die Hauptursachen detailliert beschrieben.

6.2.2.1 Abweichende Flächen und Volumina

EcoEasy berechnet aus den Eingaben „Länge“, „Breite“ und „Höhe“ im Eingabeformular „Neues Projekt“ das Volumen des Baukörpers. Bei Gebäuden die von dieser Quaderform stark abweichen ergeben sich dementsprechend Abweichungen aus der unzureichenden Abbildung der Geometrie. Dies gilt sowohl für die korrekte Größe (Fläche) der Hüllbauteile und den resultierenden Umweltwirkungen der Gebäudekonstruktion, als auch für die Berechnung der Transmissionswärmeverluste und somit die Umweltwirkungen des Gebäudebetriebs.

Aus den Angaben „Länge“, „Breite“ und „Geschosse“ errechnet EcoEasy die Bruttogrundfläche (BGF) des Gebäudes und daraus über ein pauschales Verfahren die Nettogrundfläche (NGF; 95% der BGF) und die Nutzfläche (NF; 80% der BGF). Gebäude mit zweigeschossigen Lufträumen oder anderen baulichen Eigenschaften, die sich auf die Flächen auswirken, werden im Rahmen dieses vereinfachten Verfahrens nicht korrekt abgebildet.

6.2.2.2 Abweichende Bautypologie

EcoEasy erzeugt aus den Nutzereingaben ein einfaches Gebäudemodell, für das die geometrischen Angaben des Nutzers und Referenzbauteile aus der Datenbank verwendet werden. Dabei werden Fassadenflächen zwar entsprechend der vom Nutzer gewählten Ausrichtung erfasst, allerdings werden Öffnungen entsprechend der Angabe „Fensterflächenanteil“ des Formulars „Neues Projekt“ gleich über alle Fassadenseiten verteilt. Das entstehende Gebäudemodell gilt also zunächst immer für ein freistehendes Gebäude. Spezifische Besonderheiten wie eine ein- oder zweiseitig angrenzende Bebauung, die auch beim betrachteten Projekt „Reihenendhaus“ zum tragen kommen, werden in diesem Modell nicht erfasst. Dies hat sowohl Auswirkungen auf die Größe (Fläche) der Hüllbauteile und somit auf die Berechnung des Energiebedarfs, als auch auf die verwendeten Materialien in den Bauteilen zu Nachbargebäuden.

6.2.2.3 Abweichendes Heizsystem

Für jedes neu angelegte Projekt liegen EcoEasy zunächst keine Angaben über das Heizsystem des zu bilanzierenden Gebäudes vor. EcoEasy verwendet daher zunächst immer die Anlage 1 nach DIN V 4701-10, Beiblatt 1. Dabei handelt es sich um einen mit Heizöl betriebenen Niedertemperaturkessel für die

Bereitstellung von Heizwärme und Trinkwarmwasser. Die Umweltwirkungen im Gebäudebetrieb hängen in hohem Maß vom verwendeten Energieträger ab. Abweichende Energieträger in spezifischen Projekten haben daher große Abweichungen in der Gebäudebilanz zur Folge.

6.2.2.4 Bezugsgröße der Auswertung

Die Ergebnisdarstellung in EcoEasy erfolgt bezogen auf 1m² Nettogrundfläche und einen Betrachtungszeitraum von 50 Jahren. Die in Abschnitt 6.2.2.1 beschriebene überschlägige Ermittlung der Nettogrundfläche (NGF) führt also auch zu einer Veränderung der Bezugsgröße und somit zu einer Abweichung von der vollständigen Bilanz.

6.2.3 Anpassung des Vergleichs neu angelegter Projekte mit einer fertigen Bilanz

Auf Basis der Ergebnisse des ersten Vergleichs und der identifizierten Ursachen für die Abweichungen wurden die neu angelegten Projekte weiter bearbeitet. Dabei sollten vor allem die oben beschriebenen Hauptursachen für die Abweichungen mit einfachen Mitteln und geringem Zeitaufwand behoben werden. Folgende Maßnahmen wurden nacheinander durchgeführt und die Zwischenergebnisse bzw. ihr Einfluss auf das Gesamtergebnis anschließend dokumentiert:

1. Korrektur des Heizsystems
2. Korrektur von Fläche und Volumen
3. Korrektur der Bautypologie

Die beschriebenen Schritte sollen eine Handlungsempfehlung bieten um die ersten Ergebnisse aus EcoEasy möglichst schnell und genau an das spezifische Gebäude anzupassen.

6.2.3.1 Korrektur des Heizsystems

Das reale Gebäude, dessen Ergebnisse in der Originalbilanz dargestellt sind wird durch einen mit Erdgas betriebenen Gasbrennwertkessel mit Heizwärme und Trinkwarmwasser versorgt. Dies entspricht der Anlage 18 aus DIN V 4701-10, Beiblatt 1 (siehe Abbildung 25). Bei den neu angelegten Projekten wurde die Heizungsanlagen dementsprechend angepasst.

Assistent für Heizungsanlagen

Energiebezugsfläche 163,22 m² Heizwärmebedarf 31,36 kWh / m²
Endenergiebedarf 64,45 kWh / m²
Konfigurierter Anlagentyp nach DIN 4701-10 Anlage 18

Speichern

Heizung

Energieträger*	Erzeuger*
Erdgas	Brennwertgerät
Wärmeübergabe*	Anordnung*
freie Heizfläche	innerhalb thermischer Hülle
Länge Verteilleitung m	
133,59248	

Trinkwarmwasser

Energieträger*	Erzeuger
Gleich Heizung	Gleich Heizung
	Verteilung*
	mit Zirkulationsleitung
Länge Verteilleitung m	
41,505824	

Solaranlage

Typ*
Keine

Lüftungsanlage

Typ*
Keine

Abbildung 25: Eingaben für die Heizungsanlage des Projekts "Reihenhaus". Bei den neu eingegebenen Vergleichsprojekten wurde die Heizungsanlage entsprechend dieser Angaben angepasst.

Die Anpassung des Heizsystems lässt sich im konkreten Fall mit zwei Klicks durchführen. Es müssen lediglich der Energieträger und der Erzeuger angepasst werden. Abbildung 26 zeigt den Assistenten für Heizungsanlagen für das neu angelegte „Projekt EnEV“ des betrachteten Reihenendhauses mit der angepassten Heizungsanlage. Da die Bauteile noch nicht weiter modifiziert wurden stimmt der ermittelte Heiz- und Endenergiebedarf nicht mit der vollständigen Bilanz überein. Ebenso sind Abweichungen bei der Länge der Verteilleitungen vorhanden. Diese resultieren aus den nicht angepassten Flächen und Volumina.

Die gezeigten Anpassungen wurden entsprechend für das „Projekt Passiv“ des untersuchten Reihenhauses vorgenommen.

Assistent für Heizungsanlagen

Energiebezugsfläche 162,73 m² Heizwärmebedarf 62,21 kWh / am²
 Endenergiebedarf 85,59 kWh / am²
 Konfigurierter Anlagentyp nach DIN 4701-10 Anlage 18

Speichern

Heizung

Energieträger* Erzeuger*

Wärmeübergabe* Anordnung*

Länge Verteilleitung m

Trinkwarmwasser

Energieträger* Erzeuger

Verteilung*

Länge Verteilleitung m

Solaranlage

Typ*

Lüftungsanlage

Typ*

Abbildung 26: Verändertes Heizsystem des neu angelegten "Projekt EnEV" für das Reihenhendhaus. Es mussten für die Änderung lediglich ein anderer Energieträger (Erdgas) und ein neuer Erzeuger (Brennwertgerät) gewählt werden.

Durch die Anpassung des Heizsystems wurden die Umweltwirkungen des Gebäudebetriebs verändert. Tabelle 8 zeigt die Auswirkungen des veränderten Heizsystems im Vergleich zur vollständigen Bilanz des Reihenhauses.

	Projekt Org.	Projekt EnEV		Projekt Passiv	
	GWP [kg CO ₂ -Äqv. / m²a]	GWP [kg CO ₂ -Äqv. / m²a]	Abweichung [%]	GWP [kg CO ₂ -Äqv. / m²a]	Abweichung [%]
Herstellung	3,46	4,96	+30,3%	5,62	+38,4%
Instandhaltung	1,34	2,56	+47,8%	3,14	+57,5%
Betrieb	15,37	21,11	+27,2%	15,90	+3,3%
Entsorgung	0,92	1,03	+10,4%	1,33	+30,5%
	21,09	29,66	+28,9%	25,99	+18,8%

Tabelle 8: Ergebnisse für das Projekt „Reihenhendhaus“ für die Wirkungskategorie „Treibhauspotential“ in kg CO₂-Äqv. / m²a. Dargestellt sind die Ergebnisse für die Originalbilanz sowie für die Starteingaben „Stahlbeton EnEV“ (Projekt EnEV) und „Stahlbeton Passivhaus“ (Projekt Passiv) jeweils mit angepasstem Heizsystem. Das Heizsystem entspricht dem des Projekt Org.. Ausgewiesen ist zudem die Abweichung von der vollständigen Bilanz der Ergebnisse von Prozent.

Das Triebhauspotential in den Lebenszyklusabschnitten „Herstellung“, „Instandhaltung“ und „Entsorgung“ der Gebäudekonstruktion hat sich durch den geänderten Wärmeerzeuger nur unwesentlich verändert. Die vorhergesagten Umweltwirkungen des Gebäudebetriebs haben sich allerdings deutlich in Richtung des bilanzierten Wertes entwickelt. Im „Projekt Passiv“ beträgt die Abweichung nur noch 3,3%

und auch im „Projekt EnEV“ hat sich die Abweichung halbiert. Da es sich bei dem bilanzierten Reihenhaushaus um ein KfW70 Haus handelt, ist zu erwarten, dass das „Projekt Passiv“ eine negative Abweichung im Betrieb aufweist, da der Energieverbrauch unter dem des KfW70 Hauses liegen sollte.

6.2.3.2 Anpassung von Flächen und Geometrie

Die Energiebedarfsberechnung und die Darstellung der Ergebnisse verwenden jeweils das Volumen bzw. die Nettogrundfläche. Die frühe Korrektur dieser Werte an das reale Gebäude führt daher zu einer Verbesserung der Ergebnisvorhersage. Tabelle 9 zeigt die Werte für Fläche und Volumen vor der Anpassung. Im Rahmen der Optimierung wurden die Flächen und Volumen an das reale Gebäude angepasst. Die notwendigen Eingaben kann ein geübter Nutzer in EcoEasy in weniger als einer Minute vornehmen.

	Projekt Org.	Projekt EnEV / Projekt Passiv
Nettogrundfläche (NGF)	167m ²	161m ²
Gebäudevolumen	510,06m ³	508,5225m ³

Tabelle 9: Nettogrundfläche und Volumen des Reihenhauses (Projekt Org.) und der beiden neu angelegten Projekte. Im Rahmen der Optimierung wurden die Flächen und Volumen an das reale Gebäude angepasst.

Die vorliegenden Daten zeigen auch, dass die Abschätzung, die EcoEasy hinsichtlich der Flächen vornimmt bereits bei neu angelegten Projekten relativ genau ist.

Tabelle 10 zeigt die Ergebnisse für das Treibhauspotential mit angepassten Heizsystem und korrigierten Flächen und Volumen.

	Projekt Org.	Projekt EnEV		Projekt Passiv	
	GWP	GWP	Abweichung	GWP	Abweichung
	[kg CO ₂ -Äqv. / m ² a]	[kg CO ₂ -Äqv. / m ² a]	[%]	[kg CO ₂ -Äqv. / m ² a]	[%]
Herstellung	3,46	4,78	+27,7%	5,41	+36,1%
Instandhaltung	1,34	2,47	+45,9%	3,03	+55,9%
Betrieb	15,37	20,35	+24,5%	15,37	0,0%
Entsorgung	0,92	0,99	+7,1%	1,28	+27,9%
	21,09	28,60	+26,2%	25,10	+16,0%

Tabelle 10: Ergebnisse für das Projekt „Reihenhaushaus“ für die Wirkungskategorie „Treibhauspotential“ in kg CO₂-Äqv. / m²a. Dargestellt sind die Ergebnisse für die Originalbilanz sowie für die Starteingaben „Stahlbeton EnEV“ (Projekt EnEV) und „Stahlbeton Passivhaus“ (Projekt Passiv) jeweils mit angepasstem Heizsystem und korrigierten Flächen und Volumen. Das Heizsystem entspricht dem des Projekt Org.. Ausgewiesen ist zudem die Abweichung von der vollständigen Bilanz der Ergebnisse von Prozent.

Durch die Anpassung von Flächen und Volumen an das reale Projekt nimmt die Vorhersagegenauigkeit weiter zu. Durch die Änderung der Bezugsgröße (Nettogrundfläche) sind alle Phasen des Lebenszyklus betroffen.

6.2.3.3 Korrektur der Bautypologie

Durch die beiden zuvor beschriebenen einfachen Maßnahmen konnte die Vorhersagegenauigkeit um 50% gesteigert werden. In einem letzten einfachen Optimierungsschritt soll nun die spezifische Situation des Reihenhauses besser abgebildet werden. Dafür werden nur die östliche Hauswand und alle Fenster darin entfernt. Die Wand ist dann auch nicht mehr der wärmeübertragenden Hüllfläche zugewiesen, wodurch auch der Gebäudebetrieb beeinflusst wird. Tabelle 11 zeigt die Ergebnisse für die angepasste bauliche Situation (Reihenhaushaus) inklusive der vorherigen Anpassungen.

	Projekt Org.	Projekt EnEV		Projekt Passiv	
	GWP	GWP	Abweichung	GWP	Abweichung
	[kg CO ₂ -Äqv. / m ² a]	[kg CO ₂ -Äqv. / m ² a]	[%]	[kg CO ₂ -Äqv. / m ² a]	[%]
Herstellung	3,46	3,89	+11,0%	4,37	+20,8%
Instandhaltung	1,34	1,81	+26,2%	2,15	+37,9%
Betrieb	15,37	15,85	+3,0%	12,96	-18,6%
Entsorgung	0,92	0,74	-24,5%	0,95	+3,3%
	21,09	22,29	+5,4%	20,43	-3,2%

Tabelle 11: Ergebnisse für das Projekt „Reihenendhaus“ für die Wirkungskategorie „Treibhauspotential“ in kg CO₂-Äqv. / m²a. Dargestellt sind die Ergebnisse für die Originalbilanz sowie für die Starteingaben „Stahlbeton EnEV“ (Projekt EnEV) und „Stahlbeton Passivhaus“ (Projekt Passiv) jeweils mit angepasstem Heizsystem und korrigierten Flächen und Volumen sowie angepasster Bautypologie (Reihenendhaus statt freistehendem Haus). Das Heizsystem entspricht dem des Projekt Org.. Ausgewiesen ist zudem die Abweichung von der vollständigen Bilanz der Ergebnisse von Prozent.

Die Vorhersagegenauigkeit hat sich durch die Anpassung an die reale bauliche Situation nochmals deutlich verbessert. Obwohl weder die Geometrie noch die Aufbauten der einzelnen Bauteile angepasst wurden und lediglich eine Außenwand aus der Betrachtung genommen wurde, liegen die neu angelegten Projekte in einem Bereich von ca. +/-5% um das Ergebnis der vollständigen Bilanz.

Die Abweichungen der einzelnen Abschnitte des Lebenszyklus sind teilweise erheblich höher. Allerdings ist sie bei den relevanten Abschnitten „Herstellung“ und „Betrieb“, die zusammen 88% bzw. 85% der Umweltwirkungen ausmachen, nicht größer als 20%. Wie zu erwarten liegt das Passivhaus im Betrieb unter dem Originalprojekt, das EnEV Gebäude auf Grund der schlechteren Hülle jedoch darüber.

6.2.4 Fazit

Die Vorhersagegenauigkeit von EcoEasy ist bei dem Projekt Reihenhaushaus zunächst nicht sehr hoch. Allerdings kann sie durch wenige Modifikationen, die ein geübter Benutzer in kurzer Zeit durchführen kann, deutlich erhöht werden. Insbesondere die Wahl des Heizsystems und die Anpassung an die reale bauliche Situation haben einen großen Einfluss. Bei einer Weiterentwicklung von EcoEasy wäre zu prüfen in wie weit diese Punkte bereits im Eingabeformular „Neues Projekt“ berücksichtigt werden können.

6.3 Bedienbarkeit durch unerfahrene Benutzer

EcoEasy wurde auch an unerfahrenen Nutzern getestet. Im Büro Drexler Guinand Jauslin Architekten hat ein Architekt mit Planungs- und Bau Erfahrung aber ohne besondere Vorkenntnisse mit anderen Programmen zur Ökobilanzierung oder energetischen Simulation von Gebäuden zwei Gebäude eingegeben. Der Zeitaufwand für eine Eingabe in der Detaillierung, die sich für eine Zertifizierung eignen würde belief sich auf zwei bis drei Arbeitstage pro Projekt. Der größte Teil dieses Aufwands entstand bei der Eingabe der Bauteile. Weil zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch wenige Bauteile in der Datenbank angeboten werden, die für ein neues Projekt genutzt, oder nur modifiziert werden müssen, wurden die meisten Bauteile neu angelegt.

Bei der Eingabe der Bauteile hat sich auch herausgestellt, dass die Eingabe inhomogener Bauteile (Ständerwände, komplexere Fassaden) eine Herausforderungen an das System und den Nutzer darstellen. In EcoEasy werden, um heterogene Bauteile darzustellen, Bereiche definiert, innerhalb derer die Bauteile einen homogenen Aufbau aufweisen. Der Aufwand für die Definition der Bereiche wird dadurch verringert, dass der erste Bereich kopiert werden kann und dann nur die abweichende Schicht mit einem neuen Material belegt werden muss. Dann werden diesen Bereichen Flächenanteile zugeordnet

und die Wärmedurchgangswiderstand des gesamten Bauteils ergibt sich aus dem gewichteten Mittelwert der Bereiche. Bei den meisten inhomogenen Bauteilen sind nur zwei Bereiche unterschiedlich, so dass auch nur zwei Bereiche definiert werden müssen. Bei Bauteilen, in denen die inhomogene Schichten gegen gedreht sind, müssen dementsprechend mehr Bereich unterschieden werden.

Die Eingabe der Bauteile ist gegenüber anderen Programmen vergleichsweise umständlich und weniger intuitiv. Insbesondere Programme, die sich nur auf die bauphysikalische Bewertung von einzelnen Bauteilen spezialisiert haben (U-Wert.net³⁵).

³⁵ u-wert.net UG Vertretungsberechtigter Geschäftsführer: Dr. Ralf Plag, Internet: www.u-wert.net

7 Ausblick und weitere Entwicklung im Bausektor

Im Rahmen des beschriebenen Projekts wurde ein Softwareprototyp entwickelt. Dieses Kapitel beschreibt die Potentiale und Rahmenbedingungen zur Entwicklung einer vollfunktionsfähigen Software und deren Betrieb. Darüber hinaus werden mögliche Weiterentwicklungen von EcoEasy erläutert.

7.1 Weiterentwicklung zu Softwareprodukt

Für EcoEasy wurde bisher eine Methodik entwickelt und an einem Berechnungsprototypen erprobt. Die Entwicklung einer funktionsfähigen Software war nicht Gegenstand des Forschungsantrages und kann auch nicht innerhalb der Prototypenentwicklung geleistet werden. Vor allem sind auch laufende Aufwendungen für den Betrieb notwendig, die nicht abgebildet werden können.

Um aus dem Prototypen eine funktionsfähige Software zu entwickeln, wären folgende Bestandteile notwendig, die im Folgenden noch genauer erläutert werden:

- Nutzerverwaltung
- Betriebskonzept
 - o Technisch (Hosting, Wartung...)
 - o Fachlich
 - Qualitätssicherung
 - Datenverwaltung und – pflege
- Aktualisierung an technische (Browser, Betriebssysteme) und fachliche Entwicklungen (Änderungen der normativen (EnEV, DIN 18599..., neue DIN ISO 14040ff...), methodischen Grundlagen (Zertifizierungsmethoden...), neue Daten (z.B. Ökobaudat, EPDs...)
- Verbesserung des Nutzerkomfort z.B. durch
 - o Anzeige der verwendeten Datengrundlage (Originalnamen der verwendeten Ökobaudat-Datensätze)
 - o Möglichkeit zur Plausibilitätsprüfung der verwendeten Datengrundlage bzw. einer aktualisierten oder durch den Nutzer modifizierten Datengrundlage
 - o Verbesserten Bauteileditor eventuelle mit graphischer Darstellung
 - o Integration von Kommentarfelder zur Dokumentation von Eingaben durch den Nutzer
 - o Detaillierte Ergebnisdarstellung und Interpretation der Ergebnisse (Benchmarking / Auswertung)
- Modularisierung der Programmbestandteile zur besseren Integration weiterer Programmmodule über den Bereich der Ökobilanz hinaus (z.B. Integration von Lebenszykluskosten)
- Etablierung von Schnittstellen zu anderen Programmen

7.1.1 Nutzerverwaltung

Die Nutzerverwaltung ist notwendig, um Rollen und Rechte in EcoEasy zu verwalten. Den Administratoren und Nutzern können Zugriffsrechte zugewiesen werden, die definieren wer welche Daten in EcoEasy einsehen und verändern kann. Die Nutzer können eine individuelle Bibliothek von Projekten und Bauteilen anlegen. Innerhalb dieser Bibliothek können Sie Bauteile verwenden, kopieren und verändern. Gleichzeitig muss aber sichergestellt werden, dass die allgemeine Bibliothek von Projekten und Bauteilen nur geprüfte Bauteile enthält, die bestimmten Qualitätsstandards genügen. So kann verhindert werden, dass Eingabefehler einzelner Nutzer auf andere Projekte übertragen werden. Die allgemeinen Daten und Berechnungsgrundlagen (EPDs, Klimadaten, Bauteile und Projekte, die allgemein einsehbar sind), werden allein von den Administratoren verwaltet. Vorstellbar wäre langfristig auch bestimmten fachlich qualifizierten Nutzern besondere Rechte, z.B. zum Hinzufügen von Bauteilen, einzuräumen und somit eine Rolle eines Redakteurs einzuführen. Um eine solche Zuweisung von Rollen

und Rechten zu implementieren, ist eine Nutzerverwaltung notwendig, mit der EcoEasy an vielen Stellen im Programmablauf abfragt, welche Operationen an der jeweiligen Stelle zulässig sind.

7.1.2 Betriebskonzept

EcoEasy wurde als internetbasiertes Berechnungstool entwickelt. Für den Betrieb ist also ein Webserver und entsprechender technischer Betrieb notwendig. Darüber hinaus ist auch eine fachliche Betreuung notwendig um den Nutzern eine inhaltliche Unterstützung bieten zu können. Grundsätzlich müsste ein Betriebs- und Vermarktungskonzept für EcoEasy erst entwickelt und mit den Trägern der Forschung (BMVBS vertreten durch das BBSR, TU Darmstadt, DGJ und BeiBob) abgestimmt werden.

Vorstellbar sind verschiedene Modelle für einen Betrieb. Eine maximale Verfügbarkeit und Nutzung durch Planer und Architekten wäre durch ein kostenloses Angebot möglich. Dies setzt allerdings eine alternative Finanzierung des technischen und fachlichen Betriebs voraus.

Um die Nutzer, die unter Umständen die mit EcoEasy erarbeiteten Ergebnisse ihrerseits kommerziell nutzen (z.B. bei einer Zertifizierung oder als besondere Leistung in einem Planungsprozess), an den Kosten zu beteiligen, die für Entwicklung und Betrieb entstehen, könnte die Nutzung von EcoEasy kostenpflichtig angeboten werden. Hierfür müsste zunächst ein Betreiber gefunden werden, der EcoEasy zu einer voll funktionsfähigen Software mit Nutzerverwaltung etc. weiterentwickelt oder weiterentwickeln lässt und anschließend auch betreibt.

Als Online-Tool würden sich für EcoEasy unterschiedliche Vermarktungsmodelle eröffnen: Die Nutzung könnte als Lizenz für einen bestimmten Zeitraum oder unbegrenzt erworben werden. Die Nutzer könnten sich auch relativ kurze Nutzungszeiträume freischalten lassen und so nur bei Bedarf mit geringeren Kosten als bei einer uneingeschränkten Nutzung mit EcoEasy arbeiten. Eine Projekt-bezogene Abrechnung scheint deshalb schwierig, weil EcoEasy nicht unterscheiden kann, ob ein bestehendes Projekt innerhalb eines Planungsprozesses modifiziert, oder zu einem ganz neuen Projekt umgebaut würde. Ein Nutzer könnte so mit nur einem ersten erworbenen Zugang unbegrenzt viele weitere Projekte eingeben, in dem er den ersten Datensatz modifiziert. Hier müssten technische Lösungen noch entwickelt werden.

7.1.2.1 Technischer Betrieb

Der technische Betrieb beschränkt sich auf einen Webserver mit entsprechender Wartung und eine ausreichend schnelle Internetverbindung. Die für EcoEasy verwendete Software ist frei verfügbar und verursacht dementsprechend keine Kosten. Sie muss allerdings ebenfalls immer aktualisiert werden. Eine Ausnahme ist die graphische Darstellung der Ergebnisse in EcoEasy. Hier würden bei einer kommerziellen Nutzung Lizenzgebühren anfallen. Alternativ müssten andere, kostenfreie Arten der Darstellung gesucht und integriert werden.

7.1.2.2 Fachlicher Betrieb

Der fachliche Betrieb muss sichergestellt, dass die Ergebnisse von EcoEasy bestimmten Qualitätsstandards entsprechen und die Nutzer bei der Eingabe und der Interpretation der Ergebnisse unterstützen werden. Desweiteren muss die Datengrundlage (Ökobaudat, EPDs) gepflegt, geprüft und aktualisiert werden. Gleiches gilt für die Datenbank von Bauteilen und Projekten. Damit die von den Nutzern eingegebenen Daten nicht ohne weitere Prüfung als Referenzwerte in die Datenbank eingespeist werden

Außerdem muss EcoEasy an sich verändernde Grundlagen angepasst werden: Die Einführung neuer Normen, die Veröffentlichung neuer Daten, die Anpassung von Rechenmethoden und Dokumentationsrichtlinien. All diese Arbeiten erfordern fachliches Knowhow und kontinuierliche

Recherche, um sicherzustellen, dass auch stets die aktuellen Grundlagen genutzt und Entwicklungen nachvollzogen oder vorweggenommen werden können.

Um die Implementierung dieser Bestandteile und den dauerhaften Aufwand zu finanzieren, sind bei einem kommerziellen weitere Aufwände notwendig:

- Vertrieb (Vertrieb und Marketing)
- Kundenbetreuung (Schulung, Service, Hilfsfunktionen, Servicenummern)
- etc.

7.2 Ausblick: Weiterentwicklung von EcoEasy

Der vorhandene Softwareprototyp bietet eine Reihe von Ansätzen zur Weiterentwicklung.

7.2.1 Lebenszyklus - Kostenbetrachtung: Economy Easy

Das größte Hemmnis, dass das nachhaltige Bauen überwinden muss, ist die Umstellung des Betrachtungshorizonts von Planern, Bauherren und Nutzern weg von einer kurzfristigen, ausschnitthaften Betrachtung des Gebäude (Herstellung, Nutzungsphase) hin zu einem Verständnis des Gebäudes im Lebenszyklus. Viele Planungsentscheide werden noch immer auf Grundlage der geringeren Investitionskosten in die falsche Richtung geführt, weil die nachgelagerten Kosten nicht betrachtet werden und/oder externalisiert sind. Eine Trendwende kann nur erreicht werden, wenn bei der Planung des Gebäudes die Lebenszykluskosten maßgeblich werden. Was für viele Gebäude der öffentlichen Hand bereits praktiziert wird, ist in der übrigen Planungspraxis aufgrund des hohen Aufwandes und der mangelnden Kenntnisse der Planer nicht verbreitet. Hier muss eine Möglichkeit geschaffen werden, dem Planer mit geringem Aufwand eine Ermittlung der Lebenszykluskosten in die Planung zu integrieren und damit auch die Kenntnisse der Planer zu erweitern.

EcoEasy erlaubt, das Gebäude ganzheitlich im Lebenszyklus zu betrachten. Dies bietet die Chance, das Gebäude nicht nur ökologisch sondern auch ökonomisch in einer Lebenszykluskostenbetrachtung zu bewerten. Der Vorteil für den Nutzer besteht darin, dass die Eingaben des Gebäudes nur unwesentlich erweitert werden müssen und somit der Eingabe-Aufwand kaum steigt. Allen Bauteilen ist in EcoEasy vom Planer eine Nutzungsdauer zugewiesen, aus denen sich auch Instandhaltungskosten ableiten lassen.

Die Erfassung oder in den frühen Phasen Abschätzung der Baukosten kann entweder über die Integration von Standard-Kosten erfolgen oder durch den Nutzer individuell, bei der Eingabe der Bauteile erfolgen. Letztere Variante hat den Vorteil, dass der Unterschiedlichkeit von Ausführungsarten und innerhalb vergleichbarer Konstruktionen deutlich schwankenden Baukosten (Projektgröße, Konjunkturlage, regionale Unterschiede) besser Rechnung getragen werden kann.

Auch die Betriebskosten (DIN 18960) werden in die Lebenszykluskosten-Analyse integriert. Die Berechnung der Kosten für die Versorgung (KG310: Energieverbräuche und Wasser) ist integraler Bestandteil von EcoEasy. Die anderen Kosten (KG 320 bis 390) kann über eine Flächenanalyse durch Zuordnung von Nutzungs- und Bedarfsprofilen abgeschätzt werden. Wenn die Bauteile in der weiteren Bearbeitung genauer definiert sind, lassen sich auch genauere Kostenwerte (Material, Konstruktion etc) zuordnen. Auch hier ist der Vorteil für den Nutzer, dass die Abschätzungen von EcoEasy (Default – Werte) immer mit eigenen Abschätzungen und Berechnungen überschreiben kann. Auf diese Weise lassen sich auch bestimmte Kostengruppen eliminieren, die z.B. nicht abgeschätzt werden können oder irrelevant sind.

Die in EcoEasy angelegte Bilanzierung eignet sich ideal für eine Abschätzung der Lebenszykluskosten und eine Analyse von Aufwand und Ergebnis. So können vor allem die EcoEasy-Visualisierung, die für die Ökobilanzierung entwickelt wurden, auch genutzt werden, um dem Nutzer, Bauherren und Betreiber

voranschaulichen, wie sich die Investitionskosten auf Lebenszykluskosten auswirken und wie sich diese optimieren lassen.

Da in EcoEasy auch Gebäudekennwerte hinterlegt sind, lassen sich die ermittelten Kosten auch auf die Flächen umrechnen. Interessant für Investoren und Nutzer sind insbesondere die flächenbezogenen Betriebskosten und Umlagen, die EcoEasy im Reporting angibt.

Damit hätte der Anwender von EcoEasy bereits den Bereich Ökologie und Ökonomie der BNB-Bewertung in seine Planung integriert.

Analog zu den ökologischen Auswertungen können die ökonomischen Auswertungen vertieft werden:

- Eingabe von Energieeinspeisung
- Berechnung und Vergleich von Szenarien
 - o Finanzierungsmodelle (zinsgünstige Darlehen)
 - o Barwertmethode basierend auf unterschiedlichen Zinssätzen
 - o Versch. Energiepreissteigerungen für unterschiedliche Energieträger
 - o Wirtschaftlichkeitsbetrachtung
 - o Externe Kosten (CO₂ und Emissionen)

7.2.2 Integration anderen Nutzungen: Erweiterte Eingabe von Kühlbedarf, Lüftung, Beleuchtung und Nutzungsstrom

EcoEasy beschränkt sich im Moment auf Wohngebäude. Bei anderen Gebäudetypologien werden insbesondere im Modul Betrieb genauere Berechnungsmethoden erforderlich.

- Kühlbedarf
- Lüftungsstrom
- Beleuchtung
- Nutzungsbedingte Stromverbräuche
- Innere Lasten und Gewinne

EcoEasy könnte in einer zweiten Entwicklungsstufe hierfür Berechnungsmodule integrieren. Es wäre zu prüfen, ob diese Berechnungen nach der im Herbst erscheinenden DIN 18599 ausgeführt wird oder ob es im Sinne der Anwenderfreundlichkeit und Eingabegeschwindigkeit sinnvoller wäre, nachvollziehbare Überschlagsberechnungen für die Module anzusetzen.

Sinnvoll ist in diesem Zusammenhang auch eine frei Eingabemöglichkeit für die Haustechnik zu schaffen. So sollten der Nutzer neben den Referenzanlage auch eigene Systeme mit spezifischen Eigenschaften anlegen können.

7.2.3 Ganzheitliche Optimierung: Weitere Module

Eco Easy konzentriert sich in der Basis-Version auf die gebäude-bezogenen Kriterien, die auch in der Nachhaltigkeitsbewertung des BNB – Systems im Vordergrund stehen. Eine ganzheitliche ökologische und ökonomische Beurteilung entsteht jedoch, wenn noch weitere Aspekte integriert werden:

Erfasste Bilanzräume in der ersten Version von EcoEasy

- Modul 1: Herstellung des Gebäudes (Baumaterialien und Baubetrieb)
- Modul 2: Betrieb des Gebäudes über 50 Jahre
- Modul 3: Instandhaltung des Gebäudes über 50 Jahre
- Modul 4: Rückbau

Neue Bilanzräume in der zweiten Version von EcoEasy

- Modul 5: Mobilität
 Modul 6: Wasserverbrauch
 Modul 7: Infrastruktur (Erschließung, Leitungen, öffentliche Gebäude)
 Modul 8: Landverbrauch, gebäudebezogen und Infrastruktur

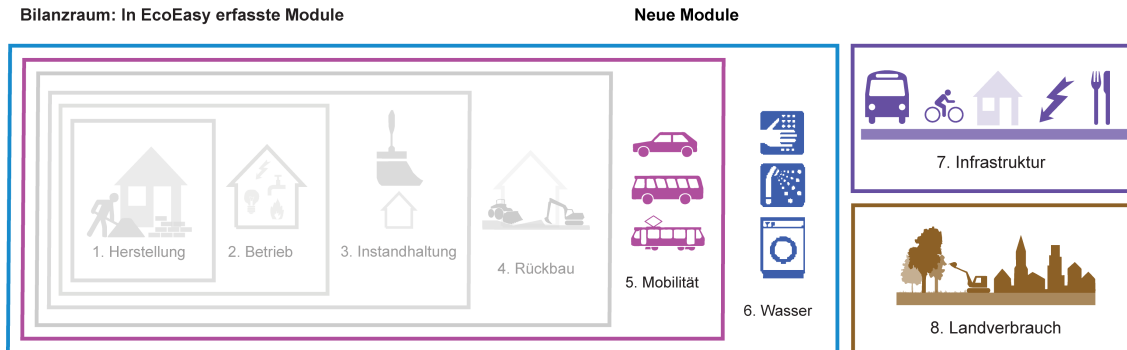


Abbildung 27: Bilanzräume in EcoEasy.

Modul 5: Mobilität

Standortbedingt variiert das Mobilitätsverhalten erheblich. An Standorten mit einer guten öffentlichen Infrastruktur (ÖPNV) können ein Großteil der Wege mit den öffentlichen Verkehrsmitteln abgedeckt werden. Bei einer zentrumsnahen Lage oder in kleineren Städten könnte ein Großteil der Fahrten mit dem Fahrrad oder zu Fuß erledigt werden. Gut ausgebaute Fahrradwege begünstigen dieses Verhalten. Bei einer Randlage und in Außenlagen sind die Bewohner zunehmend auf den automobilen Individualverkehr angewiesen. Die Umweltfolgen und Kosten für die Mobilität unterscheiden sich erheblich. Auch die Infrastruktur des Gebäude, insbesondere das Angebot an KFZ- und Fahrradstellplätzen kann das Mobilitätsverhalten beeinflussen.

Um eine dem Grundgedanken von EcoEasy folgenden einfache Eingabe und Erfassung zu ermöglichen werden folgende Parameter analysiert:

1. Raumtypen-Model:

Die Standorte werden nach Raumtypen analysiert. Hierfür wird nach der Lage zum Zentrum.

- Raumtyp 1: Mehr als 100'000 Einwohner, Lage im Kern
- Raumtyp 2: Mehr als 100'000 Einwohner, Lage am Rand
- Raumtyp 3: 20'000 bis 100'000 Einwohner
- Raumtyp 4: 5'000 bis 20'000 Einwohner
- Raumtyp 5: unter 5'000 Einwohner

2. Infrastruktur für Mobilität:

In diesem Bereich werden den Raumtypen zusätzliche Kriterien zugeordnet, mit dem sich das Mobilitätsverhalten genauer abschätzen lässt: Angebot ÖPNV, Fahrrad-Verkehr, Parkplatzsituation. Die Infrastruktur wirkt sich unterschiedlich stark auf die Raumtypen aus.

3. Nutzerverhalten:

Das Nutzerverhalten soll bei EcoEasy berücksichtigt werden.

Der Nutzer kann in seinen Eingaben das Mobilitätsverhalten sehr individuell beschreiben. EcoEasy bietet basierend auf den oben beschriebenen Eingaben einen Default-Wert, der ein wahrscheinliches Mobilitätsprofil der Nutzer an dem jeweiligen Standort vorgibt. Der Nutzer kann gegebenenfalls diese

Eingaben modifizieren. Da sich die Eingaben jedoch auf den gesamten Lebenszyklus des Gebäudes beziehen, werden die Eingaben durch eine starke Personalisierung zu einer weniger repräsentativen Momentaufnahme.

Modul 6: Wasserverbrauch

Grundlage für die Ermittlung des Wasserbedarfs in EcoEasy sind die Methoden zur Erstellung eines Entwässerungsgesuchs im Bauantragsverfahren, die sich meist an der DIN 1986-100

Entwässerungsanlagen für Grundstücke und Gebäude und zusätzliche Bestimmungen in der DIN EN 12056 und DIN EN 752 orientieren.

In den frühen Planungsphasen erfolgt die Ermittlung des Wasserbedarfs anhand der Personenzahlen (Wohnungsbau: Derzeit 122 l/Person und Tag³⁶) oder Flächenangaben (Nicht-Wohnungsbau), denen Durchschnittsverbräuche zugeordnet werden.

Da in EcoEasy sowohl die Anzahl der Nutzer, als auch der Sanitärobjekte, Dach- und Außenflächen bekannt sind, lässt sich der Wasserverbrauch des Gebäudes einfach bilanzieren: Den einzelnen Verbräuchen muss eine Wasserbezugsquelle (Frischwasser, Grauwasser) zugeordnet werden. Bei Dach- und Außenflächen muss eine Verwendung/Entsorgung zugeordnet werden: Abwasser, Grauwasser, Versickerung.

Der Nutzer kann danach die Verbrauchsprofile der Abnehmer (Sanitärobjekte, Haushaltsgeräte und Gartenbewässerung) oder die Ver- und Entsorgung modifizieren und optimieren. Durch den Einsatz von Recyclingsystem (Grauwasseranlagen) kann der Verbrauch an Frischwasser weiter gesenkt werden.

Modul 7: Infrastruktur (Erschließung, Leitungen, öffentliche Gebäude)

In den Innenstadtlagen sind zu Erschließung eines Grundstücks wenig bis keine Errichtung von Infrastruktur notwendig. Bei neuen Baugebieten muss neben den Gebäuden und den Außenanlagen auch Straßen, Kanäle und Leitungen verlegt werden. In der ersten Annäherung kann der Nutzer dem Gebäude zunächst einen Anteil an der gesamten Erschließungsfläche des Gebietes zuordnen (Gesamte Fläche für Straßen und Wege geteilt durch die Anzahl der Wohneinheiten oder Gebäude). Auch die Leitungen können in einem weiteren Schritt erfasst und eingegeben werden, wobei die Vermutung naheliegt, dass sich vor allem die Straßen und Wege maßgeblich auswirken.

Modul 8: Landverbrauch, gebäudebezogen und Infrastruktur

Die Verringerung des Flächenverbrauchs ist eines der zentralen Ziele der Bundesregierung³⁷ und des Rates für nachhaltige Entwicklung. Derzeit liegt der Flächenverbrauch in Deutschland bei 129ha/d³⁸ und damit um ein Vielfaches über dem angestrebten Ziel von 30ha/d. Von den derzeitigen Flächenverbräuchen entfallen mehr als 80 % auf der Erweiterung von Siedlungsflächen und allein 45% auf den Wohnungsbau.³⁹ Deswegen ist die Flächeninanspruchnahme ein wichtiges Kriterium für die Nachhaltigkeit einer Baumaßnahmen, die sich auch in der Zertifizierung im BNB-System findet, wenn auch nur mit vergleichsweise geringen 2,25% Gewichtung am der Gesamtbewertung.

³⁶ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Referat Öffentlichkeitsarbeit, Statistik Trinkwasserversorgung, <http://www.bmu.de/binnengewasser/statistik/doc/3133.php>, Zugriff 2011.06.23.

³⁷ PRESSE- UND INFORMATIONSAMT DER BUNDESREGIERUNG, PRESSEMITTEILUNG NR.: 67, Bundesregierung und kommunale Spitzenverbände wollen Flächeninanspruchnahme reduzieren, Mo, 09.02.2009, <http://www.bundesregierung.de/Content/DE/Pressemitteilungen/BPA/2009/02/2009-02-09-spitzenverbaende.html>, Zugriff 2011.06.23.

³⁸ Umweltbundesamt, Präsidialbereich / Presse- und Öffentlichkeitsarbeit, Pressesprecher; Raumbezogene Umweltplanung, Sparsamer Umgang mit Grund und Boden, <http://www.umweltbundesamt.de/rup/flaechen/grund.htm>, Zugriff 2011.06.23.

³⁹ ebd.

In EcoEasy könnten die Flächenverbräuche erfasst und dargestellt werden nach folgenden Kategorien:

- Überbaute Fläche und versiegelte Fläche
- Unversiegelte Fläche im Außenbereich
- Grünflächen (Gärten oder Parks)

Um die Flächenverbräuche sinnvoll abbilden zu können, muss zunächst die Vornutzung der Flächen erfasst werden und eine Bilanzierung (Vergleich vorher / nachher) erstellt werden, um die tatsächlichen Veränderungen zu errechnen:

Vornutzung der Flächen

- Landschaftliche Flächen (Naturraum Wald, Wiesen)
- Landwirtschaftliche Nutzflächen
- Konversionsflächen: Überbaute Fläche und versiegelte Fläche
- Konversionsflächen: Unversiegelte Fläche im Außenbereich
- Konversionsflächen: Grünflächen (Gärten oder Parks)
- Konversionsflächen: belastete Industrie- und Militärstandorte

Die Bewertung der Flächenverbräuche könnte nach dem im Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) angelegten Kriterien erfolgen:

Zielwert (100): Bauliche Fläche auf dem Weg des Flächenrecyclings von belastete Industrie- und Militärstandorte erschlossen (oder Ausgleichsmaßnahmen

Referenzwert (50): Für die bauliche Nutzung werden Flächen verwendet, die bereits der Kategorie Gebäudefläche, Betriebsfläche oder Verkehrsfläche zuzuordnen sind.

Grenzwert (10): Für die bauliche Nutzung werden Flächen verwendet, die statisch bereits der Kategorie Gebäudefläche, Betriebsfläche oder Verkehrsfläche zugeordnet sind, aber noch nicht bebaut sind (Nachverdichtung)

Keine Punkte (0): Für die bauliche Nutzung werden Flächen verwendet, die bereits der Kategorie Wald-, Heide-, oder Landwirtschaftsfläche zugerechnet wurden.

7.2.4 Variantenvergleich

Innerhalb von EcoEasy sollte der Nutzer in die Lage versetzt werden, unterschiedliche Varianten anzulegen und zu vergleichen. In der Basisversion von EcoEasy ist es möglich Varianten anzulegen, indem Projekte kopiert und die einzelnen Versionen modifiziert werden. Die getrennten Auswertungen der Varianten oder Versionen können dann extern vom Nutzer verglichen werden (Reporting).

Einfacher und übersichtlicher könnte ein Variantenvergleich erfolgen, wenn innerhalb von EcoEasy Varianten erstellt und die Unterschiede der Ergebnisse dargestellt werden könnten. Die Variantenvergleiche wären insbesondere für Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen sinnvoll. So sind z.B. öffentliche Bauherren verpflichtet und private Bauherren interessiert, Varianten auf ihre wirtschaftlichen Vor- und Nachteile zu prüfen. Diese Funktion könnte in EcoEasy integriert werden.

Für einen Variantenvergleich würde der Nutzer in EcoEasy eine Variante erzeugen, die als eigene Variante angelegt ist aber mit der Ausgangsvariante (Stamm-Daten) verknüpft bleibt. Der große Vorteil ist, dass durch die bestehende Verknüpfung die Änderung der Stammdaten in bestimmten Projektparameter (Größe, Entwurf, Konstruktion) auf die Tochter-Varianten übertragen wird, während der Nutzer für andere Parameter die Verknüpfung überschreiben oder aufheben kann und gezielt nur Teilbereiche verändern und die Ergebnisse vergleichen kann.

7.2.5 Plausibilitätsprüfungen

Im Rahmen des vorliegenden Projekts wurde wiederholt festgestellt, dass die Nachvollziehbarkeit der von EcoEasy durchgeführten Berechnungen ein wichtiger Aspekt für das Vertrauen der Nutzer in die Software ist.

In EcoEasy konnte eine solche Plausibilitätsprüfung auf Bauteilebene eingeführt werden. Diese ermöglicht es, die zu Grunde liegende Berechnung für jede Bauteilschicht nachzuvollziehen. Über die Summe der Schichten und die Anteile der Bauteile im Gesamtgebäude lassen sich theoretisch auch die übrigen Rechenschritte nachvollziehen. So wurden auch die in Kapitel 6 beschriebenen Tests durchgeführt. Allerdings ist diese Art von Plausibilitätsprüfung sehr aufwändig und für den Nutzer daher nicht sehr komfortabel.

Im Rahmen einer weiteren Entwicklung sollten daher auch die zusammengefassten Ergebnisse für jedes Bauteil und auch für die Bauteile im Gesamtgebäude plausibel dargestellt werden können.

Darüber hinaus muss auch auf der Ebene des einzelnen Baustoffdatensatzes eine Plausibilitätsprüfung etabliert werden. Dies betrifft zum einen Modifikationen am Datensatz, z.B. ergänzte Werte für Dichte oder Wärmeleitfähigkeit, aber auch Veränderungen, die sich durch die Überarbeitung der Ökobaudat ergeben. Also der Vergleich zwischen aktuellen und älteren Datensätzen des gleichen Baustoffs.

8 Anhang

Die Anhänge befinden sich auf der beiliegenden CD. Es handelt sich um folgende Anhänge:

- 8.1 Übersicht über Ökobilanzierungs-Werkzeuge (national und international)
- 8.2 Modifizierte Datengrundlage Ökobaumat 2009
- 8.3 Installationsanleitung EcoEasy
- 8.4 Kurzanleitung EcoEasy
- 8.5 Vergleichsprojekt Reihenendhaus

8.1 Übersicht über Ökobilanzierungs-Werkzeuge (national und international)

Geprüfte Tools:

- a. Legep (Germany)
- b. GABI
- c. Ecopro (Germany)
- d. Eco-Quantum (Netherlands)
- e. Bauloop und Bau-Luna
- f. Lte OGIP (Switzerland)
- g. BEE 1.0 (Finland)
- h. BEES (USA)
- i. Green Calc
- j. <http://www.oekobilanz-bau.de>

Andere Tools:

- E2000 Oekobau (Switzerland)
- FIA0123 (Switzerland)
- Optimize (Canada)
- SBI's LCA-Tool (Denmark)
- Energy certification for buildings (Finland)
- TEAM for building (France)
- ESCALE (France)
- PAPOOSE (France)
- EQUER (France)
- Green housing A-Z (Japan)
- Environment conscious guide (Japan)
- ECDG (Japan)
- BRI-LCA (Japan)
- Eco-Instal (Netherlands)
- Oekoprofile (Norway)
- EcoEffect (Sweden)
- BREEAM (United Kingdom)
- Environmental Profiles of Construction Materials (United Kingdom)
- BRE Environmental Management Toolkits (United Kingdom)
- LEEDTM (USA)
- Green-Building ADVISER (USA)
- ENERGY 10 (USA)

8.1.1 Legep

Name: **LEGEP (Sirados)**

Entwickler: Konzept und Realisierung:
LEGEP Software GmbH
Moosweg 9
85757 Karlsfeld b. München
Tel. 08131.27 69 83
Fax 08131.27 69 85
info@legep.de
Holger König
Stephan Batteiger

Vertrieb: LEGEP Software GmbH

Sprache: Deutsch

Zielgruppe: Planer, Architekten

Kosten / Lizenzen: 5'948.81 Euro netto

**Beschreibung
Herstellers
Entwicklers:** **des
/**

LEGEP ist ein Werkzeug für die integrale Lebenszyklusanalyse. Es unterstützt das Entwerfen, Berechnen und Bewerten von beliebigen Bauobjekten. Es umfasst die Mengenermittlung (Bauteilkatalog), die Baukostenberechnung (DIN 276 Erstellungskosten), die Lebenszykluskostenberechnung (Herstellungs- und Nutzungskosten nach DIN 276, DIN 18960 und Final Report EU-TG4 LCC in Construction) differenziert nach Phasen (Reinigung, Wartung, Instandsetzung, Rückbau), den direkten Energiebedarf (Heizung, Warmwasser, Elektrizität) und die Betriebskosten, die Erstellung des Energiebedarfsausweises (EnEV und EN 832) und die Umweltbilanzierung (Stoffflüsse und effektorientierte Bewertung basierend auf ISO 14040-43).

Während des Entwurfsprozesses arbeitet der Planer in seiner gewohnten Entwurfsumgebung mit Bauelementen (z.B. 1 m² Außenwand), die aus detaillierten Leistungspositionen bestehen und mit Kostendaten, bauphysikalischen Daten und Energie- und Stoffflußkoeffizienten hinterlegt sind. Diese Elemente sind mit ihren relevanten Daten Teil eines unabhängigen Bauteilkataloges (sirAdos-Baukatalog).

Die verschiedenen LEGEP- Anwendungsprogramme arbeiten mit demselben Basisdatensatz.

Die dokumentierten Projektdaten können mit Referenzdaten anderer Projekte verglichen werden.

Umfangreiche Berechnungs- und Bewertungsdokumente und Visualisierungsgrafiken lassen sich zu einer Hauskate mit Gebäudepass zusammenstellen. Nach Empfehlung des BMVBW und der Bundesarchitektenkammer (BAK) umfassen die Dokumente sowohl den Bauprozess als auch die zukünftige Nutzungsphase des Gebäudes.

LEGEp ist sowohl für Neubauprojekte, als auch für die Instandsetzung, bzw. Modernisierung des Gebäudebestandes einsetzbar. Die Projektdaten lassen sich durch entsprechende Schnittstellen (GAEB 2000, MDI, RTF usw.) in jedes andere Softwarewerkzeug des Architekten exportieren und weiterbearbeiten. Die LEGEP-Daten und Berechnungsergebnisse bilden den Informationsgrundstock für das Gebäudemanagement.

LEGEp ist bisher über 100 mal in Architektur- und Planungsbüros im Einsatz. Das Programm wurde vom BMVBW für den Einsatz des "Leitfadens nachhaltiges Bauen" mit positivem Ergebnis geprüft. LEGEP wird in Forschungsinstituten (Fraunhofer Inst. f. Bauphysik.), in Hochschulen (Karlsruhe, Braunschweig) und Forschungsprojekten (BMBF, DBU) eingesetzt, getestet und weiterentwickelt.

Vorteile:

Nachteile:

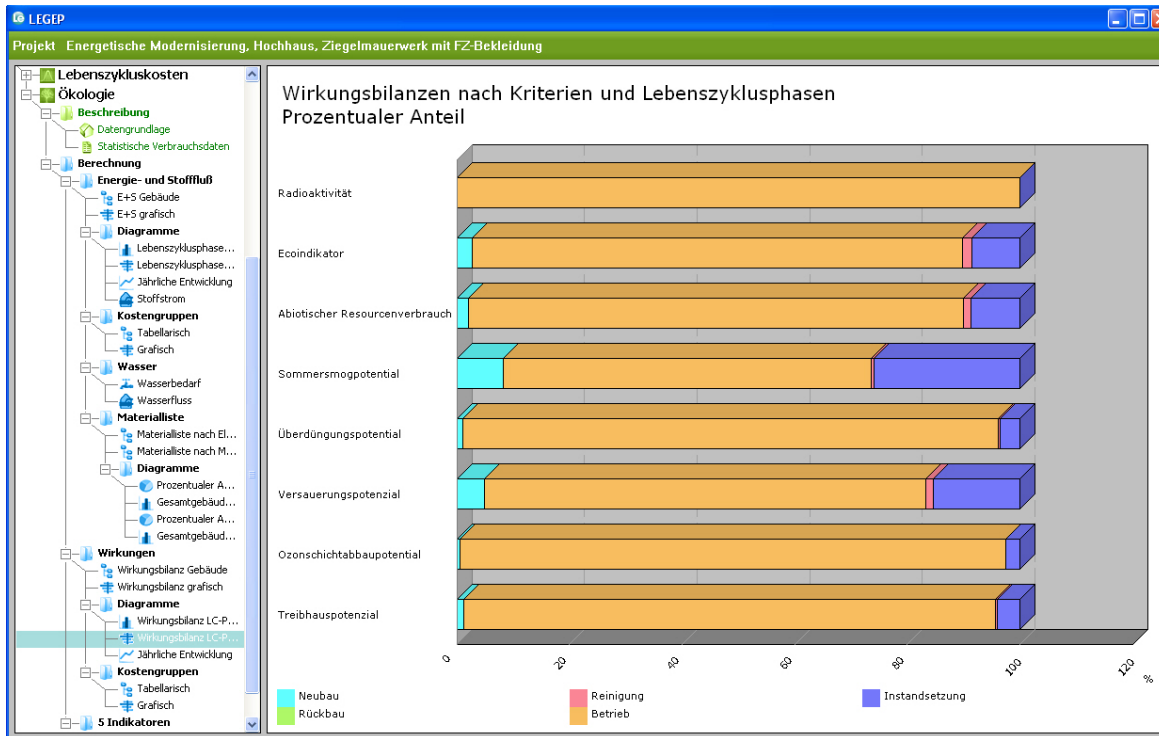
Berechnete Werte:

Massenermittlung	Ja
Baukosten (DIN 276)	Ja
Betriebskosten	Ja
Lebenszykluskosten	Ja
Gesamtprimärenergiebedarf PEges	Ja
Primär-Energie n. ern.	Ja
Primär-Energie ern.	Ja
Treibhauspotenzial (GWP)	Ja
Ozonschichtabbaupotenzial (ODP)	Ja
Ozonbildungspotenzial (POCP)	Ja
Versauerungspotenzial (AP)	Ja
Überdüngungspotenzial (EP)	Ja

Betrachtete Module:

Herstellung	Ja
Instandhaltung	Ja
Rückbau	Ja
Betrieb	Ja

Interface:



LEGE[®] Projekt Energetische Modernisierung, Hochhaus, Ziegelmauerwerk mit FZ-Bekleidung

Lebenszykluskosten

	86 Jahre	Herstellungskosten KG 3 und 4	BRI	BGF	NGF	NF	WF
Betrachtungszeitraum	86 Jahre	516.273,42	11.098,0	4.358,2	3.836,6	2.838,5	2.885,8
	Gesamtpreis	% der Herstellungskosten	Gesamtpreis /m² BRI	Gesamtpreis /m² BGF	Gesamtpreis /m² NGF	Gesamtpreis /m² NF	Gesamtpreis /m² WF
Ohne Mehrwertsteuer							
Reinigung (KGR 330-340) / a	4.650,02	0,90	0,42	1,07	1,21	1,64	1,61
Wartung (KGR 350) / a	3.032,42	0,59	0,27	0,70	0,79	1,07	1,05
Instandsetzung (KGR 400) / a	10.692,86	2,07	0,96	2,45	2,79	3,77	3,71
Betrieb (KGR 310-320) / a	59.194,51	11,47	5,33	13,58	15,43	20,85	20,51
Rückbau (Austausch) (KGR 700) / a	-4.535,04	-0,88	-0,41	-1,04	-1,18	-1,60	-1,57
Sonstiges (KGR 200/370-390) / a	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gesamt / a	73.034,77	14,15	6,58	16,76	19,04	25,73	25,31
Mit Mehrwertsteuer							
Reinigung (KGR 330-340) / a	5.533,52		0,50	1,27	1,44	1,95	1,92
Wartung (KGR 350) / a	3.608,58		0,33	0,83	0,94	1,27	1,25
Instandsetzung (KGR 400) / a	12.724,50		1,15	2,92	3,32	4,48	4,41
Betrieb (KGR 310-320) / a	70.441,47		6,35	16,16	18,36	24,82	24,41
Rückbau (Austausch) (KGR 700) / a	-5.396,70		-0,49	-1,24	-1,41	-1,90	-1,87
Sonstiges (KGR 200/370-390) / a	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gesamt / a	86.911,38		7,83	19,94	22,65	30,62	30,12

8.1.2 GaBi

Name:	GaBi 4
Entwickler:	PE INTERNATIONAL GmbH Hauptstraße 111 - 113 70771 Leinfelden-Echterdingen Germany Phone +49 [0] 711 341817-69 Fax +49 [0] 711 341817-25 E-Mail e.byrne@pe-international.com Internet http://www.pe-international.com Managing Director: Michael Betz
Vertrieb:	
Sprache:	deutsch, englisch
Zielgruppe:	
Kosten / Lizenzen:	
Beschreibung Herstellers Entwicklers:	des / Das Softwaresystem GaBi4 ist ein Werkzeug zur Erstellung von Lebenszyklusbilanzen. Es unterstützt Sie bei der Verwaltung großer Datenmengen und beim Modellieren von Produktlebenszyklen. GaBi4 berechnet Bilanzen unterschiedlicher Art und hilft Ihnen bei der Aufbereitung der Resultate.
	Um die Aussagekraft der Bilanzen und die Grenzen des Werkzeugs richtig einschätzen zu können, ist es hilfreich, die Eigenschaften des Systems genau zu kennen. Sie sollten damit vertraut sein, was "integriertes Werkzeug zur Entscheidungsunterstützung", "umfangreiche Datenbank", "modulare Struktur", "offene Systemarchitektur", "Benutzerführung" oder "transparente Bilanzierungsergebnisse" bedeuten und wie sich diese Eigenschaften gewinnbringend einsetzen lassen.
Vorteile:	Frei programmierbares Interface zur Modellierung von jedweden Prozessen und Produkten.
Nachteile:	Interface und Programmstruktur nicht geeignet für Architekturprojekte.
Berechnete Werte:	
Massenermittlung	Ja. Programmierbar.
Baukosten (DIN 276)	Nein
Betriebskosten	Nein
Lebenszykluskosten	Nein
Gesamtprimärenergiebedarf PEges	Ja. Programmierbar.
Primär-Energie n. ern.	Ja. Programmierbar.
Primär-Energie ern.	Ja. Programmierbar.
Treibhauspotenzial (GWP)	Ja. Programmierbar.

Ozonschichtabbaupotenzial (ODP)	Ja. Programmierbar.
Ozonbildungspotenzial (POCP)	Ja. Programmierbar.
Versauerungspotenzial (AP)	Ja. Programmierbar.
Überdüngungspotenzial (EP)	Ja. Programmierbar.

Betrachtete Module:

Herstellung	Ja. Programmierbar.
Instandhaltung	Ja. Programmierbar.
Rückbau	Ja. Programmierbar.
Betrieb	Ja. Programmierbar.

Interface:

Grafische Darstellung von Plänen (Sankey Diagramme)

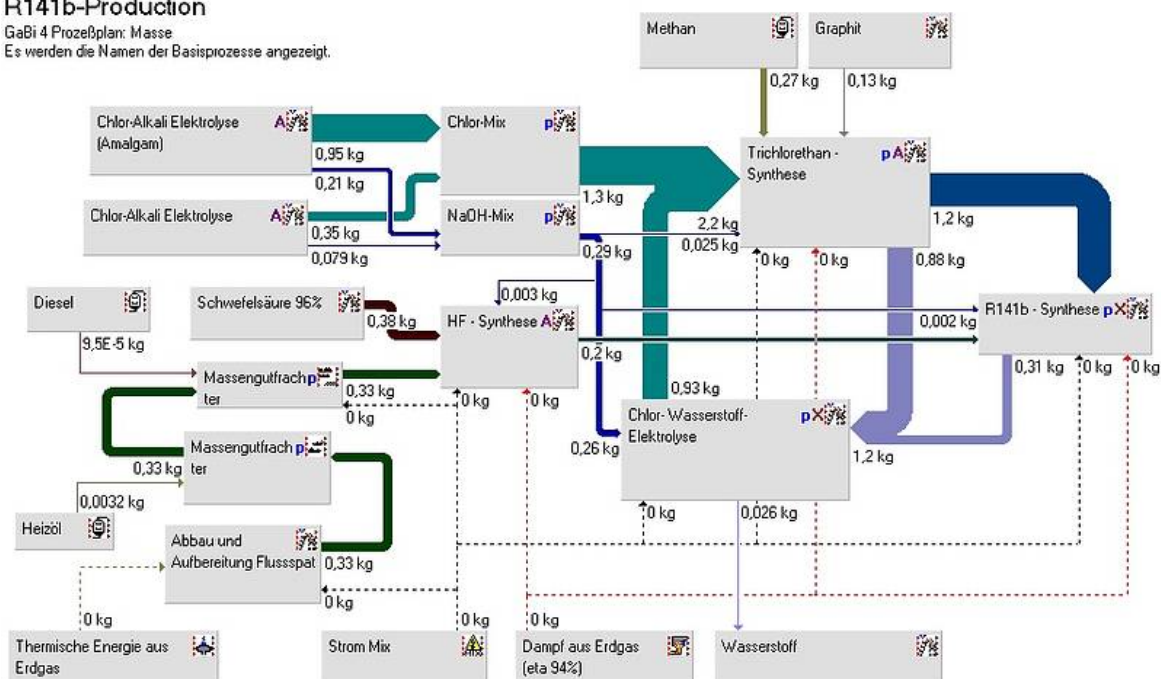
Prozesse werden auf Plänen in Form von Sankey Diagrammen dargestellt. Dies ermöglicht eine übersichtliche Darstellung von komplexen Prozessnetzen.

Es stehen verschiedene Möglichkeiten der Darstellung zur Verfügung. Durch umschalten der Ansicht werden Masse-, Energie-, Kostenströme proportional zur Menge dargestellt.

Sie als Benutzer können wählen, welche zusätzlichen Flüsse Ihnen als Darstellungsoption zur Verfügung stehen sollen.

R141b-Production

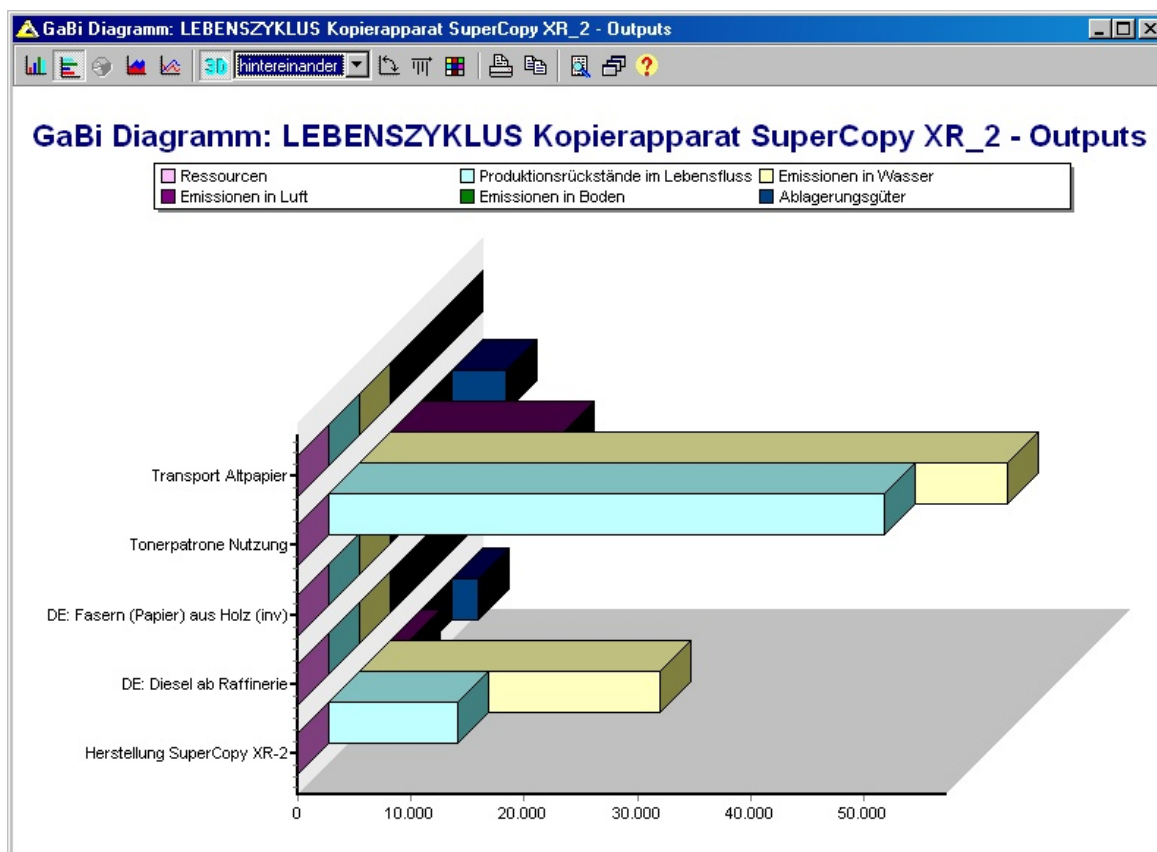
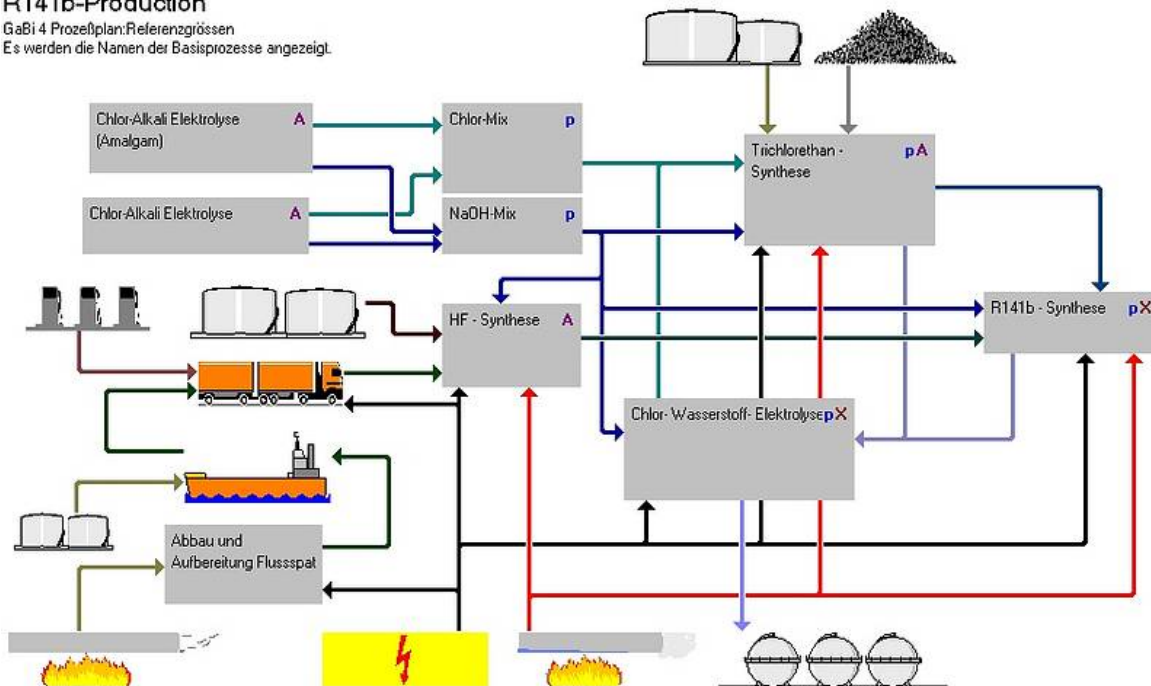
GaBi 4 Prozessplan: Masse
Es werden die Namen der Basisprozesse angezeigt.



R141b-Production

GaBi 4 Prozessplan: Referenzgrößen

Es werden die Namen der Basisprozesse angezeigt.



8.1.3 EcoPro

Name:	EcoPro
Entwickler:	Institut für industrielle Bauproduktion (ifib), Universität Karlsruhe Prof. N. Kohler, Dipl.-Ing. M. Koch +49 721 608-2167/ +49 721 608-6980/ markus.koch@ifib.uni-karlsruhe.de Universität Karlsruhe 76128 Karlsruhe
Vertrieb:	Aufgegangen in Legep
Sprache:	deutsch
Zielgruppe:	Architekten und Ingenieure
Kosten / Lizenzen:	keine Angaben
Beschreibung Herstellers Entwicklers:	des / Keine Angaben
Vorteile:	
Nachteile:	seit 1998 nicht mehr weiterentwickelt
Berechnete Werte:	
Massenermittlung	ja
Baukosten (DIN 276)	nein
Betriebskosten	nein
Lebenszykluskosten	nein
Gesamtprimärenergiebedarf PEges	ja
Primär-Energie n. ern.	ja
Primär-Energie ern.	ja
Treibhauspotenzial (GWP)	ja
Ozonschichtabbaupotenzial (ODP)	ja
Ozonbildungspotenzial (POCP)	ja
Versauerungspotenzial (AP)	ja
Überdüngungspotenzial (EP)	ja
Betrachtete Module:	
Herstellung	ja
Instandhaltung	ja
Rückbau	ja
Betrieb	ja
Interface:	

EcoQuantum

Name: EcoQuantum

Entwickler: W/E consultants sustainable building
Office Utrecht
PO Box 227
NL- 3500 AE Utrecht
The Netherlands
T +31 30 677 8777
F +31 30 677 8778
E w-e@w-e.nl

Vertrieb: wird nicht vertrieben

Sprache: niederländisch

Zielgruppe: Architekten

Kosten / Lizenzen: keine Angaben

**Beschreibung des
Herstellers /
Entwicklers:**

Explanation of possibilities of analysis and optimization

The output of EQ is such that the building components which have the largest contribution to the environmental impact are indicated. The designer, consultants gets this way a tool to optimize by simply changing the most polluting component/material. This process can be continued till the environmental profile is optimal.

Depending on the state of the building process in which EQ is used the optimization is different: during the preliminary design phase: recommendations on shape and dimensions and filled in building elements can be the result of EQ. The later in the building process, the recommendations will become more detailed. For example pointing to one component that should be replaced to reduce the environmental impact of the building.

One output of EQ is the range. An output is presented in a range: compared to the most and less environmentally sound alternative. The designer is shown how large the gap is between his design and the most environmentally sound alternative. With this he can improve his design.

Recommendations for the planning process

EQ can be used by architects during:

1. the preliminary design
2. the definite design
3. the design specifications

Policy makers can put standards with EQ concerning the environmental profiles of the buildings which are going to be built in their community for example. Project developers and investors can do the same.

Vorteile: Sehr schnelle und einfache Vergleichbarkeit, schnelle Eingabe

Nachteile: Keine genaue Eingabe möglich nur qualitativer Vergleich

Berechnete Werte:

Resources
Energy
Emissions
Waste

Greenhouse effect
Human toxicity
Ecotoxicity

Betrachtete Module:

Herstellung
Betrieb

Interface:

Eco-Quantum VO-tool

Nieuw Openen Opslaan Eco-Quantum Print ? Help

ONTWERP

Basistype:
Urban villawoning, met inpandige bergruimte

Project:

Aantal woningen: 12
Aantal bouwlagen: 3
TOTAAL GO 1250,2 m2



MATERIALEN (12 WONINGEN)

Begane grond vloeren	194,6 m2	beton: ribcasette
Verdiepingsvloeren	1418,2 m2	beton: breedplaat
Gevels: Totaal opp.	1416,8 m2	bi.beton + bu.pleister
Open delen	28 %	hout: duurzaam
Dragende binnenwanden	799,4 m2	kalkzandsteen
Platte daken	351,4 m2	beton: breedplaat
Hellende daken	0 m2	hout: dakelement
Trappenhuizen	2	
Liften	1	
Hout met FSC keur o.g. Beperken uitloging		
PV-cellen	30 m2 besparing: 24000 MJ	
Zonnecollectoren	30 m2 besparing: 66000 MJ	

ENERGIE (12 WONINGEN)

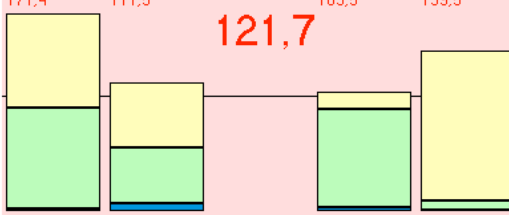
	elektrisch [MJ]	gas [MJ]	☒ NOx-arm
ruimteverwarming	0	266126	
warmtapwater	0	212016	
hulpenergie	29302	0	
verlichting	70518		
ventilatoren	27692		
koeling	0		
bevochtiging	0		
zonneenergie	-24000 ☒	-66000 ☒	
TOTAAL	103512	412142 MJ	

WATER

☐ Waterbesparende maatregelen

RESULTATEN (GEMIDDELTE WONING)

Grondstoffen	Emissies	SCORE	Energie	Afval
171,4	111,5	121,7	103,5	139,5



Eco-Quantum VO-tool

Nieuw Openen Opslaan Eco-Quantum Print Help

ONTWERP

Basistype: Tuinkamerwoning, tussen, zonder score berging

Project:

Aantal woningen: 1

Aantal bouwlagen: 2

TOTAAL GO 111,4 m²



MATERIALEN (1 WONING)

Begane grond vloeren	47,8 m ²	beton: ribcasette
Verdiepingsvloeren	95,7 m ²	beton: breedplaat
Gevels: Totaal opp.	61,6 m ²	bikks + bu.baksteen
Open delen	29 %	hout: duurzaam
Dragende binnenwanden	59,6 m ²	hout: hsb-element
Platte daken	0 m ²	beton: breedplaat
Hellende daken	62,1 m ²	hout: dakelement
Trappenhuizen	0	
Liften	0	
Hout met FSC keur o.g. Beperken uitloging		
PV-cellen	10 m ² besparing: 8000 MJ	
Zonnecollectoren	0 m ²	

ENERGIE (1 WONING)

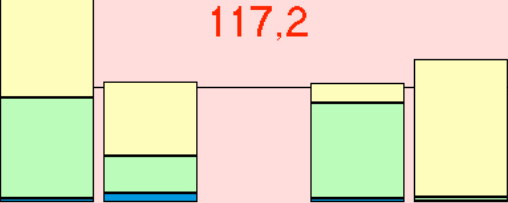
	elektrisch [MJ]	gas [MJ] ☒ NOx-arm
ruimteverwarming	0	22944
warmtapwater	0	17693
hulpenergie	2612	0
verlichting	6284	
ventilatoren	2468	
koeling	0	
bevochtiging	0	
zonneenergie	-8000 ☒	0 ☐
TOTAAL	3364	40637 MJ

WATER

☐ Waterbesparende maatregelen

RESULTATEN (GEMIDDELDE WONING)

Grondstoffen Emissies	SCORE	Energie	Afval
177,4	104,9	103,0	124,6
117,2			



Eco-Quantum VO-tool

Nieuw Openen Opslaan Eco-Quantum Print Help

ONTWERP

Basistype: Seniorenwoning, zonder score berging

Project:

Aantal woningen: 1

Aantal bouwlagen: 1

TOTAAL GO 122,1 m²



MATERIALEN (1 WONING)

Begane grond vloeren	79,95 m ²	beton: combinatie
Verdiepingsvloeren	79,95 m ²	beton: kanaalplaat
Gevels: Totaal opp.	45,37 m ²	bichsb + bu.baksteen
Open delen	34 %	hout: niet duurzaam
Dragende binnenwanden	45,2 m ²	kalkzandsteen
Platte daken	0 m ²	beton: breedplaat
Hellende daken	104,06 m ²	hout: dakelement
Trappenhuizen	0	
Liften	0	
Hout met FSC keur o.g. Beperken uitloging		
PV-cellen	10 m ² besparing: 8000 MJ	
Zonnecollectoren	0 m ²	

ENERGIE (1 WONING)

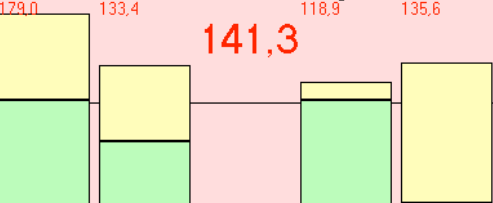
	elektrisch [MJ]	gas [MJ] ☒ NOx-arm
ruimteverwarming	0	26290
warmtapwater	0	18817
hulpenergie	2863	0
verlichting	6888	
ventilatoren	2705	
koeling	0	
bevochtiging	0	
zonneenergie	0 ☐	0 ☐
TOTAAL	12456	45107 MJ

WATER

☐ Waterbesparende maatregelen

RESULTATEN (GEMIDDELDE WONING)

Grondstoffen Emissies	SCORE	Energie	Afval
179,0	133,4	118,9	135,6
141,3			



8.1.5 Bauloop / Bauluna

Name:	Bauloop (Baukonstruktion) Bauluna (Betrieb)
Entwickler:	Technische Universität Darmstadt Prof. Dr.-Ing. Carl-Alexander Graubner Dipl.-Ing. Kati Herzog Dipl.-Ing. Alexander Renner Technische Universität Darmstadt Fachbereich Bauingenieurwesen und Geodäsie D-64283 Darmstadt (0) 61 51 / 16-53 44 graubner@massivbau.tu-darmstadt.de Telefon +49 (0) 61 51 / 16-21 44 Telefax Prof. Graubner Institut für Massivbau Gebäude L 5 / 06 Alexanderstraße 5 64287 Darmstadt Sekretariat Graubner: 06151-16-2144
Vertrieb:	
Sprache:	deutsch
Zielgruppe:	
Kosten / Lizenzen:	

„bauloop“ ist ein Software-Tool zur Beurteilung der Umweltverträglichkeit und Wirtschaftlichkeit von Baukonstruktionen. Die Grundlage der Analyse bildet die Stoffstromberechnung. Die resultierenden Stoffströme infolge der über die einzelnen Lebensphasen auftretenden Bau-, Umbau-, Instandsetzungs-, Demontage-, Abbruch- und Entsorgungsprozesse werden ermittelt und anhand ökologischer und ökonomischer Kriterien analysiert. Es können sowohl Einzelbauteile, Schichtbauteile oder ganze Gebäude untersucht werden. Ziel der Analyse ist es verschiedene Baukonstruktionen über ihre Lebensdauer vergleichend zu bewerten, um die jeweiligen Vor- und Nachteile von Material- und Verbindungswahl zu identifizieren und Optimierungspotentiale aufzuzeigen.

Beschreibung des Herstellers / Entwicklers:

Besonderheiten von „bauloop“

Die Besonderheit des Software-Tools liegt in der realitätsnahen Wiedergabe des Konstruktionsaufbaus. Dies wird durch eine detaillierte Modellierung der Materialschichten eines Bauteils sowie der infolge der gewählten Verbindungstechnik entstehenden Abhängigkeiten der einzelnen Schichten untereinander erreicht. Der Detaillierungsgrad der Modellierung gestattet es, Bauprozesse und deren ökologische und ökonomische Einflüsse auf die Umwelt sehr genau zu beschreiben und ingenieurmäßig zu beurteilen.

Vorteile:

Nachteile:

Berechnete Werte:

Massenermittlung
Baukosten (DIN 276)
Betriebskosten
Lebenszykluskosten

Gesamtprimärenergiebedarf
PEges

Primär-Energie n. ern.	ja
Primär-Energie ern.	ja
Treibhauspotenzial (GWP)	ja
Ozonschichtabbaupotenzial (ODP)	ja
Ozonbildungspotenzial (POCP)	ja
Versauerungspotenzial (AP)	ja
Überdüngungspotenzial (EP)	ja

Betrachtete Module:

Herstellung	ja
Instandhaltung	ja
Rückbau	ja
Betrieb	ja

Interface:

Gebäudedaten-Gebäude

Referenzdaten

- Ökobilanzen
- bauluna Bauteile
- Anlagentechnik

Gebäude

- Energiebilanz Nutzungsphase
- Ökobilanz Lebenszyklus

Eingangsparameter:

- GebäudeVolumen
- weitere Angaben
- BauweiseC_{wirk}
- Standort

Anlagentechnik

- Anlagentechnik
- Anlagentechnik

Bedienungsabfolge

- Öffnen des Formulars zur Energiebilanzierung der Nutzungsphase
- GebäudeVolumen
- weitere Angaben
- BauweiseC_{wirk}
- Standort
- Öffnen des Formulars zur Anlagentechnik
- Anlagentechnik

BauLoop-Grafiken
(Folie 28 - 36):
mit freundlicher
Genehmigung von
A. Renner Berlin

Gebäudedaten Bauteile

FrmStartmenu: Formular

Referenzdaten

Gebäude

Energiebilanz Nutzung

Bauteile

Bauteile Details

Material	Dichte	Wärmeleitfähigkeit	Wärmeübergangskoeffizient	U-Wert
1. Außenwand Süd	2500	0.12	0.030	1.0
2. Außenwand Süd	2500	0.12	0.030	1.0
3. Außenwand Süd	2500	0.12	0.030	1.0

Bedienungsabfolge

Öffnen des Formulars zur Energiebilanzierung der Nutzungsphase

Formular Schichtdetails öffnen

Bauteilschichtdaten eingeben

Ergebnis: U und Gsd Wert

FrmBauteilschichtdaten

Bauteilschichtdaten

Material	Dichte	Wärmeleitfähigkeit	Wärmeübergangskoeffizient	U-Wert
1. Außenwand Süd	2500	0.12	0.030	1.0
2. Außenwand Süd	2500	0.12	0.030	1.0
3. Außenwand Süd	2500	0.12	0.030	1.0

FirmStartmenu : Formular

bauluna
bauprodukte
lebenszyklusorientiert,
umweltgerecht und
nachhaltig analysieren

Referenzdaten **Gebäude**

Ökobilanzen Gebäude- und Nutzenergebedarf
bauloop Bauteile

TabGebäude

ID 324 Bezeichnung 2.1.0 Einfamilienhaus mit Garage Piegelgebäude Volumen 1136 Lebensdauer 40 Bauloop Projekt Nr. 106

Projekt | Ökobilanzaufweisung Bauteile | Ökobilanz- und Kostenzuweisung Energieerträge | Ökobilanz Auswertung

Parameter | Ergebnisse Nutzung | Ergebnisse, Tabellen Konstruktion, Nutzung | Ergebnisse, Berichte | Ergebnisse, Ökobilanz Sensitivitätsanalyse

Sortierung: Entsorgung Typ Gruppe

Ökobilanz-datenbank

Ergebnisse Konstruktion und Nutzung

Ents	Wirkungsk	Typ	Gruppe	Untergruppe	Jahr	Menge	Einheit	Ökobilanz	Einheit_Öko	Normalisie	Gewichtung
☐	E	Anlagentechnik	Trinkwasser	Hilfsenergie	15	1175,042	kWh	11336,81	MJ		
☐	E	Anlagentechnik	Trinkwasser	Hilfsenergie	20	1175,042	kWh	11336,81	MJ		
☐	E	Anlagentechnik	Trinkwasser	Hilfsenergie	25	1175,042	kWh	11336,81	MJ		
☐	E	Anlagentechnik	Trinkwasser	Hilfsenergie	30	1175,042	kWh	11336,81	MJ		
☐	E	Anlagentechnik	Trinkwasser	Hilfsenergie	35	1175,042	kWh	11336,81	MJ		
☐	E	Anlagentechnik	Trinkwasser	Hilfsenergie	40	1175,042	kWh	11336,81	MJ		
☐	E	Bodenpl., Funda	Bodenplatte	1 Zementestrich	0	11592	kg	12378,32	MJ		
☐	E	Bodenpl., Funda	Bodenplatte	1 Zementestrich	40	0	kg	0	MJ		
☐	E	Bodenpl., Funda	Bodenplatte	2 Dampfbremse, P	0	190,11	kg	4878,227	MJ		
☐	E	Bodenpl., Funda	Bodenplatte	2 Dampfbremse, P	40	0	kg	0	MJ		
☐	E	Bodenpl., Funda	Bodenplatte	3 Dämmung PUR I	0	370,94	kg	0,0217338	MJ		
☐	E	Bodenpl., Funda	Bodenplatte	3 Dämmung PUR I	40	0	kg	0	MJ		
☐	E	Bodenpl., Funda	Bodenplatte	4 Feuchtesperre, F	0	89,72	kg	7424,385	MJ		
☐	E	Bodenpl., Funda	Bodenplatte	4 Feuchtesperre, F	40	0	kg	0	MJ		
☐	E	Bodenpl., Funda	Bodenplatte	5 Stahlbeton C20/2	0	4057,2	kg	96364,18	MJ		
☐	E	Dach	Dachfläche Noi	1 Tondachziegel	0	6294,25	kg	29296,87	MJ		
☐	E	Dach	Dachfläche Noi	1 Tondachziegel	40	0	kg	0	MJ		
☐	E	Dach	Dachfläche Noi	2 Holzlatzung	0	399,87	kg	754,8478	MJ		
☐	E	Dach	Dachfläche Noi	3 Feuchtesperre, F	0	133,73	kg	11066,24	MJ		
☐	E	Dach	Dachfläche Noi	4 Holzsparrn, -bal	0	1599,48	kg	3019,391	MJ		

Datensatz: 1 von 1032

FirmStartmenu : Formular

bauluna
bauprodukte
lebenszyklusorientiert,
umweltgerecht und
nachhaltig analysieren

Referenzdaten **Gebäude**

Ökobilanzen Gebäude- und Nutzenergebedarf
bauloop Bauteile

TabGebäude

ID 324 Bezeichnung 2.1.0 Einfamilienhaus mit Garage Piegelgebäude Volumen 1136 Lebensdauer 40 Bauloop Projekt Nr. 106

Projekt | Ökobilanzaufweisung Bauteile | Ökobilanz- und Kostenzuweisung Energieerträge | Ökobilanz Auswertung

Parameter | Ergebnisse Nutzung | Ergebnisse, Tabellen Konstruktion, Nutzung | Ergebnisse, Berichte | Ergebnisse, Ökobilanz Sensitivitätsanalyse

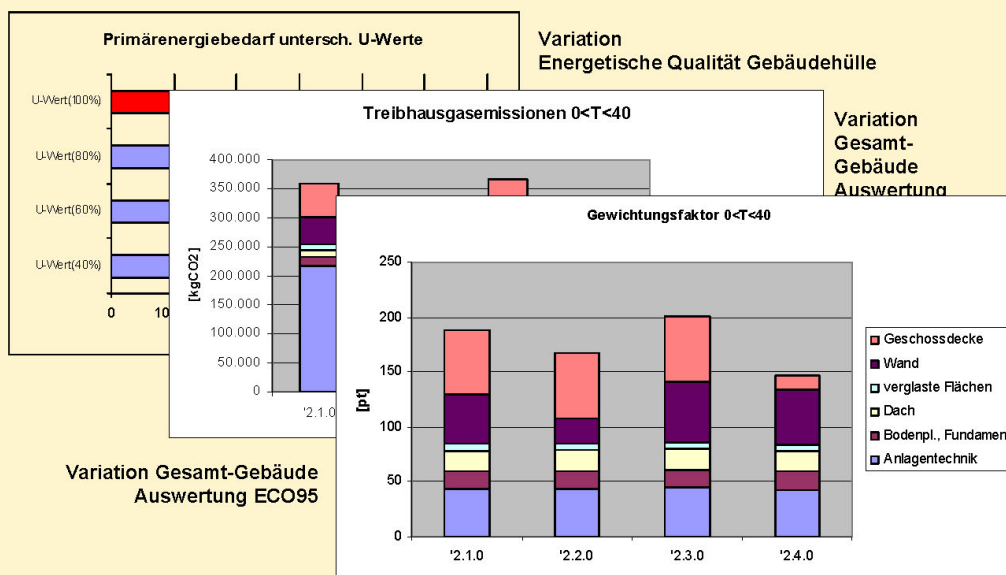
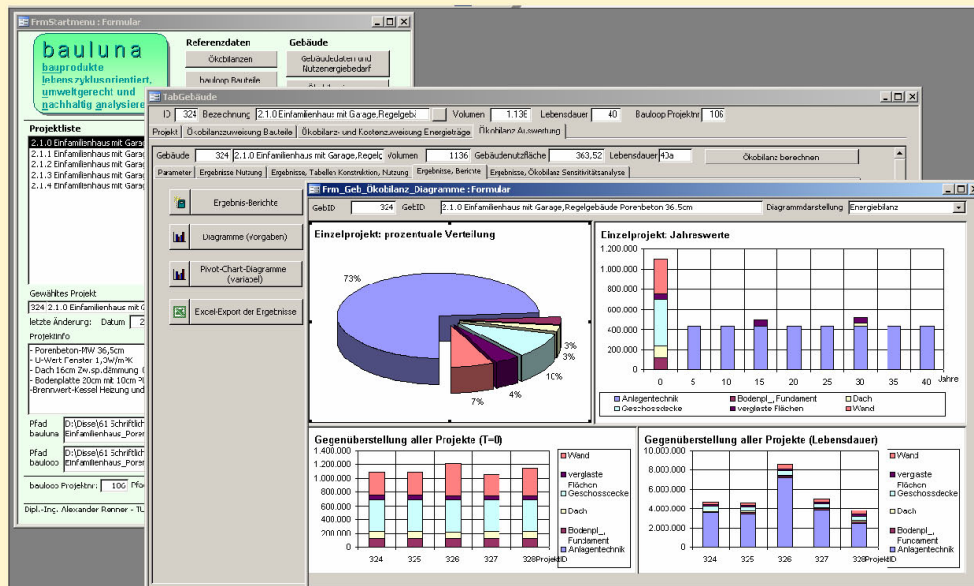
Sortierung: Entsorgung Typ Gruppe

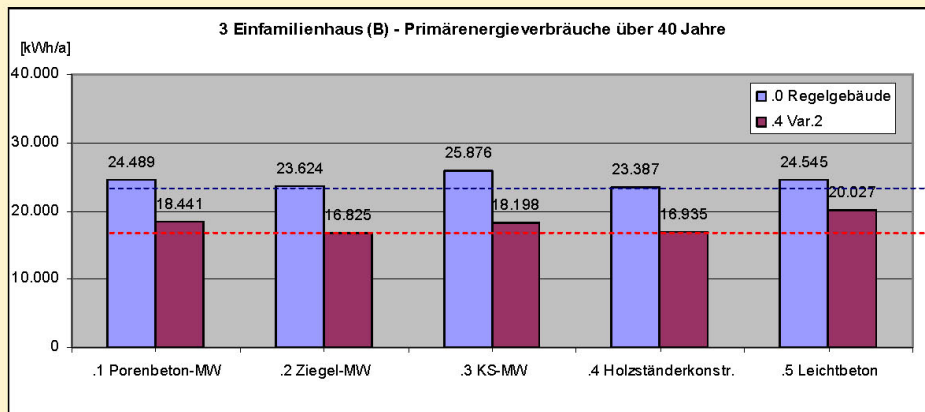
Ökobilanz-datenbank

Ergebnisse Konstruktion und Nutzung

Ents	Wirkungsk	Typ	Gruppe	Untergruppe	Jahr	Menge	Einheit	Ökobilanz	Einheit_Öko	Normalisie	Gewichtung
☐	E	Anlagentechnik	Trinkwasser	Hilfsenergie	15	1175,042	kWh	11336,81	MJ		
☐	E	Anlagentechnik	Trinkwasser	Hilfsenergie	20	1175,042	kWh	11336,81	MJ		
☐	E	Anlagentechnik	Trinkwasser	Hilfsenergie	25	1175,042	kWh	11336,81	MJ		
☐	E	Anlagentechnik	Trinkwasser	Hilfsenergie	30	1175,042	kWh	11336,81	MJ		
☐	E	Anlagentechnik	Trinkwasser	Hilfsenergie	35	1175,042	kWh	11336,81	MJ		
☐	E	Anlagentechnik	Trinkwasser	Hilfsenergie	40	1175,042	kWh	11336,81	MJ		
☐	E	Bodenpl., Funda	Bodenplatte	1 Zementestrich	0	11592	kg	12378,32	MJ		
☐	E	Bodenpl., Funda	Bodenplatte	1 Zementestrich	40	0	kg	0	MJ		
☐	E	Bodenpl., Funda	Bodenplatte	2 Dampfbremse, P	0	190,11	kg	4878,227	MJ		
☐	E	Bodenpl., Funda	Bodenplatte	2 Dampfbremse, P	40	0	kg	0	MJ		
☐	E	Bodenpl., Funda	Bodenplatte	3 Dämmung PUR I	0	370,94	kg	0,0217338	MJ		
☐	E	Bodenpl., Funda	Bodenplatte	3 Dämmung PUR I	40	0	kg	0	MJ		
☐	E	Bodenpl., Funda	Bodenplatte	4 Feuchtesperre, F	0	89,72	kg	7424,385	MJ		
☐	E	Bodenpl., Funda	Bodenplatte	4 Feuchtesperre, F	40	0	kg	0	MJ		
☐	E	Bodenpl., Funda	Bodenplatte	5 Stahlbeton C20/2	0	4057,2	kg	96364,18	MJ		
☐	E	Dach	Dachfläche Noi	1 Tondachziegel	0	6294,25	kg	29296,87	MJ		
☐	E	Dach	Dachfläche Noi	1 Tondachziegel	40	0	kg	0	MJ		
☐	E	Dach	Dachfläche Noi	2 Holzlatzung	0	399,87	kg	754,8478	MJ		
☐	E	Dach	Dachfläche Noi	3 Feuchtesperre, F	0	133,73	kg	11066,24	MJ		
☐	E	Dach	Dachfläche Noi	4 Holzsparrn, -bal	0	1599,48	kg	3019,391	MJ		

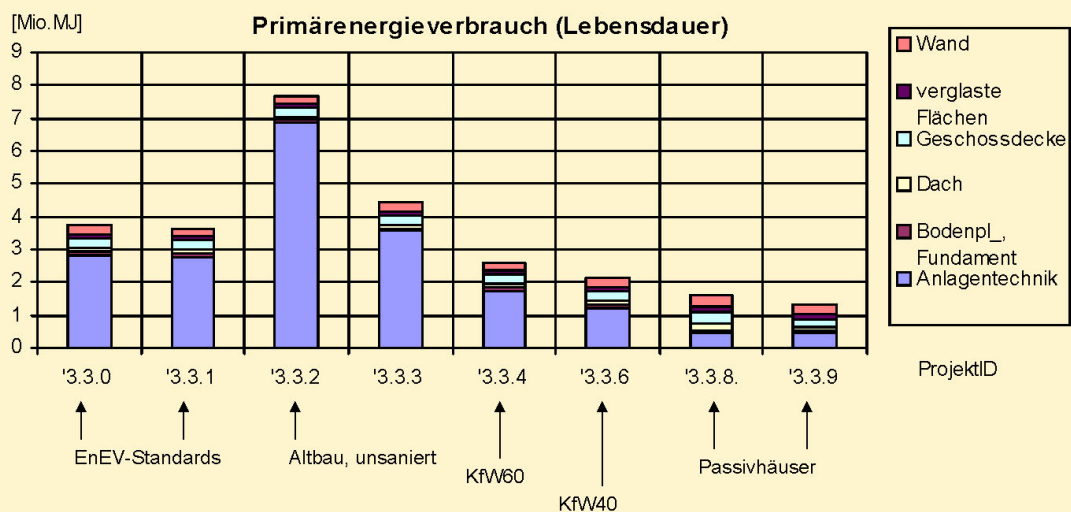
Datensatz: 1 von 1032

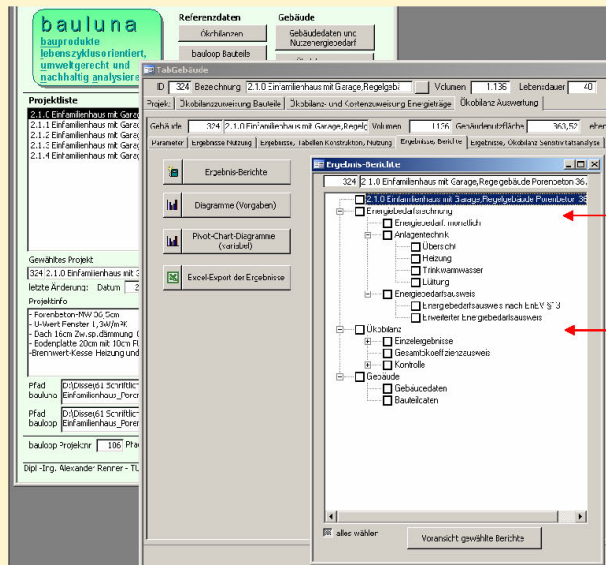




Minimum
Regel-
gebäude

Minimum
Variante





Energiebedarfsausweis nach
EnEV

Gesamt-
Ökoeffizienzausweis

8.1.6 LTE Ogip

Name:	LTE OGIP
Entwickler:	Beteiligte Beteiligt an der Entwicklung der Methode OGIP war das Schweizerische Bundesamt für Energie (BFE), das Schweizerische Bundesamt für Bauten und Logistik (BBL), die Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA) und die Schweizerische Zentralstelle für Baurationalisierung Zürich (CRB). Herausgeber der Daten Koordinationsgruppe des Bundes für Energie- und Ökobilanzen Bern und im speziellen das Bundesamt für Energie (BFE), das Bundesamt für Bauten und Logistik (BBL) und die Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA).
Vertrieb:	t.h.e. Software GmbH Speyerer Strasse 4 D-76287 Rheinstetten contact at the-software dot de www.the-software.de Dipl.-Ing. Sandro Heitz
Sprache:	deutsch
Zielgruppe:	Architekten
Kosten / Lizenzen:	550,00 €
Beschreibung des Herstellers / Entwicklers:	Für die Energie- und Stoffflussbilanzierung von Bauteilen, Konstruktionen oder auch ganzen Bauwerken. Für Architekten, Fachplaner, Baubiologen und Bauökologen oder auch Forschungseinrichtungen und Lehranstalten (Hochschulen, Institute). Mit LTE OGIP berechnen Sie Energie- und Stoffflüsse, letztlich Auswirkungen auf die Umwelt auf der Grundlage von Indikatoren und Umweltzahlen. Bilanziert werden können sowohl ganze Bauwerke wie auch einzelne Konstruktionen (zB. Betonwand) oder konstruktive Zusammenhänge (zB. vollständige Aussenwand). Mit LTE OGIP können Sie viele Fragen zur Ökologie im Bauen in der Entwurfs- wie auch Ausführungsplanung beantworten. Ziel von OGIP ist die Steigerung der Gesamtqualität eines Gebäudes. Diese definiert sich durch einen hohen Nutzwert für die Benutzer des Gebäudes, niedrige Lebenszyklus-Kosten und eine geringe Umweltbelastung. Mit OGIP können Sie die Umweltbelastung genauso mit Kennzahlen ausdrücken wie es herkömmlicherweise mit den Kosten möglich ist (EUR/Arbeitsplatz, EUR/Wohnung, ...). Mit wenig Aufwand erhalten Sie einen grossen Zusatznutzen.

Sie können einzelne Bauteile bilanzieren, um diese direkt zu vergleichen. Sie können aber auch gesamte Bauwerke bilanzieren und haben damit die Möglichkeit, Vergleiche zwischen diesen zu ziehen. Aufstellungen über die Kosten des gesamten Bauwerks, Total oder auch bezogen auf eine funktionale Größe, lassen sich genauso einfach und schnell erzeugen wie unterschiedliche Zusammenstellungen der Ergebnisse, die sich dann in Dokumentationen und Präsentationen weiter verwenden lassen.

Einsetzbar ist OGIP im Rahmen von Detailanalysen (Bauteile, Konstruktionen, Konstruktionsvarianten) aber auch als Baustein im Rahmen von Umweltverträglichkeitsgutachten zur Betrachtung eines gesamten Bauwerks und dessen Auswirkungen auf die Umwelt.

Vorteile:

Nachteile:

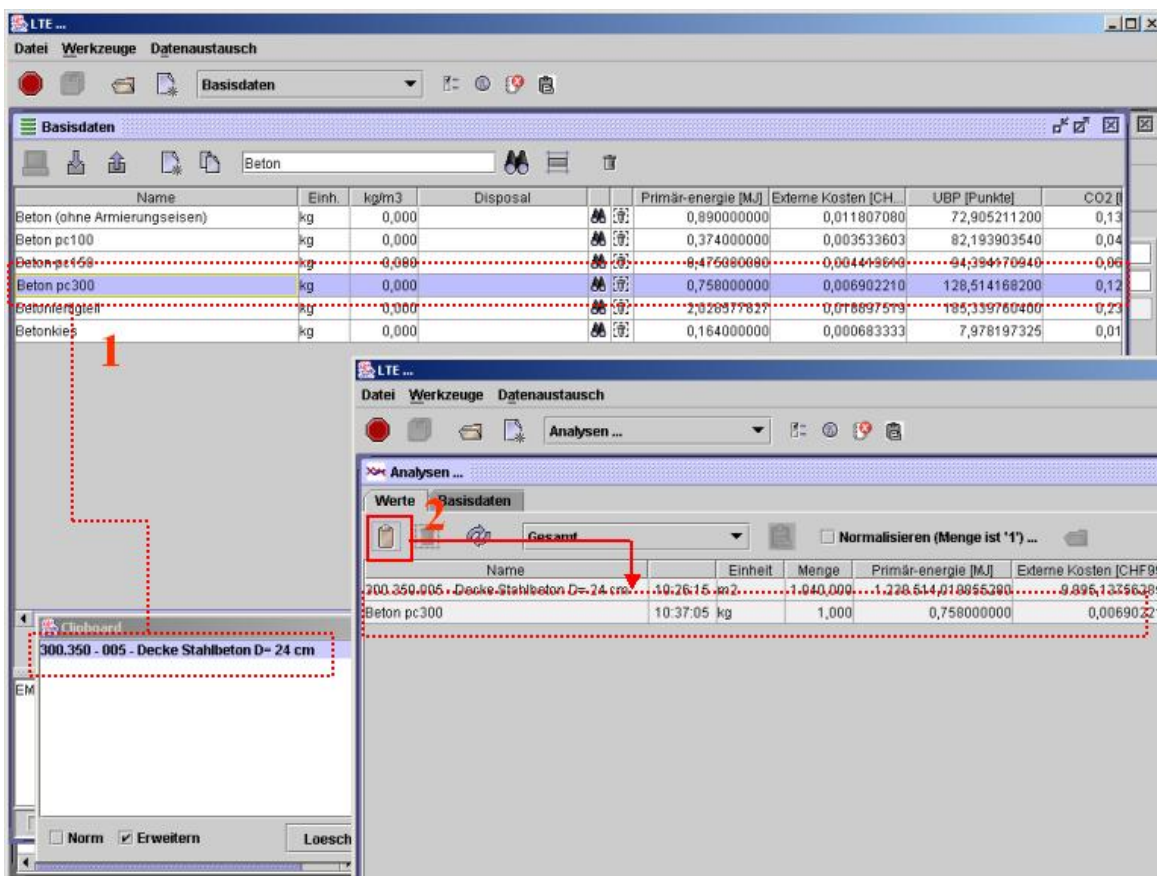
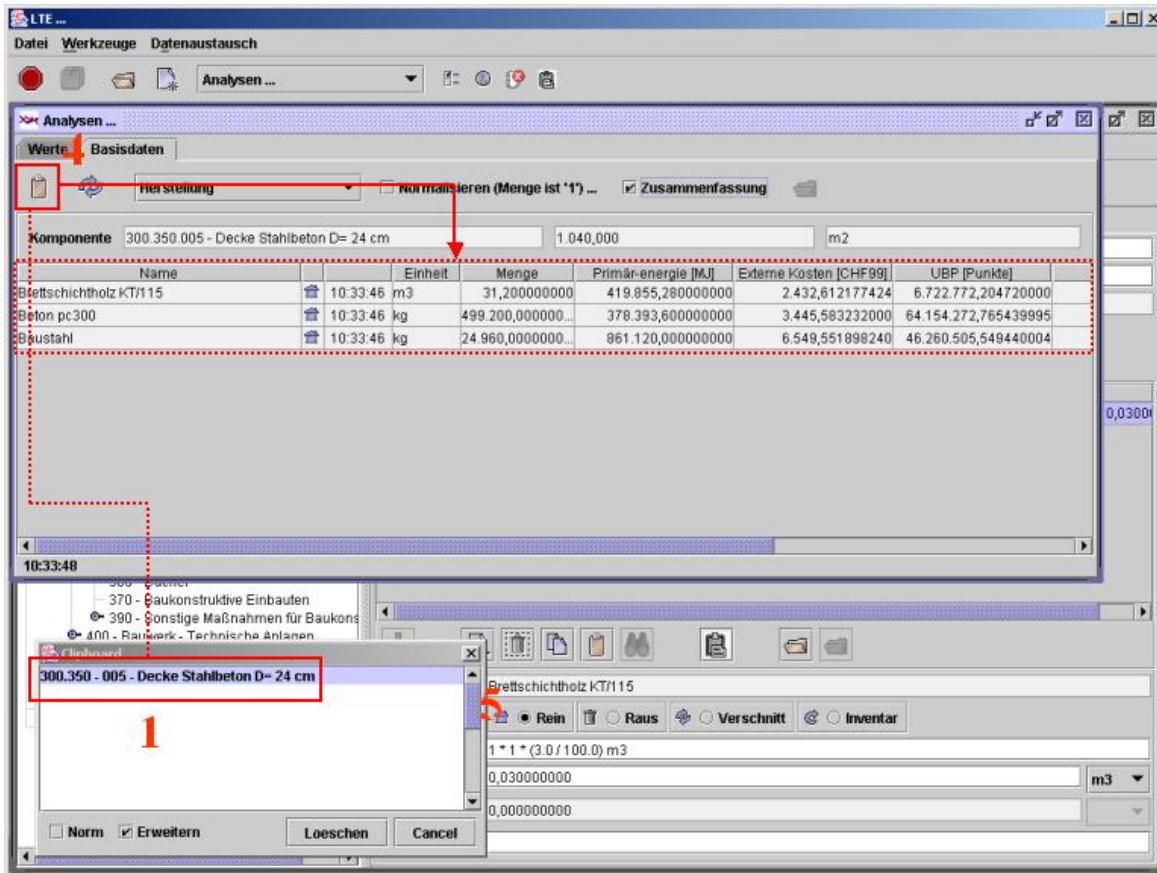
Berechnete Werte:

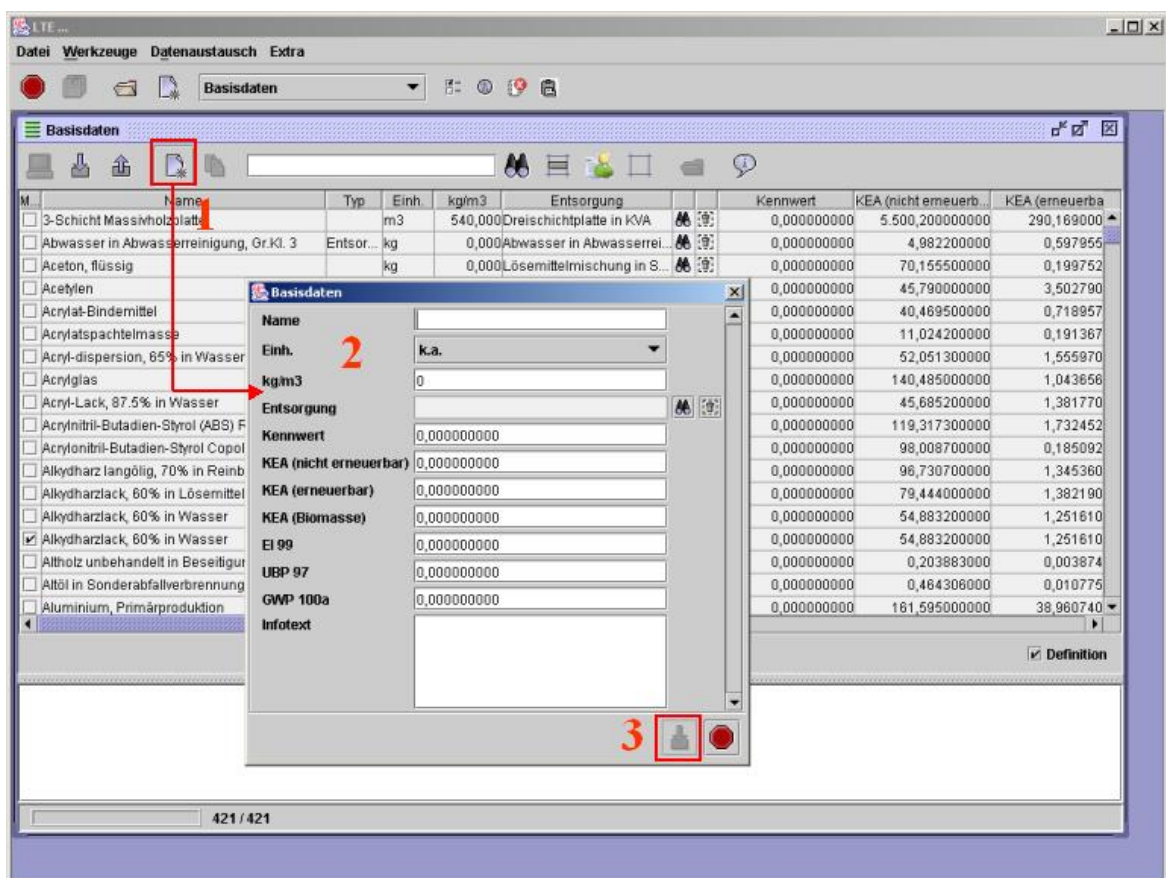
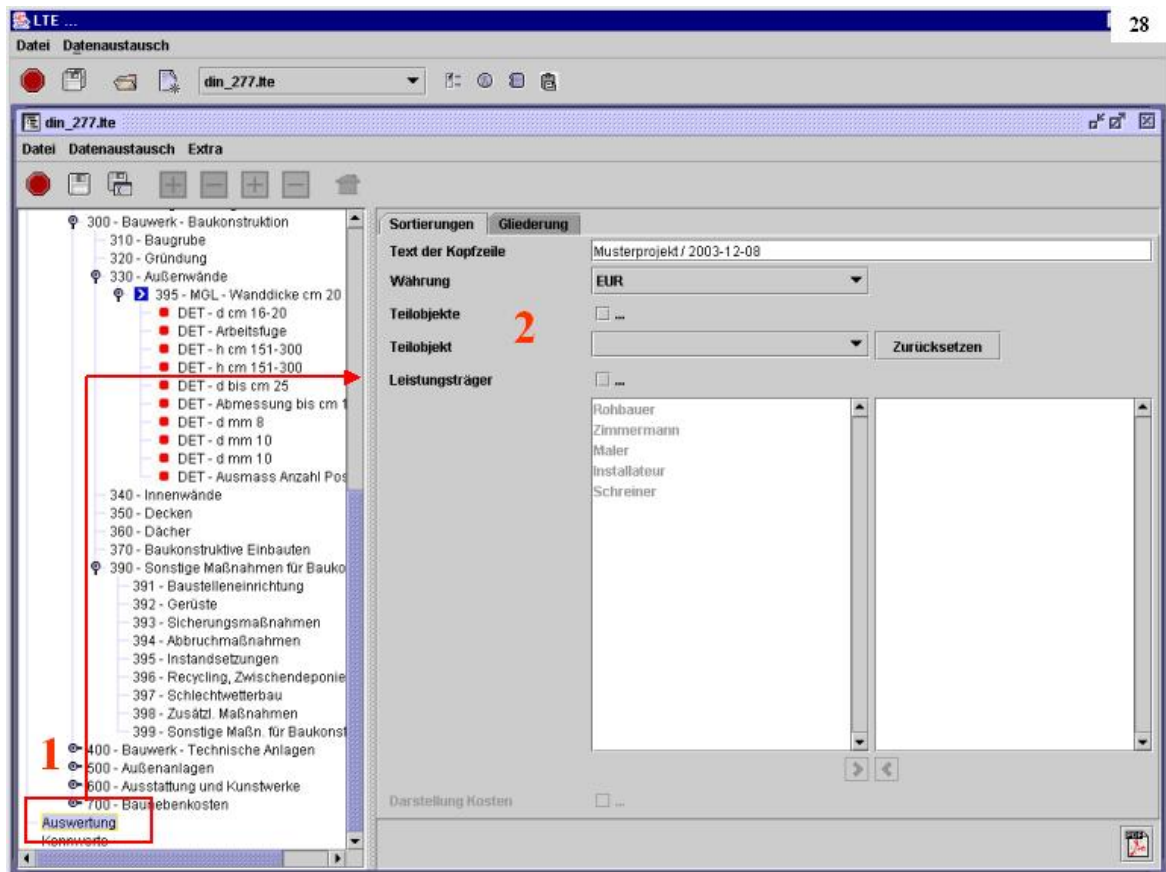
Massenermittlung	nein
Baukosten (DIN 276)	ja
Betriebskosten	nein
Lebenszykluskosten	nein
Gesamtprimärenergiebedarf PEges	ja
Primär-Energie n. ern.	ja
Primär-Energie ern.	ja
Treibhauspotenzial (GWP)	nein
Ozonschichtabbaupotenzial (ODP)	nein
Ozonbildungspotenzial (POCP)	nein
Versauerungspotenzial (AP)	nein
Überdüngungspotenzial (EP)	nein

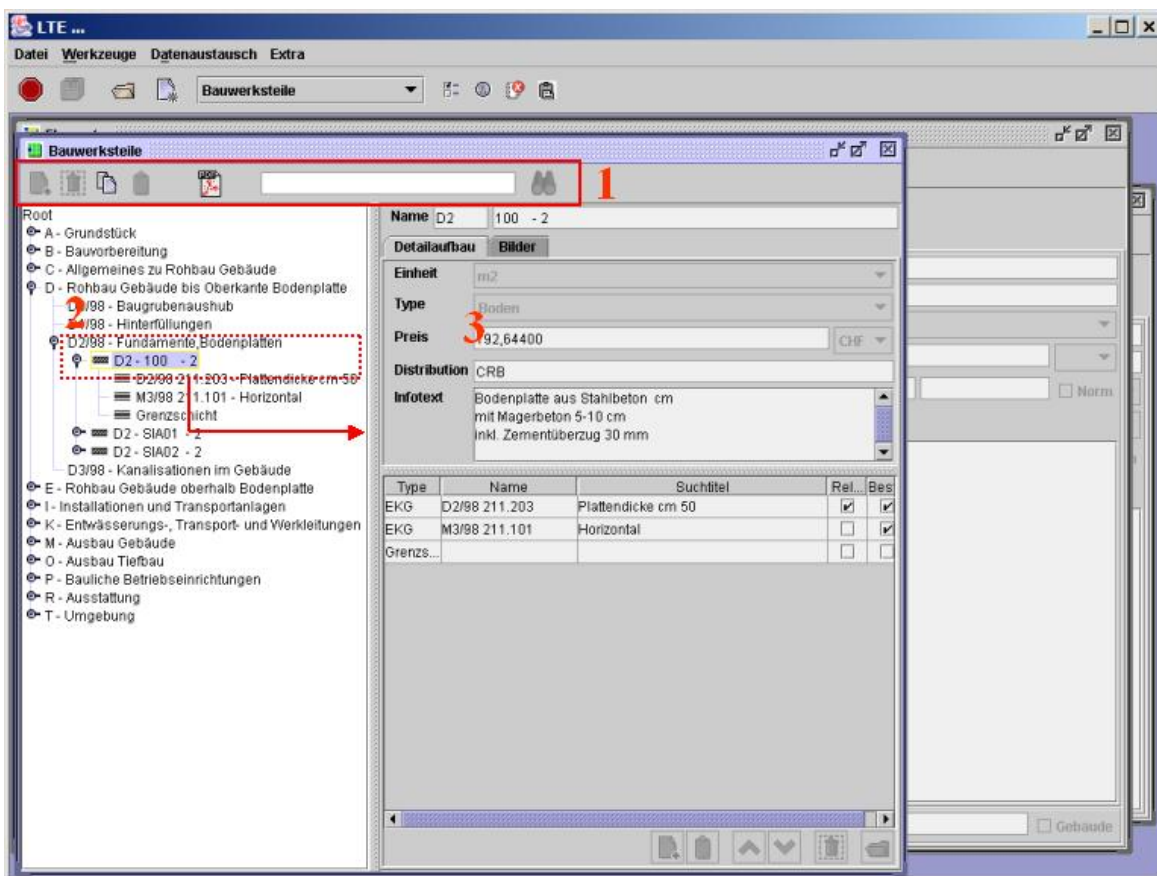
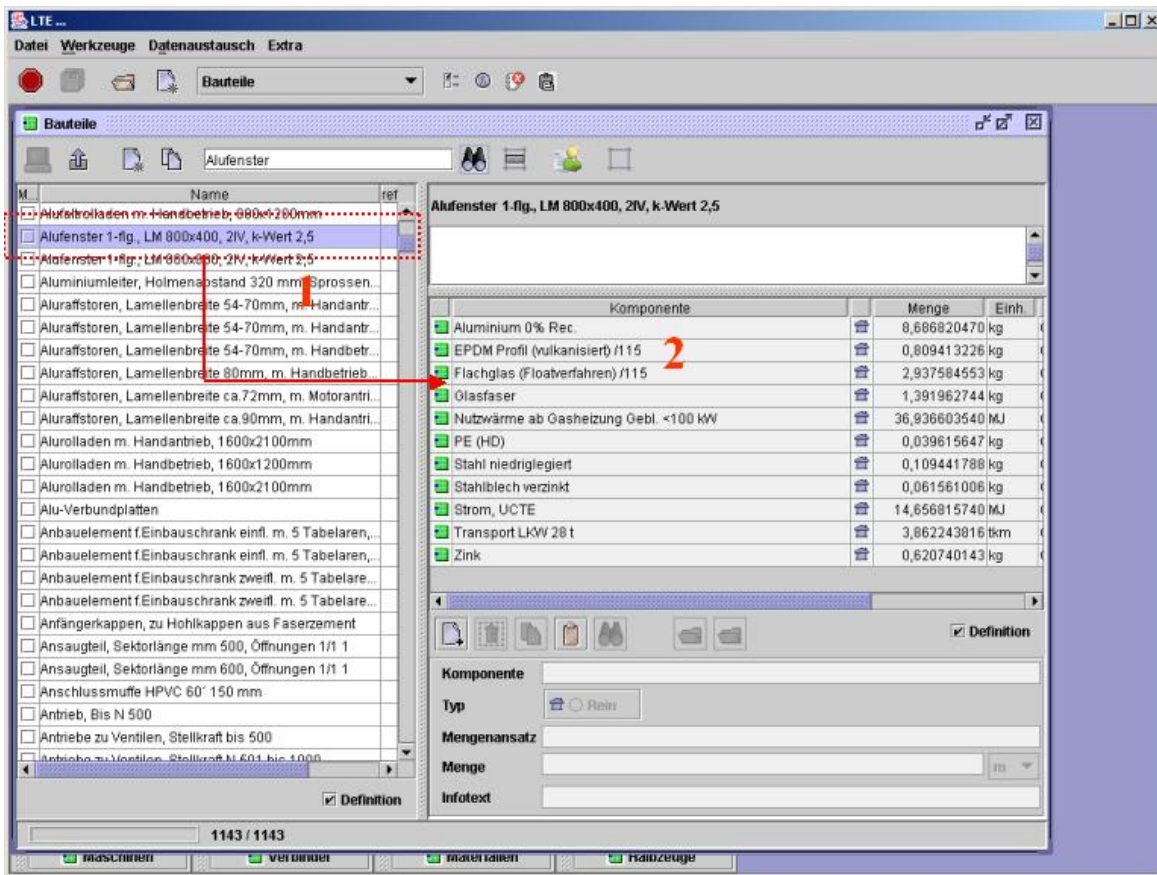
Betrachtete Module:

Herstellung	ja
Instandhaltung	nein
Rückbau	nein
Betrieb	nein

Interface:







LTE ...

Datei Werkzeuge Datenaustausch Extra

Projektanalysen ...

test_ekg.lte

Projektanalysen ...

Auswertung Basisdaten Basisdaten Definition Definition Baum Summe Summe

Projekt test_ekg.lte 1 Funktionale Einheit Gesamt 2 Typ Gesamt 3 Filtern 4

N.	Suchtitel	Name	Menge	Einheit	Primar-energie [MJ]	Externe Kosten [CHF99]
A	Grundstück	Alkydharzlack Decklack weiss/115	25,830536355kg		1.945,039387532	38,247538549
A	Grundstück	Aluminium 0% Rec.	196,547151720kg		41.667,996164640	223,077712655
A	Grundstück	Benzin verbleit	20,000000000		1.014,900000000	10,141250000
A	Grundstück	Beton pc150	45,000000000kg		21,375000000	0,198882450
A	Grundstück	EPDM Profil (vulkanisiert) /115	17,058555540kg		1.797,971753916	35,355579134
A	Grundstück	Flachglas (Floatverfahren) /115	180,906320520kg		6.637,452899879	130,519843119
A	Grundstück	Glasfaser	0,086679630kg		1,941623712	0,010999024
A	Grundstück	Grundierung weiss (Acrylatbasis) /115	7,593137550kg		397,880407620	7,823978438
A	Grundstück	Nutzwärme ab Gasheizung Gebf. <100 kW	298,004644395MJ		465,781259189	2,483272702
A	Grundstück	Nutzwärme ab Stückholz 30 kW	2.059,508537100MJ		3.919,244746101	8,581972074
A	Grundstück	PE (HD)	0,086679630kg		7,569732088	0,054157440
A	Grundstück	Propan/ Butan ab Raffinerie CH	10,000000000kg		563,300000000	11,076813460
A	Grundstück	Schnittholz breit-	1,837608615kg		39,288072189	0,064548573
A	Grundstück	Schnittholz kant-	653,876624700kg		14.174,083593622	25,111592977
A	Grundstück	Stahl unlegiert	40,963050585kg		1.309,998357708	10,167107763
A	Grundstück	Strom Mittelspannung - Bezug in UCPT	6.124,861348850MJ		20.489,286621173	85,068199246
A	Grundstück	Transport LKW 28 t	333,050665815tkm		1.255,934060788	18,983887951
A	Grundstück	Zink	2,097647595kg		176,265327408	1,040803870
A	Grundstück	Abfälle in Inertstoffdeponie	45,000000000kg		0,369000000	0,007256070
A	Grundstück	Abfälle in SAVA	33,423673905kg		1.206,594627971	23,726652974
A	Grundstück	Bauspergut in KVA	672,946148115kg		117,092629772	2,302526295
A	Grundstück	Materielle Wiederverwertung (Recycling)	260,014170420kg		0,000000000	0,253876276
B	Bauvorbereitung	Alkydharzlack Decklack weiss/115	120,542502990kg		9.076,850475147	178,488513229
B	Bauvorbereitung	Aluminium 0% Rec.	651,020041360kg		138.016,248768320	738,896801344
B	Bauvorbereitung	Beton pc150	210,000000000kg		99,750000000	0,928118100

LTE ...

Datei Werkzeuge Datenaustausch Extra

Projektanalysen ...

test_ekg.lte

Projektanalysen ...

Auswertung Basisdaten Basisdaten Definition Definition Baum Summe Summe PDF 1

Summe

Bezugsgrösse Gesamt

Projektanalysen ... 4.1

Projekt	
test_ekg.lte	☒
ekg_2.lte	☒
ekg_3.lte	☒

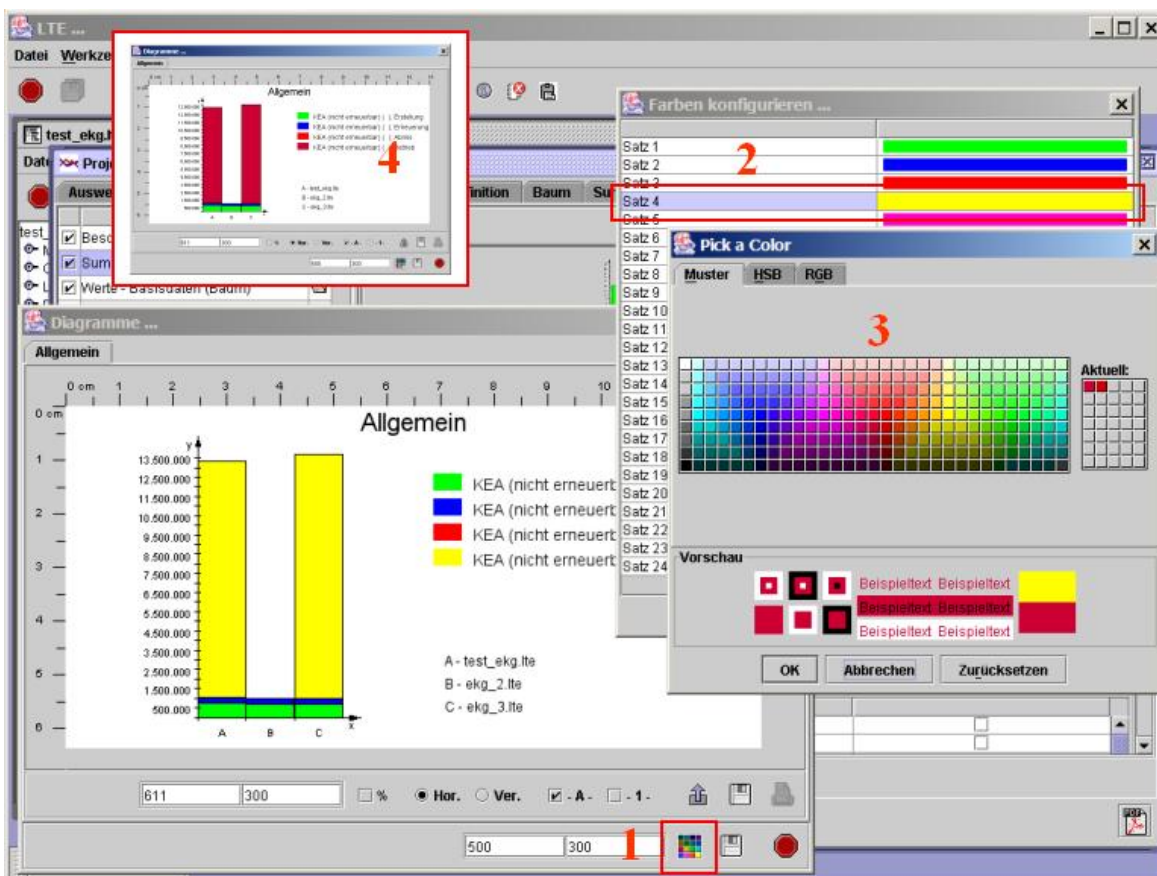
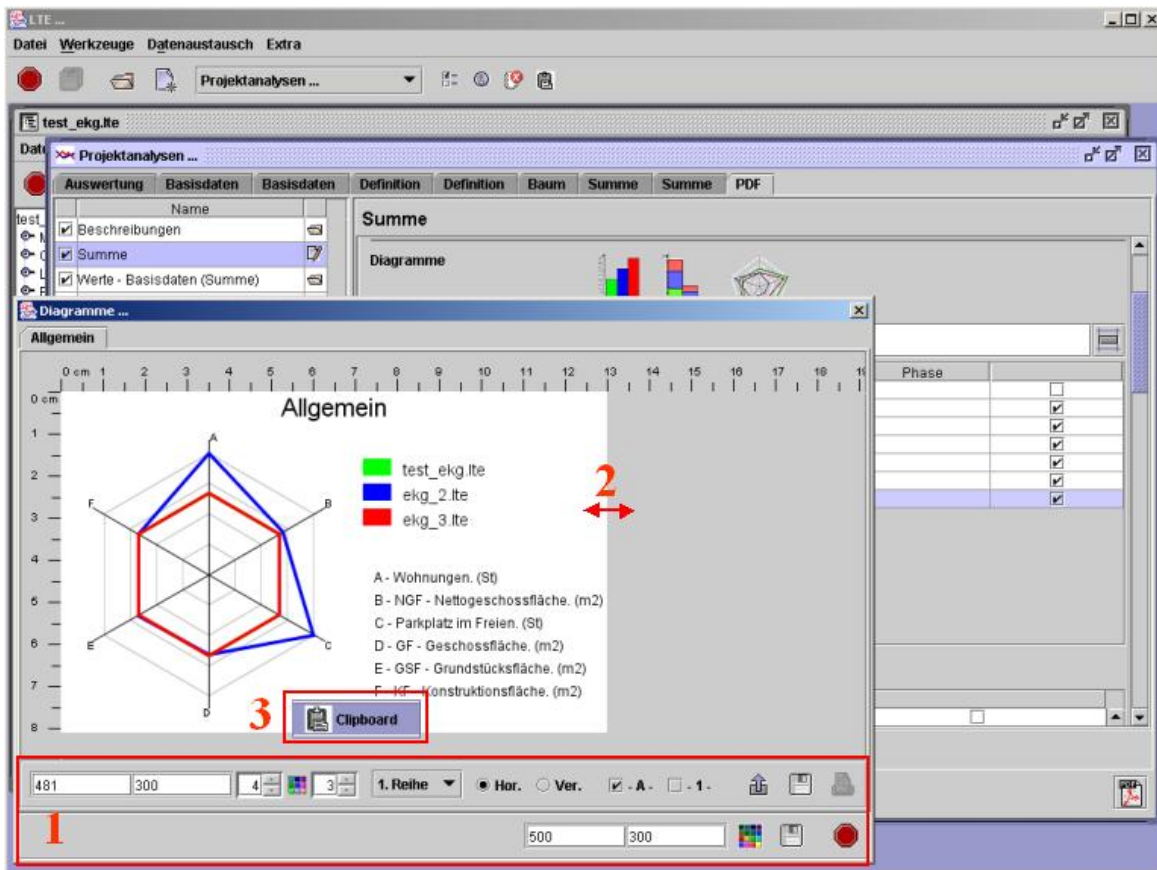
Number format ☒ Default 1.23457E8 1000,000

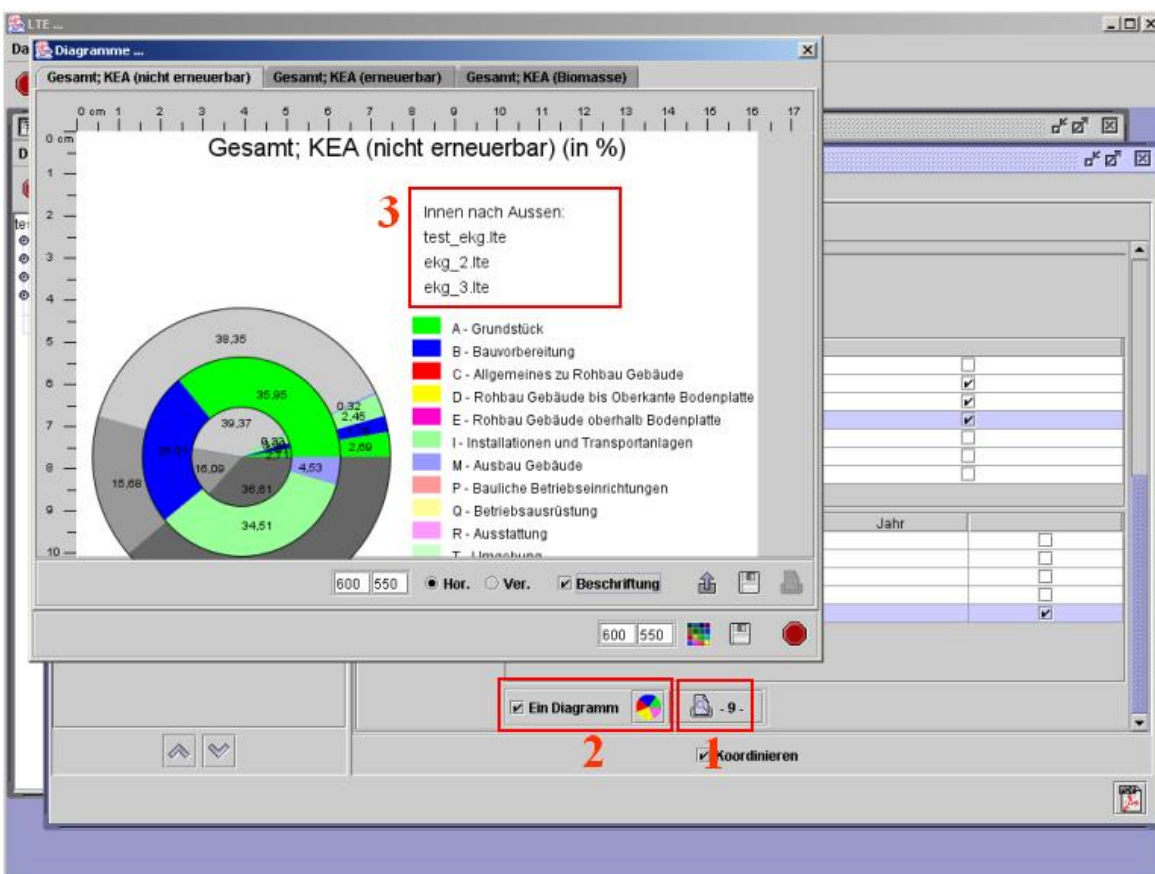
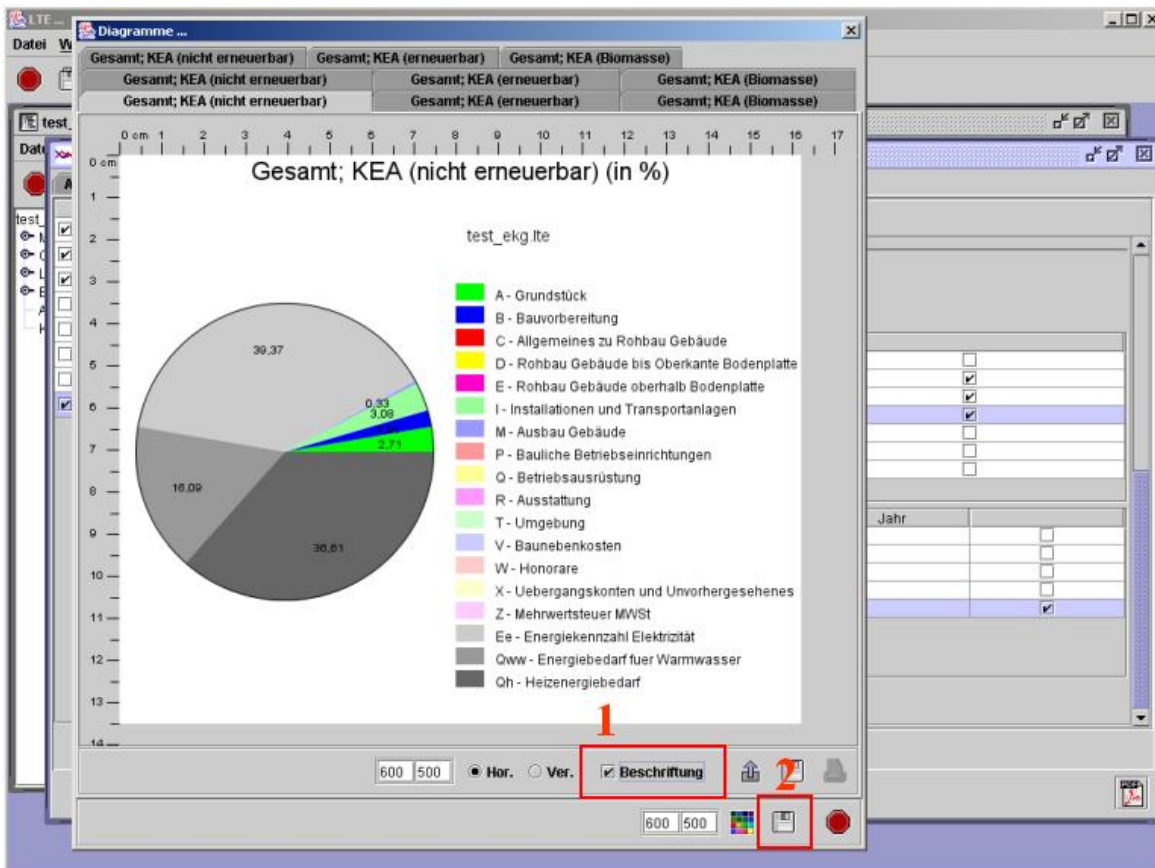
Diagramme

Allgemein

Name	Phase	
Grundmengen Gesamt (psch)		☐
Grundmengen Wohnungen (St)		☒
Grundmengen NGF - Nettogesch...		☒
Grundmengen Parkplatz im Freie...		☒
Grundmengen GF - Geschossflä...		☒
Grundmengen GSF - Grundstück...		☒
Grundmengen KF - Konstruktions...		☒
Darstellung Kosten Gesamtkosten (C...	Erstellung	☐
Darstellung Kosten Bauwerkskosten (C...	Erstellung	☐
Darstellung Kosten Baunebenkosten (C...	Erstellung	☐

3 4 4.2 ☒ Koordinieren 5





8.1.7 BEES

Name:	BEES 4
Entwickler:	Building for Environmental and Economic Sustainability Barbara C. Lippiatt Office of Applied Economics Building and Fire Research Laboratory National Institute of Standards and Technology Gaithersburg, MD 20899-8603 Sponsored by: National Institute of Standards and Technology Building and Fire Research Laboratory
Vertrieb:	
Sprache:	englisch
Zielgruppe:	
Kosten / Lizenzen:	Keine
Beschreibung des Herstellers / Entwicklers:	The BEES (Building for Environmental and Economic Sustainability) version 4.0 software implements a rational, systematic technique for selecting environmentally-preferred, costeffective building products. The technique is based on consensus standards and designed to be practical, flexible, and transparent. The Windows-based decision support software, aimed at designers, builders, and product manufacturers, includes actual environmental and economic performance data for over 230 building products across a range of functional applications. BEES measures the environmental performance of building products using the environmental life-cycle assessment approach specified in International Organization for Standardization (ISO) 14040 standards. All stages in the life of a product are analyzed: raw material acquisition, manufacture, transportation, installation, use, and waste management. Economic performance is measured using the ASTM International standard life-cycle cost method (E917), which covers the costs of initial investment, replacement, operation, maintenance and repair, and disposal. Environmental and economic performance are combined into an overall performance measure using the ASTM standard for Multiattribute Decision Analysis (E1765). For the entire BEES analysis, building products are defined and classified based on the ASTM standard classification for building elements known as UNIFORMAT II (E1557).
Vorteile:	
Nachteile:	Nur für Amerika Nur Bauteil/Baugruppenvergleiche keine Gebäude
Berechnete Werte:	
Massenermittlung	nein
Baukosten (DIN 276)	nein
Betriebskosten	nein
Lebenszykluskosten	nein

Gesamtprimärenergiebedarf
 PEges ja
 Primär-Energie n. ern. ja
 Primär-Energie ern. ja
 Treibhauspotenzial (GWP) ja
 Ozonschichtabbaupotenzial
 (ODP) ja
 Ozonbildungspotenzial
 (POCP) ja
 Versauerungspotenzial (AP) ja
 Überdüngungspotenzial (EP) ja

Betrachtete Module:

Herstellung ja
 Instandhaltung nein
 Rückbau nein
 Betrieb nein

Interface:

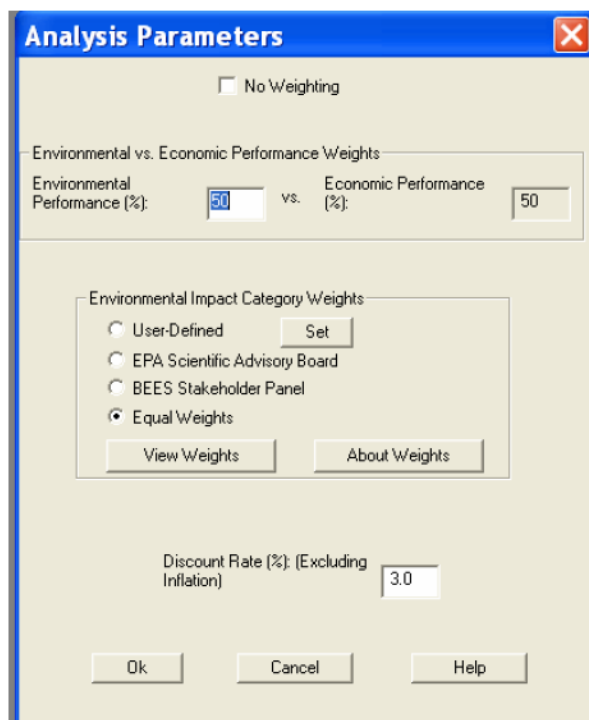


Figure 4.1 Setting Analysis Parameters

Environmental Impact Category Weights												
Weight Set:	Globalwarm	Acidfootn	Eutrophctn	FosFueDep	Indoor_Air	Habst_qlty	Water_Intk	Crit_Air_P	Smog	Ecolog_Tox	Ozone_Deg	Human_Hlth
User Defined	9	5	9	9	8	8	8	8	8	8	8	8
EPA Science Advisory Board based	16	5	5	5	11	16	3	6	6	11	5	11
BEES Stakeholder Panel	29	3	6	10	3	6	8	9	4	7	2	13
Equal Weights	9	9	9	9	8	8	8	8	8	8	8	8

Figure 4.2 Viewing Impact Category Weights

Environmental Impact Category Weights

Weight Set:

Global Warming	9
Acidification	9
Eutrophication	9
Fossil Fuel Depletion	9
Indoor Air Quality	8
Habitat Alteration	8
Water Intake	8
Criteria Air Pollutants	8
Smog	8
Ecolog Toxicity	8
Ozone Depletion	8
Human Health	8
SUM	100

Figure 4.3 Entering User-Defined Weights

Building Element for Comparison

Major Group Element:

Group Element:

Individual Element:

Figure 4.4 Selecting Building Element for BEES Analysis

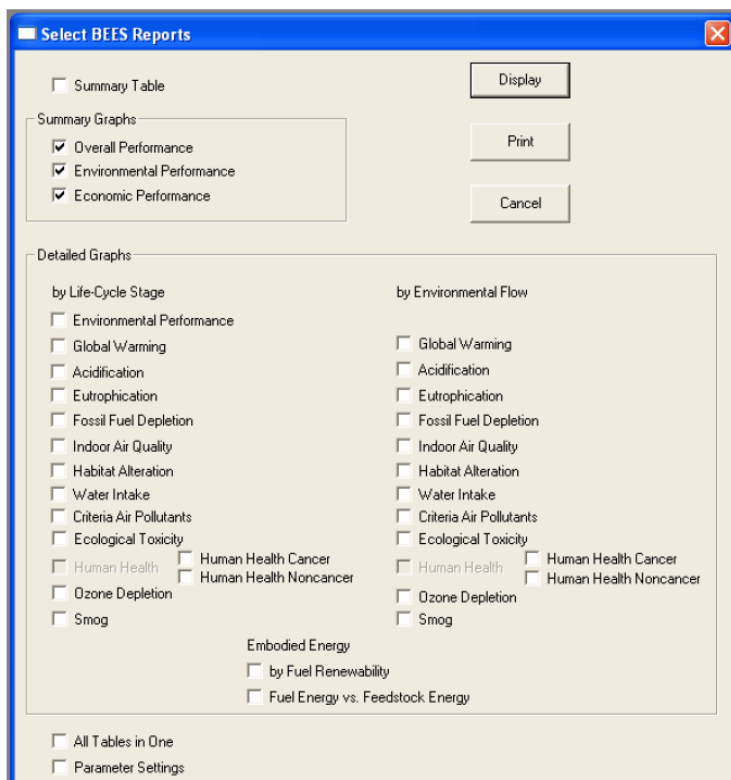


Figure 4.7 Selecting BEES Reports

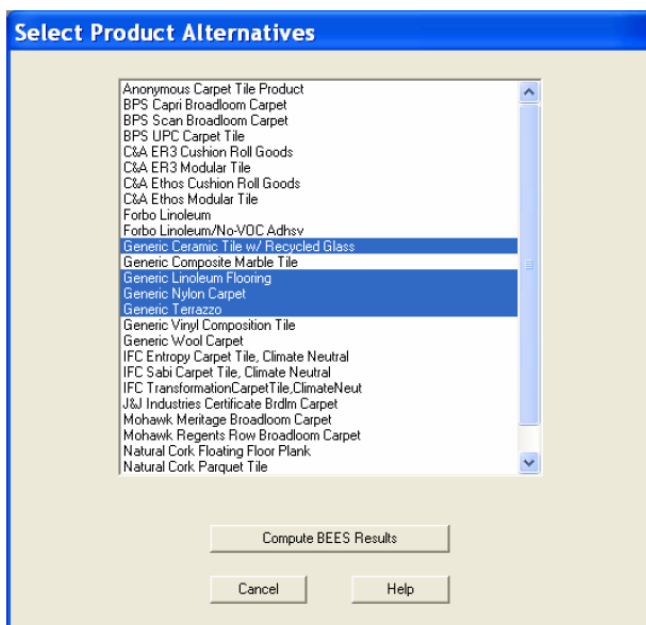


Figure 4.5 Selecting Building Product Alternatives

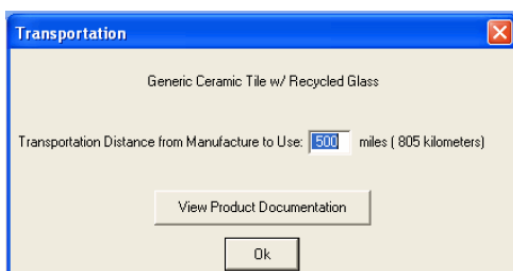
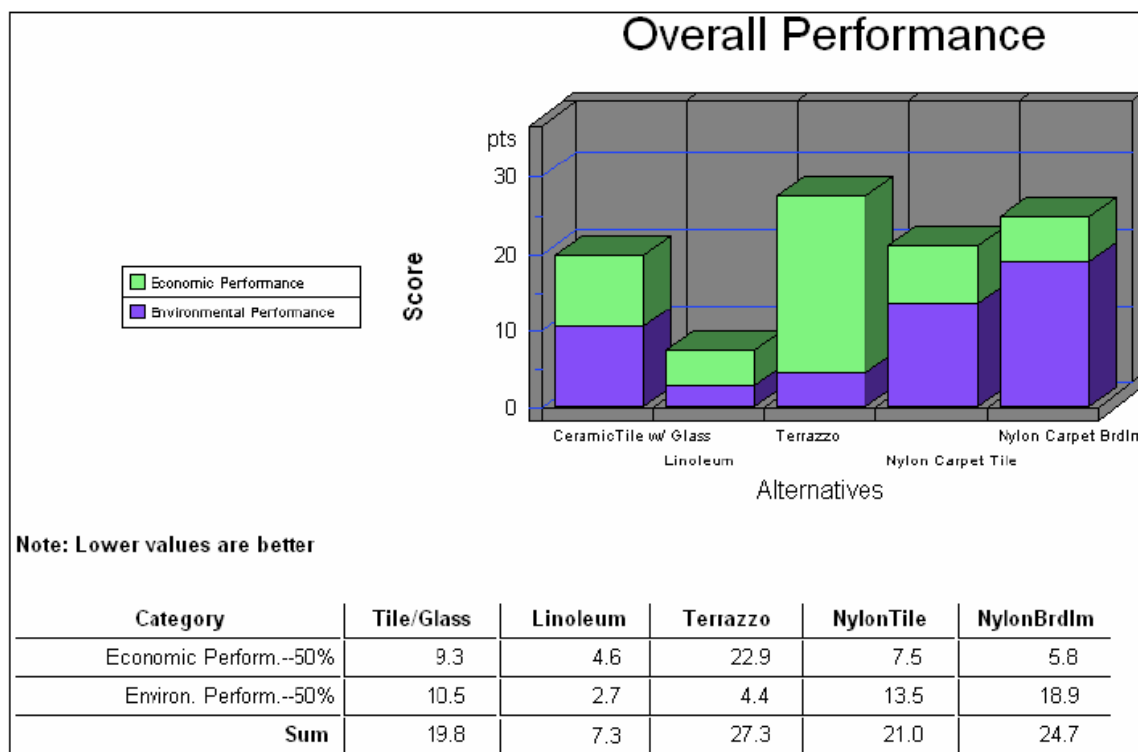
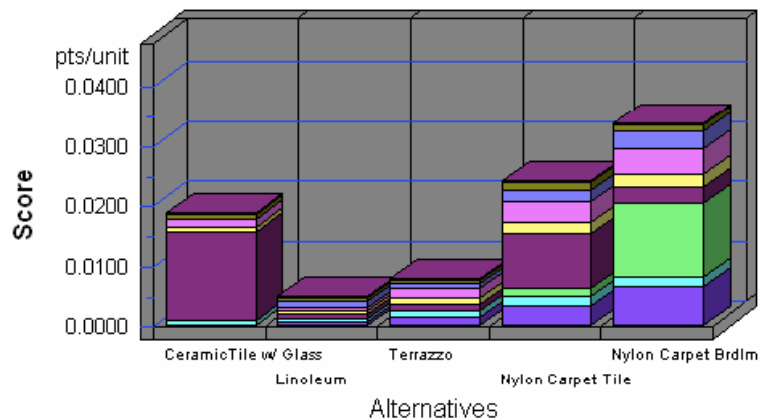


Figure 4.6 Setting Transportation Parameters



Environmental Performance



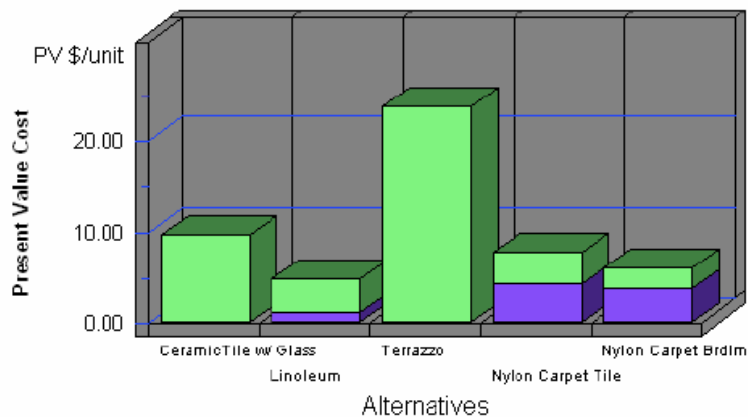
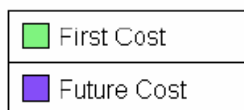
Note: Lower values are better

Category	Tile/Glass	Linoleum	Terrazzo	NylonTile	NylonBrdlm
Acidification--9%	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Crit. Air Pollutants--8%	0.0001	0.0001	0.0002	0.0003	0.0003
Ecolog. Toxicity--8%	0.0008	0.0007	0.0007	0.0013	0.0009
Eutrophication--9%	0.0002	0.0010	0.0007	0.0019	0.0031
Fossil Fuel Depl.--9%	0.0011	0.0006	0.0017	0.0035	0.0043
Global Warming--9%	0.0009	0.0005	0.0009	0.0018	0.0021
Habitat Alteration--8%	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Press PageDown for more results...

Figure 4.9 Viewing BEES Environmental Performance Results

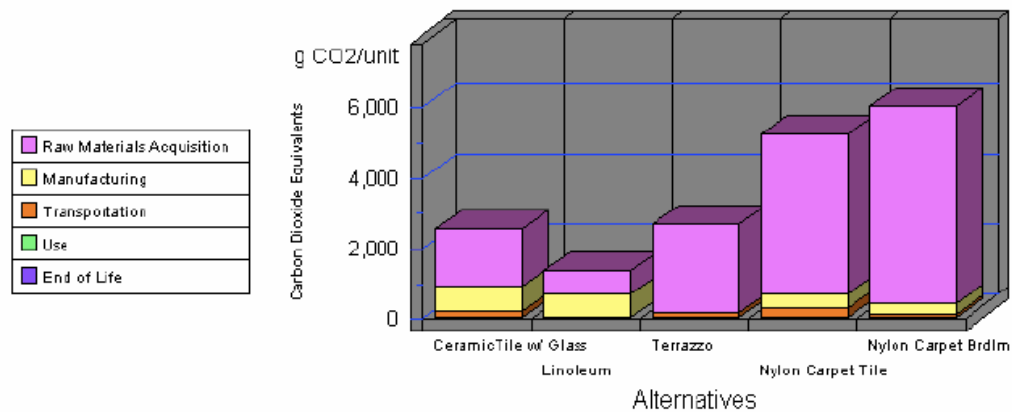
Economic Performance



Category	Tile/Glass	Linoleum	Terrazzo	NylonTile	NylonBrdlm
First Cost	9.55	3.56	23.59	3.58	2.13
Future Cost-- 3.0%	0.00	1.20	0.00	4.18	3.81
Sum	9.55	4.76	23.59	7.76	5.94

Figure 4.10 Viewing BEES Economic Performance Results

Global Warming by Life-Cycle Stage

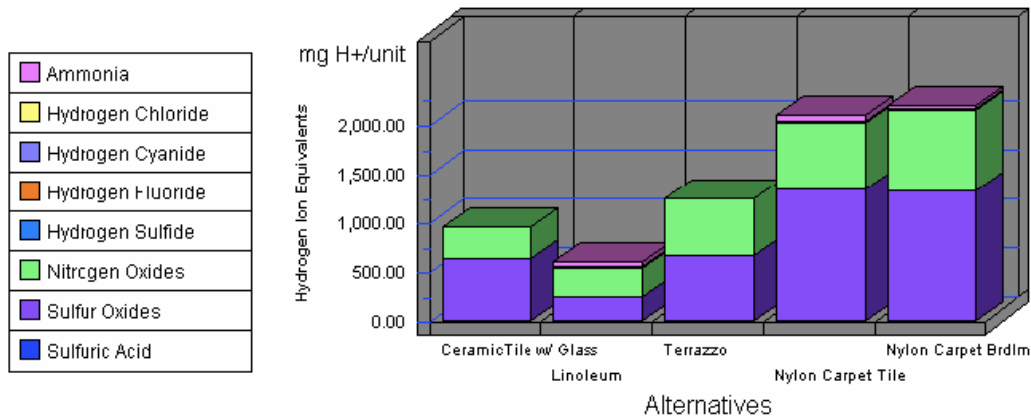


Note: Lower values are better

Category	Tile/Glass	Linoleum	Terrazzo	NylonTile	NylonBrdln
1. Raw Materials	1603	650	2497	4540	5568
2. Manufacturing	701	639	0	376	321
3. Transportation	212	43	173	292	114
4. Use	0	0	0	0	0
5. End of Life	0	0	0	0	0
Sum	2515	1331	2671	5208	6003

Figure 4.12 Viewing BEES Environmental Impact Category Performance Results by Life-Cycle Stage

Acidification by Flow



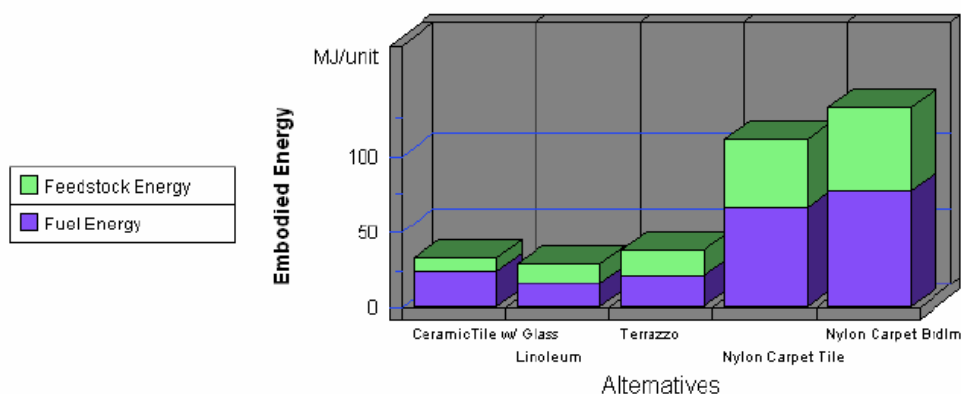
Note: Lower values are better

Category	Tile/Glass	Linoleum	Terrazzo	NylonTile	NylonBrdlm
(a) Ammonia (NH ₃)	0.64	58.84	0.44	55.89	36.28
(a) Hydrogen Chloride (HCl)	2.90	3.76	7.64	12.79	10.69
(a) Hydrogen Cyanide (HCN)	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00
(a) Hydrogen Fluoride (HF)	4.31	0.73	0.89	2.42	1.31
(a) Hydrogen Sulfide (H ₂ S)	0.00	0.24	0.08	0.19	0.12
(a) Nitrogen Oxides (NO _x as NO ₂)	319.12	297.22	576.58	683.13	817.63
(a) Sulfur Oxides (SO _x as SO ₂)	634.88	246.27	665.35	1339.68	1324.83
(a) Sulfuric Acid (H ₂ SO ₄)	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00

Press PageDown for more results...

Figure 4.13 Viewing BEES Environmental Impact Category Performance Results by Flow

Embodied Energy by Fuel Usage



Category	Tile/Glass	Linoleum	Terrazzo	NylonTile	NylonBrdlm
Feedstock Energy	8.64	12.21	15.70	44.22	56.09
Fuel Energy	23.60	16.08	21.40	65.94	75.99
Sum	32.24	28.29	37.10	110.16	132.08

Figure 4.14 Viewing BEES Embodied Energy Results

8.1.8 www.oekobilanz-bau.de

Name:

<http://www.oekobilanz-bau.de>

Entwickler:

Vertrieb:

Sprache: deutsch

Zielgruppe:

Kosten / Lizenzen: Keine

**Beschreibung des
Herstellers /
Entwicklers:**

Vorteile:

Nachteile:

Berechnete Werte:

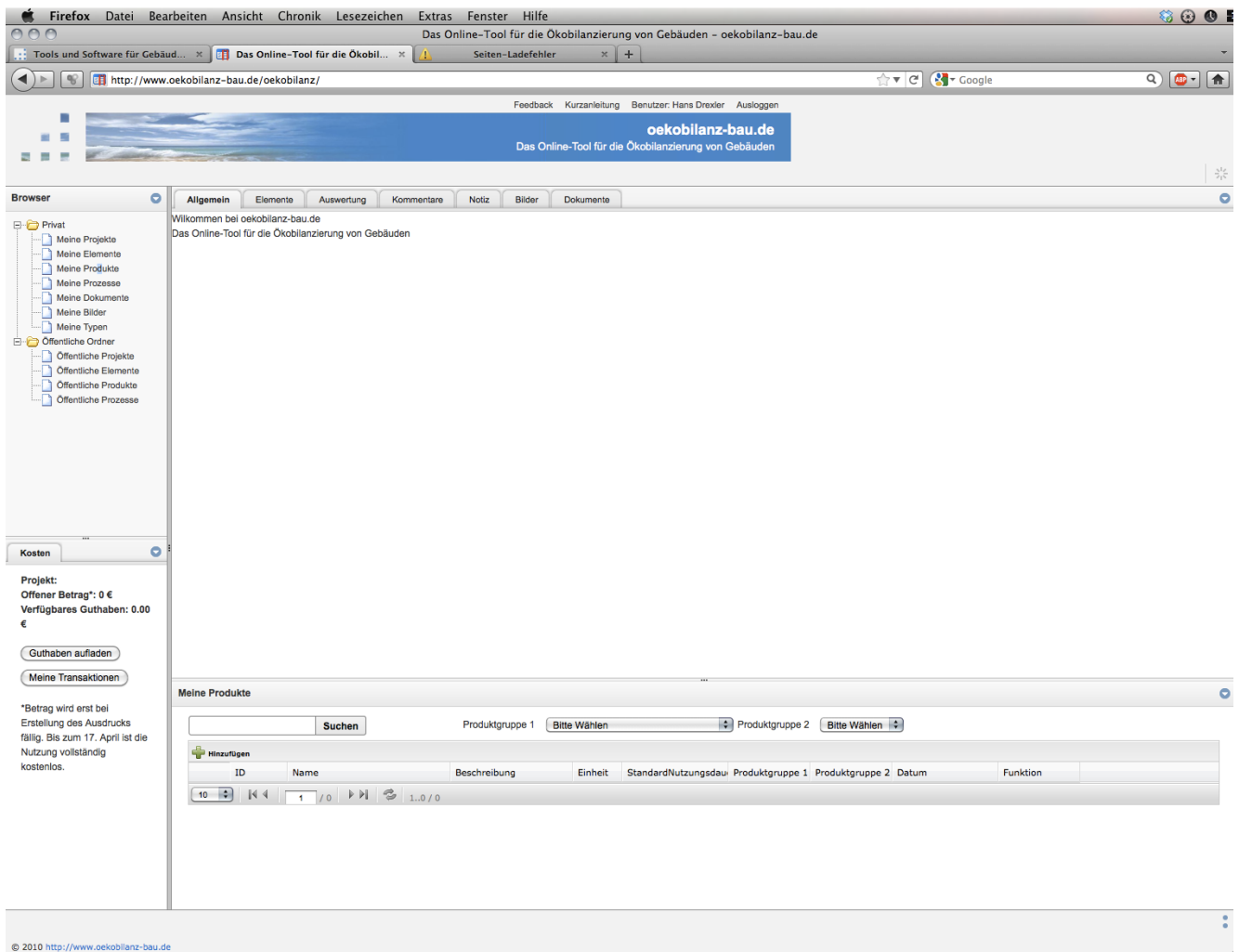
Massenermittlung
Baukosten (DIN 276)
Betriebskosten
Lebenszykluskosten

Gesamtprimärenergiebedarf PEges	ja
Primär-Energie n. ern.	ja
Primär-Energie ern.	ja
Treibhauspotenzial (GWP)	ja
Ozonschichtabbaupotenzial (ODP)	ja
Ozonbildungspotenzial (POCP)	ja
Versauerungspotenzial (AP)	ja
Überdüngungspotenzial (EP)	ja

Betrachtete Module:

Herstellung
Instandhaltung
Rückbau
Betrieb

Interface:



Firefox Datei Bearbeiten Ansicht Chronik Lesezeichen Extras Fenster Hilfe

Das Online-Tool für die Ökobilanzierung von Gebäuden - oekobilanz-bau.de

http://www.oekobilanz-bau.de/oekobilanz/

Feedback Kurzanleitung Benutzer: Hans Dreier Ausloggen

oekobilanz-bau.de
Das Online-Tool für die Ökobilanzierung von Gebäuden

Browser

Privat
Meine Projekte
Meine Elemente
Meine Produkte
Meine Prozesse
Meine Dokumente
Meine Bilder
Meine Typen
Öffentliche Ordner
Öffentliche Projekte
Öffentliche Elemente
Öffentliche Produkte
Öffentliche Prozesse

Kosten

Projekt:
Beispielprojekt_copy
Offener Betrag: 88 €
Verfügbares Guthaben: 0.00 €

Guthaben aufladen
Meine Transaktionen

*Betrag wird erst bei Erstellung des Ausdrucks fällig. Bis zum 17. April ist die Nutzung vollständig kostenlos.

Allgemein Elemente Auswertung Kommentare Notiz Bilder Dokumente

ID 151 Nettogeschossfläche (NGF) [m²] 26000
Name Beispielprojekt_copy Bruttogeschossfläche (BGF) [m²] 30000

Suchen

Hinzufügen

ID	Name	Menge	Einheit	Elementgruppe	Datum	Funktion
6984	Kellerwand	500.00000	m²	A Außenwände und Kellerwände	2011-05-11 16:22:56	✓
6983	Außenwand (WDVS)	5000.00000	m²	A Außenwände und Kellerwände	2011-05-11 16:22:56	✓
6982	Flachdach (Wärmedach/EPS-Dämm)	3000.00000	m²	B Dach	2011-05-11 16:22:56	✓
6981	Geschoßdecke (Calciumaufestrich)	10000.00000	m²	C Geschoßdecken	2011-05-11 16:22:56	✓
6980	Geschoßdecke (Estrich/Belag) über	5000.00000	m²	C Geschoßdecken	2011-05-11 16:22:56	✓
6979	Geschoßdecke mit Doppelboden	6000.00000	m²	C Geschoßdecken	2011-05-11 16:22:56	✓
6978	Bodenplatte Keller	3000.00000	m²	D Bodenplatte	2011-05-11 16:22:56	✓

200 1 / 1 3.7 / 7

Öffentliche Projekte

Suchen

Hinzufügen

ID	Projektname	Vorname	Nachname	Beschreibung	NGF [m²]	BGF [m²]	Datum	Funktion
151	Beispielprojekt_copy				26000	30000	2011-05-11 16:22:56	

10 1 / 1 3.1 / 1

© 2010 http://www.oekobilanz-bau.de

Firefox Datei Bearbeiten Ansicht Chronik Lesezeichen Extras Fenster Hilfe

Das Online-Tool für die Ökobilanzierung von Gebäuden - oekobilanz-bau.de

http://www.oekobilanz-bau.de/oekobilanz/

Feedback Kurzanleitung Benutzer: Hans Dreier Ausloggen

oekobilanz-bau.de
Das Online-Tool für die Ökobilanzierung von Gebäuden

Browser

Privat
Meine Projekte
Meine Elemente
Meine Produkte
Meine Prozesse
Meine Dokumente
Meine Bilder
Meine Typen
Öffentliche Ordner
Öffentliche Projekte
Öffentliche Elemente
Öffentliche Produkte
Öffentliche Prozesse

Kosten

Projekt:
Beispielprojekt_copy
Offener Betrag: 88 €
Verfügbares Guthaben: 0.00 €

Guthaben aufladen
Meine Transaktionen

*Betrag wird erst bei Erstellung des Ausdrucks fällig. Bis zum 17. April ist die Nutzung vollständig kostenlos.

Allgemein Elemente **Auswertung** Kommentare Notiz Bilder Dokumente

ID 151 Nettogeschossfläche (NGF) [m²] 26000
Name Beispielprojekt_copy Bruttogeschossfläche (BGF) [m²] 30000

Umweltkategorie Primärenergiebedarf (n.e.) Nutzungsdauer [a] 50 Bezugsgröße m² (NGF) / a Auswertung nach Elementen

PDF Erzeugen

Einzelansicht der Elemente (Primärenergiebedarf (n.e.) in MJ/m² (NGF) / a)

Herstellung
End of Life
Nutzung

Primärenergiebedarf (n.e.) in MJ/m² (NGF) / a

Herstellung
End of Life
Nutzung

100 Elemente (MJ/m² (NGF) / a)

Nr./ID	Element	Menge	Einheit	Herstellung	End of life	Erneuerung / Nutzung	Total	Stand
MJ/m² (NGF) / a								

Öffentliche Projekte

Suchen

Hinzufügen

ID	Projektname	Vorname	Nachname	Beschreibung	NGF [m²]	BGF [m²]	Datum	Funktion
151	Beispielprojekt_copy				26000	30000	2011-05-11 16:22:56	

10 1 / 1 3.1 / 1

http://www.oekobilanz-bau.de/oekobilanz/fs_modules/project/edit.php?tab=evaluation

8.2 Modifizierte Datengrundlage Ökobaumat 2009

Wie in Kapitel 3.4.1 beschrieben, verwendet EcoEasy die Ökobaumat 2009 als Datengrundlage für die Ökobilanzierung. Für die Verwendung in EcoEasy wurden zahlreiche Informationen ergänzt. Eine vollständiger Überblick über alle Datensätze, die zusätzlichen Informationen und deren Quellen findet sich als Microsoft Excel Datei auf der beiliegenden Daten CD.

8.3 Installationsanleitung EcoEasy

8.3.1 CD Inhalt

Das Archiv oder die CD enthalten folgende Daten:

```
/etc (Konfigurationsdateien)
/app (Programmdateien)
/docs (Dokumentationsdateien)
/www (Dateien der DocumentRoot)
/scripts (Skriptdateien)
/db (Datenbank Dump)
README.txt (Verweis auf diese Datei unter /docs)
```

8.3.2 1.2 Systemvoraussetzungen

8.3.2.1 Systemumgebung und Software-Abhängigkeiten

Für den Betrieb der datenbank-gestützten Online-Anwendung EcoEasy werden die folgenden grundsätzlichen Software-Pakete vorausgesetzt.

- Webserver Apache Version 2 oder höher
- Skriptsprachen: PHP 5.2 oder höher als (Fast)CGI oder mod_php5
- Datenbank: PostgreSQL 8.4
-

Der Betrieb wurde bisher unter Debian/Linux sowie unter Mac OS X getestet. Prinzipiell sollte der Betrieb unter Windows jedoch kein Problem darstellen.

8.3.2.2 Detaillierte Voraussetzungen

- Webserver Apache Version 2 oder höher
 - Bezugsquelle: <http://httpd.apache.org/>
 - Neben den Standardmodulen muss das Modul mod_rewrite aktiviert sein
 - PHP5 sollte vorzugsweise als mod_php5 aktiviert sein
 - Die Anwendung kann nicht in einem Unterverzeichnis der DocumentRoot betrieben werden (BaseUrl = /). Hierfür empfiehlt sich das Einrichten eines eigenen VirtualHost.

Empfohlene Verzeichnisstruktur:

```
ecoeasy/etc (Konfigurationsdateien)
ecoeasy/app (Programmdateien)
ecoeasy/logs (Logdateien: access.log, error.log, etc.)
ecoeasy/www (DocumentRoot)
```

Beispielkonfiguration:

```
<VirtualHost *:80>
DocumentRoot "/var/www/ecoeasy/www"
ServerName ecoeasy.localhost
DirectoryIndex index.php

<Directory /var/www/ecoeasy/www> AllowOverride All
</Directory>
```

```
</VirtualHost>
```

- Rewirte Regeln

```
### spezifiziert in .htaccess

<IfModule mod_rewrite.c>
RewriteEngine on
RewriteBase /#

### Removing multiple slashes in url (redirect)
RewriteCond %{REQUEST_METHOD} !^POST$
RewriteCond %{REQUEST_URI} ^(.*)//(.*)$
RewriteRule . http://%{HTTP_HOST}%1/%2 [R=301,L]

### Add trailing slash (and redirect)
RewriteCond %{REQUEST_METHOD} !^POST$
RewriteCond %{REQUEST_URI} ^/[^\.]*/$
RewriteRule ^(.*)$ http://%{HTTP_HOST}/$1/ [R=301,L]

### Rewrite directory requests to default index.php
RewriteCond %{REQUEST_URI} !^/robots.txt$
RewriteCond %{REQUEST_URI}
!\.(html|php|gif|jpe?g|png|swf|css|htc|js|pdf|doc| xml|ico|flv)$

RewriteRule (.*?) /index.php [L]
</IfModule>
```

- ecoeasy
- PHP5 Version 5.2 oder höher
 - Bezugsquelle: <http://www.php.net/>
 - Folgende Extensions müssen aktiviert sein
 - DOM
 - hash
 - iconv
 - json
 - libxml
 - mbstring
 - pcre
 - PDO
 - pdo_pgsql
 - pgsql
 - session
 - SPL
 - xml
 - xmlreader
 - xmlwriter
- Datenbank PostgreSQL Version 8.4
 - Bezugsquelle: <http://www.postgresql.org/>

- Highcharts JS [optional]
 - Bezugsquelle: <http://www.highcharts.com/>
 - **Achtung:** die Highcharts JS Bibliothek ist unter Umständen gebührenpflichtig. Bitte lesen Sie unbedingt die Lizenzbedingungen unter <http://www.highcharts.com/license>
 - Hinweise zur Installation im nächsten Abschnitt

8.3.3 Installation

8.3.3.1 Kopieren der Programmdateien

Die Dateien und Verzeichnisse des Archivs bzw. der CD müssen in das Basisverzeichnis der Anwendung (z.B. /var/www/ecoeasy) kopiert werden.

8.3.3.2 Einrichten der Datenbank

Die Datenbank muss zunächst mit UTF-8 Encoding erstellt werden:

```
# createdb --encoding=UTF8 ecoeasy
```

Anschließend kann der Datenbank-Dump eingespielt werden:

```
# pg_restore -Fc -d ecoeasy db/ecoeasy-db-init.sqlc
```

8.3.3.3 Konfigurationsdatei anpassen

In der Konfigurationsdatei *etc/config.ini* muss der DSN auf die Datenbank angepasst werden:

```
;; database settings
db.handles = default
db.default.dsn = "pgsql:host=localhost port=5432 dbname=ecoeasy
user=ecoeasy password="
db.default.isDefault = true
db.default.persistent = false
```

IM DSN String (db.default.dsn) müssen host, port, dbname sowie die Zugangsdaten des Datenbankusers user und password eingetragen werden.

8.3.3.4 Einbindung der Diagramm-Bibliothek Highcharts JS [optional]

Um in EcoEasy Diagramme anzeigen zu können muss die Highcharts JS Bibliothek eingebunden werden.

Achtung: für die Nutzung der Bibliothek können unter Umständen Lizenzgebühren fällig werden. Bitte lesen Sie daher zunächst die Lizenzbedingungen für Highcharts JS.

Um Highcharts zu aktivieren, muss der Quellcode von der Webseite (siehe Bezugsquelle Highcharts) heruntergeladen werden und die JS-Source-Dateien in das JS-Verzeichnis von EcoEasy kopiert werden:

```
# pwd
/var/www/ecoeasy
# wget 'http://www.highcharts.com/downloads/zips/Highcharts-2.1.9.zip'
# unzip Highcharts-2.1.9.zip
# cd www/js
```

```
# cp -a ../../Highcharts-2.1.9/js highcharts
```

Danach muss folgende Zeile der Konfigurationsdatei *etc/config.ini* noch für Highcharts auf *true* geändert werden:

```
;; set this to true if you have a proper highcharts license  
ecoeasy.enableHighcharts = true
```

8.4 Kurzanleitung Eco Easy

8.4.1 Programmstruktur und -bestandteile

8.4.2 Programmstruktur

EcoEasy ist grundsätzlich geteilt in zwei Bereiche:

- **Projekte**
- **Bauteil-Bibliothek**

Im Bereich ‚Projekte‘ werden Planungen für Gebäude angelegt und als System bewertet (Ökobilanzierung).

Im Bereich ‚Bauteile‘ werden einzelne Bauteile, Konstruktionen und Komponenten (z.B. haustechnische Anlage) angelegt, bearbeitet und verwaltet. Diese können in den Projekten ausgewählt werden. Die Elemente der Bauteil-Bibliothek können entweder innerhalb der Eingabe von Projekten definiert oder unabhängig von der Bearbeitung eines Projektes hinzugefügt oder bearbeitet werden. Alle Nutzer können auf alle angelegten Bibliotheks-Elemente zugreifen und diese für Ihre Projekte einsetzen.

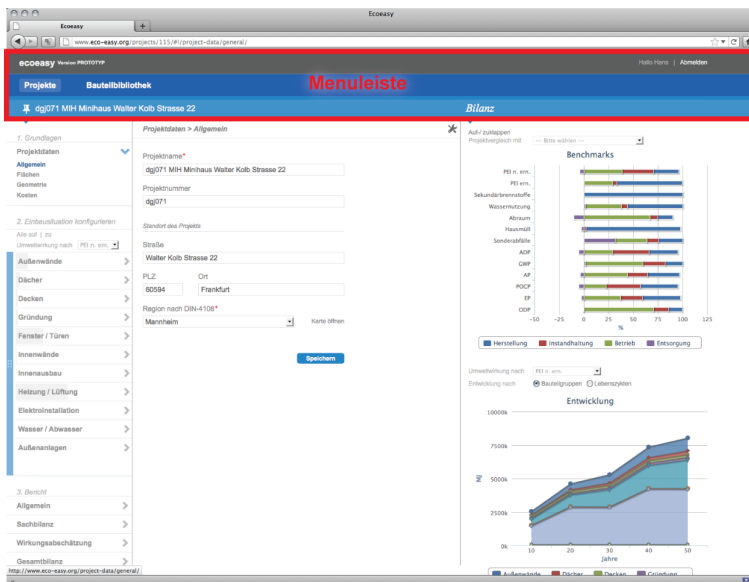
8.4.3 Bildschirmaufbau und Funktionsbereiche

In der Standard-Ansicht besteht EcoEasy aus vier Bereichen innerhalb des Browser-fensters.

8.4.3.1 Menü-Leiste

(horizontaler Streifen am oberen Bildfensterrand: ‚Projekte‘ und ‚Bauteile‘)

Die Menu-Leiste dient der Verwaltung der Programmbereiche und Nutzer.



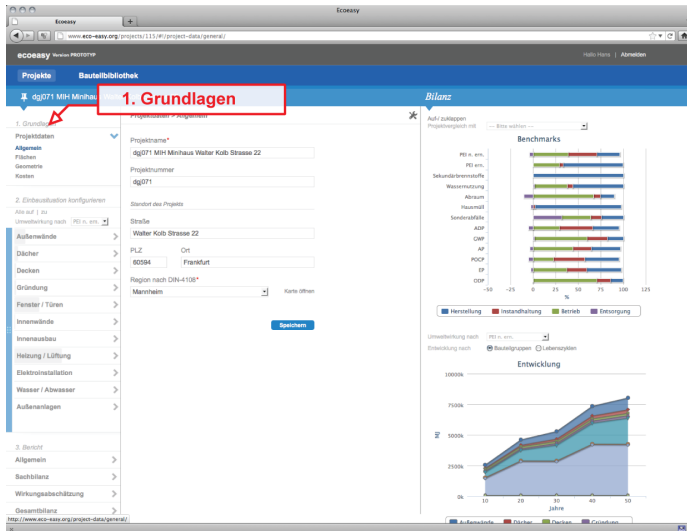
8.4.3.2 Navigationsleiste

(linker Bereich des unteren Teils des Browser-Fensters)

Die Navigationsleiste dient der Auswahl der zu bearbeitenden Projektteile. Gleichzeitig kann sie als Leitfaden für die Eingabe gelesen werden, indem sich der Nutzer von oben nach unten durch die Menüpunkte durcharbeiten kann, um alle Bereiche des Projektes einzugeben.

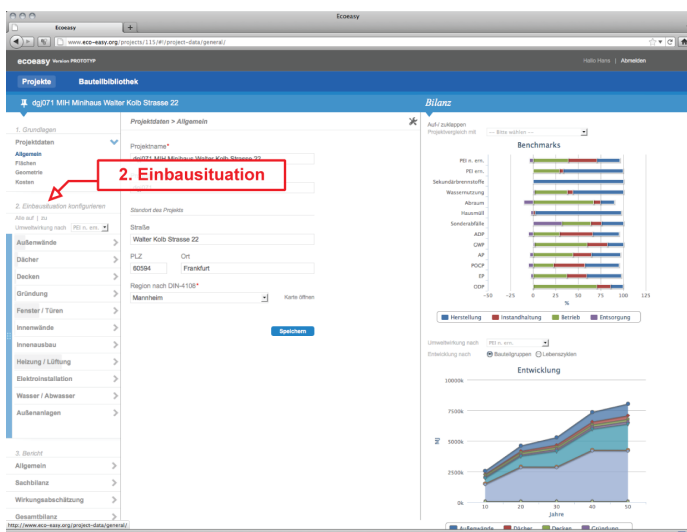
Im Bereich ‚1. Grundlagen‘ werden die Projektdaten eingegeben:

- Allgemeine Daten (Projektname und Beteiligte)
- Flächen (Grundfläche, BGF, Wfl)
- Geometrie (Bauweise, Volumen, Nutzung)
- Kosten (Baukosten)



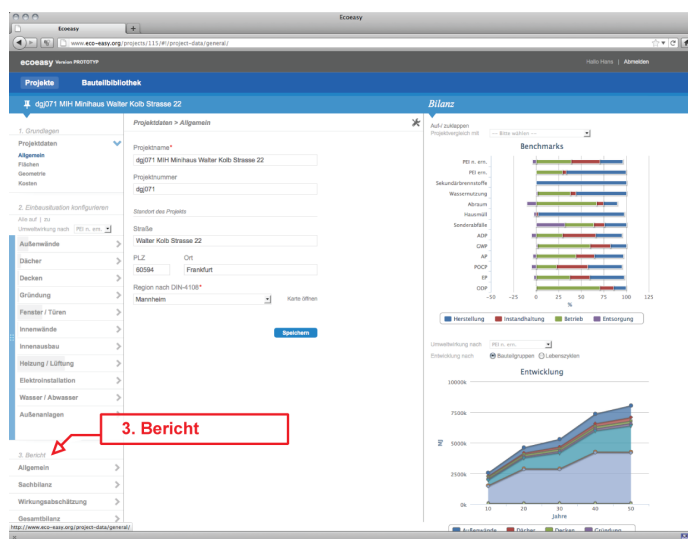
Im Bereich ‚2. Einbausituation‘ wird das Gebäude und sein Aufbau beschrieben.

- Außenwände
- Dächer
- Decken
- Gründung
- Fenster / Türen
- Innenwände
- Innenausbau
- Heizung / Lüftung
- Elektroinstallation
- Wasser / Abwasser
- Außenanlagen



Im Bereich ‚3. Bericht‘ fasst EcoEasy die Ergebnisse zusammen und erstellt einen Bericht.

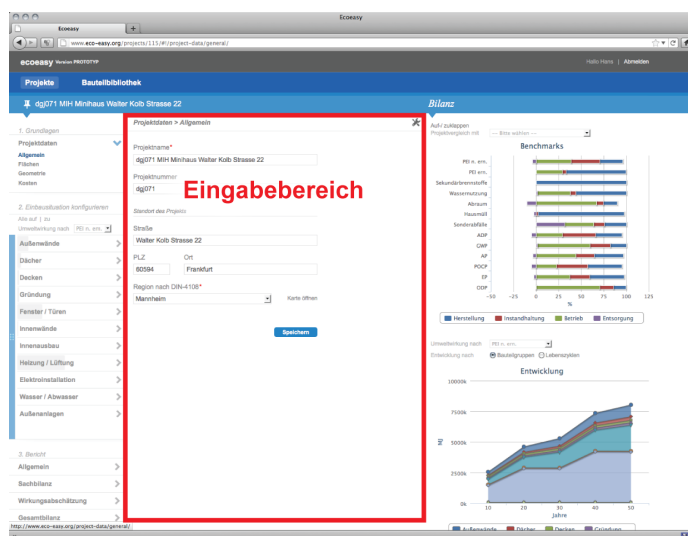
In der Navigationsleiste sind alle Bauteile abgebildet. So können die einzelnen Bauteilgruppen (Außenwände, Decken...) durch Anlicken aufgeklappt werden. In den einzelnen Bereichen werden die einzelnen angelegten Bauteile aufgelistet. Die Farbe gibt Auskunft über den Bearbeitungsstand. Graue Elemente sind von EcoEasy automatisch erzeugt und sollten in Größe und Aufbau vom Nutzer geprüft werden. Die violett gefärbten Elemente sind bereitsbearbeitet, wobei EcoEasy nicht die Richtigkeit der Eingaben prüfen kann (Größen, Aufbauten, Materialien, Ausrichtung). Der kleine Balken innerhalb des Rechteck-Symbols mit gerundeten Ecken gibt dabei den Anteil des einzelnen Element an der Umweltwirkung in der oberhalb ausgewählten Wirkungskategorie wieder (GWP, PEI ern...). Auf diese Weise kann sich der Nutzer auf die Elemente mit dem größten Wirkanteil konzentrieren.



8.4.3.3 Eingabefeld

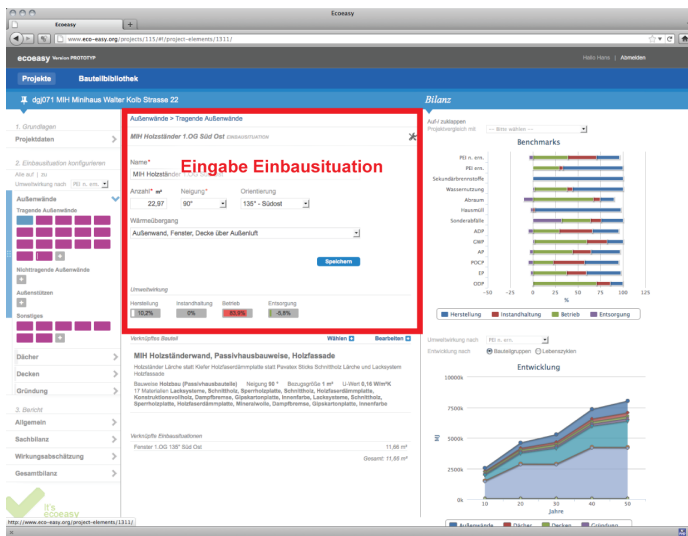
(mittlerer Bereich des unteren Teils des Browser-Fensters: Meist Formular-Funktionen)

In dem Eingabefeld werden die eigentlichen Informationen durch den Nutzer eingepflegt. In den meisten Fällen finden sich hier Formulare, die der Nutzer ausfüllen kann.



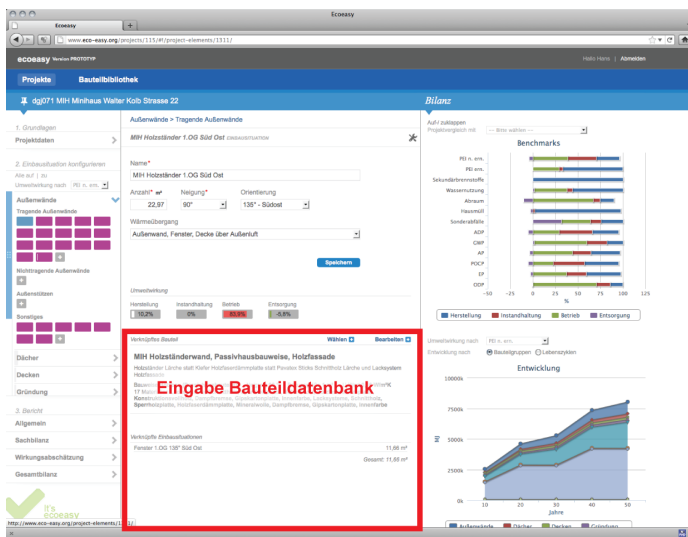
Eingabe Einbausituation

Innerhalb des Eingabe spiegelt auch hier die beiden Programmteile wieder: Der obere Bereich des Eingabefeldes ist dem Projekt zugeordnet, das der Nutzer gerade bearbeitet. Hier beschreibt der Nutzer die konkrete Einbausituation eines Bauteils (Größe, Ausrichtung).



Eingabe Bauteildatenbank

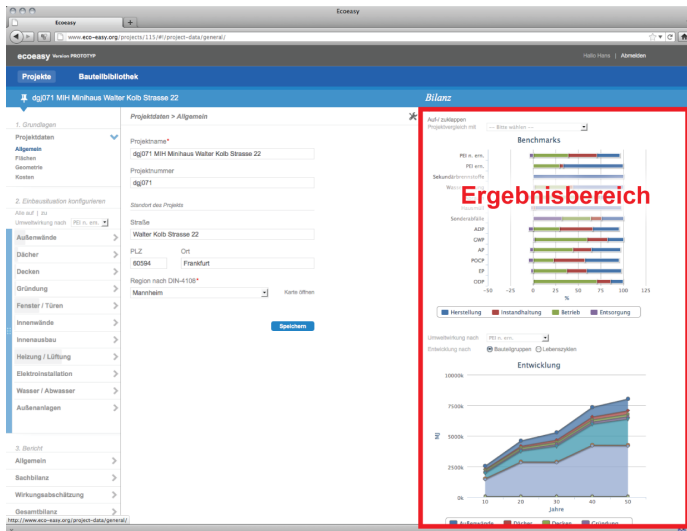
Der untere Bereich ist mit der Bauteildatenbank verbunden und ordnet dem im oberen Teil beschriebenen Element Bauteile aus der Datenbank zu. Alternativ können hier auch die vorhandene Elemente modifiziert oder neue angelegt und zugeordnet werden.



8.4.3.4 Ergebnisfeld

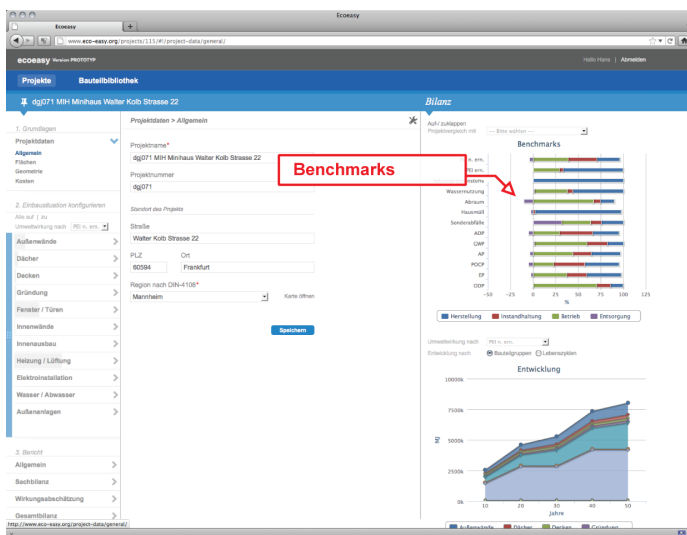
(rechter Bereich des unteren Teils des Browser-Fensters: Graphische Auswertungen)

Das Ergebnisfeld am rechten Bildrand zeigt eine Übersicht aller Wirkungskategorien (Benchmarks', Balkengraphik im oberen Bereich) und eine Lebenszyklusanalyse('Entwicklung', Kurven- und Flächendiagramm rechts unten).



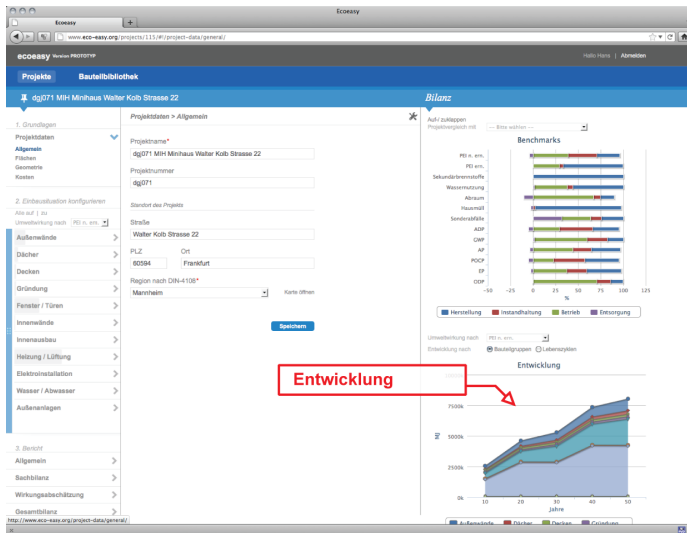
Ergebnis Benchmarks

Im Bereich ‚Benchmark‘ zeigt eine Übersicht aller Wirkungskategorien. Hier kann das eingetragene Projekt mit dem Benchmark (Zertifizierung nach DGNB) oder einem anderen Projekt verglichen werden.



Ergebnis Entwicklung

Im Bereich ‚Entwicklung‘ analysiert den Lebenszyklus des Gebäudes. Hier können nach den Bauteilgruppen oder den Lebenszyklus (Herstellung, Instandhaltung, Betrieb, Entsorgung) die Wirkungsanteile über den Verlauf der Lebensdauer des Gebäudes abgelesen werden.



8.4.4 Schnelleinstieg: Wie benutzt man EcoEasy?

8.4.4.1 Anlegen eines Projekts: Projekt-Assistent und generisches Gebäudemodell

Das Ziel von EcoEasy ist es eine möglichst einfachen und schnellen Einstieg in die Ökobilanzierung eines Projekts zu ermöglichen. Deswegen bietet EcoEasy eine erste grobe Annäherung den **Projektassistenten**, mit dem zum einen das Projekt angelegt wird, zum anderen eine erste Abschätzung der Umweltwirkungen möglich ist. Um diese Abschätzung zu ermöglichen, erstellt EcoEasy von Anfang an ein generisches Gebäudemodell, in dem für alle Bauteilgruppen Annahmen enthalten sind. Im Gegensatz zu den meisten Programmen zur energetischen Simulation und Ökobilanzierung, die erst nach dem alle Eingaben gemacht wurden, Ergebnisse ausgeben, arbeitet EcoEasy von Anfang an mit einem vollständigen Modell, dass im Laufe der Eingabe und der Fortschreibung der Planung immer genauer wird.

The screenshot shows the EcoEasy web application interface. The browser address bar displays 'http://www.eco-easy.org/projects/create/'. The page header includes the 'ecoeasy' logo, 'Version PROTOTYP', and user information 'Hallo Hans | Abmelden'. The main navigation bar has 'Projekte' and 'Bauteilbibliothek' tabs. On the left, there is a green checkmark icon and the text 'It's ecoeasy'. The central form is titled 'Neues Projekt' and contains the following fields and options:

- Projektname ***: A text input field.
- Bauweise ***: A dropdown menu with the selection '-- Keine Auswahl --'.
- Länge * m**, **Breite * m**, **Höhe * m**: Three text input fields for dimensions.
- Orientierung der Längsseite ***: A dropdown menu with the selection '0° - Nord'.
- Geschosse ***: A text input field with the value '2'.
- Kellergeschoss vorhanden?**: A checkbox that is currently unchecked.
- Fensterflächenanteil * %**: A text input field with the value '30'.
- Standortregion nach DIN-4108-6 Anhang A ***: A dropdown menu with the selection 'Mannheim'.
- Karte öffnen**: A link to open a map.
- Anlegen**: A blue button to create the project.

Für diese erste Eingabe sind nur Bauweise, Größe, Ausrichtung, Fensterflächen und Standort einzugeben. Aus diesen Angaben erstellt EcoEasy ein generisches Gebäudemodell mit einfacher kubischer Geometrie, in das aber die durchschnittlichen Anteile für alle Bauteilgruppen bereit einbezogen sind.

Der Vorteil dieser Vereinfachung ist, dass der Nutzer durch die starke Vereinfachung mit einem minimalen Eingabeaufwand bereits eine grobe Abschätzung der Ergebnisse möglich ist. Der Nachteil ist, dass das generisches Gebäudemodell notwendig von dem geplanten Gebäude abweicht.

Da die Annahmen, die EcoEasy für Struktur und Bauteilaufbauten des generischen Gebäudes trifft, werden sich im Laufe der Zeit mit zunehmender Anzahl der eingegebenen Gebäude verbessern.

8.4.4.2 Weitere Eingabe des Projekts

Im Folgenden kann das Projekt genauer eingegeben und die Bauweisen definiert werden. Auch hier ist der Vorteil, dass der Nutzer auf den Annahmen von EcoEasy aus dem generischen Modell aufbauen kann. In den frühen Planungsphasen, in denen vielleicht die Geometrie und Größe der Bauteile bekannt ist, aber die Bauteilaufbauten und die Materialien noch nicht definiert wurden, kann der Nutzer die von EcoEasy der gewählten Bauweise zugeordneten Bauteilaufbauten verwenden. In späteren Planungsphasen können diese Annahme durch individuelle Bauteile ersetzt werden.

8.4.4.3 Eingabe-Ablauf und Bearbeitungsstand.

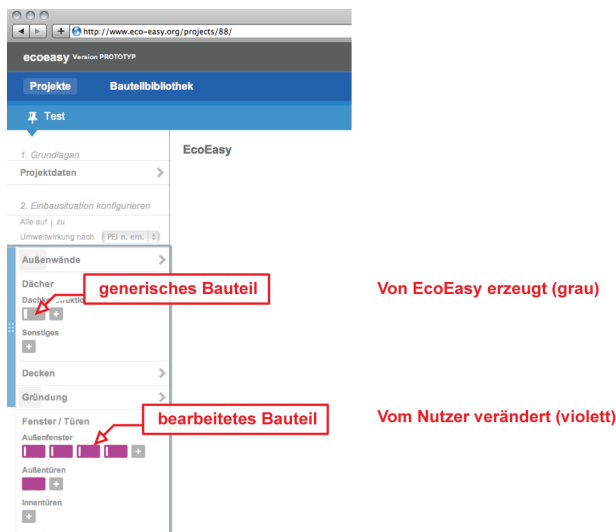
Grundsätzlich kann der Nutzer an jeder Stelle von EcoEasy mit seiner genaueren Eingabe beginnen. EcoEasy schreibt keinen Eingabe-Ablauf vor.

Eingabe Ablauf

Der durch die Nummerierung in der Navigationsleiste vorgeschlagene Ablauf (1. Grundlage, 2. Einbausituation konfigurieren, 3. Bericht) kann insbesondere für Einsteiger eine strukturierte und umfassende Eingabe erleichtern.

Eco Easy unterstützt den Eingabeablauf, in dem die Anzeige-Farbe der Bauteile je nach Bearbeitungsstand wechselt. Ein von EcoEasy erzeugtes (generisches) Bauteil wird in hellgrau dargestellt. Ein vom Nutzer bearbeitetes Bauteil wird in violett dargestellt. Ziel sollte es sein, durch die Eingabe die Größe, Einbausituation und Eigenschaften (Schichtaufbauten und Materialien) der Bauteile und Komponenten zunehmend präziser einzugeben.

Der Balken innerhalb der Symbole (Rechteck mit gerundeten Ecken) gibt den Wirkanteil des jeweiligen Bauteils in Hinblick auf die in den Pulldown ausgewählten Wirkungskategorie wider. In dem unten abgebildeten Beispiel PEI n. ern. Auf diese Weise kann der Nutzer die Bauteile mit dem größten Einfluss schnell identifizieren und durch die Planung optimieren.



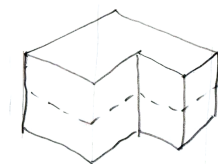
8.4.4.4 Eingabe ,1. Grundlagen' und Projektdaten

Im Bereich ,1. Grundlagen' zeigt EcoEasy zunächst die aus dem Projekt-Assistenten erzeugten Daten des generischen Modells an. Der Nutzer kann nach dem Anlegen des Projekts jeder Zeit die Angaben ergänzen und verändern. Dadurch verändert sich auch die Berechnungsgrundlage des Auswertungen und Ergebnisse in EcoEasy. Allerdings sind nach dem das generische Modell einmal beim Anlegen des Projekts erzeugt wurde die Größen, Einbausituation und Eigenschaften der Komponenten von der Eingabe im Bereich ,1. Grundlagen' entkoppelt. Ändert der Nutzer z.B. die Flächenangaben, so ändern sich die Dimensionen der generierten Bauteile nicht mehr. Der Grund hierfür ist, dass EcoEasy solche Änderungen nicht eindeutig bestimmten Bauteilen zuordnen kann. So kann z.B. eine Flächenreduktion durch eine Verringerung nur einer oder beider Richtungen oder aber beliebig vieler anderen geometrischen Operationen erreicht werden, die EcoEasy nicht ,wissen' kann. Dementsprechend muss der Nutzer dafür Sorge tragen, dass die durch etwaige Veränderung der Planung entstehenden Änderungen an den Daten im Bereich Grundlagen nachgeführt und aktualisiert werden.

8.4.4.5 Eingabe ,2. Einbausituation' und Bauteile

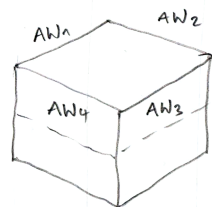
Eingabe anderer Geometrien: Anpassung der Bauteile

Eco Easy erzeugt zunächst ein einfachen Quader. Die meisten Gebäuden haben eine andere Form. Deswegen muss der Nutzer die geometrische Vereinfachung durch die Veränderung der Eingaben modifizieren. Dementsprechend müssen die generischen Bauteile in der Größe angepasst und gegebenenfalls neue Bauteile eingefügt werden:

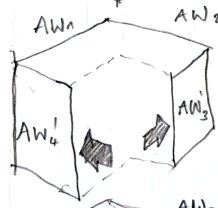


1. Geplantes Gebäudevolumen

Eingabe von Länge, Breite und Höhe in EcoEasy



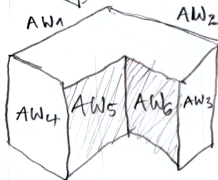
2. Generische Gebäude: Automatisch erzeugtes Volumen mit vereinfachter Geometrie



3. Größenanpassung der Bauteile

3.1. Anpassung der Größen der Außenwände AW3 und AW4

3.2. Anpassung der Größen von Dach, Decke und Bodenplatte (Gründung)



4. Einfügen fehlender Bauteile

Eingabe von fehlenden Außenwänden AW5 und AW6

Der Nutzer sollte Anzahl, Größe, Orientierung und Einbausituation der Bauteile systematisch kontrollieren und anpassen, wenn die Planung von den automatisch erzeugten des generischen Gebäudes abweicht.

8.4.4.5.1 Bauteilaufbauten und Materialien

Der Nutzer wählt beim Anlegen des Projekts eine Bauweise aus (Massivbauweise, Passivhaus-Bauweise...). EcoEasy ordnet im generischen Gebäude automatisch die Bauteile aus der Bauteildatenbank zu, die der ausgewählten Bauweise entsprechen und die günstigsten Werte aufweisen.

Um Eingabe der Bauteile der Planung anzupassen hat der Nutzer grundsätzlich zwei Möglichkeiten. Entweder definiert er unabhängig von der Eingabe und Bearbeitung eines Projekts die Bauteile in der Bauteildatenbank und ordnet diese anschließend dem Projekt zu. Alternativ kann er auch während der Bearbeitung des Projekts neue Bauteile eingeben oder vorhandene modifizieren. Hier empfiehlt es sich, die vorhandenen Bauteile aus der Bauteildatenbank zuerst zu kopieren, weil diese in anderen Projekten eingesetzt worden sein könnten und sich diese Ergebnisse sonst verändern.

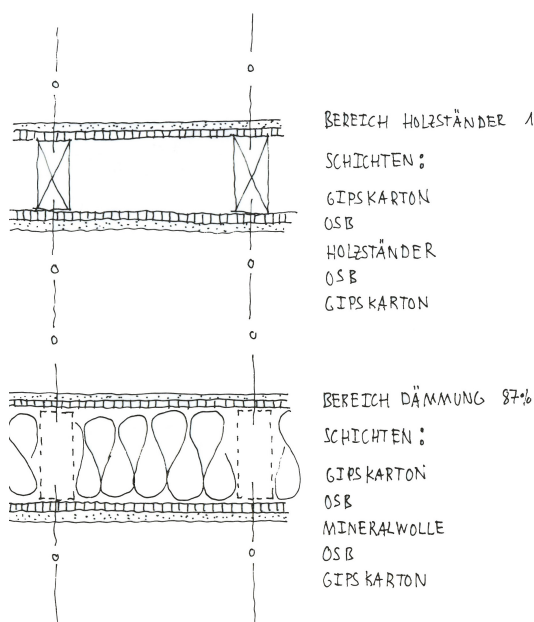
8.4.4.5.2 Eingabe homogener Bauteilaufbauten

Die Eingabe von flächigen Bauteilen mit einer oder mehrerer Schichten erfolgt, indem in EcoEasy die einzelnen Schichten mit den zugehörigen Materialien von innen nach aussen mit Angabe der Schichtdicke und Material nacheinander eingegeben werden. Es können einzelne Schicht hinzugefügt, gelöscht oder auch die Reihenfolge verändert werden, indem die Schicht an dem gepunkteten Rand angefasst und verschoben wird.

Die Datengrundlage von EcoEasy ist die ‚ÖkoBau.dat‘⁴⁰. Um sicher zu gehen, dass alle Materialien in EcoEasy mit der gleichen Grundlage berechnet werden, können in EcoEasy nur Materialien ausgewählt werden, für die ein EDB-Datenblatt in der ‚ÖkoBau.dat‘ hinterlegt sind. Wenn ein Material zum Einsatz kommen soll, das in der Materialliste nicht aufgeführt ist, so ist es sinnvoll ein ähnliches Material zu wählen und im Namen und/oder der Beschreibung auf die Abweichung hinzuweisen.

8.4.4.5.3 Eingabe inhomogener Bauteilaufbauten

Auch inhomogene Bauteilaufbauten können in EcoEasy eingegeben werden. Damit EcoEasy die unterschiedliche Materialien und Wärmeleiteigenschaften haben. Deswegen müssen die beiden Bereiche einer inhomogenen Schicht als separaten Bereichen eingegeben werden. Die Eingabe wird dadurch vereinfacht, dass zuerst ein Bereich definiert wird, dieser kopiert wird, um den zweiten Bereich zu erzeugen, in dem dann meist nur das Material in einer Schicht und die Prozentangaben angepasst werden müssen.

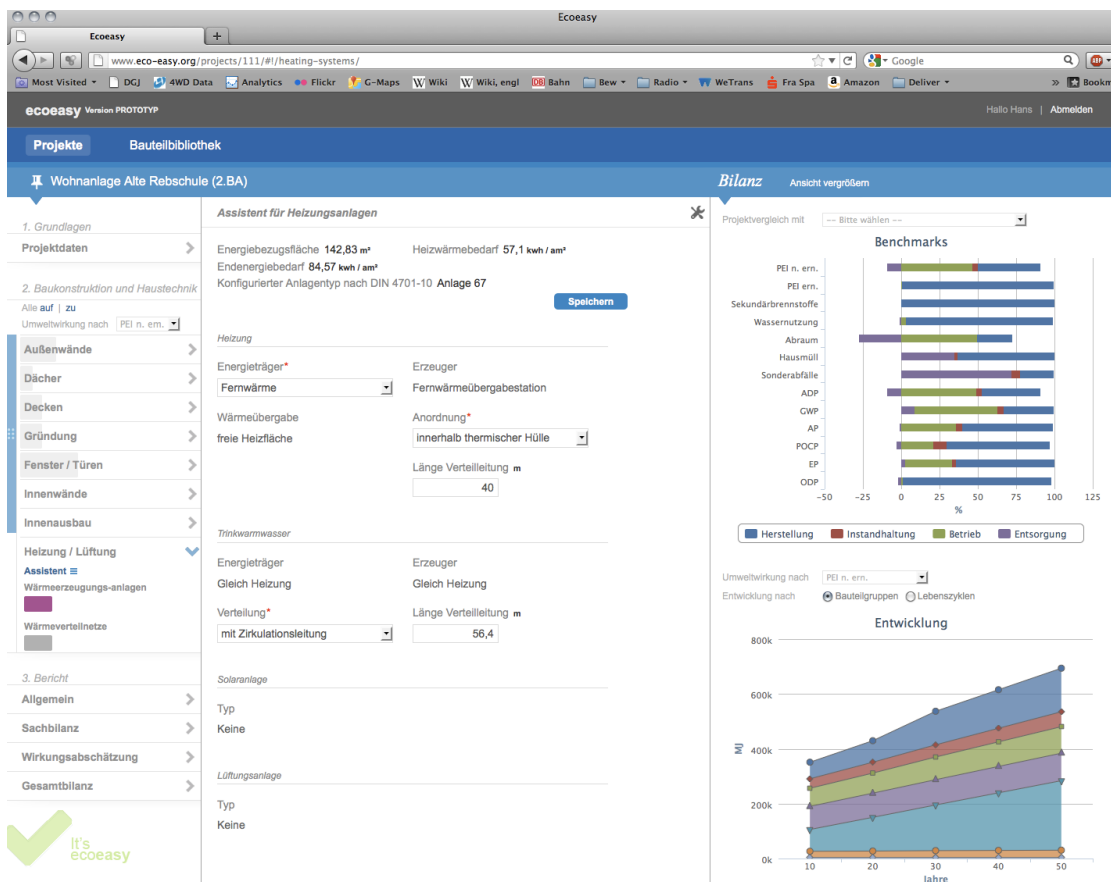


Am Beispiel einer Holzständerwand soll die Eingabe eines inhomogenen Bauteiles erläutert werden. Diese besteht aus zwei Bereichen: den tragenden Holzständern und der in den Gefachen befindlichen Dämmung. Zunächst muss, wie bei homogenen Aufbauten, ein Bauteil in der Bibliothek erzeugt werden. Um die zwei Bereiche zu berücksichtigen werden zwei geometrische Komponenten erzeugt, und der Anteil am Gesamtaufbau über die Prozentangabe „Anteil %“ eingegeben. Beispielhaft wäre der Bereich Holzständer anteilig mit 13% zu berücksichtigen, der Bereich Gefachdämmung mit 87%.

ing
en Forschungsprojektes der Forschungsinitiative ZukunftBau, wurden durch den
ing der Deutschen Baustoffindustrie eine Vielzahl an Datensätzen im XML-
1 Lebenszyklusberechnungswerkzeuge entwickelt. Mit Hilfe von „Stylesheets“
asse hinsichtlich ihrer Wirkungen beschrieben.

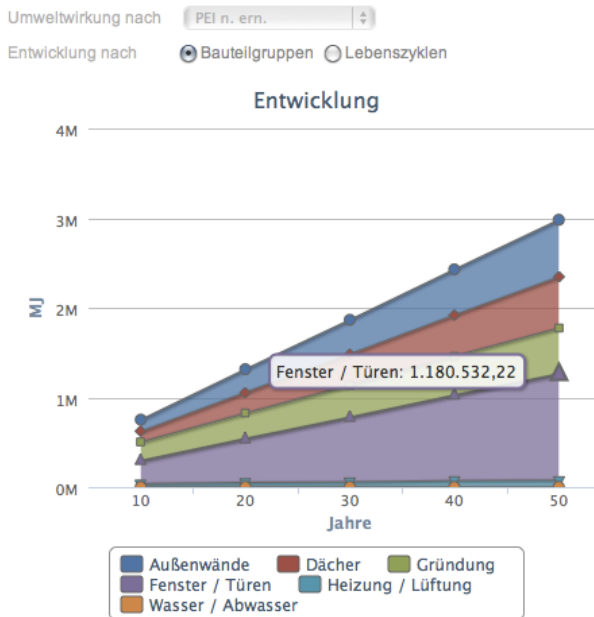
<http://www.nachhaltigesbauen.de/baustoff-und-gebaeuedaten/oekobaudat.html>

Wenn in der Beschreibung des Bauteils beide Bereiche angelegt sind, ergänzt EcoEasy diese in der Berechnung zu einem inhomogenen Schichtaufbau.



8.4.4.6 Optimierung der Planung

Um zuverlässige Ergebnisse im Bereich Energiesimulation und Ökobilanz errechnen zu können, muss der Nutzer eine möglichst vollständige Eingabe der Bauteile vornehmen. Wichtig ist es vor allem, die Bauteile zu erfassen, die in großen Mengen auftreten und die eine große Auswirkung auf den Energieverbrauch haben: Gebäudehülle (insb. Fenster), Haustechnik. EcoEasy gibt durch die graphische Darstellung im Bereich 'Entwicklung' wieder, welche Bauteile den größten Einfluss haben. Wählt man eine Anzeige nach 'Bauteilgruppen' über dem Schriftzug 'Entwicklung', so werden die Wirkungsanteile in Bezug auf die im Pulldown ausgewählte Wirkungskategorie (in der unten stehenden Darstellung PEI n. Ern.) nach Bauteilen aufgeschlüsselt angezeigt. Bewegt man den Maus-Zeiger auf einen Kurvenpunkt, so wird der absolute Wert der Bauteilgruppe in MJ eingeblendet.



Sinnvoll ist es, sich auf die Bauteilgruppen mit dem größten Einfluss zuerst zu konzentrieren. Innerhalb der Bauteilgruppe dienen die Balkendiagramme innerhalb der Bauteil-Symbole in der Navigationsleiste als Hinweise.

Systematisch sollten alle Eingaben in allen Bauteilgruppen (Außenwände, Dächer, Decken, Gründung, Fenster/Türen....) geprüft und präzisiert werden.

8.4.4.7 Eingabe der Technik

EcoEasy basiert für die Berechnung der Energieverbräuche auf der Berechnungsmethode der EnEV (DIN 4108). In dieser werden sogenannte Referenzanlagen definiert, denen in der Norm bestimmte Eigenschaften und Kennwerte zugeordnet sind.

Auch für die Eingabe und die Berechnung der Haustechnik werden in EcoEasy auf die Ökobau.dat bezogen. Dadurch ist die Eingabe der Anlagentechnik stark vereinfacht und kann nicht alle denkbaren Anlagen abbilden. Bei der Eingabe der Haustechnik muss dementsprechend eine möglichst passend oder möglichst ähnliche Anlage ausgewählt werden.

Die Anlagen werden nicht direkt eingegeben, sondern es können über den **Anlagen-Assistenten** (Menupunkt: Heizung / Lüftung > Assistent) Anlagen ausgewählt werden.

Es können Wärmeerzeugung über den Energieträger, Verbrennungsanlage (Brennwert, Niedertemperatur...), Verteilungssystem ausgewählt werden.

8.5 Vergleichsprojekt Reihendhaus

Für die Überprüfung der Ergebnisse von EcoEasy und die Dokumentation der Vorhersagegenauigkeit wurde das Projekt „Reihendhaus“ in EcoEasy und in ein vorhandenes Excel-Tool eingegeben. In diesem Absatz sind die Ergebnisse aus EcoEasy und die des Excel-Tools dokumentiert.

8.5.1 Ergebnisse EcoEasy

8.5.1.1 Gebäudekonstruktion Wirkungsabschätzung

Nutzungsdauer des Gebäudes: 50 Jahre

Bezugsfläche (Nutzfläche): 167 m²

Außenwände > Tragende Außenwände

Bauteil: Außenwand Nord

Menge im Gebäude: 135,8 m²

Wirkungskategorie	Einheit	Umweltwirkung pro Bauteil / m ² a
peiNEm	MJ	18,5704489891
peiEm	MJ	0,4355911966
gwp	kg CO ₂ -Äqv.	1,7327389886
ap	kg SO ₂ -Äqv.	0,0038020662
pocp	kg Ethen-Äqv.	0,000561045
ep	kg PO ₄ -Äqv.	0,0003418005
odp	kg R11-Äqv.	3,84E-8

Dächer > Dachkonstruktionen

Bauteil: Dach Norden

Menge im Gebäude: 35,52 m²

Wirkungskategorie	Einheit	Umweltwirkung pro Bauteil / m ² a
peiNEm	MJ	1,8955653999
peiEm	MJ	2,0308731721
gwp	kg CO ₂ -Äqv.	0,1081969339
ap	kg SO ₂ -Äqv.	0,0006974459
pocp	kg Ethen-Äqv.	7,86385E-5
ep	kg PO ₄ -Äqv.	7,93764E-5
odp	kg R11-Äqv.	8,0E-9

Bauteil: Dach Süden

Menge im Gebäude: 35,52 m²

Wirkungskategorie	Einheit	Umweltwirkung pro Bauteil / m²a
peiNEm	MJ	1,8955653999
peiEm	MJ	2,0308731721
gwp	kg CO2-Äqv.	0,1081969339
ap	kg SO2-Äqv.	0,0006974459
pocp	kg Ethen-Äqv.	7,86385E-5
ep	kg PO4-Äqv.	7,93764E-5
odp	kg R11-Äqv.	8,0E-9

Decken > Deckenkonstruktionen

Bauteil: Decke Spitzboden

Menge im Gebäude: 19,37 m²

Wirkungskategorie	Einheit	Umweltwirkung pro Bauteil / m²a
peiNEm	MJ	-0,5076389102
peiEm	MJ	1,5833979014
gwp	kg CO2-Äqv.	-0,0515885634
ap	kg SO2-Äqv.	0,0001309809
pocp	kg Ethen-Äqv.	1,79066E-5
ep	kg PO4-Äqv.	1,64845E-5
odp	kg R11-Äqv.	5,0E-10

Bauteil: Decke über EG

Menge im Gebäude: 50,14 m²

Wirkungskategorie	Einheit	Umweltwirkung pro Bauteil / m²a
peiNEm	MJ	4,6218599248
peiEm	MJ	0,2112875621
gwp	kg CO2-Äqv.	0,5865312923
ap	kg SO2-Äqv.	0,0011952662
pocp	kg Ethen-Äqv.	0,0001562384
ep	kg PO4-Äqv.	0,0001462954
odp	kg R11-Äqv.	2,17E-8

Bauteil: Decke über OG

Menge im Gebäude: 50,14 m²

Wirkungskategorie	Einheit	Umweltwirkung pro Bauteil / m²a
peiNEm	MJ	4,6218599248
peiEm	MJ	0,2112875621
gwp	kg CO2-Äqv.	0,5865312923
ap	kg SO2-Äqv.	0,0011952662
pocp	kg Ethen-Äqv.	0,0001562384
ep	kg PO4-Äqv.	0,0001462954
odp	kg R11-Äqv.	2,17E-8

Gründung > Flachgründungen

Bauteil: Flachgründung

Menge im Gebäude: 1 m2

Wirkungskategorie	Einheit	Umweltwirkung pro Bauteil / m²a
peiNEm	MJ	0,9413061855
peiEm	MJ	0,0306203678
gwp	kg CO2-Äqv.	0,1877555426
ap	kg SO2-Äqv.	0,0003467304
pocp	kg Ethen-Äqv.	3,52125E-5
ep	kg PO4-Äqv.	4,76081E-5
odp	kg R11-Äqv.	4,2E-9

Gründung > Unterböden und Bodenplatten

Bauteil: Gründung

Menge im Gebäude: 56,64 m2

Wirkungskategorie	Einheit	Umweltwirkung pro Bauteil / m²a
peiNEm	MJ	6,9028346863
peiEm	MJ	0,182906001
gwp	kg CO2-Äqv.	0,7611579946
ap	kg SO2-Äqv.	0,001234469
pocp	kg Ethen-Äqv.	0,0001698994
ep	kg PO4-Äqv.	0,000172878
odp	kg R11-Äqv.	1,77E-8

Fenster / Türen > Außenfenster

Bauteil: Fenster Nord (Küche)

Menge im Gebäude: 1 Stk

Wirkungskategorie	Einheit	Umweltwirkung pro Bauteil / m²a
peiNEm	MJ	0,4303552905
peiEm	MJ	0,0091323401
gwp	kg CO2-Äqv.	0,0384513647
ap	kg SO2-Äqv.	0,000135092
pocp	kg Ethen-Äqv.	9,055E-6
ep	kg PO4-Äqv.	1,27526E-5
odp	kg R11-Äqv.	1,0E-9

Bauteil: Fenster Nord (Zimmer 1.OG)

Menge im Gebäude: 4 Stk

Wirkungskategorie	Einheit	Umweltwirkung pro Bauteil / m²a
peiNEm	MJ	2,1647999723
peiEm	MJ	0,0442004879
gwp	kg CO2-Äqv.	0,1935539579
ap	kg SO2-Äqv.	0,0006871297
pocp	kg Ethen-Äqv.	4,60372E-5
ep	kg PO4-Äqv.	6,66953E-5
odp	kg R11-Äqv.	4,8E-9

Bauteil: Fenster Süd (Terrasse)

Menge im Gebäude: 1 Stk

Wirkungskategorie	Einheit	Umweltwirkung pro Bauteil / m²a
peiNEm	MJ	1,2423073124
peiEm	MJ	0,021791912
gwp	kg CO2-Äqv.	0,1107248996
ap	kg SO2-Äqv.	0,0004122264
pocp	kg Ethen-Äqv.	2,76431E-5
ep	kg PO4-Äqv.	4,55344E-5
odp	kg R11-Äqv.	2,6E-9

Bauteil: Fenster Süd (Zimmer 1.OG)

Menge im Gebäude: 2 Stk

Wirkungskategorie	Einheit	Umweltwirkung pro Bauteil / m²a
peiNEm	MJ	1,0823999861
peiEm	MJ	0,022100244
gwp	kg CO2-Äqv.	0,096776979
ap	kg SO2-Äqv.	0,0003435648
pocp	kg Ethen-Äqv.	2,30186E-5
ep	kg PO4-Äqv.	3,33476E-5
odp	kg R11-Äqv.	2,4E-9

Bauteil: Fenster West (Bad 1.OG)

Menge im Gebäude: 1 Stk

Wirkungskategorie	Einheit	Umweltwirkung pro Bauteil / m²a
peiNEm	MJ	0,2908668993
peiEm	MJ	0,0067685052
gwp	kg CO2-Äqv.	0,0259651461
ap	kg SO2-Äqv.	8,86214E-5
pocp	kg Ethen-Äqv.	5,9446E-6
ep	kg PO4-Äqv.	7,6732E-6
odp	kg R11-Äqv.	7,0E-10

Bauteil: Fenster West (Esszimmer)

Menge im Gebäude: 1 Stk

Wirkungskategorie	Einheit	Umweltwirkung pro Bauteil / m²a
peiNEm	MJ	0,4303552905
peiEm	MJ	0,0091323401
gwp	kg CO2-Äqv.	0,0384513647
ap	kg SO2-Äqv.	0,000135092
pocp	kg Ethen-Äqv.	9,055E-6
ep	kg PO4-Äqv.	1,27526E-5
odp	kg R11-Äqv.	1,0E-9

Bauteil: Fenster West (Zimmer 2.OG)

Menge im Gebäude: 2 Stk

Wirkungskategorie	Einheit	Umweltwirkung pro Bauteil / m²a
peiNEm	MJ	1,0823999861
peiEm	MJ	0,022100244
gwp	kg CO2-Äqv.	0,096776979
ap	kg SO2-Äqv.	0,0003435648
pocp	kg Ethen-Äqv.	2,30186E-5
ep	kg PO4-Äqv.	3,33476E-5
odp	kg R11-Äqv.	2,4E-9

Fenster / Türen > Innentüren

Bauteil: Innentüren 0,76m x 2,01m

Menge im Gebäude: 4 Stk

Wirkungskategorie	Einheit	Umweltwirkung pro Bauteil / m²a
peiNEm	MJ	0,0256783003
peiEm	MJ	0,2075276928
gwp	kg CO2-Äqv.	-0,0013568355
ap	kg SO2-Äqv.	2,35929E-5
pocp	kg Ethen-Äqv.	2,5666E-6
ep	kg PO4-Äqv.	4,7714E-6
odp	kg R11-Äqv.	3,0E-10

Bauteil: Innentüren 0,89m x 2,01m
Menge im Gebäude: 5 Stk

Wirkungskategorie	Einheit	Umweltwirkung pro Bauteil / m²a
peiNE _m	MJ	0,1351330388
peiE _m	MJ	0,2252839384
gwp	kg CO ₂ -Äqv.	0,0052711511
ap	kg SO ₂ -Äqv.	3,7226E-5
pocp	kg Ethen-Äqv.	3,781E-6
ep	kg PO ₄ -Äqv.	6,1085E-6
odp	kg R11-Äqv.	7,0E-10

Innenwände > Tragende Innenwände

Bauteil: Haustrennwand
Menge im Gebäude: 95 m²

Wirkungskategorie	Einheit	Umweltwirkung pro Bauteil / m²a
peiNE _m	MJ	3,9504510895
peiE _m	MJ	0,2008501013
gwp	kg CO ₂ -Äqv.	0,4977199535
ap	kg SO ₂ -Äqv.	0,0012078533
pocp	kg Ethen-Äqv.	0,0001563785
ep	kg PO ₄ -Äqv.	0,0001190275
odp	kg R11-Äqv.	2,0E-8

Bauteil: Stahlbetonwand Treppenraum
Menge im Gebäude: 12,81 m²

Wirkungskategorie	Einheit	Umweltwirkung pro Bauteil / m²a
peiNE _m	MJ	0,5628326278
peiE _m	MJ	0,0273508613
gwp	kg CO ₂ -Äqv.	0,0685984393
ap	kg SO ₂ -Äqv.	0,0001945927
pocp	kg Ethen-Äqv.	2,75773E-5
ep	kg PO ₄ -Äqv.	1,58506E-5
odp	kg R11-Äqv.	2,8E-9

Innenwände > Nichttragende Innenwände

Bauteil: Variante 1: Knauf System W 111 einfach beplankt 75mm

Menge im Gebäude: 47,38 m²

Wirkungskategorie	Einheit	Umweltwirkung pro Bauteil / m ² a
peiNEm	MJ	1,2998811921
peiEm	MJ	0,0479084867
gwp	kg CO ₂ -Äqv.	0,0869672631
ap	kg SO ₂ -Äqv.	0,0004465448
pocp	kg Ethen-Äqv.	6,81565E-5
ep	kg PO ₄ -Äqv.	2,84045E-5
odp	kg R11-Äqv.	3,5E-9

Bauteil: Variante 2: Knauf System W 111 einfach beplankt 100mm

Menge im Gebäude: 12,77 m²

Wirkungskategorie	Einheit	Umweltwirkung pro Bauteil / m ² a
peiNEm	MJ	0,4162210722
peiEm	MJ	0,0161063714
gwp	kg CO ₂ -Äqv.	0,0283872979
ap	kg SO ₂ -Äqv.	0,0001349711
pocp	kg Ethen-Äqv.	1,99902E-5
ep	kg PO ₄ -Äqv.	9,2878E-6
odp	kg R11-Äqv.	1,1E-9

Bauteil: Variante 3: Knauf System W 112 doppelt beplankt 100mm

Menge im Gebäude: 2,67 m²

Wirkungskategorie	Einheit	Umweltwirkung pro Bauteil / m ² a
peiNEm	MJ	0,0974001848
peiEm	MJ	0,0036855793
gwp	kg CO ₂ -Äqv.	0,0064451317
ap	kg SO ₂ -Äqv.	2,77882E-5
pocp	kg Ethen-Äqv.	4,1139E-6
ep	kg PO ₄ -Äqv.	2,1983E-6
odp	kg R11-Äqv.	2,0E-10

8.5.1.2 Gebäudetechnik Wirkungsabschätzung

Heizung / Lüftung > Wärmeerzeugungsanlagen

Bauteil: Anlage 18 (0 bis 20)

Menge im Gebäude: 1 Stk

Wirkungskategorie	Einheit	Umweltwirkung pro Bauteil / m²a
peiNE _m	MJ	2,2665041492
peiE _m	MJ	0,1886895896
gwp	kg CO ₂ -Äqv.	0,1560243041
ap	kg SO ₂ -Äqv.	0,0006071308
pocp	kg Ethen-Äqv.	4,73598E-5
ep	kg PO ₄ -Äqv.	0,0001406542
odp	kg R11-Äqv.	1,46E-8

8.5.2 Ergebnisse Excel

Auf den folgenden Seiten ist das Ergebnis der Excel-Berechnung für das Projekt Reihenendhaus umfassend dokumentiert. Anhand der Wirkungskategorie „Treibhauspotential“ sind jeweils die Ergebnisse mit denen von EcoEasy verglichen. Dabei ist eine Abweichung von 01, - 1% gelb markiert, Abweichungen von unter 0,1% grün. Abweichungen von über 1%, die nicht vorkommen, wären rot markiert.