

# EcoEasy - Kurzbericht

Entwicklung einer Methode zur Bewertung der potentiellen Umweltwirkungen von Gebäuden in frühen Planungsphasen  
Kurzbericht - 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 dem Autoren

---

---

## Forschungsprojekt EcoEasy

---

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 zurück<sup>1</sup>. Zudem tragen Gebäude zu mehr als der Hälfte des gesamten Abfallaufkommens in Deutschland bei<sup>2</sup>. Laut den Vereinten Nationen kommt Gebäuden daher eine Schlüsselrolle im Kampf gegen den Klimawandel zu<sup>3</sup>.

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.

---

<sup>1</sup> 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](http://www.unep.org/sbci/pdfs/SBCI-BCCSummary.pdf). Stand: 25.7.2012.

<sup>2</sup> 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](https://www.destatis.de/DE/Publikationen/STATmagazin/Umwelt/2007_11/Umwelt2007_11.html). Stand: 25.07.2012.

<sup>3</sup> 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.

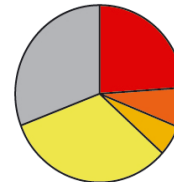
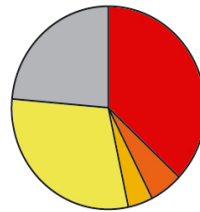
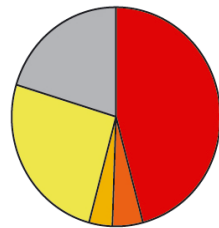
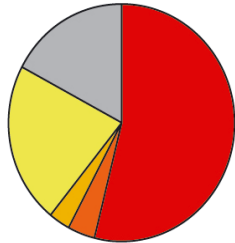
2. Wärmeschutz-  
verordnung 1984

EnEV  
2007

EnEV  
2009

Passivhaus  
-standard

EU 2020  
Netto-Null-  
energiehaus\*



353 kWh/m<sup>2</sup>a

301 kWh/m<sup>2</sup>a

258 kWh/m<sup>2</sup>a

196 kWh/m<sup>2</sup>a

61 kWh/m<sup>2</sup>a

■ Heizung

■ Trinkwarmwasser

■ Hilfstrom Heizung

■ Nutzerstrom

■ Konstruktion

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.

Grundlage für das dargestellte Netto-Nullenergiehaus 2020 ist das „Förderprogramm für Modellprojekte im Effizienzhaus Plus Standard“ des Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS)<sup>7</sup>.

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. CO<sub>2</sub>-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.

<sup>7</sup> 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.

---

## 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.

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.

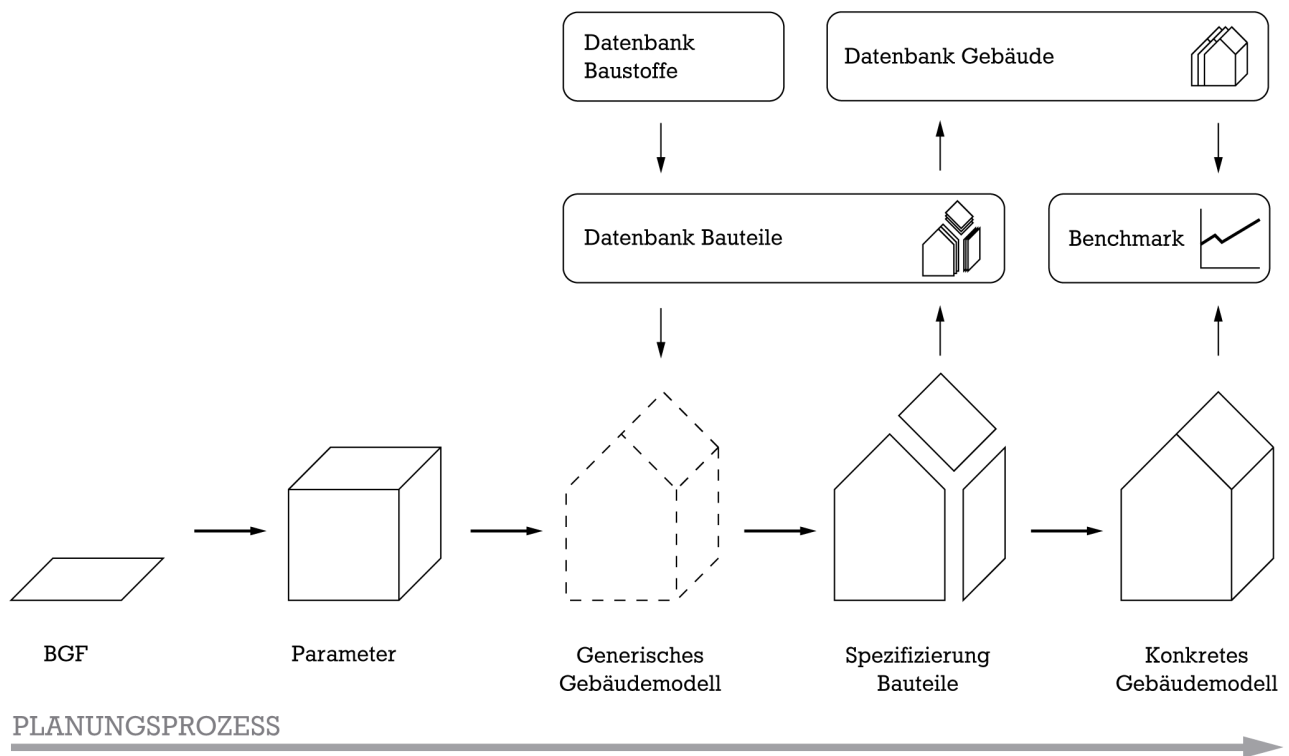


Abbildung 2: Programmablauf von EcoEasy. Aus wenigen Parametern wird zunächst ein generisches Gebäudemodell entwickelt, das Bauteile aus der EcoEasy Datenbank verwendet. Über die Spezifizierung der Bauteile wird das Gebäudemodell schrittweise an das reale Gebäude angepasst. Die Ergebnisse können mit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

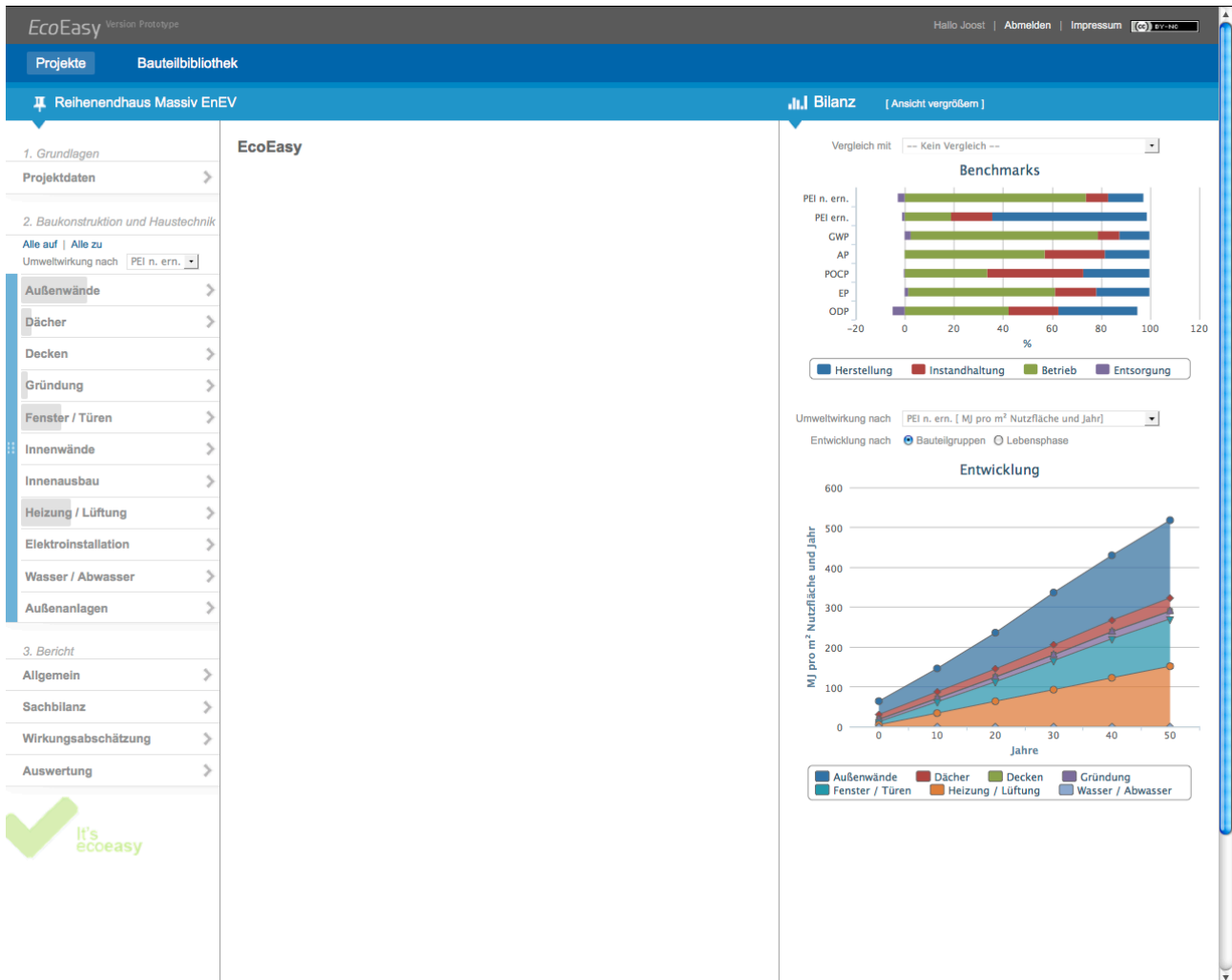


Abbildung 3: Arbeitsoberfläche von EcoEasy. Diese ist in drei Bereiche gegliedert: die Navigation ganz links, den Arbeitsbereich in der Mitte (in dieser Darstellung leer) und den Ergebnisbereich ganz rechts. Im Navigationsbereich kann der Nutzer über die grauen Balken leicht die Bauteile mit einem besonders 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 Reihenhendhaus)
- 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.