

Baustoffauswahl nach Nachhaltigkeitskriterien - praxistauglich

Als Planer sollten wir wissen, was unsere Baustoffe verursachen und welche Folgen ihre Verwendung auf Mensch und Umwelt hat. Hierzu braucht es keine komplette Ökobilanz, sondern die Kenntnis über die ökologische und ökonomische Auswirkung der Materialien. Hierzu gibt es gratis Kennwerte und Daten im Netz. Nutzen wir dieses Informationsangebot

Was wissen wir über die Umweltfolgen unserer Baustoffe?

Baustoffe werden im Regelfall nach bauphysikalischen, statischen und ästhetischen Eigenschaften ausgewählt, die der Lösung der Bauaufgabe am besten entsprechen und die das Kostenbudget erlaubt. Natürlich fragen wir noch nach den Inhaltsstoffen und mutmaßen über die Gesundheitsverträglichkeit frei nachdem Motto „wenn keine schädlichen Stoffe enthalten sind, kann auch niemand zu Schaden kommen“. Aber im Grunde wissen wir herzlich wenig über die Auswirkung auf die Umwelt unseres Baustoff-Cocktails, den wir täglich anrichten.

Wie sollte es auch anders sein? Erstens stehen die Umweltauswirkungen nicht in der Baustofftabelle und nicht im Produktdatenblatt und wenn sie es täten, müssten wir erst lernen sie zu interpretieren, um die resultierenden Schlüsse daraus ziehen zu können.

Und zweitens ist die Recherche mühsam und stört den Arbeitsablauf im Architekturbüro/ wird nicht honoriert bei Kleinprojekten (die aber in der Summe das größere Bauvolumen ausmachen) und sicher kommt manchem auch die Frage auf, was das überhaupt mit Architektur und Gestaltung zu tun hat? Die Antwort ist: Sehr viel, es ist essenzieller Bestandteil des gestaltenden Bauens und beeinflusst das Raumgefühl nicht weniger als Licht und Proportionen. Denn wenn die Stoffe nicht zum Raum und den Nutzern passen, kann auf Dauer sich kein befriedigendes Wohnklima einstellen.

Wir wollen einfach nur wissen, welche Folgen unsere Baustoffe auf Mensch und Umwelt haben

Wir wollen wissen, welche Umweltauswirkungen unsere verbauten Materialien haben und wie die Auswirkungen der Baustoffe im Vergleich untereinander sind und wie wir beim Planungsprozess steuernd eingreifen können. Wir brauchen keine komplette Ökobilanz für jedes Kleinprojekt und können mit der alle Detailinformationen verwischenden Unschärfe eines Label-Ergebnisses „Bronze/ Silber/ Gold oder nach DGNB (Deutsche Gesellschaft für nachhaltiges Bauen) sogar Platin“ uns ja auch nicht zufrieden geben. Das können sich Bauherren großer repräsentativer Projekte durchaus als Orden ans Revers heften, aber für unsere Alltagsarchitektur ist es nicht gut zu verwerten und der Aufwand ist auch nicht zu rechtfertigen.

Für uns als Anwender in der Praxis ist es wertvoller zu wissen, ob

- der Verbrauch natürlicher Ressourcen gering oder hoch ist,
- eine Schadstoffbelastung für Umwelt und menschliche Gesundheit zu erwarten ist,
- die Baustoffe die Erdatmosphäre, den Boden, das Grundwassers und die Gewässer schützen oder belasten,

- die Baustoffe und Bauteile umweltverträglich hergestellt, effizient benutzt und nachgenutzt werden,
- der Instandhaltungsaufwand niedrig oder aufwendig ist und ob die Bauteile lange halten (geplante oder natürliche Obsoleszenz),
- die Unterhalts- und Lebenszykluskosten klein oder groß sind.

Welche Informationsquellen gibt es?

Mit dem Bewertungssystem für nachhaltiges Bauen (BNB) liegen Materialdaten inkl. einer Methodenbeschreibung vor, die vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) und seinen angegliederten Ämtern – z.B. dem Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) – zusammengetragen und jedermann kostenfrei zugänglich ins Netz gestellt wurden. Die Datensätze werden von Mitarbeitern des BBSR in angemessenen Rhythmen aktualisiert und ergänzt, die sich dieses Themas engagiert angenommen haben. Man kann daraus durchaus die ministerielle Absicht ablesen, die Bedeutung der Umweltauswirkungen unserer Baustoffe in der Planung berücksichtigen zu wollen. Und – wir haben die Datenerfassung und die Bereitstellung mit unseren Steuern bereits bezahlt! Wir wären schlecht beraten, wenn wir dieses „Steuergeschenk“ nicht annähmen und nicht für unsere Bauvorhaben anwendeten, zumal die Methode der Datenerfassung - im Gegensatz zum kommerziell ausgerichteten DGNB-System - weitgehend transparent beschrieben wird.

Zur Motivierung, sich der frei verfügbaren und für eigene Projekte anwendbaren Informationen und Werkzeuge für Nachhaltiges Bauen und Planen zu bedienen, seien hier die wichtigsten genannt:

- Leitfaden_2015 Nachhaltiges Bauen (BMUB) <http://www.nachhaltigesbauen.de>
http://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/pdf/Leitfaden_2015/LFNB_D_final-barrierefrei.pdf
- WECOBIS (BMUB) www.wecobis.de
bietet herstellernerneutrale Informationen zu gesundheitlichen und umweltrelevanten Aspekten von Baustoffen/ Ausschreibungshilfen/ Zeichen & Deklarationen/ Technische Daten/ Literaturverweise sowie qualitative Beschreibungen der Lebenszykluskriterien (Rohstoffe/ Herstellung/ Verarbeitung/ Nutzung und Nachnutzung)
- ÖKOBAUDAT (BMUB) www.oekobaudat.de
Environmental product declarations (EPDs) und generische Datensätze zur Lebenszyklusanalyse/ -bewertung (LCA = Life-cycle assessment) von Baustoffen, Bauteilen und Gebäuden. Hier stecken die quantitativen Daten nach internationalem Standard drin zu umweltrelevanten Kennwerten:
 - Summe Primärenergie, getrennt nach „nicht erneuerbar“ und „erneuerbar“
 - Abiotischer Ressourcenabbau, elementar bzw. fossil (ADP)

Abb 1. Erläuterung

Die Erstellung einer EPD wird vom Produkthersteller selber finanziert und hat eine begrenzte Gültigkeit (im Regelfall 2 Jahre). Um eine transparente Neutralität zu garantieren, ist sie durch unabhängige Dritte kostenpflichtig zu verifizieren. Deshalb können sich nicht alle Hersteller – insb. kleine Nischenproduktentwickler mit fundamentalen ökologischen Anspruch – sich nicht eine EPD für jedes ihrer Produkte leisten. In solchen Fällen arbeitet man mit generischen Datensätzen der Materialien, die aus der Produktbeschreibung hervorgehen müssen. Generische Daten werden mit einem Bewertungsmalus beaufschlagt, da sie allgemein für eine Materialgruppe gültig sind und nicht spezifisch auf das betreffende Produkt Bezug nehmen.

- Überdüngungspotenzial = Eutrophierungspotenzial (EP)
- Ozonschichtabbaupotenzial (ODP)
- bodennahes Ozonbildungspotenzial (POPC)
- Treibhauspotenzial (GWP)
- Versauerungspotenzial (AP)
- Trinkwasserbedarf und Abwasseraufkommen

Abk.	Einheit	Bedeutung (e)	Bedeutung (D)
PEne	[MJ]	primary energy, not renewable	Summe Primärenergie, nicht erneuerbar
PEe	[MJ]	primary energy, renewable	Summe Primärenergie, erneuerbar
ADP	[kg Sb-Äq.] [MJ]	Abiotic Depletion Potential	Abiotischer Ressourcenabbau (elementar) Abiotischer Ressourcenabbau (fossil)
EP	[kg PO4-Äq.] [kg Phosphate-Äq.]	Eutrophication Potential	Überdüngungspotenzial = Eutrophierungspotenzial
ODP	[kg R11-Äq.]	Ozone Depletion Potential	Ozonschichtabbaupotenzial
POCP	[kg C2H4-Äq.]	Photochemical Ozone Creation Potential	Ozonbildungspotenzial (bodennah)
GWP	[kg CO2-Äq.]	Global Warming Potential	Treibhauspotenzial
AP	[kg SO2-Äq.]	Acidification Potential	Versauerungspotenzial

Abb.2 Umweltfaktoren

- BNB-System (BBSR) www.bnb-nachhaltigesbauen.de
Sammlung von Kriterien und Bewertungsmaßstäben – die „Blaupause“ der anderen Steckbriefe
- BNK-System (Bau-Institut f. Ressourceneffizientes u. Nachhaltiges Bauen GmbH - BiRN) mit Unterstützung des BMUB www.nachhaltigesbauen.de/nachhaltige-wohngebaeude.html
Bewertungssystem Nachhaltiger Kleinwohnhausbau – Neubau – gemeint sind Ein- und Zweifamilienhäuser sowie Mehrfamilienhäuser mit bis zu fünf Wohneinheiten
- Mehrere Steckbriefe anderer Gebäudetypen (z.B. Unterrichtsgebäude/ .../ Aus-senanlagen) auf der Grundlage des BNB-Systems – die Recherche lohnt
- eLCA (BBSR) www.bauteileditor.de
existiert bisher als Beta-Version in der Erprobungsphase und stellt als online-tool eine große Erleichterung der (mühseligen) Rechenarbeit der o. g. Fas-sungen dar.

Da es (noch ?) nicht für jede denkbare Bauaufgabe den passenden Steckbrief in An-lehnung an das BNB mit der aufgabenspezifischen Auswahl und Wichtung der Be-wertungsthemen/ -kriterien/ -indikatoren gibt, ist es legitim, für die Baustoffauswahl der eigenen Bauaufgabe den „guten Menschen-“ oder auch den Ingenieurverstand zu gebrauchen. Für den Baustoffvergleich genügt es, sich an den o. g. Bewertungs-methoden zu orientieren und diese anzupassen, denn es soll ja keine komplette Ö-kobilanz erstellt werden.

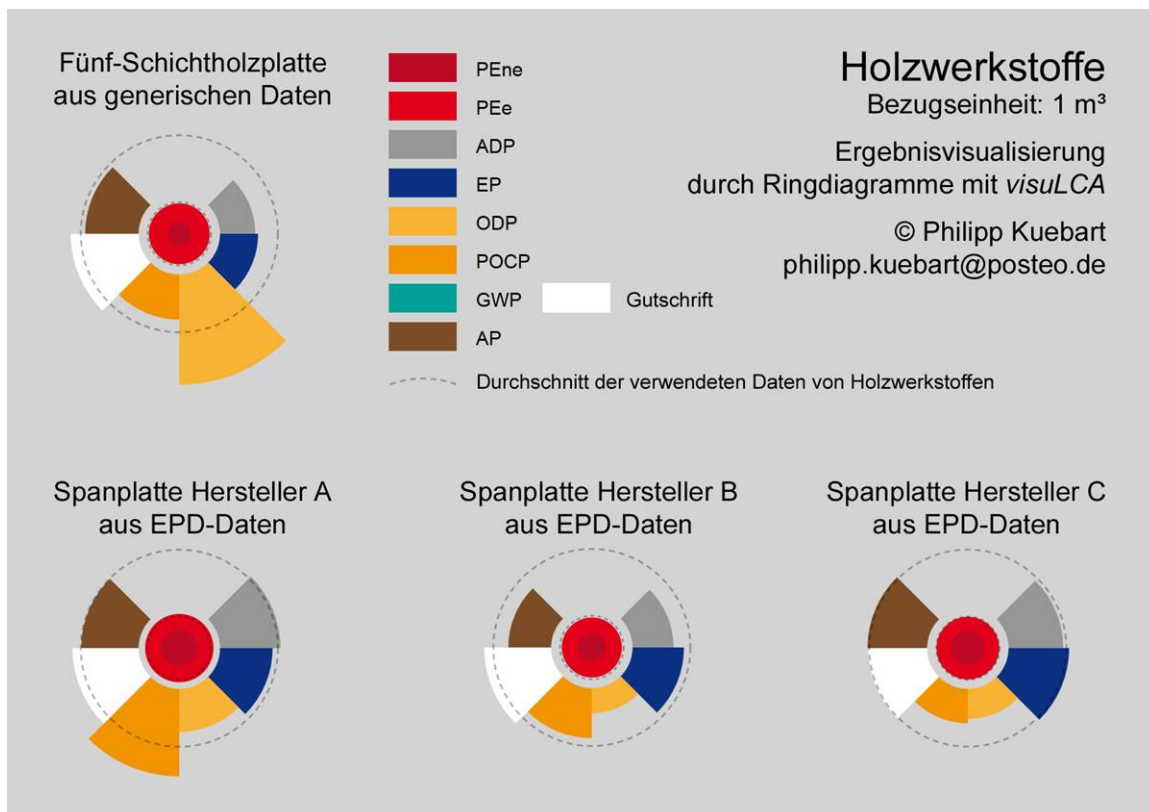


Abb.3 Ringdiagramme

Eine Anpassung ist auch in der Altbaumodernisierung notwendig und wurde auch im betrachteten Fallbeispiel der Konversion (des Ausbaus) einer Scheune zu Wohnungen vorgenommen.

Vergleich von Baustoffen und Bauteilen im angewandten Beispiel

Der Ort

Unmittelbar am Südrand des Naturschutzgebietes „Oberes Rhinluch“ gelegen, bietet der Standort im havelländischen Dorf Linum (Brandenburg) am Niedermoor und den umgebenden Grünlandflächen 2 x im Jahr mehreren zehntausend Kranichen einem der größten Sammel- und Rastplätze auf ihrer westeuropäischen Zugroute. Die Teiche sind zugleich Brut-, Rast- und Nahrungsgebiet zahlreicher Wasservögel. Das verzweigte Gewässersystem mit seinen vielgestaltigen Ufern bietet gute Lebensbedingungen für zahlreiche bedrohte Tier- und Pflanzenarten¹. Kurzum, Linum ist ein wichtiger Anlaufpunkt für behutsame und umweltrespektierende Naturbeobachtende nicht nur aus dem nahen Berlin. Selbstverständlich war der unverbaubare Blick in

¹ <https://berlin.nabu.de/stadt-und-natur/projekte-nabu-berlin/storchenschmiedelinum/index.html> und Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz, Naturschutzstation Rhinluch, www.lugv.brandenburg.de

das unmittelbar angrenzende Schutzgebiet ein wesentliches Entwurfsmerkmal für die Ausrichtung der neuen Wohnungen in dem nicht mehr als Scheune benötigten Gebäude.

Das Projekt

Die Scheune ist eines von sechs Häusern einer ehemaligen Anlage der dörflichen landwirtschaftlichen Produktionsgenossenschaft, die nach der Wende langjährig ungenutzt leer stand und seit 2011 sukzessive einer zeitgemäßen Nutzung zugeführt wird. So hat unser Büro mit den Investitionen der neuen Bauherren durch die Einrichtung einer Mosterei in dem Straßengebäude (Nr.1) und durch substanzerhaltende Maßnahmen in anderen Gebäuden den weiteren Verfall gestoppt. Damals wurden auch schon die energetischen Standards aller Gebäude gemeinsam mit den Bauherren festgelegt, so dass die Scheitholz-Heizung in der Mosterei für die Nahwärmeversorgung des Backsteinhauses (Nr.2) und der Scheune (Nr.3) durch kaskadenartige Erweiterung entsprechend konzipiert wurde. Außerdem wurde ein Regenwasserkonzept für alle Gebäude mit Schönungsteich festgelegt und in den Flächen bereits realisiert, die für die Mosterei versiegelt werden mussten.

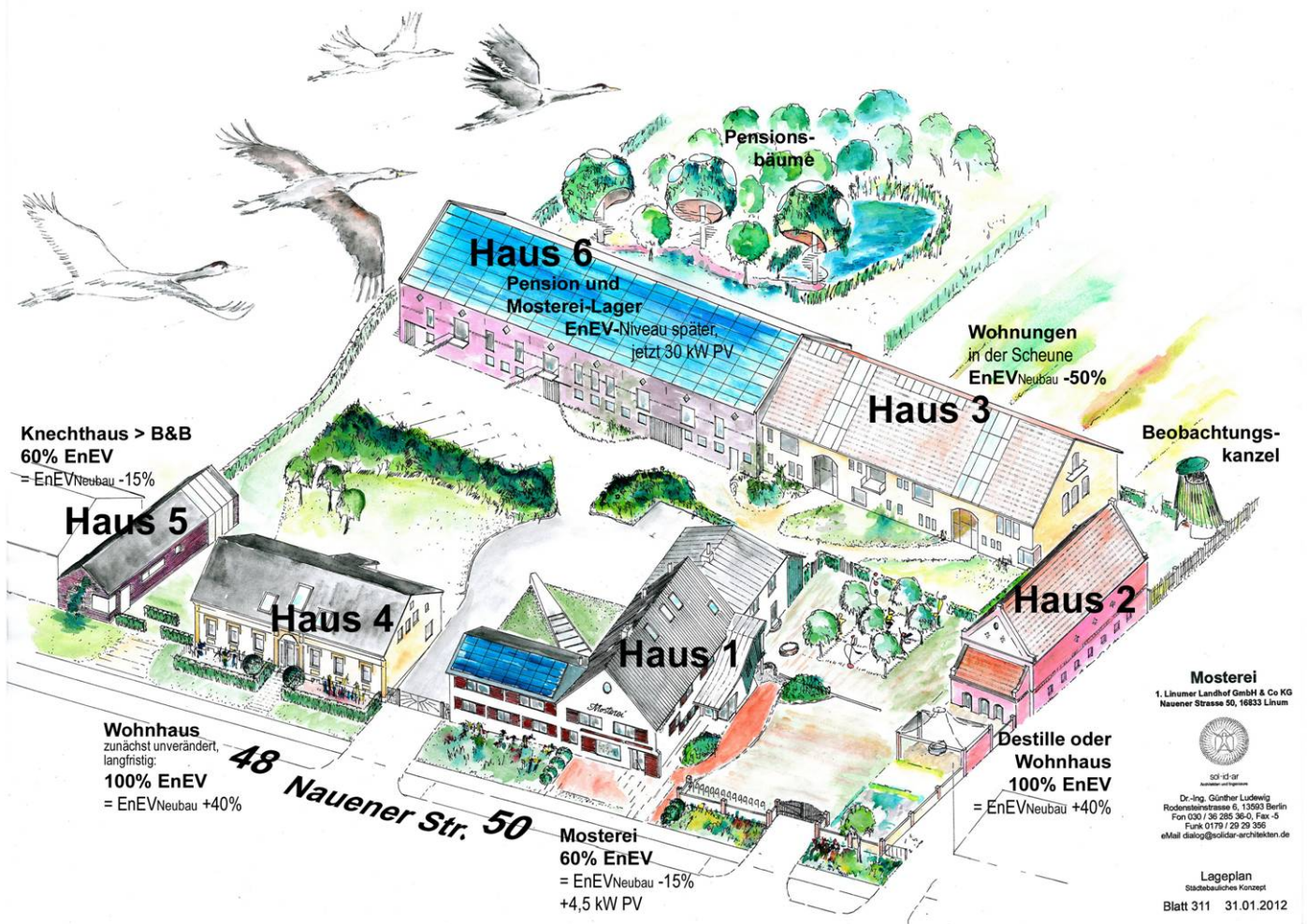


Abb.4 Gesamtprojekt Lageplan mit Energiebedarfsfestlegung

In das bestehende Tragwerk der Scheune mit den sechs gliedernden, haushohen Segmenten fügen sich die Wohnungen wie eigenständige Häuser mit drei Wohnebenen ein. Jede Wohnung verfügt über ein Glashaus zwischen den Häusern. Die Glashausfassaden zitieren die architektonische Formensprache der alten Scheunentore und lassen die Spuren der landwirtschaftlichen Historie bewusst sichtbar.



Abb.5 Realfoto + Modellfoto

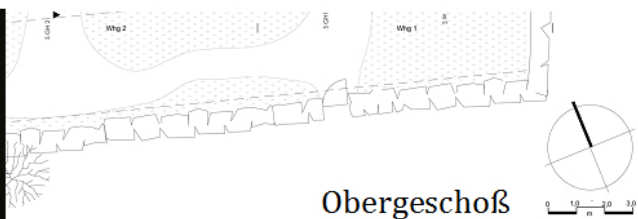
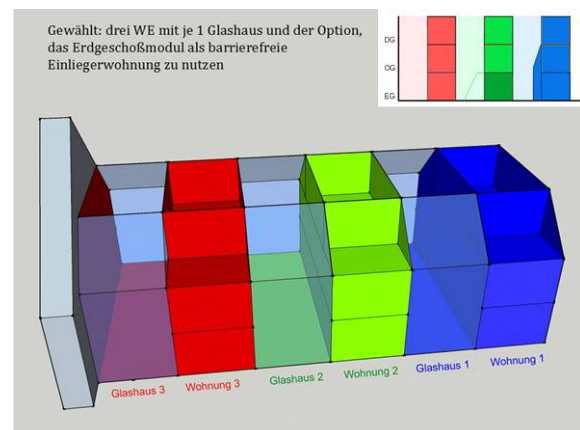


Abb.6a Aufteilungsschema



Nicht nur Tageslicht gelangt über das Glashaus in die Häuser, es bietet auch außergewöhnliche Nutzungsangebote: So gibt es geschützte Freiräume, Balkone und Galerien, die bei jeder Witterung - also auch bei Regen - nutzbar sind.

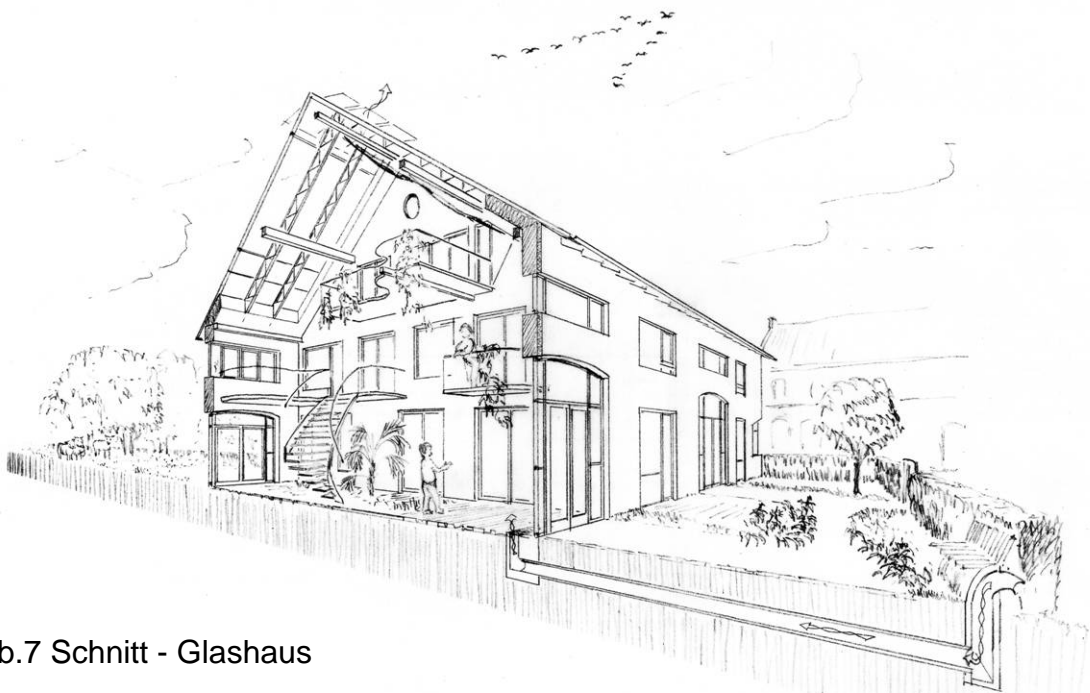


Abb.7 Schnitt - Glashaus

Abb.7a Dieter Schempp Glashaus der
Fa.. Tegut Fulda, Foto G. Löhnert

Glashäuser sind hier – wie bei den Vorbildern des „Altmeisters der grünen Wohnräume“ Dieter Schempp, Tübingen - unbeheizte Pufferzonen, die mit intensiver Bepflanzung die Grenzen zwischen Innen- und Außenraum verwischen und fließende Übergänge schaffen. An den Giebeln zu den jeweiligen Nachbarn können intensiv begrünte, frostwächtergeschützte Vertikalgärten gedeihen und auch zur Lebensmittelproduktion im eigenen Haus beitragen. Den Schutz vor sommerlicher Überhitzung werden Sonnensegel und die natürliche Lüftung bewerkstelligen, die durch den Auftrieb wie in einem Luftkollektor erdgekühlte Frischluft in das Glashaus einspeist. Das System funktioniert ohne motorischen Antrieb allein durch die Energie der Sonne und immer nur dann wenn durch sie ein Kühl- und Luftwechselbedarf besteht.



Die Treppen im Glashaus ermöglichen im Bedarfsfall die Nachrüstung für eine barrierefreie Erschließung auch der oberen Etagen. Die Wohnungen wurden modular geplant. Diese Bauweise führt zu einer nahezu unendlichen Flexibilität in der Gestaltung der Wohnungsgrößen. Zum Beispiel ist es leicht möglich, zu einem späteren Zeitpunkt das „Wohnungsmodul“ im Erdgeschoß für eine Altenteilwohnung abzutrennen oder das „Dachgeschoßmodul“ für eine Einliegerwohnung auszugliedern. So

wird generationsübergreifendes Wohnen mit größtmöglicher Eigenständigkeit unter einem Dach ohne große Umbaumaßnahmen realisierbar.

Da es sich quasi um Neubauten im alten Gewand handelt, wird ein optimierter Wärmeschutz konzipiert, der den Energiebedarf auf 50% des zulässigen Höchstwertes für Neubauten minimiert.

Die Zufahrt zu den Wohnhäusern erfolgt über die westliche Grundstückszufahrt. So bleibt der künstlerisch gestaltete Hof vor den Wohnungen autofrei und kann gefahrlos für Spiel und Freizeit fußgängerläufig erlebt werden. Die Pkw-Stellplätze für die Wohnungen sowie die Abfall- und Wertstoffsammlung werden im Erdgeschoß des westlich angrenzenden ehemaligen Stallgebäudes eingerichtet.

Der Vergleich

Die Betrachtung war Bestandteil einer Masterarbeit an der FH Potsdam, Studiengang „Bauerhaltung – Bauen im Bestand + Bauwerkserhaltung“, die vom Autor als Zweitgutachter betreut wurde. Zum Vergleich wurde eine Wohneinheit betrachtet, für die bei unverändertem Entwurf und gleichem energetischen Standard drei unterschiedliche Baukonstruktionen gewählt wurden:

• **Basis** – in erster Linie billige Produkte mit häufiger Anwendung

- **Bodenaufbau:** Keram. Belag/ Zementestrich/ Extrud. Polystyrol-Dämmung/ Polymerbitumen-Schweißbahn mit Bitumenvoranstrich/ Stahlbetonsohle/ Extrud. Polystyrol-Dämmung/ Magerbeton/ Sandbettung

- **Außenwandaufbau:** Gipsputz/ Mauerwerk+Kalkzementputz im Bestand (ohne Bewertung)/ Polystyrol-WDVS/ Putz

- **Wandaufbau zum Glashauss:** Gipsputz/ Kalksandstein-Mauerwerk/ Holzfachwerk im Bestand (ohne Bewertung)/ Polystyrol-WDVS/ Putz

- **Fenster:** Kunststofffenster mit 3-fach Verglasung

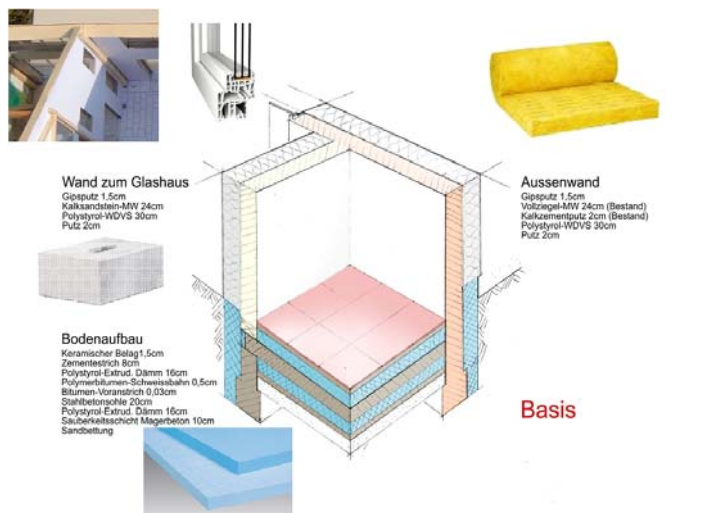
- **Dachaufbau:** Gipskarton/ Mineralwolle-Dämmung/ Lattung + Konterlattung/ Deckung ohne Berücksichtigung, da in allen Fällen gleich

- **Lüftung:** Fensterlüftung

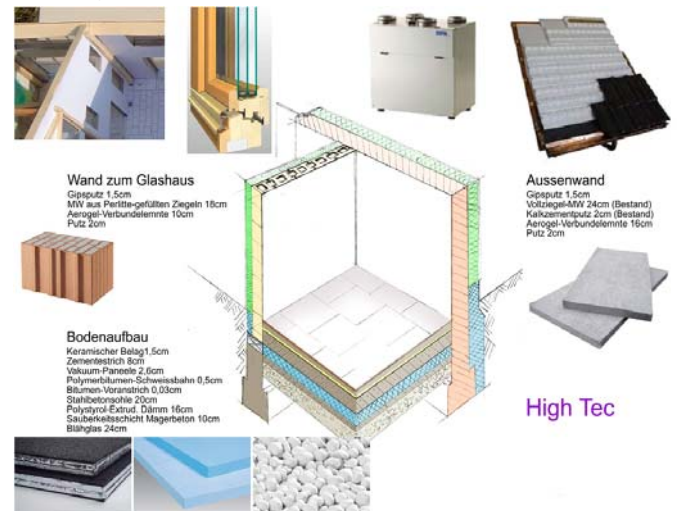
• **Öko** – in erster Linie nachwachsende Produkte und natürlichen Ursprungs

- **Bodenaufbau:** Hobeldielen/ Holzfaserdämmung/ Polymerbitumen-Schweißbahn mit Bitumenvoranstrich/ Stahlbetonsohle/ Magerbeton/ Naturbims

- **Außenwandaufbau:** Lehmputz/ Mauerwerk+Kalkzementputz im Bestand (ohne Bewertung)/ Holzstegträger mit Zelloosedämmung/ Holzfaserplatte/ Putz



- *Wandaufbau zum Glashaus:* Lehmputz/ Holzfaserplatte/ Holzstegträger mit Zellulosedämmung/ Holzfachwerk im Bestand (ohne Bewertung)/ Holzfaserplatte/ Putz
- *Fenster:* Lärchenholzfenster mit 3-fach Verglasung
- *Dachaufbau:* Gipsfaser/ Zellulose-Dämmung/ Lattung + Konterlattung/ Deckung ohne Berücksichtigung
- *Lüftung:* Dezentrale Mauerwerkslüftung mit Wärmerückgewinnung (WRG)
- **High Tec**– in erster Linie technisch innovative „high-end“-Produkte
 - *Bodenaufbau:* Keram. Belag/ Zementestrich/ Vakuum-Dämmung/ Polymerbitumen-Schweißbahn mit Bitumenvoranstrich/ Stahlbetonsohle/ Extrud. Polystyrol-Dämmung/ Magerbeton/ Blähglas
 - *Außenwandaufbau:* Gipsputz/ Mauerwerk+Kalkzementputz im Bestand (ohne Bewertung)/ Aerogel-Verbundelemente/ Putz
 - *Wandaufbau zum Glashaus:* Gipsputz/ Leichtziegel mit Perlite gefüllt/ Holzfachwerk im Bestand (ohne Bewertung)/ Aerogel-Verbundelemente/ Putz
 - *Fenster:* Holzfenster mit Kunststoffdämmkern (passivhaustauglich) mit 3-fach Verglasung
 - *Dachaufbau:* Gipskarton/ Polystyrol-umschlossene Vakuum-Dämmung zur Ziegeldirektaufnahme/ Deckung ohne Berücksichtigung
 - *Lüftung:* Zentrale Lüftungsanlage mit WRG



Um die Arbeit auf die Unterschiede zu fokussieren, die sich durch die verschiedenen Baustoffvarianten ergeben, haben wir alle Qualitäten vom Vergleich abgetrennt, die bei Austausch der Baustoffe nicht verändert werden:

- Die Standortmerkmale sind identisch
- Die Prozessqualität haben wir als gleichwertig unterstellt, wenn die Planungen ganzheitlich vom selben Planungsteam vorgenommen würden
- Die Technischen Qualitäten konnten auf die Anlagen Gruppe „Lüftung“ beschränkt werden, da Heizung und Sanitäreanlagen gleich bleiben
- Die Soziokulturellen und funktionalen Qualitäten (Wohnqualitäten) sind überwiegend – nämlich bezüglich Trinkwasserhygiene/ Tageslichtverfügbarkeit/ Schallschutz/ Bedienerfreundlichkeit der Haustechnik/ Sicherheit und Barrierefreiheit - gleich. Da die Bewertung der Innenraumlufthygiene und des sommerlichen Wärmeschutzes nach qualitativen Kriterien vorgenommen wird, haben wir bei unserer quantitativen Betrachtung die Wohnqualitäten ebenfalls ausgegrenzt.

Übrig blieben so:

- Ökologische Qualität
- Ökonomische Qualität
- Technischen Qualität – nur Lüftung

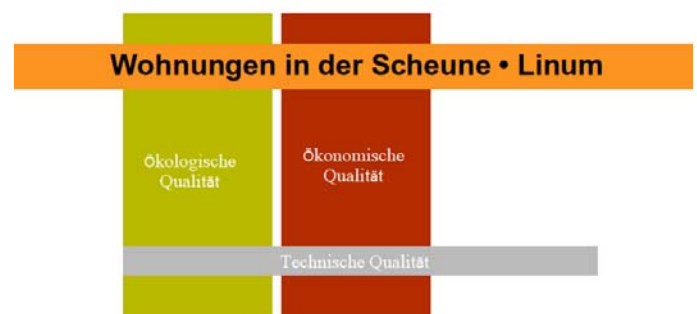


Abb.11 Reduzierte Hauptkriteriengruppen

Ergebnisse

Die Ergebnispräsentation kann hier nur eine Auswahl der Baustoff- und Bauteilwirkungen sein, die wir bei unseren Planungsentscheidungen zu Grunde legen müssten. Die Tendenz ist jedoch eindeutig: Öko ist im Vorteil mit Ausnahme der Herstellungskosten.

Die Diagramme 1 bis 3 zeigen den Verlauf im Vergleich über 50 Jahre

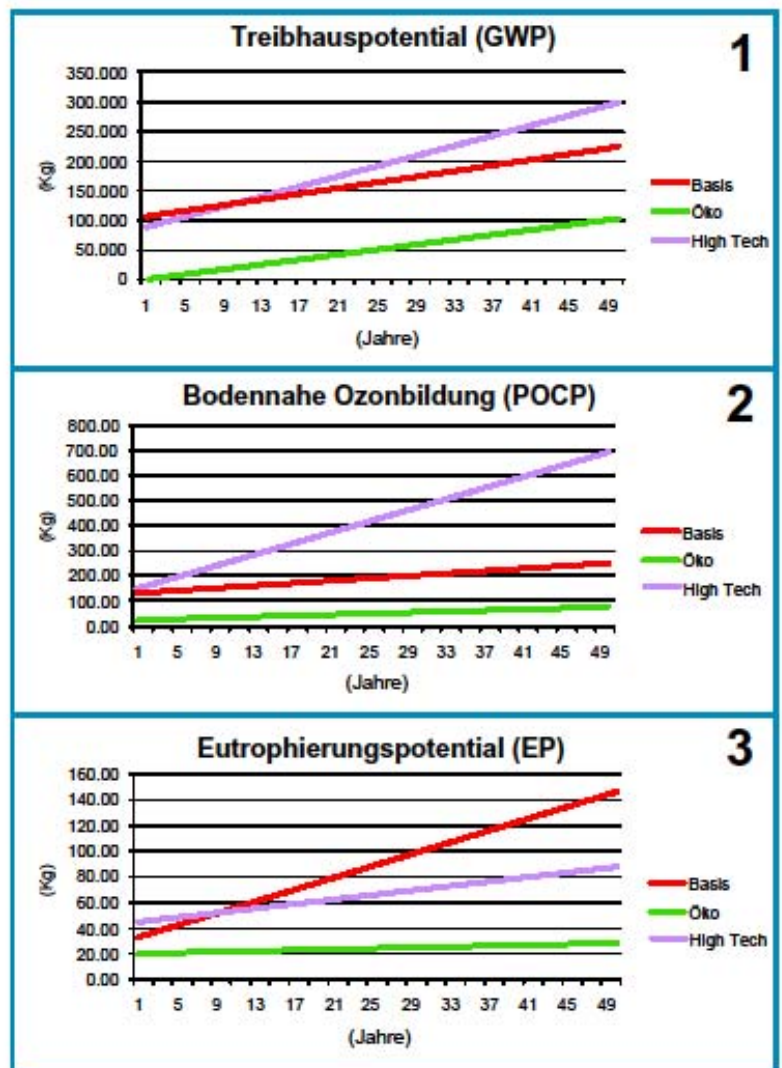


Abb.12

12 Linie

Die Säulendiagramme 4 bis 9 zeigen Umweltauswirkungen für die Herstellung. Der sehr geringe GWP-Wert der Öko-Variante ist durch die CO₂-Holzwachstum-Gutschrift begründet.

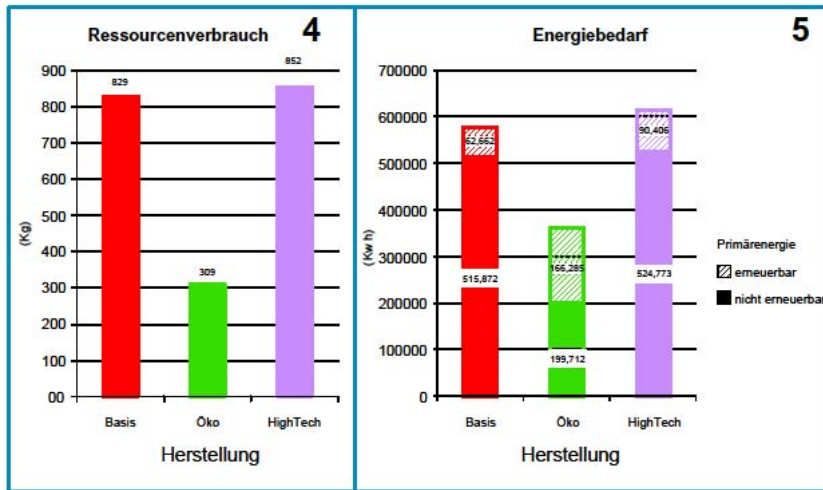


Abb.13

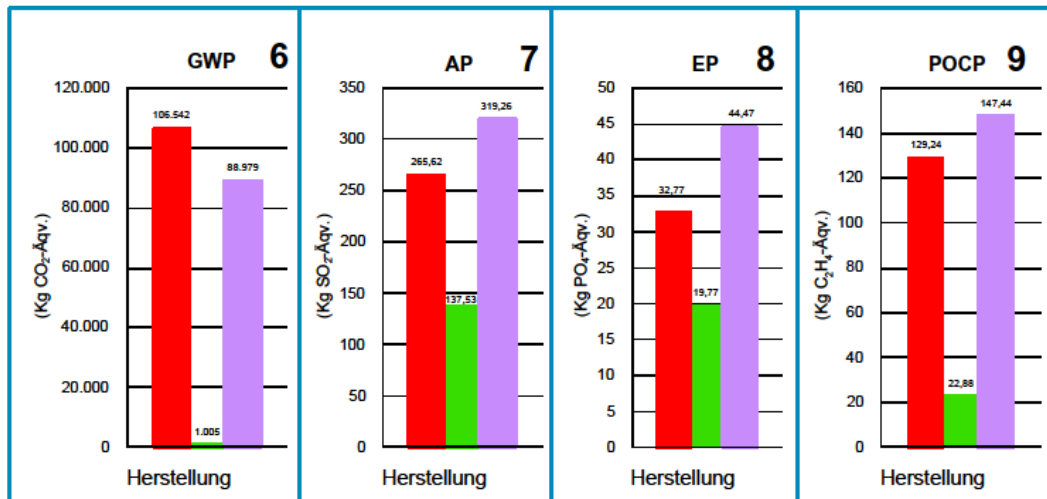
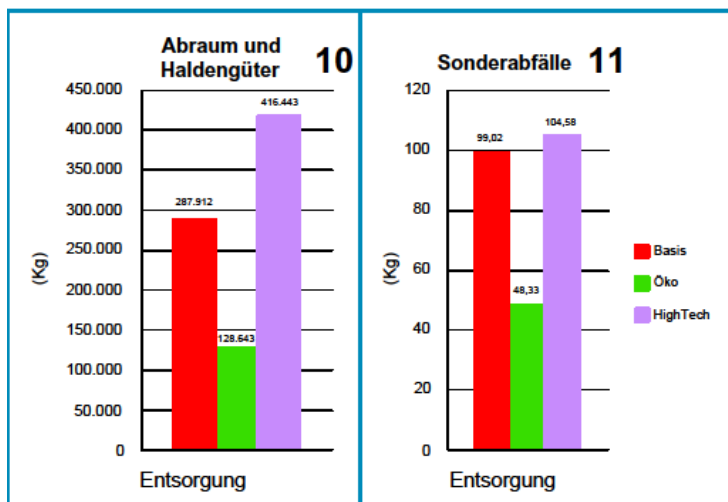


Abb.14



Die Diagramme 10 und 11 zeigen Umweltauswirkungen für die Entsorgung am Ende der Lebenszeit.

Abb.15

Die Diagramme 12 und 13 zeigen Umweltauswirkungen während der Nutzung. Die annähernd gleich sind. Die geringen Unterschiede liegen zum einen an einer gewissen Unschärfe (aber besser kann man es wohl kaum machen?) der zur Verfügung stehenden Datensätze und auch an den Abschlägen der z. T. verwandten generischen Datensätze der Ökovariante. Mit anderen Worten: Würden für alle Baustoffe Datensätze aus EPDs vorliegen, würden die Ergebnisse der Öko-Variante im Vergleich noch besser ausfallen.

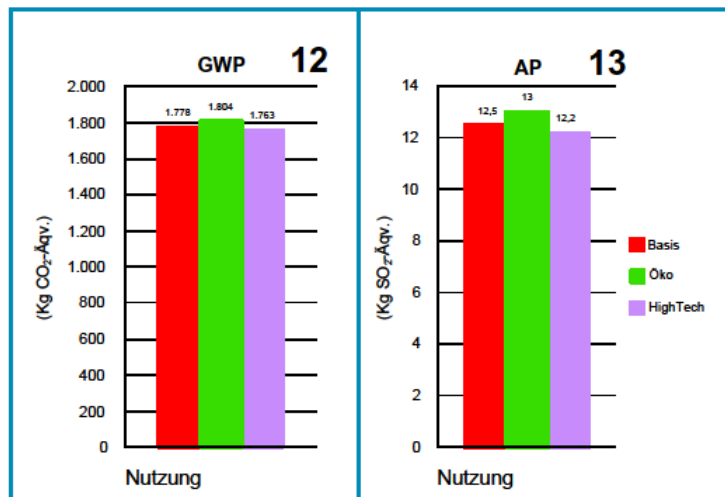


Abb.16

Das Liniendiagramm 14 führt dann zur Ernüchterung, da die Öko-Variante mehr kostet als die Basisvariante. Was ja nicht wirklich überrascht. Würde man allerdings die ersparten Kosten der mutmaßlich vermiedenen Unbehaglichkeitszeiten oder sogar des gesundheitlichen Diskomforts und der eingeschränkten Behaglichkeit berücksichtigen, sähe die Betrachtung am Ende anders aus? Die Differenz bleibt als Überzeugungsarbeit so lange bestehen, wie weniger ökologische Produkte zu Preisen angeboten werden können, die die Umweltfolgekosten nicht oder nicht angemessen berücksichtigen.

Der Knick in den Linien erklärt sich durch das vereinfachend angenommene Finanzierungsmodell, das nach 20 Jahren abgeschlossen sein soll.

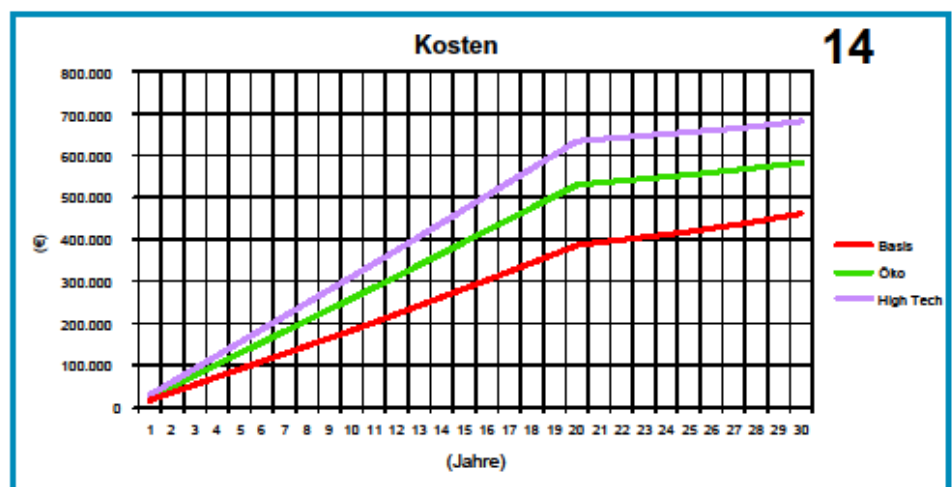


Abb.17 Kosten über 30 Jahre

Der Wunsch

Gut wäre, Publikationen zu haben mit vielleicht 50 oder 100 unterschiedlichen Baukonstruktionen immer des gleichen Entwurfs (um Gestaltungseinflüsse für den Vergleich auszugrenzen), so dass man sich das Passende für seinen Fall herausuchen kann. Denn für Entscheidungen ist nicht die Stelle hinter dem Komma des Ergebnisses, sondern die Tendenz wichtig. Ähnlich strukturierte Publikationen sind für Kostenschätzungen bekannt und in der Praxis auch gebräuchlich (Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern – BKI).

Wer macht's?

Günther Ludewig

Dr.-Ing., Architekt

sol•id•ar Architekten und Ingenieure

plant seit über 35 Jahren mit Augenmerk auf energetischer Optimierung und gesundheitsverträglicher Bauweise

stand und steht nicht in geschäftlichem Verhältnis mit dem BMUB und angegliederten Ämtern

Literaturhinweise/ Arbeitshilfen

- **Lebenszyklusanalyse** in der Gebäudeplanung; Niklaus Kohler, Holger König, Johannes Kreissig, Thomas Lützkendorf, 2009, ISBN 978-3-920034-30-0
- **NaWoh**, www.nawoh.de; vom BMUB geprüfetes und anerkanntes System
- **Grüne Archen** in Harmonie mit Pflanzen leben, Das Modell der Gruppe LOG ID, Jürgen Frantz, Martin Krampen, Dieter Schempp, Thomas Seidel, Dietmar Wolter, Verlag Dieter Fricke GmbH, ISBN 3-88184-041-9
- **CAALA** (Ausblick, zukünftiges Angebot) energetische Vordimensionierung und Abschätzung der Ökobilanz mit Eingabe der 3D-Gebäudegeometrie über CAD (SketchUp, Rhino...); www.caala.de; z. Z. noch als unfertige Pro-Version gratis verfügbar
- **Legep-Bausoftware** Berechnungstool für integrale Planung nachhaltiger Gebäude; <https://legep.de/>