

Graue Energie | CO₂ Neutral Ökobilanzen und nachwachsende Rohstoffe

Holger König
Dipl. Ing. Architekt,
Softwareentwicklung Ascona GbR
Karlsfeld b. München, Deutschland



Graue Energie | CO₂ Neutral Ökobilanzen und nachwachsende Rohstoffe

1. Der Begriff der Nachhaltigkeit und das Bauwerk

Das Anliegen eines umweltverträglichen und gesundheitsgerechten Herstellens, Errichtens, Nutzen und Betriebens sowie Entsorgens von Bauwerken wird häufig unter dem Begriff ökologisches Bauen zusammengefasst. Es bildeten sich u.a. Gebiete wie die Bauökologie oder die Baubiologie heraus, ohne dass hierfür eindeutige Definitionen vorliegen. Bei Planern, Bauherren und sonstig am Bau beteiligten Interessengruppen sind die Erwartungshaltungen und Meinungen im Bereich bauökologischer und baubiologischer Problemstellungen vielschichtig und widersprüchlich. Dies resultiert u.a. aus den unterschiedlichen Wurzeln und aktuellen Strömungen im Bereich des energiesparenden, ressourcenschonenden und gesundheitsgerechten Planens, Bauens und Betriebens von Bauwerken. Nachstehend illustriert die unvollständige Sammlung von Schlagworten in diesen Bereichen die Vielfalt, teilweise Überlagerung und partielle Gegenläufigkeit von Begriffen und Vorstellungen ^[LUE2005].

Tabelle 1: Zusammenstellung einer Auswahl ökologisch orientierter Anforderungen an Bauprodukte

| | | |
|-----------------|-----------------------------|----------------------|
| - natürlich | - materialtypisch | - einheimisch |
| - gesund | - instandhaltungsfreundlich | - umweltentlastend |
| - giftfrei | - recyclingfreundlich | - kostengünstig |
| - langlebig | - ressourcenschonend | - flächensparend |
| - nutzergerecht | - energieaufwandssenkend | - transportminimiert |
| - gefahrlos | - wassersparend | - regenerativ |

Der Ursprung des Begriffs Nachhaltigkeit ist in der Forstwirtschaft zu sehen.

„Nachhaltigkeit nennt man die Forstwirtschaft, wenn jährlich nicht mehr Holz geschlagen wird, als aus dem Forst für immer jährlich entnommen werden kann.“ 1836

An diese Aussage knüpft inhaltlich der Brundtland-Bericht 1987 an:

„Nachhaltige Entwicklung ist eine Entwicklung, welche die heutigen Bedürfnisse zu decken vermag, ohne für künftige Generationen die Möglichkeit zu schmälern, ihre eigenen Bedürfnisse zu decken“.

Nachhaltigkeit ist demnach ein neuer Zielwert einer in globalen Dimensionen handelnden Gesellschaft, deren Teil der Planer und Architekt ist. Um die Dimension dieses Zieles auszuloten, muss sich der Planer heute von neuem mit der einfachen Tatsache auseinandersetzen, dass jede Handlung Folgen hat.

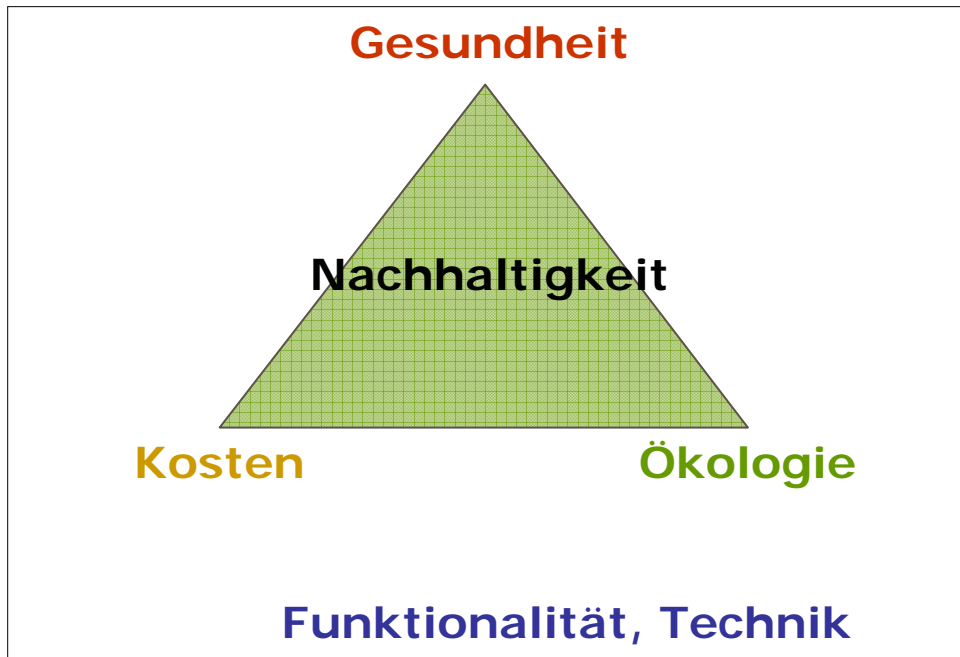
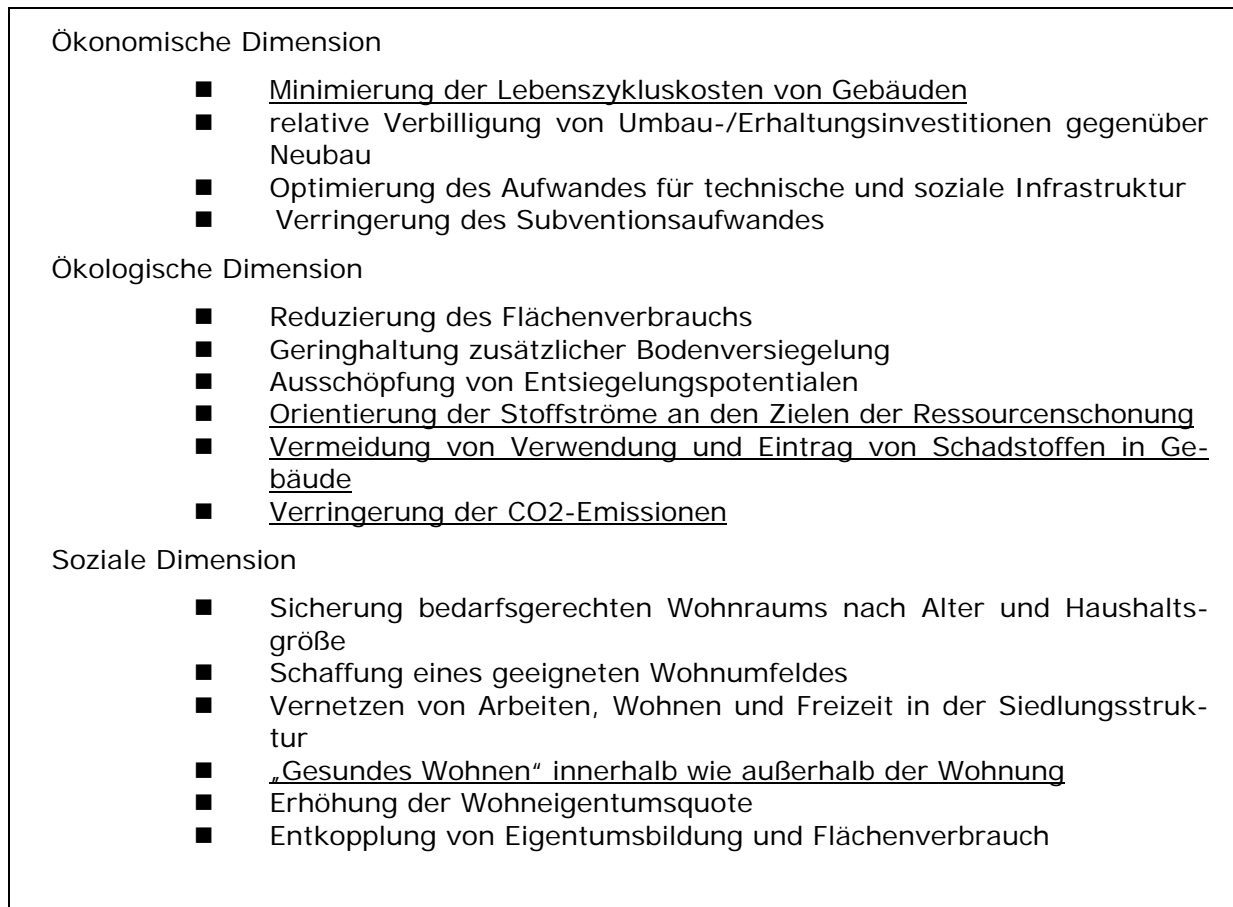


Abbildung 1: Das Nachhaltigkeitsdreieck

Auf der Basis formulierter Ziele zur Umsetzung des Leitbildes einer Nachhaltigen Entwicklung im Bereich Bauen und Wohnen kann eine Erweiterung und Präzisierung des durch geeignete Methoden und Hilfsmittel abzudeckenden Informations-, Bewertungs- und Entscheidungsbedarfes vorgenommen werden.

Abbildung 2: Ausgewählte Zieldimensionen für das Leitbild der Nachhaltigen Entwicklung im Bereich Bauen und Wohnen ^[BUND97] (Hervorhebungen durch Verfasser)

2. Ökobilanzierung

Der Aufwand für die Ver- und Entsorgung des Gebäudes ist nur ein Teil des Stoffstroms, der durch den Bau und die Nutzung eines Gebäudes verursacht wird. In Zukunft müssen deshalb Aussagen zur Ökologie eines Gebäudes folgende Bestandteile enthalten:

- Herstellung des Gebäudes
- Energie für Ver- und Entsorgung des Gebäudes
- Reinigung und Wartung
- Instandsetzung
- Aufwand für den Rückbau und die Entsorgung

In diesem Sinne äußerte sich Herr Peter Conradi als Präsident der Bundesarchitektenkammer in Berlin in einer Stellungnahme zur EnEV am 28.09.1999: ^[DAB1999]

„Die Bundesarchitektenkammer ist der Auffassung, dass die EnEV zukünftig weiter entwickelt werden muss, insbesondere im Hinblick auf den Energieaufwand für Gewinnung, Herstellung, Transport, Einbau, Ersatz und Entsorgung von Baustoffen und Bauteilen. Eine Gesamtenergiebilanz eines Gebäudes darf diesen Energieaufwand nicht außer Acht lassen.“

Zurzeit noch nicht gesetzlich gefordert ist die Betrachtung des Gebäudes unter ökologischen Gesichtspunkten. Dies beinhaltet z.B. die Kohlendioxid- bzw. Schwefeldioxidbelastung der Atmosphäre durch bestimmte Baustoffe, die bei dem Gebäude zum Einsatz kommen. Langfristig werden auch noch andere Wirkungsparameter erfasst.

Voraussetzung für diese Berechnung ist die vollständige Erfassung der Umweltbelastungen durch Bauprodukte, deren

- Erzeugung,
- Einbau
- Unterhalt und
- Beseitigung.

Dies wird heute durch Ökobilanzdatenbanken geleistet. In diesen Datenbanken werden die Berechnungen für einzelne Grundbaustoffe, Bauprodukte und Bauelemente durchgeführt und die Daten für weitere Auswertungen bereitgestellt. Diese Datenerfassungen sind sehr komplex und von Nicht-Experten nicht durchführbar.

Da der Baubereich in allen Ländern große Materialmengen bewegt, wird versucht besonders auf diesem Sektor Mindeststandards für Produkte festzusetzen. Ein wesentliches Mittel um Standards festlegen zu können, ist die Informationsbereitstellung. Zur Produktkennzeichnung hat ISO mit der Serie 14020 ff eine Qualifikationsliste aufgestellt. Diese unterscheidet die Kennzeichnung von Produkten nach Funktion und Inhalt nach Typ I, Typ II und Typ III.

Typ III soll in Zukunft die wertfreie Informationsvermittlung durch Umweltproduktdeklarationen (UPD, englisch EPD) übernehmen. Neben dem Textteil sind wesentlicher Bestandteil der UPD die berechneten Werte der Lebenszyklusanalyse (LZA, englisch LCA).

Die LCA beschreibt die Umweltauswirkungen eines Produkts mit Hilfe von quantitativen Indikatoren. Voraussetzungen für die Berechnung ist eine exakte Analyse des Herstellungsprozesses nach verwendeten Materialien und Energieaufwand.

Die LCA unterliegt bestimmten Regeln. Die wichtigsten davon sind:

- Bestimmung des Erhebungsraumes
- Abschneideregeln
- Indikatorenauswahl
- Zusätzliche Informationen.

Ziel der Normung in CEN TC 350 ist es gleiche Rahmenbedingungen für die Erhebung und Auswertung der Daten sicherzustellen. Dies erlaubt in der Folge die Verknüpfung von verschiedenen Produkt-EPDs zu größeren Produkteinheiten (Modularität) und deren Vergleichbarkeit.

2.1. Stoffstrom - Umweltwirkung

Der erste Schritt zur Ökobilanz eines Gebäudes ist die Erfassung aller Baustoffmassen, die in einem Gebäude eingebaut werden. Diese Massen müssen bezüglich ihrer Materialeigenschaften genau definiert sein. Voraussetzung hierfür ist der Massenauszug eines Gebäudes. Jedes Gebäude wird über die Ausschreibung in Leistungspositionen sehr genau erfasst. Es ist sinnvoll sich dieser Leistungspositionen zu bedienen, um auch den Stoffstrom zu erfassen. Mit dieser Methode können bezüglich des Stoffstroms eines Gebäudes die Materialflüsse, differenziert nach Kostengruppen exakt ermittelt werden. Auswertungen nach Bezugsflächen ergeben erste Kennwerte

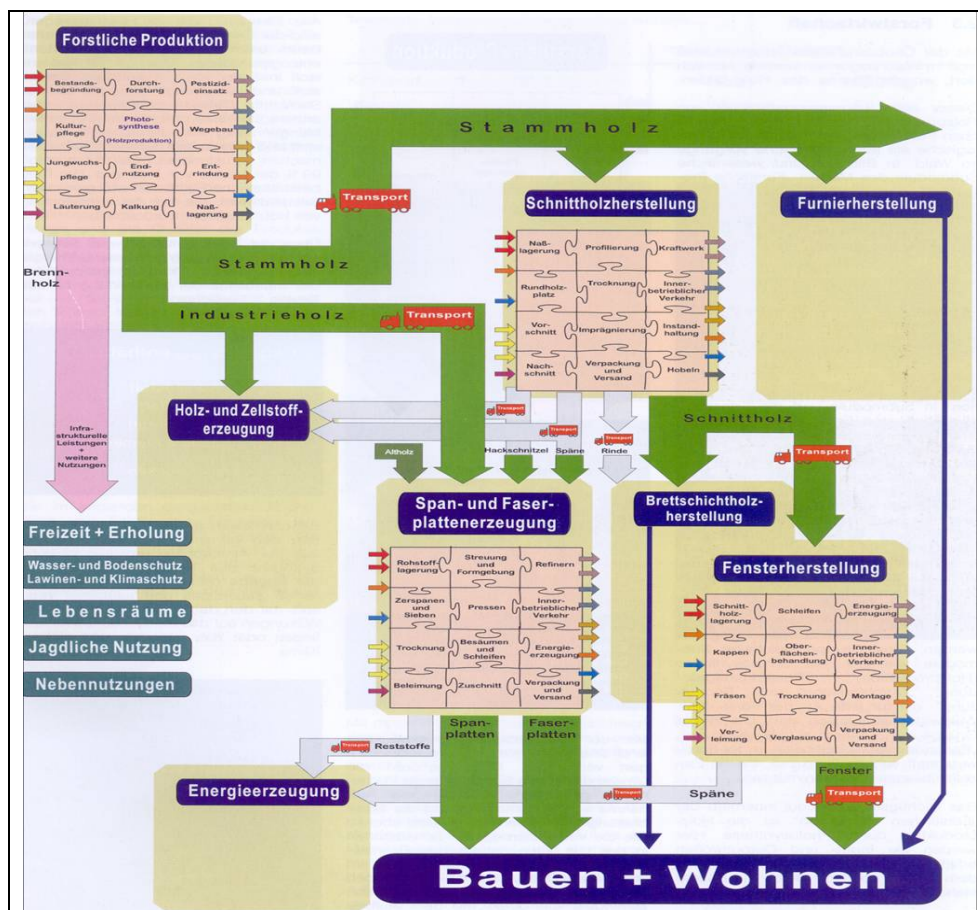


Abbildung 3: Produktweg am Beispiel Holz im Wald bis Fenster ^[FRÜH2002]

Der Massenstrom allein sagt allerdings noch nichts über Folgen für das Ökosystem aus. Erste Bewertungen in Hinblick auf verschiedene Kategorien lassen eine Folgenabschätzung für das ökologische Gesamtsystem zu. Die wichtigsten Wirkungskategorien und ihre Indikatoren sind:

- Primärenergie oder kumulierter Energieaufwand KEA, unterschieden in erneuerbare und nicht erneuerbare Primärenergie, Angabe in MJ.
- Klimagase: gemessen in CO₂ Äquivalenten, Angabe in kg
- Versauerung - gemessen in SO₂- Äquivalente, Angabe in kg

Tabelle 2: Beispiele für ökologische Wirkungskategorien

| | |
|--|--|
| Treibhauspotenzial GWP Global Warming Potential CO₂-Äquivalent | Wirkungskategorie zur Beschreibung des potentiellen Treibhauseffektes infolge der Emission klimarelevanter Gase (u.a. CO ₂ , Methan, Lachgas); wird als Summenparameter ermittelt und in kg CO ₂ -Äquivalent angegeben beschreibt globale Wirkungen |
| Versauerungspotenzial AP Acidification Potential SO₂-Äquivalent | Wirkungskategorie zur Beschreibung der potentiellen Versauerung des Regens infolge der Emission u.a. von Schwefeldioxid, Stickoxiden und Ammoniak; wird als Summenparameter ermittelt und in kg SO ₂ -Äquivalent angegeben beschreibt regionale Wirkungen |
| Primärenergieaufwand nicht erneuerbar KEA nicht erneuerbar | Beschreibung des über alle Vorstufen kumulierten direkten und indirekten Aufwandes an Energie, gemessen als Primärenergie – hier im Sinne der Summe der fossilen und nuklearen Primärenergien |
| Primärenergieaufwand erneuerbar KEA erneuerbar | Beschreibung des über alle Vorstufen kumulierten direkten und indirekten Aufwandes an Energie, gemessen als Primärenergie – hier im Sinne der Summe der erneuerbaren Primärenergien |

Die Umrechnung eines kg-Stoffstroms z.B. für Holz oder Beton in diese Wirkungsindikatoren ist ein besonders problematischer Schritt, da den Rechenverfahren sog. bewertete kumulierte Sachbilanzen vorangehen und diese wiederum auf einzelnen Sachbilanzbasisbilanzen beruhen z.B. wie viel Aufwand ist für eine kWh Strom von der Gesellschaft zu leisten (von der Bohrinself bis zur Steckdose). Für die Rechenverfahren von entscheidender Bedeutung ist ein internationaler Abgleich all dieser Basisdaten.

Die Erfassung von Energie- und Stoffströmen und ihre effektorientierte Bewertung beschränkt sich nicht auf die Herstellung eines Bauprodukts, im Englischen als cradle to gate bezeichnet, sondern der Blickwinkel erweitert sich heute auf die Betrachtung bis zum Lebensende eines Produktes. Dabei wird deutlich, dass in jeder Phase der Produktnutzung neue Risiken und Energie- und Stoffströme auftauchen und berücksichtigt werden müssen. Die Einbeziehung aller Produktphasen bis einschliesslich des „end of life“ wird im Englischen als „Cradle to grave“ bezeichnet.

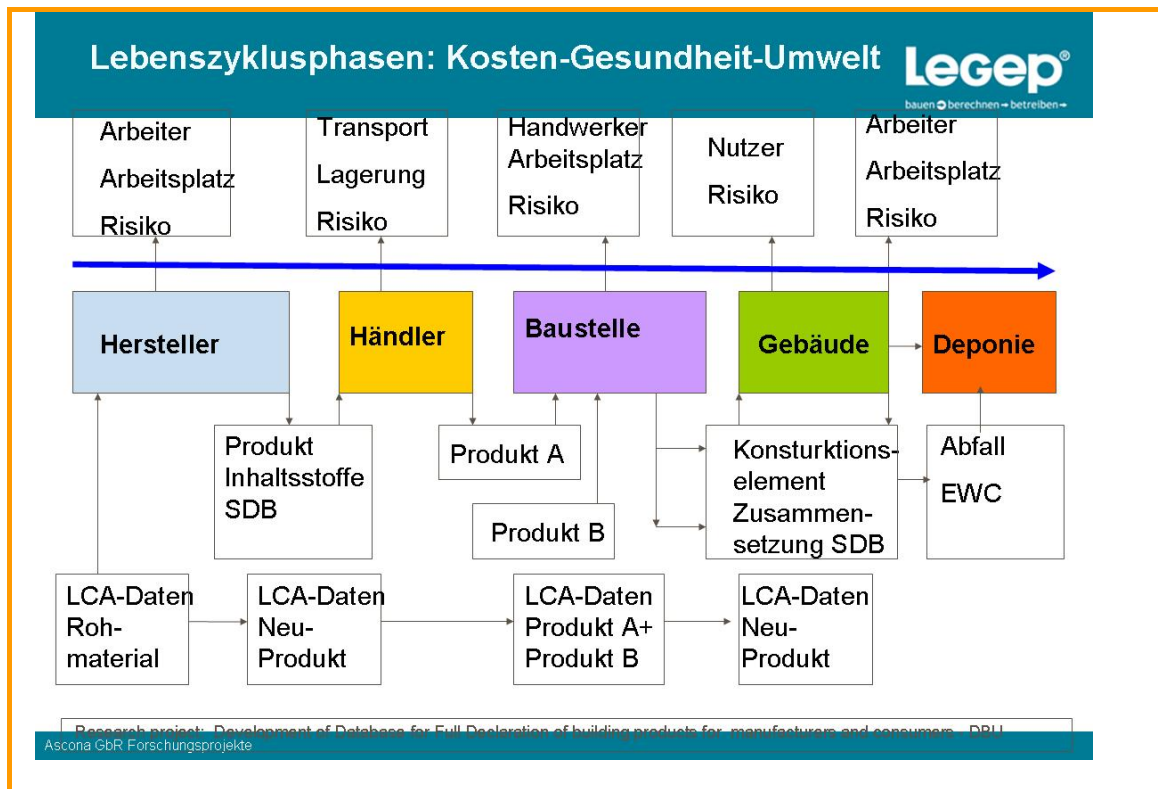


Abbildung 4: LCA und Risiken zu unterschiedlichen Zeitpunkten

2.2. Bauprodukte aus nachwachsenden Rohstoffen

Bauprodukte aus nachwachsenden Rohstoffen weisen bei der Ökobilanzierung einige Besonderheiten auf, deren Einsatz in Form von Rechenregeln unterschiedlich gehandhabt wird. Vor allem zwei Indikatoren sind davon betroffen:

Für den Input die Primärenergie

Für den Output das Klimagas CO₂.

2.2.1 Primärenergie und Kumulierter Energieaufwand

Embodied Energy is the energy consumed by all of the processes associated with the production of a building, from the acquisition of natural resources to product delivery.

„Embodied energy“ in der obigen Definition entspricht damit dem in Deutschland neu eingeführten

Kumulierter Energie Verbrauch (KEV), ohne vergegenständlichtem Heizwert, berücksichtigt wird nur der Energieaufwand aus dem Herstellungsprozeß. Dieser Teil des Energieaufwands kann in keiner Weise zurückgewonnen werden (Es verdeutlicht den Aspekt: Wieviel Energie wurde umgewandelt).

Heizwert (HW) ist eine Eigenschaft von Stoffen, die brennbare Anteile enthalten, der „feedstock“. Dieser kann aus nachwachsenden Rohstoffen bestehen z.B. Holz und Stroh, oder aus fossilen Rohstoffen, z.B. Öl.

Kumulierter Energie Aufwand (KEA) entspricht dagegen dem „Grauen Energie“ Konzept, d.h. mit feedstock = vergegenständlichtem Heizwert (HW) und dem Energieaufwand aus dem Herstellungsprozeß (KEV). (Es verdeutlicht den Aspekt: Wieviel fossile Rohstoffe sind verbraucht).

Grundsätzlich entspricht KEA der Primärenergie (PEI), wobei unterschieden werden kann zwischen erneuerbarer und nicht erneuerbarer Primärenergie. Produkte aus nachwachsenden Rohstoffen weisen wegen des Materialanteils hohe Heizwerte und damit hohe erneuerbare Primärenergiewerte auf. Wird bei der Bilanzierung der Primärenergie nicht zwischen den „erneuerbaren“ und „nicht erneuerbaren“ Anteilen unterschieden, kann dies im Einzelfall zur Folge haben, dass z.B. ein Holzbauteil höhere Primärenergiewerte erreicht als ein mineralisches Bauteil.

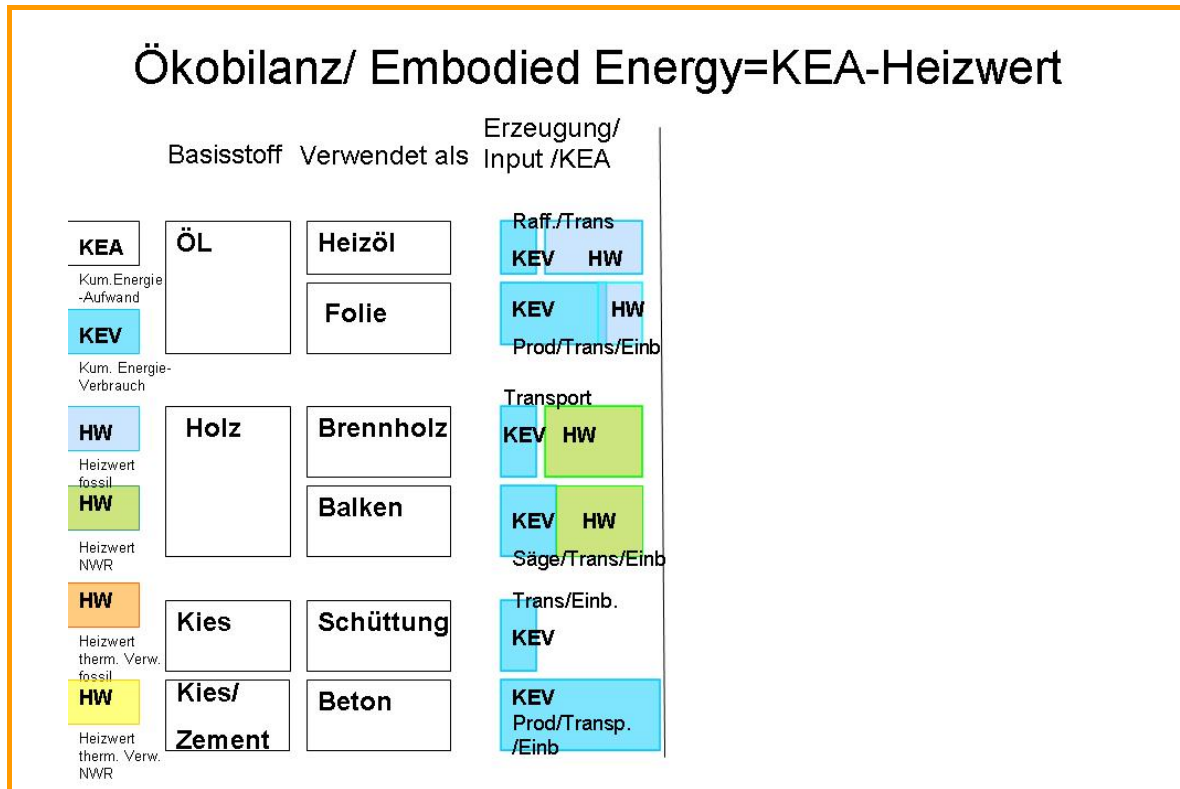


Abbildung 5: Kumulierter Energieaufwand bei Bauprodukten

In der Darstellung der Abbildung 1 wird deutlich, dass im KEA-Ansatz (KEV + HW) keine Unterschiede zwischen den Produkten bestehen, die über HW verfügen. Die mineralischen Produkte haben keinen HW.

Der Farbunterschied beim HW soll darauf hinweisen, dass in der Auswertung ein Unterschied zwischen HW aus erneuerbaren Ressourcen und HW aus nicht erneuerbaren Ressourcen besteht. Hier unterscheidet sich der Holzbalken von der Kunststoffolie.

In der von der Software LEGEP eingesetzten Ökodatenbank „ecoinvent“ [ECO2007] unterscheiden sich die Ressourcen nicht, ob sie für Heizzwecke oder für die Baustoffproduktion eingesetzt werden, d.h. eine Berechnung von „PEI erneuerbar“, „PEI nicht erneuerbar“ ohne feedstock-Anteile ist nicht möglich.

2.2.2. Recycling – Wiederverwendung - Wiederverwertung

Bedeutsam werden diese Regelungen vor allem bei der Abbildung von Entsorgungsprozessen, respektive Recyclingprozessen am Ende der Lebenszyklusphase eines Bauproduktes.

Wenn der Heizwert am Ende der Nutzungsphase eines Bauproduktes durch thermische Verwertung aktiviert wird, kann er als Gutschrift bilanziert werden. Innerhalb der ecoinvent-Daten erfolgt ein Vorgehen ohne Gutschriften. D.h. der Heizwert wird dem Produkt und damit dem Gebäude nicht gutgeschrieben. Ein Rezyklatbaustoff wird nicht mit dem Heizwert belastet, da dieser bereits bei dem Primärprodukt bilanziert wurde. Umgekehrt werden die Erstprodukte nicht mit Entsorgungsprozessen belastet, wenn sie Abfälle ins Recycling geben.

Die Ökoinventare [Weibel/Stritz95] verfolgen dasselbe Vorgehen ohne Gutschriften. Diese Vorgehensweise bevorteilt diejenigen Systeme, welche statt zu entsorgende Abfallprodukte weiterverwertbare Nebenprodukte erzeugen und diejenigen Systeme, welche Sekundärrohstoffe für ihre Produktionsprozesse verwenden^[WIB1995].

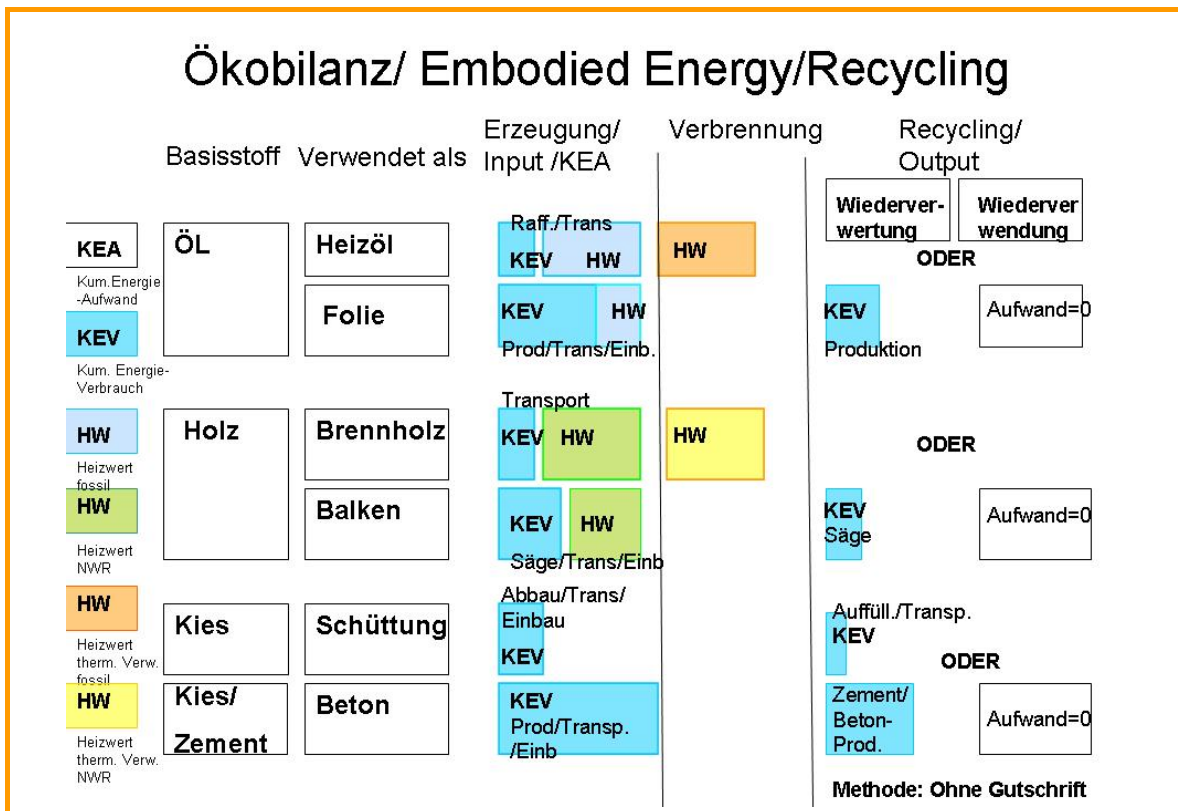


Abbildung 6: Kumulierter Energieaufwand bei Wiederverwertung bzw. Weiterverwendung

2.2.3. CO₂-Gutschriften

Ein anderes Problemfeld ist die Behandlung des CO₂ bei nachwachsenden Rohstoffen. Grundsätzlich erfasst eine Ökobilanz alle Prozesse, d.h. Herstellungsprozesse, Transport- und Bauprozesse, Entsorgungsprozesse. Ein vorhandener Basisrohstoff wie Öl beinhaltet Kohlenstoff „C“, das bei Verarbeitungs- und Verbrennungsprozessen freigesetzt wird als CO₂. Das der „Herstellungsprozess“ des Öl ebenso wie bei Granit oder Kies seit Jahr- millionen abgeschlossen ist, entstehen in einer Ökobilanz keine Umweltbelastungen durch den Stoff an sich. Bilanziert wird nur der Aufwand für die Gewinnung des Rohproduktes z.B. Ölplattformen oder Raffinerieprozesse.

Bei erneuerbaren Rohstoffen werden ebenfalls die Aufwendungen für Anbau und Ernte des Holzes erfasst. Zusätzlich wird aber berücksichtigt, dass bei der heute stattfindenden Produktion Kohlenstoff gebunden wird. Dieses C wird als zwischengelagerter Kohlenstoff dem Gebäude gutgeschrieben. Die zeitliche Trennung zwischen Einbau (Reduktion) und thermischer Verwertung am Ende des Lebenszyklus (Emission) rechtfertigt diese Betrachtung.

Das CO₂ welches durch die Aufwendungen für Anbau und Ernte des Holzes (KEV) als Umweltbelastung entsteht, wird davon abgezogen. In ecoinvent wird das im Holz gebundene CO₂ weitergegeben, auch an alle Abfälle, die Teile der Wertschöpfungskette sind, wie Sägewerksresthölzer.

Bei einer thermischen Verwertung z.B. bei Verbrennung in einem Holzpelletofen, wird das im Holz gebundene C als CO₂-Freisetzung sofort bilanziert. D.h. der Verbrennungsprozess mit nachwachsenden Rohstoffen schneidet CO₂-neutral ab.

Diese CO₂-Freisetzung findet bei Bauprodukten aus nachwachsenden Rohstoffen am Ende des Lebenszyklus statt, wenn die nachwachsenden Rohstoffe der thermischen Verwertung zugeführt werden. Dieser end-of-life-Prozess kann als Instandsetzungsmaßnahme während des Nutzungszyklus des Gebäudes periodisch auftreten, z.B. für einen Holzbo- den oder zusammen mit dem Abriss des gesamten Gebäudes. Durch den sich anschlies- senden Entsorgungsprozess wird dies rechnerisch veranlasst. In der Gesamtbilanz sind die Bauprodukte insgesamt CO₂-neutral

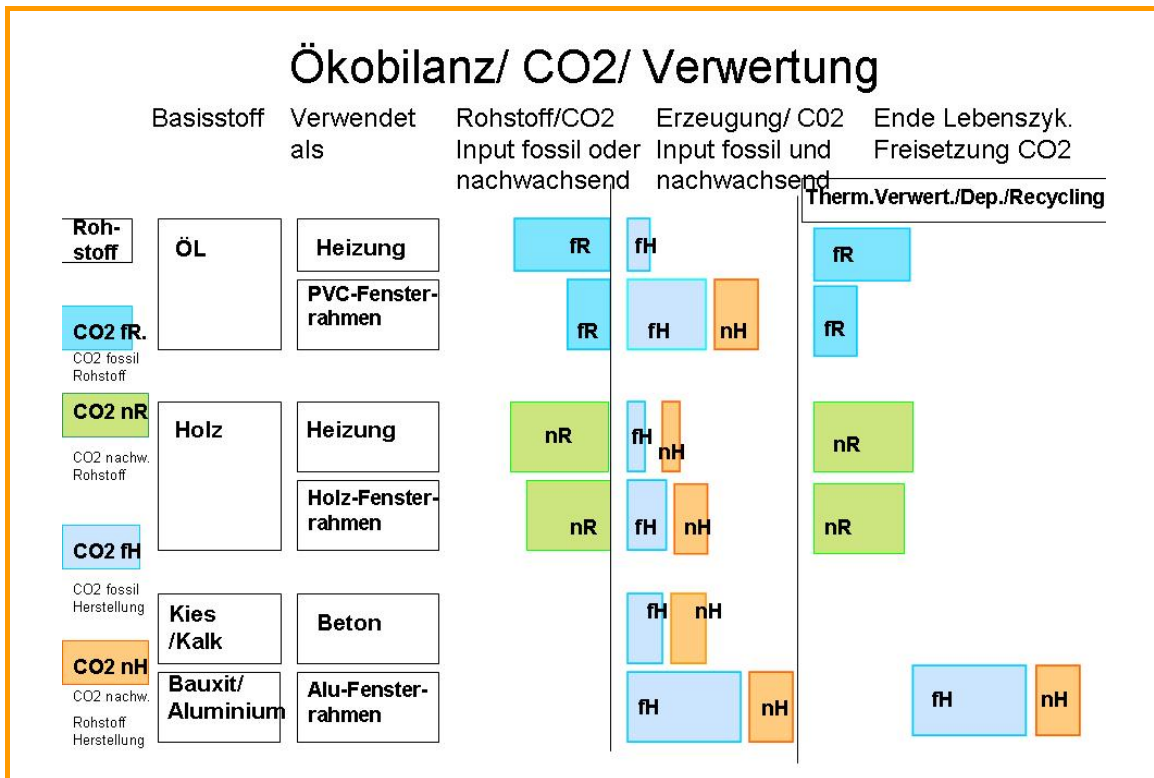


Abbildung 7: CO₂-Neutralität bei nachwachsenden Rohstoffen

Diese CO₂-Neutralität kann im Rechenprozess einfacher ausgeführt werden, wenn keine Gutschriften, aber auch keine Abzüge vorgenommen werden. Zusätzlich kann dann der CO₂-Speicher während des Nutzungszeitraums des Gebäudes angegeben werden.

2.3. Anwendung von Ökobilanzen

Im Baubereich ist zwischen Informationen unterschiedlicher Komplexität zu unterscheiden. Die Informationen können bei den benötigten Rohstoffen beginnen, z.B. Sand, Zement, Holz. Diese Informationsebene ist für die Anwendung im Planungsprozess ungeeignet, da zu schwerfällig und zeitintensiv. Bevorzugt werden Daten im Planungsprozess auf der Ebene der Bauteile z.B. Wärmedämmverbundsystem, Fenster, Heizkessel. Diese Ebene grösserer Komplexität dient notwendigen Lösungsvergleichen im Entwurfsprozess ohne die Variationsbreite der kreativen Lösung einzuschränken. Sollen dabei Informationsinkonsistenzen während des Planungsprozesses vermieden werden, ist eine Datenkette aus den Basisdaten der Rohstoffe bis in das aggregierte Element zu bilden.

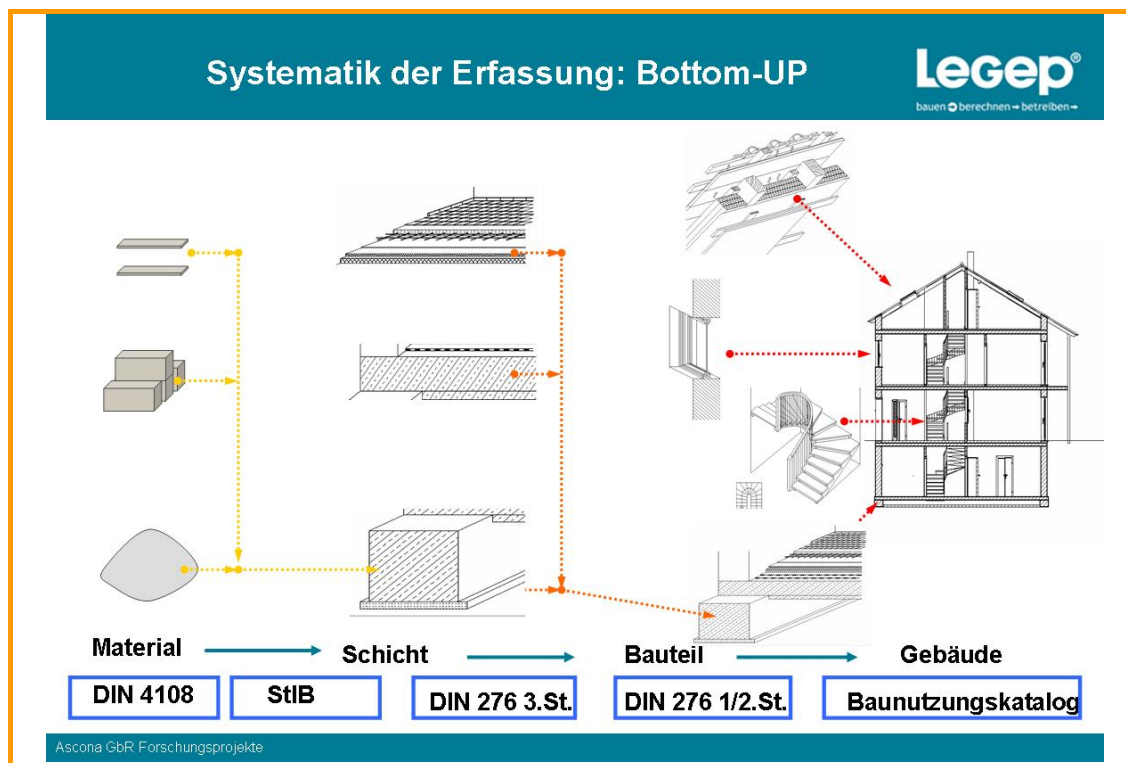


Abbildung 8: Verschiedene Ebenen der Information und des Inhalts

2.4. Vergleich und Bewertung von Baukonstruktionen

Baukonstruktionen können unter verschiedenen Fragestellungen miteinander verglichen werden. Als Beispiel soll ein Hüllflächenbauteil, ein Fenster, in unterschiedlicher Ausführung verglichen werden. Das Leistungsspektrum bezüglich des U-Wertes wird für alle Fenster gleich angenommen ($u_w = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$). Die Herstellungskosten repräsentieren den Einbaupreis auf der Baustelle inklusive aller Nebenleistungen ab.

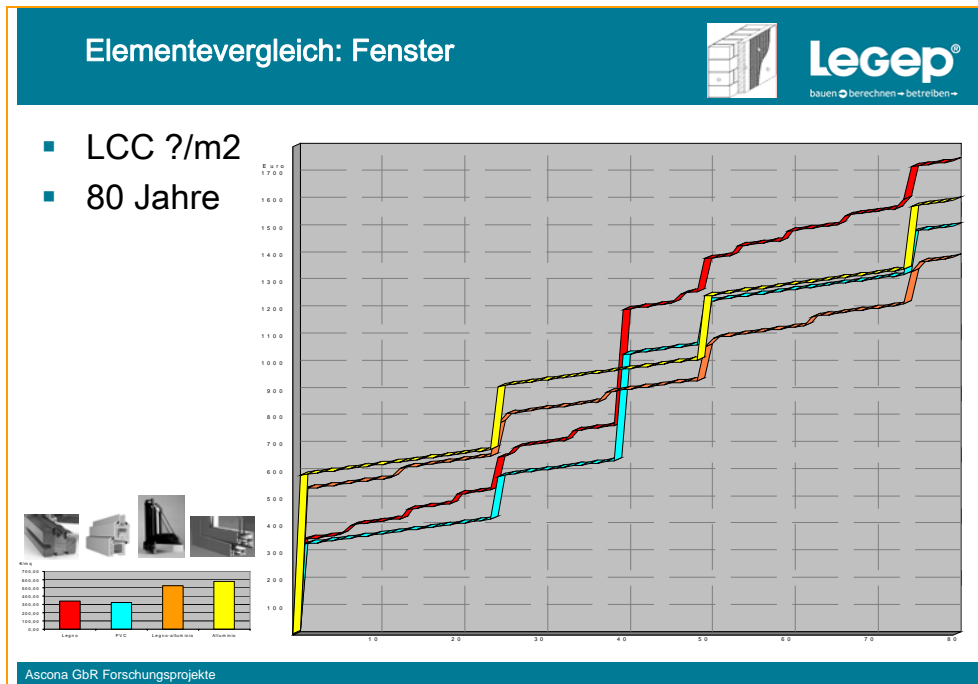


Abbildung 9: Fenstervergleich für Lebenszykluskosten

Die Lebenszykluskosten beinhalten die Aufwendungen für die Instandsetzungen über 80 Jahre und berücksichtigen z.B. die Oberflächenbehandlungen, den Ersatz der Beschläge, Dichtungen und der Verglasung, bzw. den Ersatz des gesamten Fensters in Abhängigkeit vom Rahmenmaterial.

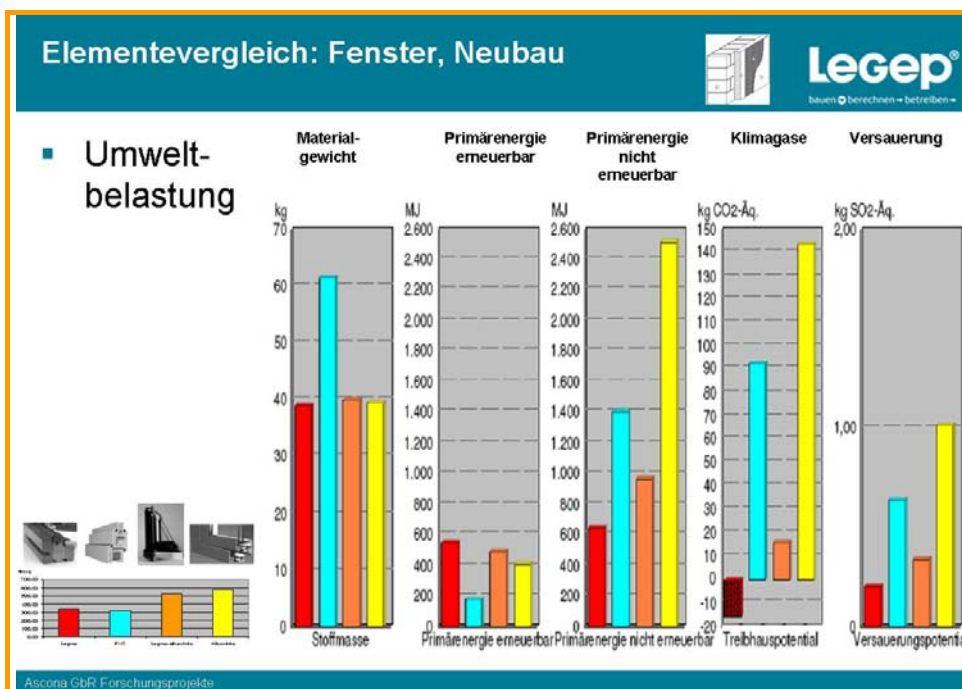


Abbildung 10: Fenstervergleich für vier Öko-Indikatoren

Die Umweltbelastung durch die vier unterschiedlichen Fenster wird anhand von 4 Indikatoren dargestellt:

- Klimagas kg CO₂-Äquivalente
- Versauerung kg SO₂-Äquivalente
- Primärenergie erneuerbar in MJ
- Primärenergie nicht erneuerbar in MJ.
- Die Angabe der Stoffmasse dient der Plausibilitätsprüfung.

3. Lebenshilfeprojekt „Lindenberg“

Das Lebenshilfeprojekt Lindenberg hat das Architekturbüro Lichtblau, München als Solarbauprojekt realisiert. Das Konzept überzeugte durch die Integration von produktionstechnischen Abläufen mit einem solargestützten Energiekonzept.

Um die Mehrinvestitionen gegenüber den Förderinstitutionen und dem Bauherrn zu rechtfertigen, wurde das Projekt bereits in der Entwurfsphase in LEGEP eingegeben und die Zusammenschau von Kosten, Energie und Ökologie als Argumentationshilfe eingesetzt. Zusätzlich wurde eine energetische Simulationsrechnung durch Prof. Hausladen durchgeführt. Diese Maßnahmen der computergestützten Vorausschau des Gebäudeverhaltens über den Lebenszyklus überzeugten alle Projektbeteiligten, so dass die ehrgeizige Solarbau-Variante des Gebäudekonzeptes realisiert werden konnte.

3.1. Gebäudebeschreibung

Die 'Neuen Werkstätten für behinderte Menschen' liegen am östlichen Stadtrand von Lindenberg (ca. 11.500 Einwohner) zwischen einer heterogen bebauten Umgebung und der Natur. Zwei langgestreckte Riegel, ebenerdig im Süden und mit Verwaltungsgeschoss über den Werkstätten im Norden, sind mit einem 2-geschoßigen Gemeinschaftshaus mit integrierter Hausmeisterwohnung, in Osten, ergänzt.

Werkstätte für behinderte Menschen, Lindenberg
Architekt Lichtblau, München

Legep[®]
bauen • berechnen • betreiben

▪ **Zwei Lösungen:**
Standard: Stb-Konstruktion, Mineralische Bausteine, MW, Dämmung Standard EnEV
Solarbau: Holzkonstruktion, Brettstapel, Zellulosedämmung, Dämmung Standard SOLARBAU
Benchmark: Heizbedarf 40 kWh/m², Endenergie (m.Beleuchtung): 70 kWh/m², PE: 100 kWh/m²

Räume:

- Verwaltung/Büros
- Cafeteria
- Werkstraße
- Werkstätten





Ascona GbR Forschungsprojekte

Abbildung 11: „Werkstätte für behinderte Menschen Lindenberg“

Das Bauwerk wurde durch die Förderung (SolarBau Planung 05/2002 - 01/2005) in einer zukunftsfähigen, integrierten Bauweise geplant und realisiert. Bis zum Jahr 2007 wird der Komplex mit einem Monitoring begleitet, (SolarBau Monitoring 10/2003 - 01/2007), um die Übereinstimmung zwischen berechneten Bedarfswerten und effektiven Verbräuchen zu überprüfen.

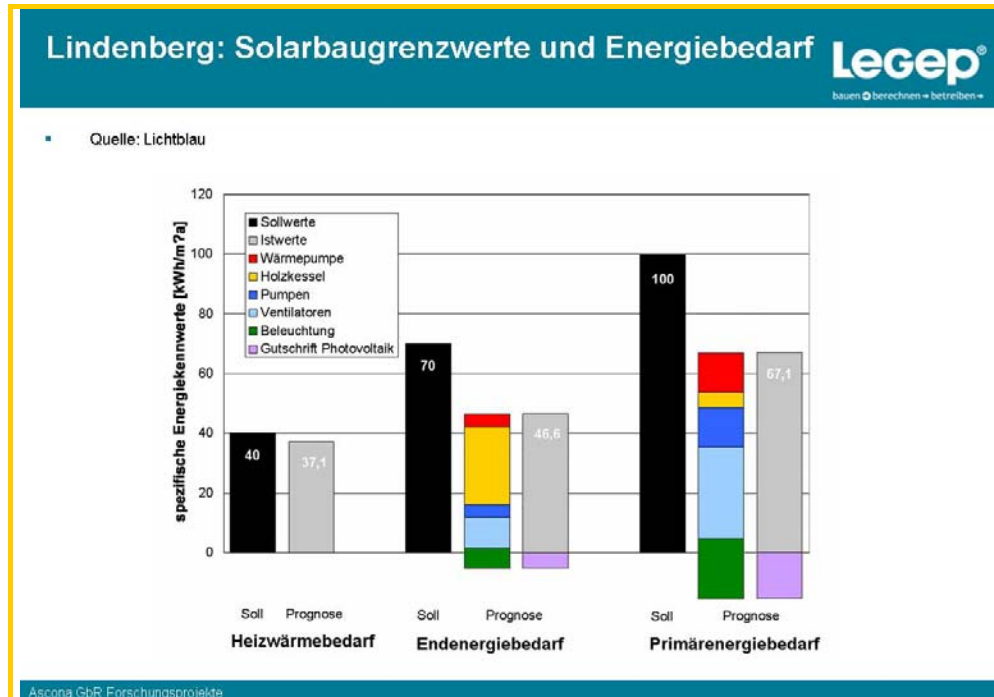


Abbildung 12: Vergleich der Solarbauvariante mit Solarbau-Grenzwerten

3.2. Kosten

Die Baukosten der beiden Varianten betrug brutto für die Kostengruppe 1-7 8.882.000 € für die Standardvariante und 9.433.000 € für die Solarbauvariante. Die Variante Solarbau ist um ca. 551.000 € teurer als die Standardvariante. Das sind ca. 6,2 % Mehrkosten.

3.3. Wärme und Energie

Die Grenzwerte des Solarbau-Programms werden von der ausgeführten Variante bei allen Indikatoren unterschritten.

3.4. Ökologie

Unterschieden wird zwischen dem ökologischen Aufwand für die Herstellung des Gebäudes und dem ökologischen Aufwand für die Herstellung und der Folgeaufwand der Nutzungsphase (Instandsetzung und Betrieb) innerhalb der Nutzungsdauer von 80 Jahren. Es werden vier Indikatoren für die Abschätzung der Umweltbelastung abgebildet:

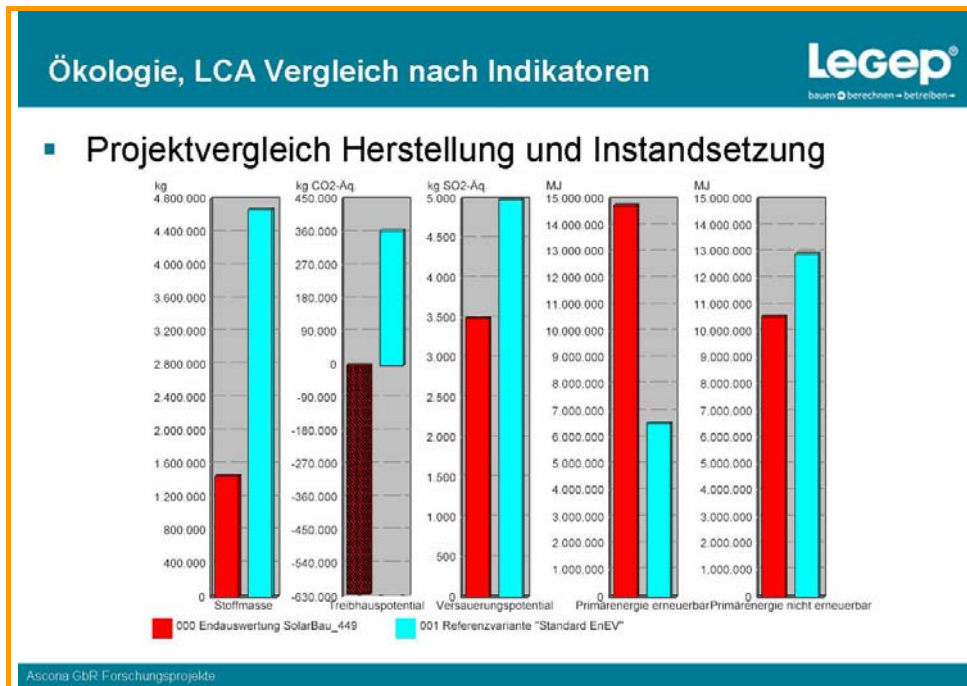


Abbildung 13: Vergleich Ökodaten rot Solarbauvariante, blau Standardvariante

- Klimagase
- Versauerung
- Primärenergieaufwand erneuerbar
- Primärenergieaufwand nicht erneuerbar.

Zusätzlich wird als Referenzwert die Stoffmasse abgebildet. Die Ergebnisse werden wegen der besseren Vergleichbarkeit auf einen m² Bruttogrundfläche bezogen.

Die Solarbauvariante nützt die Erdwärme durch eine elektrische Wärmepumpe. Die Spitzenheizlast wird mit einem Holzpelletkessel abgedeckt. Der Strombedarf ist durch die Lichtlenkungseinrichtungen für die Beleuchtung erheblich niedriger. Eine Photovoltaikanlage liefert zusätzlich einen Beitrag zum Einsatz regenerativer Energien.

4. Zusammenfassung

Es kann eindeutig nachgewiesen werden, dass mit einem relativ geringen Kostenmehraufwand für die Erstellung des beschriebenen Gebäudes (ca. 6%), der Umwelteintrag bereits bei der Herstellungsphase des Gebäudes bei einer Ausführung in Holzbauweise eindeutig geringer ausfällt. Dies gilt sowohl für die Errichtungsphase als auch für die Nutzungsphase des Gebäudes. Werden die Aufwendungen für das Betreiben des Gebäudes berücksichtigt ist der Vorteil der Umweltentlastung gegenüber der Standardlösung noch eindeutiger. Das Gebäude amortisiert sich unter Berücksichtigung der Gesamtlebenszykluskosten in 17 Jahren (Energiepreisbasis 2003, bzw. in 13 Jahren (Energiebezugspreis 2007).

Die komplexen Berechnungen für diese umfassende Gebäudebewertung über den gesamten Lebenszyklus sind, bei Wahrung der Datenkonsistenz und zu einem vertretbaren Zeitaufwand, nur mit einer integralen Software durchführbar. In Legep sind umfangreiche Datenbestände mit Gebäuden aus dem Wohnungsbau- und Nichtwohnungsbau angelegt worden. Die Berechnungsergebnisse werden fortlaufend verglichen mit den Ergebnissen anderer Berechnungswerkzeuge und mit den tatsächlich realisierten Werten des gebauten Projektes. Die Software kann im Neubau und im Baubestand eingesetzt werden.



Abbildung 14: LEGEP Software www.legep.de

5. Quellen

1. [LUE2005] Lützkendorf, Thomas, Vorlesung EBS unveröffentlicht, Karlsruhe 2006
2. [BUND97] Bund für Umwelt und Naturschutz, Leitbild Nachhaltige Entwicklung Berlin 1997
3. [DAB1999] Conradi Peter, Stellungnahme zur ENEV, Deutsches Architektenblatt, 10-1999
4. [FRÜH2002] Frühwald Ökobilanz Holz und Holzwerkstoffe, Informationsdienst Holz, Düsseldorf 2001
5. [FRÜH2002] Frühwald Ökobilanz Holz und Holzwerkstoffe, Informationsdienst Holz, Düsseldorf 2001
6. [ECO2007] Ecoinvent, The Life Cycle Inventory Data, Dübendorf 2007
7. [WIB1995] Weibel /Stritz, Ökoinventare und Wirkungsbilanzen von Baumaterialien, Zürich 1995