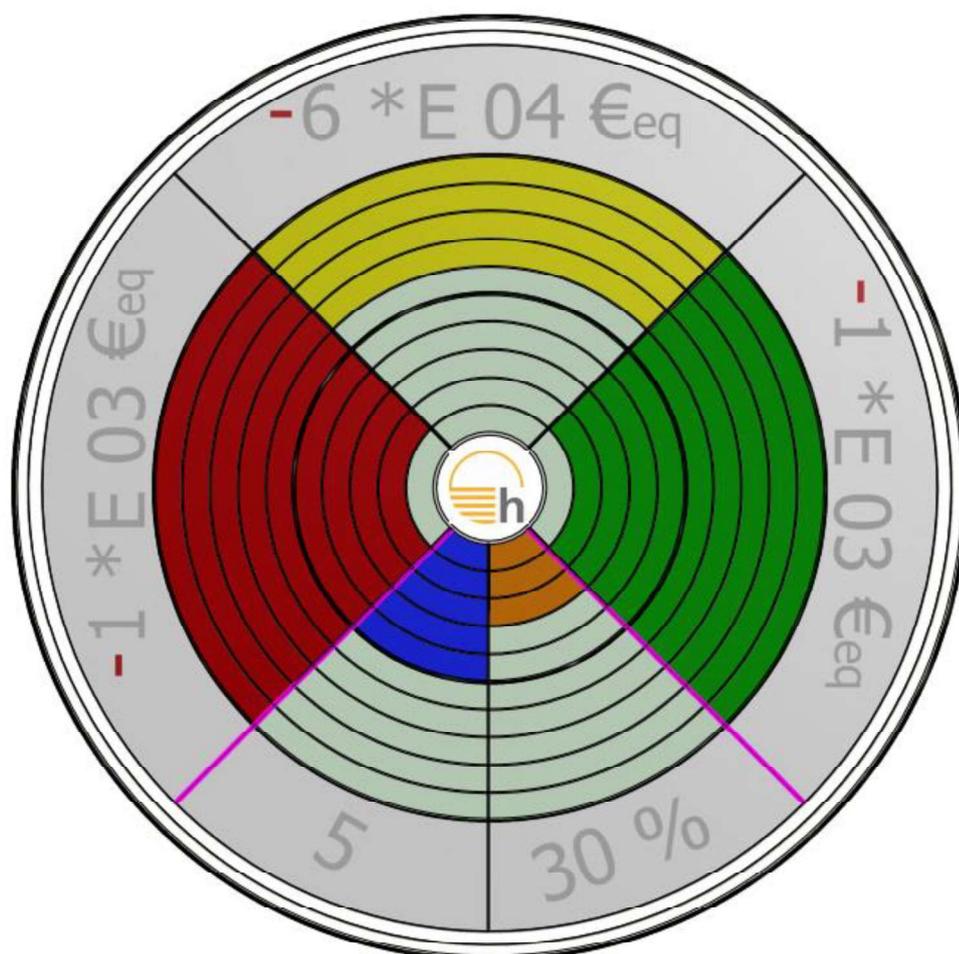


2021

hilbra edition

Nikolaus Hildenbrand



[EASY-EPD - TEILVORHABEN 3]

Schriftenreihe: 1 Forschungsvorhaben Z 1000

Im Rahmen

des Forschungsprojektes werden Lösungsansätze erarbeitet, welche es ermöglichen, Nachhaltigkeitsbewertungen direkt zum Zeitpunkt der jeweiligen wirtschaftlichen Transaktion treffen zu können.

Projektpartner:



GreenDELTA

software / data / know-how Berlin



Technische Universität München



Easy-EPD – Teilvorhaben 3:

Anforderungsprofil, Ökobilanzierung und Praxistest

Autor:

Wirtsch. – Ing. Nikolaus Hildenbrand vdi

Finkenstraße 8

97896 Freudenberg-Ebenheid

Telefon: 09378/383

E-Mail: klaus.hildenbrand@hilbra.de

Projektträger:

Forschungszentrum Jülich GmbH

Forschungsvorhaben:

033RK068D

Laufzeit:

30 Monate

Projektbearbeitung:

01.02.2019 bis 31.01.2021 verlängert auf 31.07.2021

Kurzfassung

Im Rahmen des Projekts „Easy-EPD“ wird kollaborativ zwischen KMU, der Säge- und Holzindustrie sowie Forschungs- und Beratungseinrichtungen eine quelloffene und damit kostenfreie Softwarelösung erarbeitet, um die Komplexität und damit auch den Kostenaufwand für die Erstellung von Umweltproduktdeklarationen (EPD) zu senken.

Das Vorhaben gliedert sich in fünf Arbeitspakete:

- (1) Bedarfsrahmen, Anforderungsprofil und Geschäftsmodell
- (2) Ressourcenverbrauch und Ökobilanzierung
- (3) technische Umsetzung von Software und Dienstleistung
- (4) Praxistest und Marktreife
- (5) Veröffentlichung und Kommunikation.

Im Teilvorhaben 3 bearbeitet der Autor ein Aufgabenfeld, welches sich im Grenzbe-
reich zwischen wissenschaftlicher Erkenntnis und praktischer Umsetzung befindet. So
soll in der vorliegenden Arbeit geklärt werden, welche Anforderungen erfüllt sein müs-
sen, um die Akzeptanz bei Unternehmen zu maximieren, diese quelloffene Software
für die Entwicklung hierauf basierender Geschäftsmodelle heranzuziehen. Die Soft-
ware gibt einen Rahmen vor, innerhalb dessen der Anwender individuelle Wertschöp-
fungsketten für sein Unternehmen modellieren kann. In dieser Arbeit wird untersucht,
inwieweit der Anwender hierzu in die Lage versetzt sein wird. Entscheidend für den
Erfolg des Projektes wird sein, inwieweit die Unternehmen einen wirtschaftlichen Er-
folg aus der Anwendung der Software Easy EPD ziehen können. Dies wird in dem Maß
gegeben sein, in dem sie mit Hilfe der Software ihre Marktposition und Renditeerwar-
tungen steigern können. Da das Wissen über die Chancen, welche die Anwendung von
EPDs für den Unternehmenserfolg bringen kann, in der Wirtschaft noch unterentwi-
ckelt ist, soll diese Ausarbeitung helfen, diese Chancen anschaulich zu kommunizieren.
Dies geschieht, indem der Autor des Teilprojektes 3 an einem Testauftrag entspre-
chende Potentiale aufzeigt und die Entwicklung seines SustainCoin-Konzeptes vorstellt.

Schlagwörter:

EPD; LCA; SCIN; SNE; SustainCoin;

Abstract

As part of the "Easy-EPD" project, an open-source and therefore free-of-charge software solution is being developed in collaboration with SMEs of the sawmill and wood industry as well as researchers and consultants to reduce the complexity and thus the cost of producing environmental product declarations (EPD).

Divided into five work packages

- (1) Demand framework, requirement profile and business model
- (2) Resource consumption and life cycle assessment
- (3) Technical implementation of software and services
- (4) Practical test and market maturity
- (5) Publication and communication.

The intention in project 3 is to work out the border area on scientific perception and practical implementation. Following, the question has to be answered what kind of demands have to be met for increasing entrepreneurs' acceptance developing a business model based on the open source software. Furthermore, there is to find a solution to enable SMEs to recognize this software as extensive possibility reaching a unique selling position.

The activities are accompanied by communication tasks including publications.

This will be achieved by the author of project 3 by looking at the potentials of a testing task where his development the sustain coin will be presented.

Keywords:

EPD; LCA; SCIN; SNE; SustainCoin;

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----|
| Kurzfassung | III |
| Inhaltsverzeichnis | VI |
| Tabellenverzeichnis | XI |
| Abkürzungsverzeichnis | IV |
| Vorwort1 | |
| 1 Zusammenfassende Projektbeschreibung | 3 |
| 1.1 Die wichtigsten wissenschaftlich-technischen Ergebnisse des Teilvorhabens 3 im Überblick:..... | 3 |
| 1.1.1 Die Erleichterungen bei der Erstellung von EPDs und deren Interpretation durch betroffene Akteure | 3 |
| 1.1.2 Der Vergleich alternativer Produkte | 4 |
| 1.1.3 Schaffung der Anschlussfähigkeit der EPD-Interpretation von der Norm DIN EN 15804 + A1 zur EN 15804:2020-03 | 4 |
| 1.1.4 Ausweitung der Nutzung von EPDs | 5 |
| 1.2 Vergleich des Vorhabens mit der ursprünglichen Arbeits-, Zeit- und Kostenplanung | 5 |
| 1.3 Aussichten für die Erreichung der Ziele des Vorhabens | 6 |
| 1.4 FE-Ergebnisse von dritter Seite | 6 |
| 1.5 Änderungen in der Zielsetzung | 7 |
| 1.6 Fortschreiben des Verwertungsplanes | 7 |
| 1.6.1 Erfindungen, Schutzrechte | 7 |
| 1.6.2 Wirtschaftliche Erfolgsaussichten | 7 |
| 1.6.3 Wissenschaftliche und technische Erfolgsaussichten | 8 |
| 1.6.4 Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit für eine mögliche notwendige nächste Phase | 8 |
| 2 Produktportfolio der Fa. hilbra | 10 |
| 2.1 Funktionselemente | 10 |
| Das Einheitshaus – interne Systematik | 11 |
| 2.2 Untersuchungsrahmen | 12 |
| 3 Einführung in die Arbeit mit easy EPD | 24 |
| 3.1 Grundlagen zur Nutzung der Software Easy EPD | 24 |
| 3.1.1 Global Warming Potential (GWP) | 25 |
| 3.1.2 Depletion Potential of the Stratospheric Ozone Layer (ODP) | 25 |
| 3.1.3 Acidification Potential of Land and Water (AP) | 26 |
| 3.1.4 Eutrophication Potential (EP) | 28 |
| 3.1.5 Formation potential of Tropospheric Ozone Photochemical Oxidants (POCP) | 31 |
| 3.1.6 Abiotic Depletion Potential for Non-Fossil Resources (ADPE) | 31 |
| 3.1.7 Abiotic Depletion Potential for Fossil Resources (ADPF) | 31 |
| 3.1.8 Water Depletion Potential (WDP) | 32 |
| 3.2 Ergebnisse für die Testfassade von hilbra | 32 |
| 3.3 Bewertung der praktischen Arbeit mit Easy EPD | 33 |
| 3.3.1 Benutzerfreundlichkeit | 34 |

| | |
|---|-----|
| Inhaltsverzeichnis | VII |
| 3.3.2 Mögliche Reichweite potentieller Nutzergruppen | 35 |
| 4 Der Testauftrag | 37 |
| 4.1 Betrieblicher Kontext | 37 |
| 4.2 Die Auftragschritte im Einzelnen | 40 |
| 4.2.1 Akquise | 40 |
| 4.2.2 Forschung | 47 |
| 4.2.3 Entwicklung | 61 |
| 4.2.4 Auftragsbearbeitung | 66 |
| 4.2.4.1 Enterprise Resource Planning (ERP) als Instrument zur internen Verarbeitung von EPD-Daten | 66 |
| LXIII | |
| 4.2.4.2 Statik | 67 |
| 4.2.4.3 Auftragsbezogene Dokumentation | 67 |
| 4.2.5 Wartung und Instandsetzung | 68 |
| 5 Nutzen der EPD für weitere betriebliche Prozesse | 74 |
| 5.1 Detailplanung | 74 |
| 5.2 Das 8-D Modell für die BIM-Bearbeitung | 75 |
| 5.3 Dokumentation | 78 |
| 5.4 Bilanzierung und Lagebericht | 79 |
| 5.4.1 Die Nachhaltigkeitsbilanz als Integration von Bilanz und Nachhaltigkeitsbericht | 79 |
| 5.4.2 GRI-Parameter | 80 |
| 5.4.3 Der Lagebericht | 83 |
| 5.4.4 Notes | 84 |
| 5.4.5 Struktur der Nachhaltigkeitsbilanz bei hilbra | 84 |
| 6 Kommunikation und Verbreitung | 86 |
| 6.1 Publikationen | 86 |
| 6.1.1 Fachartikel | 86 |
| 6.1.2 Fachbücher | 86 |
| 6.2 Seminare und Vorträge | 87 |
| 6.2.1 Wir knacken die NUSS – Nachhaltige Unternehmensstrategie | 87 |
| 6.2.2 Bodenständige Marktwirtschaft – Vielfalt statt Wachstum | 88 |
| 6.3 Vorlesungen im Fachbereich Bauingenieurwesen | 88 |
| 6.3.1 Bindungssystem der Baustoffe | 88 |
| 6.3.2 Wissenschaftliches Verständnis von Baustoffen | 88 |
| 6.4 Kommunikation mit weiteren Senseholdern | 90 |
| 6.4.1 Forscherkids | 90 |
| 6.4.2 Waldlehrpfad „WirtschaftsWald“ | 90 |
| 6.5 Neue Medien | 90 |
| 6.5.1 Online-Videos | 91 |
| 6.5.2 Webinare | 91 |
| 6.6 Kommunikation mit weiteren Forschungseinrichtungen | 92 |
| 6.6.1 Agro-Forstprojekt Burundi | 92 |
| 6.6.2 Bauhaus-Universität Weimar und Dessau | 92 |
| 7 Diskussion | 93 |

| | |
|---|-------|
| Inhaltsverzeichnis | VIII |
| 7.1 Zum Verständnis der Ergebnisse einer EPD | 93 |
| 7.1.1 Die Gewichtung der Umweltindikatoren..... | 93 |
| 7.1.2 Die Erfassung der Umweltindikatoren | 94 |
| 7.1.3 Die Gefahr der Verfälschung der wissenschaftlichen Datenbasis durch Einführung des ϵ_{eq} | 94 |
| 7.1.4 Die Gefahr des Verzichts auf ein anreizbasiertes Kaufentscheidungssystem auf unsere volkswirtschaftlichen Prozesse..... | 96 |
| Literaturverzeichnis | V |
| Stichwortverzeichnis..... | XCVII |
| Anhänge..... | XCIX |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|------|
| Abb. 1 Funktionssymbole; Werkbild hilbra..... | 10 |
| Abb. 2: Einheitshaus hilbra; Werkbild hilbra | 11 |
| Abb. 3: Testfassade geschlossen; Werkbild hilbra | 12 |
| Abb. 4: Testfassade mit sich öffnenden Wendeläden; Werkbild hilbra | 13 |
| Abb. 5: Testfassade mit geöffneten Wendeläden und teilweise geöffneten Horizontalfaltläden; Werkbild hilbra | 13 |
| Abb. 6: Südansicht und Horizontalschnitt der Testfassade; Werkplan hilbra | 14 |
| Abb. 7: Tragkonstruktion der vorgehängten Fassade; Werkbild hilbra | 14 |
| Abb. 8: Prinzip der Sonnenschutzfunktion von Horizontalfaltsystemen; Werkbild hilbra | 15 |
| Abb. 9: Manuelle Drehläden im Brüstungsbereich unter HFL; Werkbild hilbra | 17 |
| Abb. 10: Teilweise geöffneter Horizontalfaltladen; Werkbild hilbra | XVII |
| Abb. 11: Für Jalousien der Wendeläden konnten Seitenbretter verwendet werden; Werkbild hilbra | 19 |
| Abb. 12: Horizontalfaltladen eingebettet in feste Fassadenelemente; Werkbild hilbra | 20 |
| Abb. 13: Stapelstühle als Begleitprodukt; Werkbild hilbra | 21 |
| Abb. 14: Fassade mit Schneelast; Werkbild hilbra | 22 |
| Abb.15: PV-Element als Energielieferant der Testfassade; Werkbild hilbra | 23 |
| Abbildung 16: Lamellenstruktur; Werkbild hilbra | 23 |
| Abb. 17: EPD-Prozess eingebettet; Quelle IBU | 33 |
| Abb.18: Deckplatt der mit EASY-EPD erstellten EPD | 35 |
| Abb. 19: Roadmap SNE; Quelle: Handbuch hilbra, siehe auch Anlage | 37 |
| Abb. 20 Fassadenangebot Mömlingen; Quelle: hilbra..... | 39 |
| Abb. 21: Fassadenangebot Mömlingen Seite 2; Quelle hilbra | 40 |
| Abb. 22: Fassadenangebot Frankfurt; Quelle: hilbra | 41 |
| Abb. 23 : Fassadenangebot Frankfurt Seite 2; Quelle: hilbra | 42 |
| Abb. 24 Modell Mömlingen; Werkplan hilbra | 44 |
| Abbildung 25: Modell Frankfurt; Werkplan hilbra | 45 |
| Abb. 26: links SustainCoin Mömlingen; rechts; Modell Frankfurt; Quelle: Hildenbrand, Nikolaus | 46 |
| Abb. 27: Schema der Datenaggregation; Grafik hilbra | 47 |
| Abb. 28: BSP | 51 |
| Abb. 29: BSP Kopf | 52 |
| Abb. 30: GINI; Grafik hilbra | 58 |
| Abb. 31: Bindungssystem der Baustoffe Quelle: Hildenbrand Nikolaus | 61 |
| Abb. 32: Collage Quelle: hilbra | 62 |
| Abb. 33: Anwendung ColorierungNutzen der EPD und weiterer Produktinformationen für komplexe Bauprodukte | 63 |
| Abb. 34: Grundträger neu in WWS Quelle: hilbra..... | 64 |
| Abb. 35: Statische Bewertung; Werkplan hilbra | 65 |
| Abb.36: HFL mit einer Spannweite der Jalousien von ca. 1800 mm | 68 |
| Abb. 37: Nicht tolerierbare Durchbiegung einer Jalousie | 68 |
| Abb.38: T-Verbindung von Jalousien haben sich gelöst | 69 |
| Abb. 39: Wartungsvertrag Modell Mömlingen; Quelle hilbra | 71 |
| Abb. 40: eLCA Detaildarstellung; Quelle: Bauteileditor.de | 72 |
| Abb. 41: Struktur einer möglichen Datenhierarchie | 74 |
| Abb. 42: Grundprinzip der Datenübergabe; Quelle: hilbra | 75 |
| Abb. 43: GRI-Parameter; Quelle: Global Reporting Initiative | 79 |

| | |
|--|----|
| Inhaltsverzeichnis | X |
| Abb. 44: Struktur der Nachhaltigkeitsbilanz; Quelle hilbra | 83 |
| Abbildung 45: Arbeitsblatt; Quelle: Nikolaus Hildenbrand | 87 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|---|----|
| Tabelle 2: Stufen des Operationalisierungsgrades; Quelle hilbra | 52 |
| Tabelle 3: LCA-Indikatoren nach DIN EN 15804:A1 | 54 |
| Tabelle 4: Anforderungen an ein Bauteil; Quelle: BauPVo | 80 |

Abkürzungsverzeichnis

- BDP** *Baudetailpass – Nachhaltigkeitsbewertung einer Funktionseinheit bspw. einer Raumecke; Das zugrundeliegende Dokument ist ein Laborbericht, der im Rahmen einer Entwicklungsarbeit erstellt wird.*
- BGP** *Bauteilpass – Nachhaltigkeitsbewertung eines Baustoffs bzw. einer Baustoffkombination, der/die bereits seine endgültige Form angenommen hat, bspw. Grundträger, Fertigparkettpaneele; Bauteile werden, ebenfalls auf Grundlage einer EPD, dem Symbol aus dem Bindungssystem der Baustoffe zugeordnet. Gewählt wird das Symbol dessen Masseanteil im Bauteil dominant ist.*
- BKP** *Baukomponentenpass – Nachhaltigkeitsbewertung eines gesamten Bauproduktes, bspw. Fenster, Beton-Fertigteil, Horizontalfaltladen, etc., wenn für dieses keine EPD erstellt wurde (Beim Vorliegen einer EPD wird es als Bauteil geführt). Als BKP dienen alle Fakturierungsunterlagen zum entsprechenden kundenbezogenen Produkt (Angebot...Rechnung, CE-Leistungs-erklärung, EUR1), der Informationen enthält, die für den entsprechenden SustainCoin aggregiert sind*
- BSP** *Baustoffpass – Nachhaltigkeitsbewertung eines ursprünglichen Baustoffs, bspw. Sack Zement; Jeweils eindeutig einem Symbol aus dem Bindungssystem der Baustoffe zuordenbar und auf Basis einer EPD erstellt.*
- BTP** *Bauteilpass – Nachhaltigkeitsbewertung eines Baustoffs bzw. einer Baustoffkombination, der/die bereits seine endgültige Form angenommen hat, bspw. Grundträger, Fertigparkettpaneele; Bauteile werden, ebenfalls auf Grundlage einer EPD, dem Symbol aus dem Bindungssystem der Baustoffe zugeordnet. Gewählt wird das Symbol dessen Masseanteil im Bauteil dominant ist.*
- BWP** *Bauwerkspass – Nachhaltigkeitsbewertung eines gesamten Bauwerks. Im Rahmen der sich zunehmend durchsetzenden BIM-Systematik. Der BWP stellt ein Dokument dar, bei dem die SustainCoins aller für ein Bauwerk benötigten Gewerke auf einen SustainCoin aggregiert werden. Das zu verwendende Dokument kann erst entwickelt werden, wenn möglichst alle relevanten Gewerke SustainCoin-basierte Lösungen anbieten werden.*
- GRI** *Global Reporting Initiative*
- IMS** *Integriertes Managementsystem*
- LCA** *Life Cycle Assessment*
- SCIN** *Sustainable, Climate-Active; Intelligent; Natural*
- SNE** *Subsidiäre Nachhaltigkeitsentwicklung*

Vorwort

Ende der 1980er Jahre verlor der Kommunismus in seinen unterschiedlichen Ausprägungen (z.B. Sozialismus in der ehemaligen DDR) als eines von zwei auf der Welt vorherrschenden Wirtschaftssystemen seine globale Bedeutung. In der westlichen Welt bestand der Konsens, dass das Gegenkonzept, nämlich der Kapitalismus, zwar nicht in Reinform, aber doch in Form einer Marktwirtschaft mit ökosozialer Ausrichtung das überlegene Wirtschaftssystem sei¹.

Diese Überlegenheit sah beispielsweise die Treuhand im Rahmen ihrer Arbeit in den neuen Bundesländern als bestätigt. Nach Aufnahme ihrer Tätigkeit stellte sich schnell heraus, dass es unabdingbar war, zuerst alle ökologischen Lasten zu ermitteln, die auf dem jeweils zu betrachtenden Grundstück lagen, da diese die entscheidende Größe in der Bewertung darstellte.

Die offensichtliche und nicht selten lebensbedrohliche Umweltsituation kann als ein wesentlicher Grund für den Untergang des Wirtschaftssystems der DDR angesehen werden. Doch wie erfolgreich ist das westliche Wirtschaftsmodell? Themen wie Ressourcenverknappung, Klimawandel und Flüchtlingsbewegungen zeigen überdeutlich auf, dass das westliche Wirtschaftsmodell zwar in einigen Bereichen effizienter war, die längerfristigen Umwelt- und Sozialwirkungen sich aber zunehmend dramatisch entwickeln. Ziel muss es daher sein, ein Wirtschaftssystem zu implementieren indem nachhaltige Entscheidungen bis hinunter in die Elementareinheit des Tausches selbstverständlich werden.

Die klassische Volkswirtschaftslehre unterscheidet drei Produktionsfaktoren, die die Grundlage aller volkswirtschaftlichen Beschreibungen bilden. Aus den Originären **Boden** und **Arbeit** wird der Derivative, nämlich **Kapital**, abgeleitet.

Finden in einem Wirtschaftssystem nicht alle drei Produktionsfaktoren ihre notwendige Berücksichtigung, wird das jeweilige Wirtschaftssystem an der Realität scheitern.

Um dieser Gefahr in der Marktwirtschaft entgegenzuwirken, wird man sich folgende Fragen stellen müssen:

¹ Auf Staats- und Wirtschaftsform Chinas wird an dieser Stelle nicht eingegangen

- Wie können die internationalen **Kapital**ströme besser kontrolliert und deren positiven Auswirkungen auf die Wohlfahrt der globalen Volkswirtschaften erhöht werden?
- Wie kann entlang der globalen Wertschöpfungsketten die gerechte Entlohnung der **Arbeit** organisiert werden?
- Wie kann die Übernutzung des **Bodens** als Synonym aller Quellen und Senken der Ökosphäre vor weiterer Übernutzung geschützt und die bereits erfolgte Übernutzung regeneriert werden?

Das Projekt EASY-EPD hat das Potential um einen Lösungsansatz für eine nachhaltigere Wirtschaftsform anzubieten. Wenn es gelingt einem Laien auf dem Gebiet der Lebenszyklusanalyse ein Instrument an die Hand zu geben mit dessen Hilfe er/sie fundierte Nachhaltigkeitsinformationen zum betrachteten Produkt generieren kann, wird es auch möglich werden, nachhaltigere Entscheidungen zu treffen. Diese Informationen müssen aber zwingend so aufbereitet sein, dass sie von allen Interessierten leicht erfasst werden können. Die Informationsasymmetrie welche derzeit in der Regel zwischen Unternehmer und Verbraucher besteht ist auf jeden Fall aufzulösen!

Während derzeit Lasten häufig externalisiert, Gewinne hingegen internalisiert werden, ist zukünftig diese Allmende - Problematik grundlegend zu lösen. Auch hier kann ein Projekt, wie das hier vorliegende, hilfreiche Impulse liefern. Durch die verifizierte EPD als Ergebnis der Arbeit mit der Software EASY-EPD könnte das Steuersystem stärker an die gesellschaftlichen Lasten und Leistungen eines Unternehmens angepasst werden.

1 Zusammenfassende Projektbeschreibung

Im ersten Kapitel wird zusammenfassend der Projektverlauf erläutert, welcher in den darauffolgenden Kapiteln detailliert beschrieben wird. Die Gliederung dieses Kapitels entspricht der Berichterstattung an den Projektträger.

1.1 Die wichtigsten wissenschaftlich-technischen Ergebnisse des Teilvorhabens 3 im Überblick:

1.1.1 Die Erleichterungen bei der Erstellung von EPDs und deren Interpretation durch betroffene Akteure

Bisher war es unrealistisch, dass ein Unternehmer selbst eine EPD für eines seiner Produkte erstellen konnte. Er war hierbei auf ein externes Beratungsunternehmen angewiesen. Diese Tatsache stellte nicht nur eine finanzielle Barriere dar, sondern war auch ein aufwändiges Unterfangen für das beauftragende Unternehmen. Die Software EASY-EPD kann nun zu einer deutlich höheren Akzeptanz von EPDs in der Branche führen, da nun Unternehmen in die Lage versetzt werden, selbst individuelle EPDs zu erstellen. Die daraus resultierende Chance der intensiveren Nutzung dieses Instruments führt aber nur dann zu nachhaltigeren Entscheidungsprozessen wenn die Auswertung der Daten leicht nachvollzogen werden kann. Dies ist dann der Fall, wenn es gelingt die Daten zwar soweit aggregiert darzustellen, dass sie leicht erfassbar sind, aber so aussagekräftig bleiben, dass darauf basierende Entscheidungen fachlich fundiert getroffen werden können. Da die Umweltindikatoren in unterschiedlichen Einheiten bemessen werden ist eine Aggregation der Daten grundsätzlich problematisch. Auf deren Aggregation aber zu verzichten, würde bedeuten, dass wertvolle Informationen in Bezug auf die Nachhaltigkeitsperformance eines Produktes bei Entscheidungen unberücksichtigt blieben, da sie im Tagesgeschäft der entsprechenden Akteure nicht berücksichtigt würden. Dieses Spannungsverhältnis aufzulösen, gelingt in diesem Forschungsvorhaben durch die Einführung des Euro-Äquivalents. Das €_{eq} beschreibt Kosten für die Umweltverbräuche der einzelnen Indikatoren, welche schließlich in einer Summe ausgegeben werden. Es handelt sich um ein Äquivalent, da die €-Beträge nicht im Rahmen eines Wirtschaftsprozesses entstanden sind sondern kalkulatorisch auf Grund wissen-

schaftlicher Berechnungsmodelle ermittelt wurden. Siehe hierzu auch Kapitel 4 der Studie.

1.1.2 Der Vergleich alternativer Produkte

Durch die vereinfachte EPD-Erstellung wird es möglich, ohne großen Aufwand EPDs von alternativen Produkten zu erstellen. Dies ist hilfreich, um Unterschiede in der Nachhaltigkeitsperformance leicht erfassen zu können. Hierfür wird auf den bereits bei hilbra entwickelten SustainCoin zurückgegriffen. Dieses grafische Format wurde im Rahmen des Forschungsprogramms weiterentwickelt. So ist es nun möglich neben Nachhaltigkeitslasten auch Nachhaltigkeitsleistungen grafisch darzustellen. Siehe hierzu auch Kapitel 4 der Studie.

1.1.3 Schaffung der Anschlussfähigkeit der EPD-Interpretation von der Norm DIN EN 15804 + A1 zur EN 15804:2020-03

Als eine besonders anspruchsvolle Aufgabenstellung zeigte sich die Tatsache, dass die Aktualisierung der Norm „Nachhaltigkeit von Bauwerken“ zeitlich mitten in das laufende Projekt fiel. Da die EPD aber das zentrale Dokument des hier beschriebenen Bewertungssystems darstellt war es unumgänglich eine Anschlussfähigkeit der Indikatoren zur Beschreibung der Umweltwirkungen von den vormals 7 in die nunmehr 13 herzustellen. Dies stellte sich als ein besonders schwieriges Unterfangen heraus, da in der neuen Norm mit z.T. völlig neuen Einheiten zur Beschreibung der Indikatoren gearbeitet wird. Möglich wurde es durch verschiedene Konvertierungsschritte. Die Berechnung der molaren Massen der jeweiligen Indikatoren stellte hierbei die zentrale Methode dar.

1.1.4 Ausweitung der Nutzung von EPDs

Wurden bisher EPDs nur im begrenzten Maße genutzt und dann in der Regel auch nur im technischen Bereich so bieten sich durch die nun leichtere Zugänglichkeit auch eine Vielzahl weiterer Anwendungsmöglichkeiten. Identifiziert im Rahmen dieses Vorhabens wurde die Verwendung als Grundlage für:

- Die Erweiterung der Kommunikation mit allen Senseholdern², insbesondere im Rahmen der Fakturierung
- Den Zukunftspass als Instrument zur Erläuterung der Aussagen der Fakturierungsdokumente
- Das bei hilbra entwickelte 8D-Modell für die BIM-Bearbeitung im interbetrieblichen³ Bereich.
- Die Bilanz mit Lagebericht
- Die Bewertung von Produkten in der Materialwirtschaft
- Eine systematisch auf Nachhaltigkeit ausgerichtete Produktentwicklung

1.2 Vergleich des Vorhabens mit der ursprünglichen Arbeits-, Zeit- und Kostenplanung

Im Laufe des Forschungsprojektes ergaben sich eine Vielzahl sehr erfolgsversprechende weitere Entwicklungspfade. Diese zumindest kurz zu beschreiben wurde vom Autor als sinnvoll erachtet. Dass dadurch weder der Rahmen der Arbeits-, Zeit- noch Kostenplanung eingehalten werden konnte war daher unvermeidlich, wurde aber bewusst in Kauf genommen. Siehe hierzu auch Kapitel 6 der Studie.

1.3 Aussichten für die Erreichung der Ziele des Vorhabens

Es ist gelungen, die oben beschriebenen Prozesse konsistent in den betrieblichen Alltag zu integrieren. Dies geht weit über das Ziel hinaus, das im Rahmen des Forschungsprojektes definiert wurde. Während es angestrebt wurde, einen nachvollziehbaren Weg der Gewinnung und Verarbeitung von Nachhaltigkeitsparametern zu beschreiben, ist es nun möglich diese auch mit einem vertretbaren Aufwand kontinuierlich mit allen Senseholdern zu kommunizieren. Siehe hierzu auch Kapitel 6 der Studie.

.

² Der Begriff wurde im Jahr 2013 bei hilbra eingeführt. Er beschreibt alle mit dem Unternehmen in Verbindung stehenden Interessensgruppen. Der gewählte Begriff will die Stellung derselben betonen indem er den sinnstiftenden Charakter in Richtung einer nachhaltigen Entwicklung herausstellt.

³ Im Gegensatz zum innerbetrieblichen wird unter interbetrieblichen die Interaktion zwischen unterschiedlichen Unternehmen verstanden.

1.4 FE-Ergebnisse von dritter Seite

Bei den Recherchen, die bisher im Zuge des Vorhabens durchgeführt wurden, konnten keine FE-Aktivitäten weiterer Unternehmen gefunden werden, die für die Durchführung des Vorhabens relevant wären. Vielmehr muss festgestellt werden, dass in der Branche die EPD als Dokument noch weitgehend unbekannt ist. Dies verwundert umso mehr, als das Angebot an EPDs für Baustoffe bereits recht umfangreich ist.

Auf der rein wissenschaftlichen Ebene kann jedoch auf einen signifikanten Input zurückgegriffen werden. Als zentrale Erkenntnis des Forschungsvorhabens kann genannt werden, dass eine monetäre Bewertung der EPD-Ergebnisse die Akzeptanz der Software-Anwendung deutlich steigern wird, weil erst hiermit eine praktikable Auswertung der EPD-Ergebnisse möglich ist.

Bei der Suche nach einer Monetarisierungsmethode der Umweltauswirkungen stellt die Arbeit von Ströbele, Benjamin am Karlsruhe Institute of Technology eine wertvolle Basis dar. Darüber hinaus gewannen die Daten des Umweltbundesamtes deutlich an Relevanz [Matthey et. al. 2020] ⁴ Auf dieser aufbauend kann auch der Energieaufwand in [MJ] abgeleitet werden.

Um ein aussagekräftiges Bild der Nachhaltigkeits-Performance zeichnen zu können, ist es unabdingbar auch Soziallasten zu monetarisieren. Dies gelingt in dieser Arbeit auf Basis von Equity-Lorenzkurven. Die Entsprechende Forschung wird am Forschungsinstitut für anwendungsorientierte Wissensverarbeitung/n in Ulm durchgeführt. Unter Radermacher, F. J., et. al. wird insbesondere der Frage nachgegangen, welche Aussagekraft diese Kurven in Bezug auf empirische Auswertungen haben und inwieweit diese eine Weiterentwicklung der aktuell in den Wirtschaftswissenschaften noch üblichen GINI-Koeffizienten darstellt.

1.5 Änderungen in der Zielsetzung

Als Folge der aktuellen Corona-Krise wurde erkannt, dass sich der Digitalisierungsprozess deutlich beschleunigt hat. Daher wurden im Rahmen dieser Arbeit auch Möglich-

⁴ Methodenkonvention 3.1 zum Download über das UBA

keiten aufgezeigt wie die Kommunikation über die Projektergebnisse neben den geplanten (Vorträge, Seminare und Einbau in Vorlesungsveranstaltungen) auch als Webinar bzw. Online-Videos erfolgen können.

1.6 Fortschreiben des Verwertungsplanes

1.6.1 Erfindungen, Schutzrechte

Der SustainCoin stellt eine Entwicklung dar, die als ein Leuchtturmprojekt ein Best-Practise-Beispiel für Nachhaltigkeitskommunikation darstellen kann. Im Rahmen dieser Arbeit und in Folge der Implementierung im operativen Geschäft von hilbra wird dieses Label einer breiten Öffentlichkeit bekannt gemacht. Nach Erreichen des entsprechenden Bekanntheitsgrades wird geprüft ob eine Anmeldung als Marke sinnvoll sein könnte.

1.6.2 Wirtschaftliche Erfolgsaussichten

Das Interesse der Branche am Thema Nachhaltigkeit ist derzeit noch sehr begrenzt. Im Zuge der zu erwartenden Verschärfung der Wettbewerbssituation in Folge der Corona-Krise ist aber davon auszugehen, dass die Positionierung in diesem Bereich Wettbewerbsvorteile bringen wird.

1.6.3 Wissenschaftliche und technische Erfolgsaussichten

Die in dieser Arbeit beschriebene Methode der Monetarisierung von Nachhaltigkeitslasten kann als ein Lösungsansatz für ein zentrales Problem der Wirtschaftswissenschaften angesehen werden. Mit dieser Methode könnte der Internalisierung externer Effekte entgegengewirkt werden.

Hinsichtlich der Integration der Equity-Lorenzkurve in das Konzept der Sozillastberechnung zeichnet sich bereits eine erfolgreiche Weiterentwicklung wissenschaftlicher Erkenntnisse ab. Wurde dieses Instrument bisher nur analytisch eingesetzt wird in dieser Arbeit nun ein Weg aufgezeigt wie die Lorenzkurven auch für die Kalkulation von Sozillasten hilfreich sein können.

1.6.4 Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit für eine mögliche notwendige nächste Phase

Im Rahmen des Vorhabens wurde vom Autor ein Bindungssystem der Baustoffe (siehe Kap. 6.3) entwickelt. Es strukturiert die Vielzahl der unterschiedlichen Baustoffe nach ihrem jeweiligen chemischen Aufbau. Zentrales Unterscheidungskriterium ist die jeweils vorherrschende chemische Bindungsart der Moleküle. Baustoffe einer auf diese Weise beschriebenen Art zeigen vergleichbare technische Eigenschaften und durchlaufen im Rahmen ihrer Nutzung vergleichbare Wertschöpfungsketten. Ihre Darstellung in der EPD-Systematik verhält sich daher ähnlich und die Deklaration der Module ist zu einem hohen Maß vergleichbar. Dies kann in Anschlussvorhaben die Grundlage für die systematische Untersuchung weiterer Baustoffe bilden. Nachdem sich der im aktuellen Projekt untersuchte Baustoff bereits im Bereich der organischen Chemie zwischen den Bindungsarten Kovalenz und Edelgaskonfiguration (**Abb. 31**) befindet, könnte dieser Bereich in einem Folgeprojekt z.B. hinsichtlich einer Gruppe von Kunststoffen weiter bearbeitet werden.

Da PVC der im Bauwesen am meisten verwendete Kunststoff ist und die Prozesse Herstellung und Entsorgung (bei PVC mit hohen Weichmachergehalten auch die Nutzung) aus ökologischer Sicht problematisch sind, böte sich dieser Bereich als Untersuchungsrahmen eines Anschlussprojektes an.

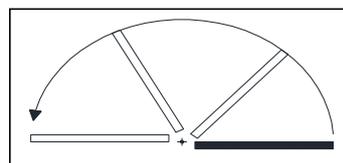
Außerdem ist es von großer Bedeutung, das Konzept der Integration von EPD-Daten in inner-/interbetrieblichen Prozessen weiter voranzutreiben. Diese Maßnahmen sind dringend notwendig, um zukünftig EPD-basierte Entscheidungen zu forcieren. Hierbei zeigt sich als Ergebnis dieser Arbeit, dass die gewonnen Erkenntnisse, insbesondere bei der Gewinnung von Daten zu den jeweiligen Umweltauswirkungen von Baustoffen, in der beschriebenen monetarisierten Form weiterentwickelt werden sollten (**Abb. 21 und 23**).

2 Produktportfolio der Fa. hilbra

Die Fa. hilbra Theo Hildenbrand GmbH entwickelte sich von einem Tischlereibetrieb, der vornehmlich Fensterläden aus Holz herstellte zu einem Generalunternehmen, das klimaaktive Fassadenelemente und Trennwandsysteme entwickelt, projiziert und vermarktet. Während der Schwerpunkt inzwischen im Bereich der Antriebstechnik liegt, experimentiert das Unternehmen noch mit nachhaltigen Fronten aus Holz. Mit dem Projekt **SCIN** - das integrierte Fassadensystem [Hildenbrand: 2012; S.18] wurde eine Produktplattform für Funktionselemente geschaffen, die sich elektrisch bedienbar nach den folgend beschriebenen Prinzipien nutzen lassen.

2.1 Funktionselemente

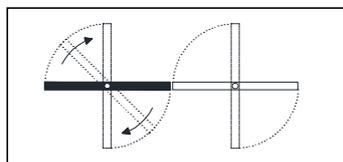
Drehladen (lt. E DIN EN 13659, 2011: 9)



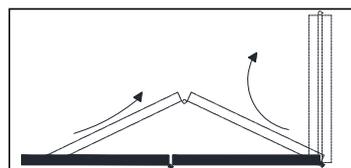
Gleit-/Schiebeladen



Wendeladen



Vertikalfaltladen



Horizontalfalt/-laden/-tor/-hangar

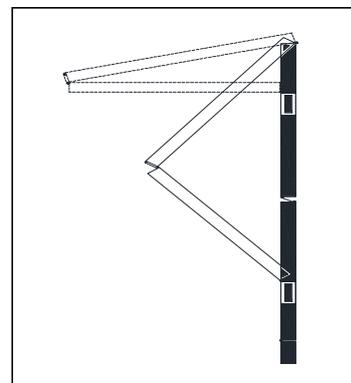


Abb. 1 Funktionssymbole; Werkbild hilbra

Das Einheitshaus – interne Systematik

Die **Abb. 2** zeigt die vielfältigen Anforderungen an das Fassadensystem in einer Übersicht. Neben der Schneelast- und Windklasse spielt die Gebäudehöhe und der Standort des Gebäudes über NN 5 hinsichtlich der Bedienbarkeit der Antriebe, eine entscheidende Rolle. In Bezug auf die Wartungsintervalle ist zudem die Ausrichtung der Fassade von Bedeutung, an der das jeweilige System montiert wird.

Hierbei steht F für Freiform-, G für Glas- und L für Lochfassade. I bedeutet innen und die Buchstaben N, S, O, W bezeichnen die Himmelsrichtungen Norden, Süden, Osten und Westen. Als übergeordnete Himmelsrichtungen steht A für alle und U für die Himmelsrichtung mit Sonneneinstrahlung.

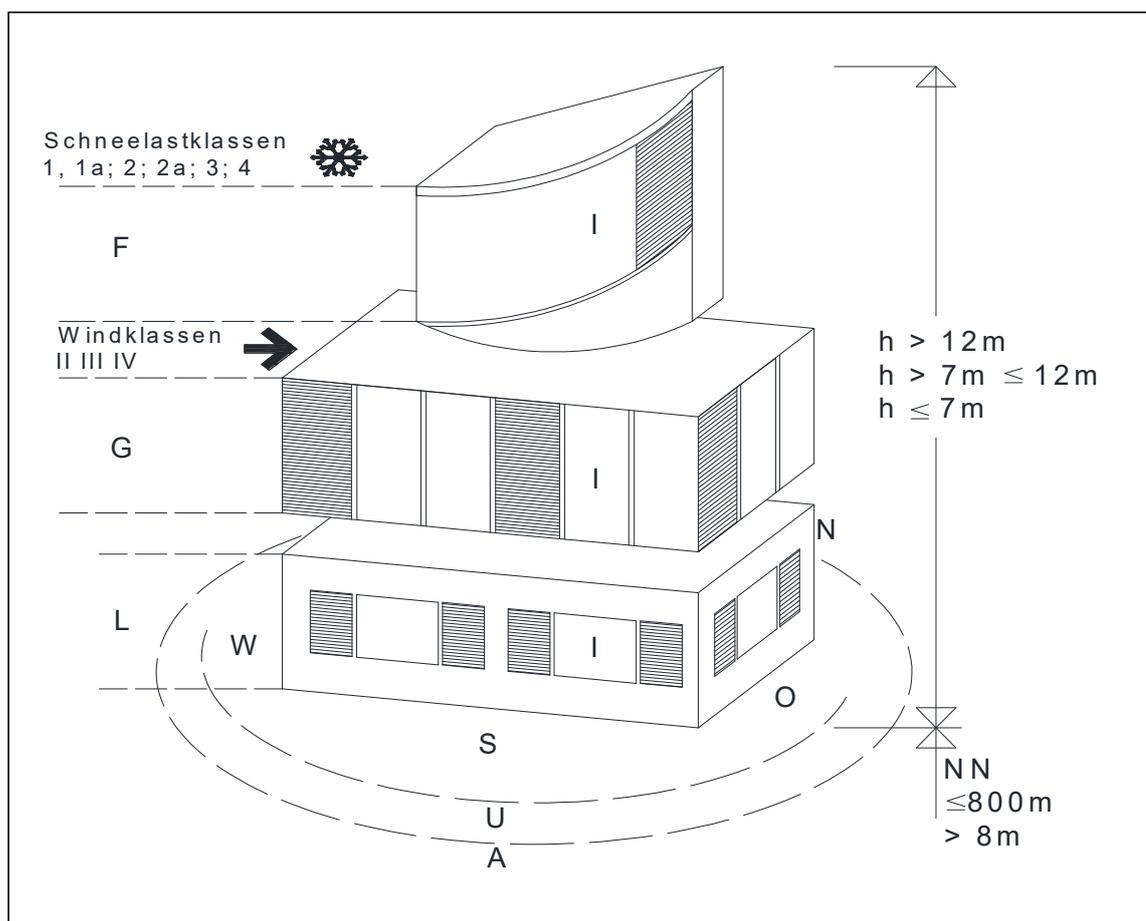


Abb.2: Einheitshaus hilbra; Werkbild hilbra

⁵ NN Normal Null ; der Begriff Höhe über Meeresspiegel wird umgangssprachlich häufiger verwendet

2.2 Untersuchungsrahmen

Im Rahmen der Arbeit wird die Südfassade der Fa. Hilbra untersucht. Diese wurde zu Forschungszwecken bereits im Jahre 2008 mit Lamellenläden aus Douglasie mit einer leinölbasierten Oberfläche Fabrikat Auro gefertigt. Als Antriebstechnik wurden die Systeme für Wende-, Horizontalfalt- und Drehläden sowie für ein Horizontalfalttor gewählt. Während die Drehläden im Brüstungsbereich manuell zu bedienen sind, werden alle anderen Antriebstypen motorisch angetrieben. Die Energie für die Antriebe wird aus den zwei PV-Elementen links oben an der Fassade gewonnen. Ziel der Fassade ist die Testung der Antriebstechnik und die Untersuchung der Haltbarkeit dieser filigranen Vollholzkonstruktion mit den weitgespannten Jalousien. Im Rahmen dieser Arbeit beschränkt sich der Autor auf die ökologische Bewertung der Vollholzfronten mittels EASY EPD im Kontext der hiervon berührten Geschäftsprozesse.

Unter der Annahme, dass diese Testfassade einen externen Auftrag darstellt, wird im Folgenden sowohl der Prozess der Fakturierung als auch die Prozesse von der Produktentwicklung bis zur Fertigung und Montage betrachtet. Besonderes Augenmerk wird auf die Prozessschritte gelegt, deren Grundlage ganz oder teilweise die in Kapitel 4 beschriebene EPD ist.



Abb. 3: Testfassade geschlossen; Werkbild hilbra



Abb. 4: Testfassade mit sich öffnenden Wendeläden; Werkbild hilbra

Die Bedienung der Läden erfolgt über einen Funksensor um sicherzustellen, dass der Bediener stets die entsprechend angesteuerten Anlagen während deren Lauf im Blick behalten kann.



Abb. 5: Testfassade mit geöffneten Wendeläden und teilweise geöffneten Horizontalfaltläden; Werkbild hilbra

Die notwendige Elektronik, ebenfalls eine Entwicklung der hilbra GmbH, ist hinter der Fassade in der Distanzkonstruktion zu Gebäudewand untergebracht.

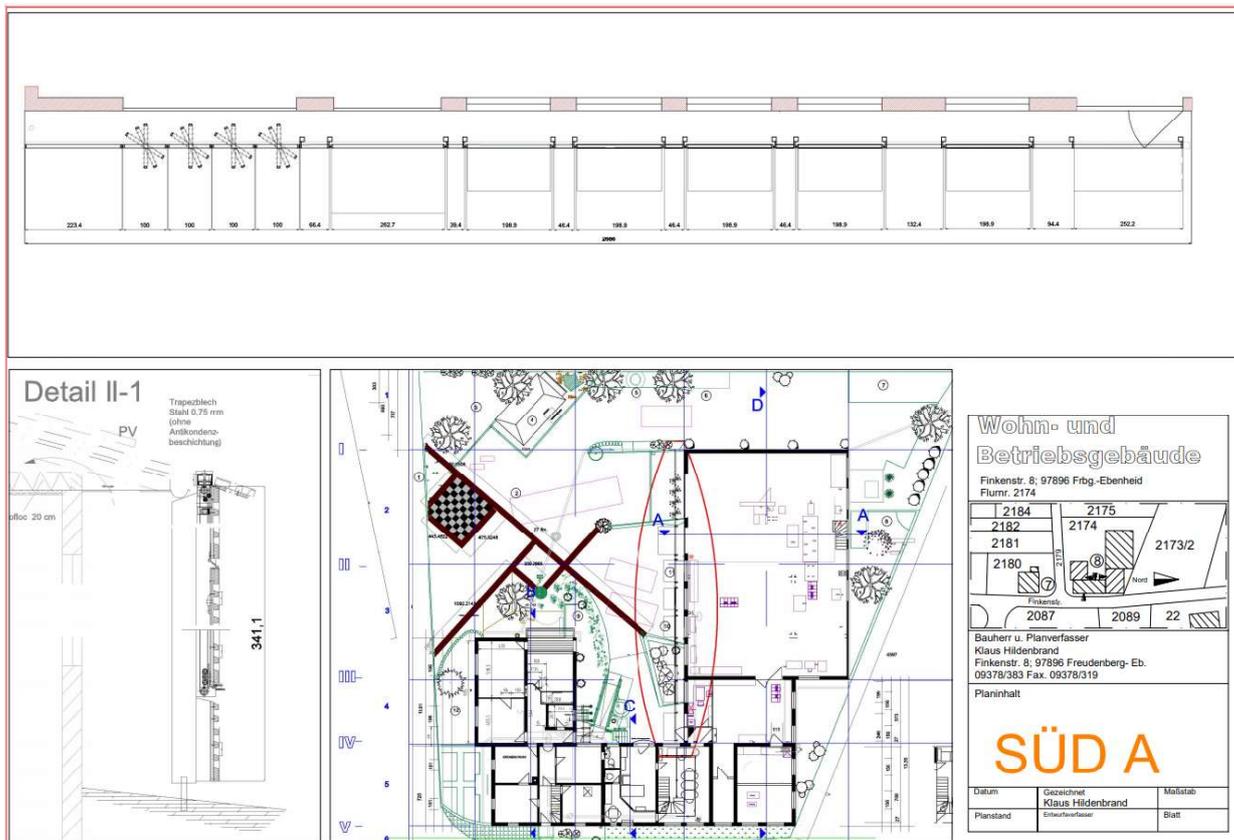


Abb. 6: Südansicht und Horizontalschnitt der Testfassade; Werkplan hilbra



Abb. 7: Tragkonstruktion der vorgehängten Fassade; Werkbild hilbra

Bei der Testfassade handelt es sich um ein mobiles Vorhangssystem. Überbrückt wird die Distanz zwischen Gebäudewand und Befestigungsebene der Fassade mittels einer tragenden Balkenkonstruktion lt. **Abb.7**.

Das energetisch wirksame Prinzip der Horizontalfaltssysteme beruht auf der geometrischen Form der Elemente. Wie in **Abb. 8** dargestellt, nutzen diese Systeme die relative Bewegung zwischen Erde und Sonne energetisch aus. Steht die Sonne hoch, gelangt kurzwelliges, energiereiches Licht auf die Fassade. Dieser hohe Energieeintrag gelangt nicht ins Gebäude wenn das System in der geöffneten Position das dahinter liegende Fenster verschattet. Steht die Sonne jedoch tief, gelangt das rotverschobene energieärmere Licht trotzdem in den Raum. Das hat zur Folge, dass bereits im geöffneten Ruhezustand eine Überhitzung des dahinterliegenden Raums vermieden wird während der erwünschte wärmende Energieeintrag bei niedrig stehender Sonne trotzdem möglich ist. Auf diese Weise temperieren diese Systeme die dahinterliegenden Räume sowohl im Sommer als auch im Winter.



Abb. 8: Prinzip der Sonnenschutzfunktion von Horizontalfaltssystemen;
Werkbild hilbra

Bei dem für diese Fassade verwendeten Holz handelt es sich um Douglasie aus Wäldern im Umkreis von ca. 50 km. Die weitgespannten Jalousien sind eine enorme Herausforderung. Eine Chance auf eine dauerhafte und verzugsarme Konstruktion ist nur möglich wenn ein besonderes Augenmerk auf die Gewinnung des Holzes in entsprechender Güte sichergestellt ist.

Bezogen auf die Witterungsresistenz kommen als heimische Nadelhölzer für diese Anwendung nur Lärche und Douglasie in Frage, da beide der Resistenzklasse 3 gem. DIN EN 68 800 T3 entsprechen. Da bei dieser Konstruktion aber bewusst statisch an Grenzen gegangen wurde, ist die Realisierung nur in Douglasie möglich, weil sie gegenüber der Lärche eine deutlich geringere Verzugsneigung zeigt. Aber auch bei Verwendung der heimischen Douglasie müssen zahlreiche Parameter optimiert werden, um eine Fassade in dieser Form umsetzen zu können.

So ist es wichtig, dass für eine derart ambitionierte Bauaufgabe das verwendete Holz nicht von Bäumen stammt, die in Hanglage standen. Hierauf ist zu achten, da Bäume in dieser Lage häufig einen exzentrischen Wuchs aufweisen. Das bedeutet, dass sich der Kern nicht exakt im Mittelpunkt des Stammquerschnittes befindet. Dadurch variieren die Breiten der Jahresringe was die Verzugsneigung verstärkt. Außerdem neigt ein entsprechender Baum zum Säbelwuchs. Der Baumstamm hat dann eine leicht gekrümmte Form angenommen. Dies ist damit zu erklären, dass sich der Baum während des Wachstums stets nach der Sonne ausrichtet. Um am Hang aber ein möglichst großes Angebot an Sonnenlicht zu erhalten richtet er sich stets senkrecht aus und nimmt damit u.U. diese Säbelform an.

Da der Standort des Baumes für die Qualität des daraus gewonnenen Holzes von entscheidender Bedeutung ist, wählt der Autor die geeigneten Bäume zusammen mit dem zuständigen Förster aus, während diese noch im Bestand stehen.



Abb. 9: Manuelle Drehläden im Brüstungsbereich unter HFL; Werkbild hilbra

Für den Zeitpunkt der Fällung ist es unerlässlich, diesen in den Wintermonaten zu wählen. Dies garantiert, dass der Baum nicht im Saft steht. Mit dem Wasser, das sich in dieser Zeit in die Wurzeln zurückgezogen hat werden auch die Nährstoffe und Mineralien aus dem Stamm entzogen. Je weniger Mineralien sich im Holz befinden, umso geringer ist auch dessen Wasseraufnahme. Erklären lässt sich dies auf Grund der Tatsache, dass Mineralien im Holz hygroskopische Salze bilden die Wasser aus der Feuchte der Luft im Holzgewebe anreichern und somit zu Quellverhalten führen. Außerdem stellen im Holz eingelagerte Mineralien eine Nahrungsgrundlage für schädliche Insekten dar. Je höher der Mineralgehalt in den Holzzellen, umso anfälliger ist das Holz für Schädlingsbefall.

In der Realität leider nicht immer umsetzbar aber wünschenswert ist es, die gefällten Bäume noch bis ins Frühjahr hinein im Wald zu belassen. Hierbei sollte die Krone noch nicht entfernt worden sein und die Baumstämme möglichst am Hang mit tieferliegender Krone gelagert werden. Mit dem Ansteigen der Umgebungstemperatur beginnt der Baum erneut auszuschlagen. Dies bewerkstelligt er mit den noch im Stamm verbliebe-

nen Nährstoffen, welche dadurch auch in die Peripherie transportiert werden und so dem zukünftigen Bauholz entzogen sind.

Wird nun die Entastung abgeschlossen und noch der Zopf für minderwertigere Verwendung abgetrennt, kann das bereits vorgetrocknete und entmineralisierte Holz ins Sägewerk transportiert werden. Auf Grund des bereits reduzierten Feuchtegehaltes hat der Stamm bereits an Gewicht verloren, was das Handling erleichtert. Gleichzeitig verlängert der reduzierte Mineralgehalt die Standzeit der verwendeten Sägeblätter.

Um im Holz einen Feuchtegehalt von 12...15% zu erzielen muss das Holz schonend getrocknet werden. Schonend ist die Trocknung, wenn im Inneren des jeweiligen Holzquerschnittes möglichst keine Spannungen entstehen.

Erreicht wird dies vorzugsweise durch die Lufttrocknung. Dabei wird das Holz plan eben auf Distanzleisten im Freien gelagert. Die Leisten müssen jeweils direkt übereinander angeordnet sein, damit ein Verzug durch die Lagerung ausgeschlossen ist. Um einen Wassereintrag auszuschließen sind die Holzlager mindestens oben wasserdicht abzudecken. Z.T kann es darüber hinaus auch sinnvoll sein, die Westseite vor Bewitterung zu schützen. Als Faustregel für die Dauer der Trocknung gilt ein Jahr pro cm der Holzstärke. Aus diesem Grund war es beispielsweise für diese Fassade notwendig das Holz vier Jahre im Freien zu trocknen, um den Verzug der Lamellen, wie in **Abb. 10** so gering als möglich zu halten.



Abb. 10: Teilweise geöffneter Horizontalfaltladen; Werkbild hilbra

Nachdem das Material für die Weiterverarbeitung gereift ist erfolgt der Zuschnitt der Profile. Je länger die Rahmen bzw. die Jalousien sein müssen, umso wichtiger ist die Holzauswahl. Für die hohen Rahmenprofile und die langen Jalousien wurde daher möglichst astfreies Holz mit stehenden Jahrringen verwendet werden, die kürzeren und weniger statisch belasteten Teile konnten dagegen aus Seitenbrettern mit Ästen hergestellt werden.



Abb. 11: Für Jalousien der Wendeläden konnten Seitenbretter verwendet werden; Werkbild hilbra



Abb. 12: Horizontalfaltladen eingebettet in feste Fassadenelemente; Werkbild hilbra

So sehr es Ziel jeder Holz Trocknung ist, die Feuchteverteilung möglichst über den ganzen Querschnitt konstant zu halten, gelingt dies in der Realität jedoch nur selten. Um aber die Feuchteverteilung in den auszuhobelnden Holzprofilen zu harmonisieren, ist es daher wichtig, die zugeschnittenen Kantel vor dem Hobeln gut durchlüftend mindestens nochmals drei Wochen in der Fertigung zwischenzulagern.

Während die definierten Profile aus Rechtecken bestehen, hat der Stamm aber eine runde Form. Somit entstehen in der Nähe der Rinde Reste mit geringen Querschnitten. Dieser Effekt wird noch verstärkt wenn der Stamm, mit dem Ziel möglichst viele Profile mit stehenden Jahrringen zu erhalten, mittig aufgetrennt wird und beide Hälften um 90° gedreht nochmals durchs Gatter geführt werden. Um auch diese Reste für hochwertige Produkte verwenden zu können, wurden noch Begleitprodukte entwickelt. Die in **Abb. 13** gezeigten Stapelstühle stellen exemplarisch ein solches Begleitprodukt dar. Sie bestehen ausschließlich aus Leisten mit dem quadratischen Querschnitt von 33/33 mm.



Abb. 13: Stapelstühle als Begleitprodukt; Werkbild hilbra

Entsprechend der im Einheitshaus definierten Belastungen, deren eine Fassade ausgesetzt ist wurde für diese Fassade mit der Schneelastklasse der Zone 2a und der Windlastklasse III gerechnet.



Abb. 14: Fassade mit Schneelast; Werkbild hilbra

Abschließend sei noch erwähnt, dass die Fassade mittels entsprechender Sensorik klimaaktiv gesteuert werden könnte. Dies hätte das Potential die Fassade noch energieeffizienter zu betreiben. Diese Option wurde hier jedoch nicht umgesetzt, um möglichst individuell auf den Prozess der Testung Rücksicht nehmen zu können.

Im Rahmen der Innbetriebnahme zeigte sich schnell, dass der Energieverbrauch für das Betreiben der Anlagen marginal ist. Signifikanter Stromverbrauch entsteht ausschließlich durch den Stand-By-Betrieb. Diese Erkenntnis bildete die Grundlage zur Neuentwicklung einer Steuerung. Diese kann nun in einem sog. Schlafmodus betrieben werden. Das bedeutet, dass sie nur jeweils pro Sekunde $1/3s$ aktiv auf Befehle wartet. Dies führt bereits zu einer deutlichen Reduktion des Stand-By-Stroms. Darüber hinaus wurde in die Fernbedienung eine Aktivierungsfunktion implementiert, so dass die Anlage pro Tag nur wenige Minuten „scharf“ geschaltet ist.



Abb.15: PV-Element als Energielieferant der Testfassade; Werkbild hilbra

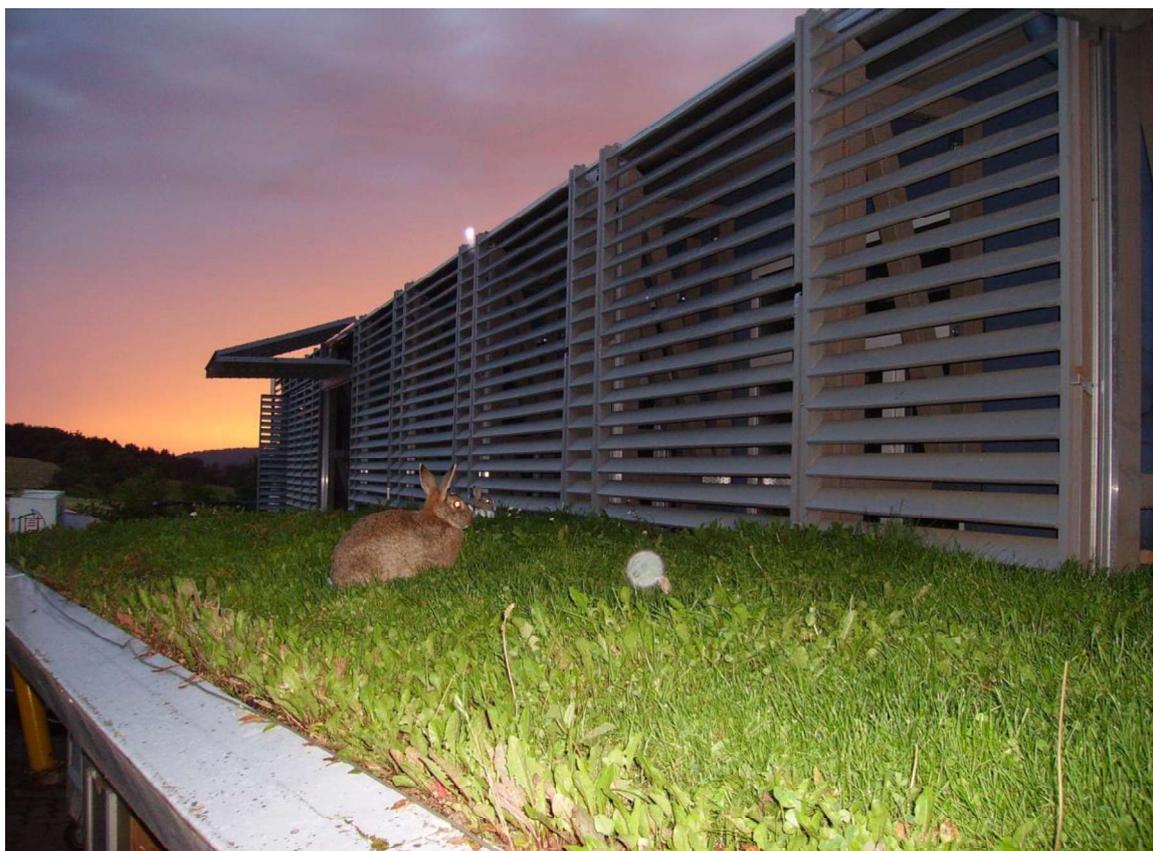


Abbildung 16: Lamellenstruktur; Werkbild hilbra