

3 Einführung in die Arbeit mit easy EPD

Diese Software soll es Inverkehrbringern (gem. Beschluss 768/2008/EG in Verbindung mit BauPVO2011/305/EU/) ermöglichen, ohne die kostenintensive Beauftragung eines entsprechenden Beratungsunternehmens, EPDs für dessen Produkte selbst erstellen zu können.

3.1 Grundlagen zur Nutzung der Software Easy EPD

Das Tool easy EPD erlaubt die Erstellung von EPDs für Massivholzprodukte gemäß EN 15804 + A2. Während hilbra für die Generierung, des von ihr entwickelten SustainCoins bisher auf bereits veröffentlichte EPDs zurückgreift, kann die eigene Erstellung von EPDs über das beschriebene Tool die Flexibilität erhöhen und es ermöglichen, gezielt die Nachhaltigkeitsperformance der Produkte von hilbra zu modellieren.

So wie für hilbra, stellt sich für alle Unternehmen und Verbraucher, die bereits die Informationsquelle EPD als eine Entscheidungsgrundlage nutzen, das Problem, dass die Ergebnisse der Umweltauswirkungen gemäß der bis dato verwendeten Norm EN 15804 + A1 nicht ohne weiteres mit den Ergebnissen kompatibel sind, welche nun gemäß EN 15804 + A2 ermittelt werden.

Während die novellierte Norm durch das neue Datenset mit dem PEF (Product Environmental Footprint) harmonisiert ist, was grundsätzlich zu begrüßen ist, stellt es den Nutzer von EPDs vor große Herausforderungen. Bereits mit EPDs nach der alten Norm und den sieben dort formulierten Indikatoren wurde häufig nur der erste, nämlich das GWP betrachtet. Während es durchaus als Erfolg gewertet werden kann, dass das Klimaschädigungspotential von Produkten inzwischen auf ein gewisses Interesse in Unternehmen und bei Verbrauchern stößt ist es unrealistisch anzunehmen, Kaufentscheider von Baustoffen zukünftig für 13 Indikatoren sensibilisieren zu können.

Um also weiterhin mit dem SustainCoin in Produktentwicklung und Kommunikation mit den Senseholdern arbeiten zu können, ist die Konvertierung der 7 Indikatoren nach alter Norm in die 13 Indikatoren nach der neuen unumgänglich. Streubreiten, welche durch dieses Vorgehen unvermeidlich sind, müssen hierbei toleriert werden. Dies um-

so mehr, da die Ergebnisse der Umweltauswirkung von Produkten für strategische Entscheidungen herangezogen werden und evtl. auftretende Unschärfen keinen Einfluss auf die Produktauswahl haben werden. Die Konvertierungsschritte, wie sie unten aufgeführt wurden stellen nun die neue Basis für die Berechnung des SustainCoins dar. Sie zeigt eine Möglichkeit auf wie das €_{eq} weiterhin berechnet und ein Umrechnung zu Produkten, die nach alter Norm gerechnet wurden ermöglicht werden könnte.

3.1.1 Global Warming Potential (GWP)

Nach alter Norm wird zur Beschreibung des Klimaschädigungs- bzw. Treibhauspotentials ein Indikator mit der Einheit [kg CO₂-Äqv.] verwendet. Da die neue Norm DIN EN 15804 A2 (2021-3) diesen Wert nur feiner unterteilt, nämlich in GWP-fossil, GWP-biogenic, GWP-luluc kann mit deren Summe, dem GWP-total unproblematisch weitergerechnet werden. Da hier statt der Quelle des KIT nun mit dem UBA-Wert [Matthey et. al. 2020] ⁶ gearbeitet wird, erhöht sich dieser von 70,00 $\text{€}_{\text{eq}}/\text{t CO}_2 \text{ eq}$ auf nunmehr 195,00 $\text{€}_{\text{eq}}/\text{t CO}_2 \text{ eq}$.

$$\underline{\text{GWP}_{\text{alt}}/\text{GWP}_{\text{total.}} = 1:1}$$

$$\Rightarrow \underline{195,00 \text{ €}_{\text{eq.}}/\text{t CO}_2 \text{ eq} = 195,00 \text{ €}_{\text{eq.}}/\text{t CO}_2 \text{ eq}}$$

3.1.2 Depletion Potential of the Stratospheric Ozone Layer (ODP)

Das sog. Ozonabbaupotential wird in der Einheit [kg CFC11-Äqv.] ausgedrückt. Dies entspricht sowohl alter als auch neuer Norm, so dass hier die Weiterarbeit unproblematisch ist.

$$\underline{\text{ODP}_{\text{ratio.}} = 1:1}$$

$$\Rightarrow \underline{5.200,00 \text{ €}_{\text{eq.}}/\text{t CFC11}_{\text{eq.}} = 5.200,00 \text{ €}_{\text{eq.}}/\text{t CFC11}_{\text{eq.}}}$$

⁶ Methodenkonvention 3.1

3.1.3 Acidification Potential of Land and Water (AP)

Das Versauerungspotential wurde bisher in der Einheit [kg SO₂-Äqv.] angegeben. Die Verwendung der neuen Einheit [mol H⁺-Äqv.] macht eine Konvertierung unumgänglich. Der unten ermittelte Wert ist aus Sicht des Autors hinsichtlich der Methodik nicht unproblematisch. Bis er daher nicht verifiziert wurde, wird dieser Indikator im Rahmen der Arbeit auf 0 gesetzt aber im Anhang bereits mitberücksichtigt.

Wünschenswert wäre es gewesen wenn das UBA einen Wert einführen würde. Auf Anfrage schlägt das UBA folgende Rechnung vor⁷:

$$\underline{1 \text{ mol S} = 2 \text{ mol H}^+ = 2000 \text{ eq.}}$$

$$\Rightarrow \underline{1 \text{ kg S} = 62 \text{ eq.}}$$

Die Herleitung von Umweltwirkungen über die Verhältnisse von molaren Massen zueinander wird offensichtlich als ein probates Mittel angesehen um auf noch nicht empirisch untersuchte Wirkungen zu schließen. Mit dem Ziel einen Preis für die Umweltwirkungen des neu eingeführten [mol H⁺-Äqv.] zu ermitteln wird in dieser Arbeit folgende Rechnung eingeführt:

$$n [\text{mol}] = m [\text{g}] / M [\text{g/mol}]$$

$$m = 1000 \text{ g}$$

$$M (\text{H}) = 1,00790 \text{ g/mol} \rightarrow n (\text{H}) = 992,2 \text{ mol}$$

$$M (\text{O}) = 15,9994 \text{ g/mol} \rightarrow n (\text{O}) = 62,5 \text{ mol}$$

$$M (\text{S}) = 32,0675 \text{ g/mol} \rightarrow n (\text{S}) = 31,2 \text{ mol}$$

Die Masse eines Elektrons beträgt 1/1836,15267377 der Masse eines Protons [Sturm et. al. 2014]. Dies entspricht ca. der u.g. molaren Masse. Auf Grund des geringen Anteils an der Gesamtmasse ist es vertretbar diese in der folgenden Berechnung nicht zu berücksichtigen.

$$M (\text{e}^-) = 10^{-27} \text{ g} * 6,022 * 10^{23} \text{ 1/mol} \sim 6,022 * 10^{-4} \text{ g/mol}$$

⁷ vgl. Mail Björn Bünger v. 05.07.21 lt. Anlage 4

Aus o.g. Annahmen [Matthey et. al. 2020]⁸ folgt:

$$\text{SO}_2\text{-eq.} = 15,80 \text{ €/kg}$$

$$M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98,0809 \text{ g/mol} \rightarrow n(\text{SO}_2) = 10,1957 \text{ mol}$$

$$M(\text{SO}_2) = 64,0663 \text{ g/mol} \rightarrow n(\text{SO}_2) = 15,6088 \text{ mol}$$

$$M(\text{H}^+) \sim 1,0079 \text{ g/mol} \rightarrow n(\text{H}^+) = 992,1619 \text{ mol}$$

$$M(\text{H}_2) \sim 2,0158 \text{ g/mol} \rightarrow n(\text{H}_2) = 496,0810 \text{ mol}$$

Der Anteil an SO_2 in H_2SO_4 :

$$\text{H}_2\text{SO}_4 : \text{SO}_2 \wedge 98,0809 : 64,0663 \wedge \sim 1,53 : 1$$

$$\Rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4\text{-eq.} = 10,32 \text{ €/kg}$$

$$\Rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4\text{-eq.} = 10,32 \text{ €/kg} : 10,1957 \text{ mol/kg} = 1,01 \text{ €/mol}$$

Der Marker für das Versauerungspotential ist das mol $\text{H}^+\text{-eq.}$, dieser Molekülteil trägt daher die Gesamtkosten des Versauerungspotentials innerhalb des H_2SO_4 -Moleküls. Um schließlich auf die Kosten für ein mol $\text{H}^+\text{-eq.}$ zu gelangen ist das Verhältnis des H_2SO_4 -Moleküls zum mol $\text{H}^+\text{-eq.}$ ins Verhältnis zu setzen:

$$\Rightarrow \text{H}_2 = 1,01 \text{ €/mol}_{\text{H}_2\text{SO}_4}$$

$$\Rightarrow \text{H}^+\text{-eq.} = 0,505 \text{ €/mol}_{\text{H}_2\text{SO}_4}$$

$$\Rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 : \text{H}^+\text{-eq.} \wedge 98,0809 : 1,0079 \wedge \sim 97,31 : 1$$

$$\Rightarrow \underline{\text{AP neu} \sim 0,505 \text{ €/mol}_{\text{H}_2\text{SO}_4} * 97,31}$$

$$\underline{= 49,14 \text{ €/mol H}^+\text{-eq}}$$

⁸ vgl. Methodenkonvention 3.1 UBA

3.1.4 Eutrophication Potential (EP)

Das Eutrophierungspotential wird in der alten Norm in $[\text{kg } (\text{PO}_4)^{3-} \text{-Äq.}]$ angegeben. In der neuen Norm hingegen wird das EP differenziert in EP-freshwater mit der Einheit $[\text{kg } \text{PO}_4\text{-Äq.}]$, dem EP-marine in $[\text{kg N-Äq.}]$ und dem EP-terrestrial in $[\text{mol N-Äq.}]$.

Während in 3.1.3 eine Berechnung über die molare Masse noch mit einer gewissen Unsicherheit betrachtet werden muss existieren beim Eutrophierungspotential bereits monetarisierte Werte des UBA für die wirkungsentscheidenden Elemente der zu betrachtenden Moleküle so dass eine entsprechende Monetarisierung leicht vorgenommen werden kann

Die Stoffmengen $[\text{mol}]$ errechnen sich aus den molaren Massen $[\text{g/mol}]$ (siehe 3.1.3):

$$m = 1,000 \text{ g}$$

$$M(\text{O}) = 15,9994 \text{ g/mol} \rightarrow n(\text{O}) = 62,5023 \text{ mol}$$

$$M(\text{P}) = 30,9738 \text{ g/mol} \rightarrow n(\text{P}) = 32,2854 \text{ mol}$$

$$M(\text{PO}_4) = 94,9714 \text{ g/mol} \rightarrow n(\text{PO}_4) = 10,5295 \text{ mol}$$

Als monetarisierte Werte seitens des UBA⁹ können folgende verwendet werden:

$$N_{\text{maritim}} = 20,80 \text{ €}_{\text{eq.}}/\text{kg}$$

$$P_{\text{Binnengewässer}} = 153,50 \text{ €}_{\text{eq.}}/\text{kg}$$

$$N_{\text{terrestrisch}} = 6,30 \text{ €}_{\text{eq.}}/\text{kg}$$

$$P_{\text{terrestrisch}} = 4,44 \text{ €}_{\text{eq.}}/\text{kg}$$

Während das Eutrophierungspotential nach alter Norm nur in der Einheit $[\text{kg } (\text{PO}_4)^{3-} \text{eq.}]$ angegeben wurde, wird diese Umweltwirkung nun in einer Summe aus drei Indika-

⁹ Die €-Beträge beziehen sich in der Kostensatzermittlung des UBA jeweils auf ein bestimmtes Jahr – Diese Methode ist jedoch schwer handhabbar – aus diesem Grund hat der Autor das €_{eq.} eingeführt. Es handelt sich hierbei um einen €-Betrag, der konstant beibehalten wird. Anpassungen welche mit zunehmendem Erkenntnisgewinn notwendig werden, werden mit einem sog. Umtauschwert für eine gesamte Arbeit angegeben.

toren mit jeweils unterschiedlichen Einheiten ausgedrückt. Dies verlangt folgendes differenziertes Vorgehen:

EP-freshwater: Für diesen Indikator wurde nun die Einheit PO_4 gewählt. Da als wirkungsmächtiges Element des betrachteten Moleküls der Anteil dessen ermittelt werden muss erfolgt die Konvertierung wie hier beschrieben:

$$\text{P-Anteil im Molekül: } 94,9715 \text{ g/mol} / 30,9738 \text{ g/mol} = 3,066$$

$$\Rightarrow \text{EP-freshwater} = P_{\text{Binnengewässer}} / 3,066$$

$$\Rightarrow \text{EP-freshwater} = 153,50 \text{ €}_{\text{eq.}}/\text{kg} / 3,066$$

$$\Rightarrow \underline{\text{EP-freshwater} = 50,041 \text{ €}_{\text{eq.}}/\text{kg}}$$

EP-marine: Als Einheit für diesen Indikator wird zukünftig mit dem kg N-Äq. gearbeitet. Da das UBA den Wert von 20,80 € vorschlägt wird dieser übernommen:

$$\Rightarrow \text{EP-marine} = 20,80 \text{ €}/\text{kg N-Äq.}$$

EP-terrestrial: Die entsprechende Einheit ist das mol N-Äq.

Gegeben ist folgende molare Masse [g/mol]:

$$n [\text{mol}] = m [\text{g}] / M [\text{g/mol}]$$

$$m = 1000 \text{ g}$$

$$M (\text{N}) = 14,00699 \text{ g/mol} \rightarrow n (\text{N}) = 71,3929 \text{ mol}$$

$$n (\text{N}) = 1000\text{g}/14.006,99\text{g/mol} = 71,3929 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow \text{EP- terrestrial} = N_{\text{terrestrisch}} / 71,3929$$

⇒ EP- terrestrial = 6,30 €_{eq.}/kg / 71,3929

⇒ EP- terrestrial = 0,0882 €_{eq.}/mol N

3.1.5 Formation potential of Tropospheric Ozone Photochemical Oxidants (POCP)

Die alte Einheit [kg Ethen-Äq.] steht der neuen [kg NMVOC-Äq.] gegenüber. Da für die neue Einheit ein Kostensatz vom Umweltbundesamt ermittelt wurde, wird bei EPDs nach der neuen Norm dieser Wert, wie folgt beschrieben, verwendet:

$$\underline{POCP = 2,20 \text{ €}_{\text{eq.}}/\text{kg NMVOC}_{\text{-eq.}}}$$

3.1.6 Abiotic Depletion Potential for Non-Fossil Resources (ADPE)

Das sog. Potential für den abiotischen Abbau nicht fossiler Ressourcen wird in der Einheit [kg Sb-Äq.] ausgedrückt. Dies entspricht sowohl alter als auch der neuen Norm, so dass hier die Weiterarbeit unproblematisch ist.

$$\underline{ADPE_{\text{v}} = 12,80 \text{ €}_{\text{eq.}}/\text{kg Sb}_{\text{-eq.}}}$$

3.1.7 Abiotic Depletion Potential for Fossil Resources (ADPF)

Das sog. Potential für den abiotischen Abbau fossiler Brennstoffe wird in der Einheit [MJ] ausgedrückt. Dies entspricht sowohl alter als auch der neuen Norm, so dass hier die Weiterarbeit mit dem Wert der Energiekosten lt. eigener Berechnung und Validierung über Werte des UBA möglich ist:

$$\underline{ADPF = 0,006944 \text{ €}_{\text{eq.}}/\text{MJ}}$$

3.1.8 Water Depletion Potential (WDP)

Das Wasser Entzugspotential in der Einheit [m³ Welt-Äq. entzogen] wurde bisher noch nicht in den Ergebnissen der Umweltwirkungen angegeben. Im Rahmen dieser For-

schungsarbeit und mit dem Ziel vergleichbare Werte bei zukünftigen Berechnungen werkstoffbezogener SustainCoins zu erhalten wird hier der durchschnittlich Kostensatz in Deutschland für die Aufbereitung von Trinkwasser herangezogen:

WDP = 2,00 €_{eq.}/ m³ Welt-Äq. entzogen

3.2 Ergebnisse für die Testfassade von hilbra

Mit der Software Easy EPD ist es möglich, EPDs auf einem Bedienniveau zu erstellen, welches es auch dem LCA-Laien erlaubt verwertbare Ergebnisse zu erzielen. Insbesondere mit dem Ziel besonders nachhaltiges Produzieren von Holz rechnerisch darstellen zu können, sind folgende Erweiterungen der Software unabdingbar:

- Aufnahme eines Drop-Down-Menüs, mit dessen Hilfe folgende Gewinnungsarten dargestellt werden können:
 - Holz ohne Zertifizierung
 - Holz mit PEFC-Kennzeichnung
 - Holz mit FSC-Kennzeichnung
- Aufnahme eines Drop-Down-Menüs mit dessen Hilfe die Art der Ernte beschrieben werden kann:
 - Ohne besondere Maßnahmen
 - Wintereinschlag
 - Wintereinschlag + Trocknung über Zopf bis Abschluss der Austreibungsphase
- Aufnahme eines Drop-Down-Menüs mit dessen Hilfe die Art der Trocknung beschrieben werden kann:
 - Lufttrocknung auf 15% +/- 3% (min. 1 Jahr/Dicke)
 - Kammertrocknung auf 15% +/- 3%
 - Kammertrocknung auf ca. 8%
- Möglichkeit des Verzichts auf Verpackung

- Möglichkeit der Integration des Arbeitsschrittes Schleifen
- Möglichkeit der Integration des Arbeitsschrittes Kappen
- Möglichkeit des Verzichts auf Verfahrensschritte ohne dass dadurch die Berechnungsstufe nicht erreicht werden könnte
- Möglichkeit des Verzichts auf Verpackung

3.3 Bewertung der praktischen Arbeit mit Easy EPD

Grundlage der Bewertung der praktischen Arbeit ist stets die Annahme, dass der Bediener möglichst wenig Zeit in die Einarbeitung der Software investieren will, bzw. auf Grund seiner Arbeitsbelastung kann. Daraus ergeben sich verschiedene Anforderungen an die Software.

Der Nutzer der Software EASY-EPD wird in die Lage versetzt prüffähige EPDs selbstständig anzufertigen. Dies wird es ermöglichen EPDs im Tagesgeschäft wesentlich intensiver einsetzen zu können. Auf dieser Grundlage werden betriebswirtschaftliche Entscheidungen stärker nach Nachhaltigkeitskriterien ausgerichtet werden können, was sich sowohl auf die inner- als auch die interbetrieblichen Prozesse auswirken wird. Dies hat Auswirkungen auf die Anforderungen der Software die folgend für das Unternehmen hilbra beschrieben werden.

In der folgenden Grafik wird die EPD im Spannungsfeld zwischen Produkt- und Gebäudeebene dargestellt. Möglichkeiten des Einsatzes von EPDs bieten sich für hilbra auf beiden Ebenen. Während im innerbetrieblichen Prozess das Produkt betrachtet wird, liegt das Augenmerk bei den interbetrieblichen Prozessen auf der Integration des Produktes in der Gebäudeebene.

Ergebnisse

Alle

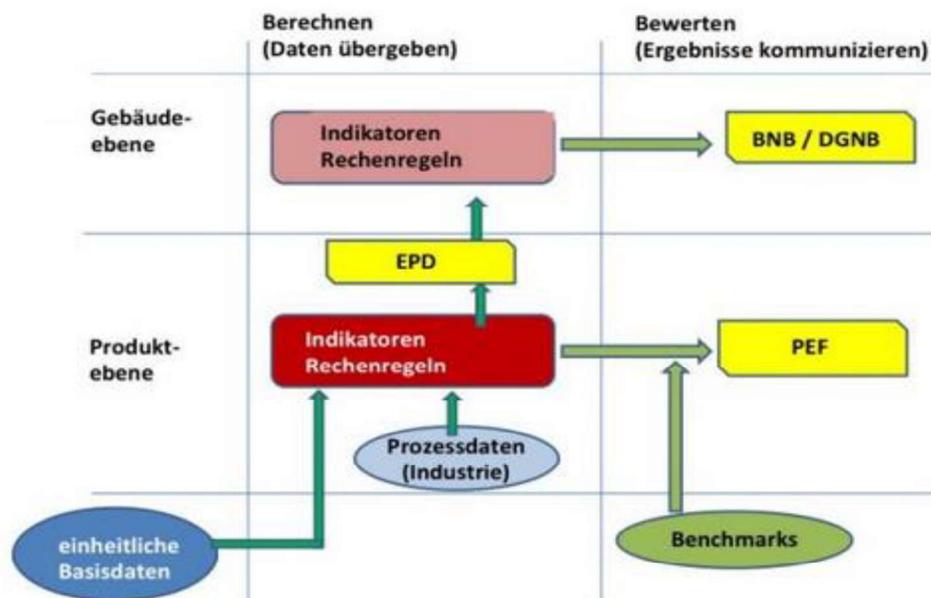


Abb. 17: EPD-Prozess eingebettet; Quelle IBU

3.3.1 Benutzerfreundlichkeit

Während es grundsätzlich sinnvoll ist, dass alle Eingabefelder bearbeitet sein müssen, um zu Ergebnissen gelangen zu können, müssen in einer Folgeversion der Software noch Widersprüche aufgelöst werden. So ist es aktuell notwendig sowohl für entrindetes als auch nicht entrindetes Holz Werte einzugeben. Wenn aber, wie bereits oben beschrieben, das Holz luftgetrocknet werden soll, kann das Holz nur mit Rinde verarbeitet werden. Der Arbeitsgang der Entrindung entfällt daher, da dieser in den Arbeitsgang des Besäumens integriert wird.

3.3.2 Mögliche Reichweite potentieller Nutzergruppen

Um zukünftig die Ergebnisse von EPDs im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung möglichst entschlossen nutzen zu können, ist es notwendig möglichst vielen Baubeteiligten den Umgang mit diesem Instrument nahe zu bringen. Im Folgenden wird daher die Auftragsbearbeitung für die bereits oben beschriebene Testfassade aufgezeigt

Grundlage des Testauftrags ist eine mit EASY-EPD erstellte EPD. Damit die Akzeptanz dieses Dokuments sichergestellt ist konnte für dieses Forschungsprojekt die Mitwirkung des Instituts Bauen und Umwelt e.V. erreicht werden.

Abb. 18 zeigt das Deckplatt der erstellten EPD.

UMWELT-PRODUKTDEKLARATION

nach ISO 14025 und EN 15804+A1

Deklarationsinhaber	GreenDelta GmbH
Herausgeber	Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU)
Programmhalter	Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU)
Deklarationsnummer	EPD-ABC-20200001-ICA1-DE
Ausstellungsdatum	19.03.2021
Gültig bis	18.03.2026

Lamellenfassade
GreenDelta GmbH

www.ibu-epd.com | <https://epd-online.com>



Institut Bauen
und Umwelt e.V.



Abb.18: Deckplatt der mit EASY-EPD erstellten EPD

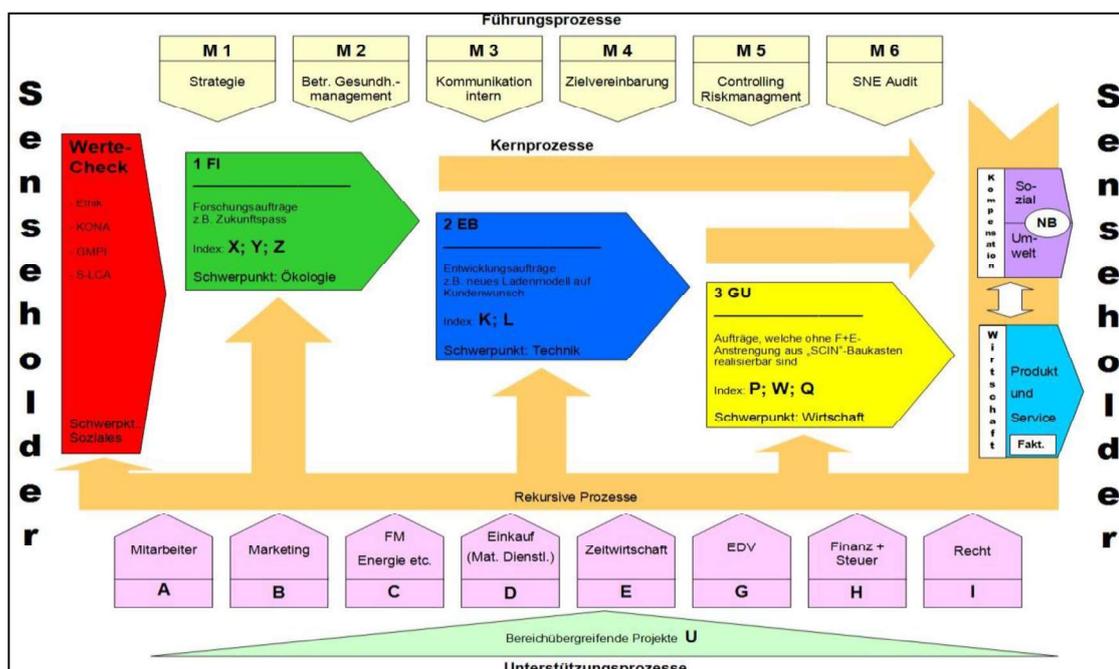
4 Der Testauftrag

Die Auftragsbearbeitung für die Testfassade aus Kapitel 2 wird folgend beschrieben. Beginnend mit einer kurzen Beschreibung des betrieblichen Kontextes wird auf die Teilschritte Akquise, welche eine Forschungs- und Entwicklungsarbeit nach sich zieht, Auftragsbearbeitung und Wartung beschrieben.

4.1 Betrieblicher Kontext

Die Integration der EPDs in innerbetriebliche Prozesse wird bei hilbra in deren integrierten Managementsystem (IMS) beschrieben. Unter dem Begriff Subsidiäre Nachhaltigkeitsentwicklung (SNE) entwickelte sie dies mit der Intention das Thema Nachhaltigkeit in möglichst allen betrieblichen Prozessen jeweils so früh als möglich und bezogen auf die Hierarchieebenen so niedrig als möglich anzusiedeln. Daraus haben sich schließlich folgende Handlungsfelder herauskristallisiert, welche durch die intensivierete Nutzung von EPDs nachhaltiger ausgerichtet werden können bzw. mit deren Hilfe die Nachhaltigkeitsperformance besser kommuniziert werden kann.

Entsprechend der Roadmap **Abb. 19** werden die Prozesse vorgestellt in der EPDs die Abläufe sinnvoll unterstützen können. Bei hilbra werden, mit dem Ziel der optimierten Dokumentenführung, die Unterprozesse mit Erkennungsbuchstaben bezeichnet. Diese werden folgend nicht mit angegeben, um die numerische Gliederung nicht zu stören. Mit der strategischen Entscheidung das Unternehmen konsequent nachhaltig auszurichten geht einher, dass der Informationsbedarf im Vergleich zu einem konventionellen Unternehmen exponentiell steigt. Bei der Gewinnung der Daten ist der klar defi-



nierte Aufbau von EPDs bereits sinnvoll. Darüber hinaus hat die Gliederung der Wertschöpfungsketten (A-D), wie sie bei EPDs standardisiert sind, intern eine Struktur vorgegeben, wie sie bei hilbra auch für die Barwertberechnung und die Gerechtigkeitsmodellierung von Wertschöpfungsketten herangezogen werden.

Abb. 19: Roadmap SNE; Quelle: Handbuch hilbra, siehe auch Anlage

Um im operativen Geschäft bereits Nachhaltigkeitseffekte zu erzielen, sind die Mitarbeiter im Umgang mit EPDs geübt. Insbesondere bei einer vergleichenden Tätigkeit ist es unerlässlich sowohl die Ergebnisse der EPDs als auch der Gerechtigkeitsparameter in Kennzahlen auszudrücken. Die Erstellung eines entsprechenden SustainCoins **[Hildenbrand, N. 2015]** hat sich hierbei bewehrt. Dessen Weiterentwicklung im Rahmen dieser Arbeit wird in diesem Kapitel noch beschrieben.

Insbesondere in Bezug auf die Kommunikation mit den Kunden soll der SustainCoin zukünftig eine zentrale Rolle spielen. Mit der gleichen Systematik werden bei hilbra EPDs auch als Entscheidungsgrundlage im Einkauf herangezogen.

Am Beispiel der in Kapitel 2 beschriebenen Testfassade werden nun die einzelnen Phasen der Auftragsbearbeitung betrachtet. Um ein umfassendes Bild zu erlangen wird angenommen, dass alle Phasen bearbeitet werden müssen, was in der Realität aber selten der Fall ist (bspw. sind Forschungsarbeiten i.R. bereits vor Auftragserteilung erfolgt).

4.2 Die Auftragungsschritte im Einzelnen

4.2.1 Akquise

Es wurde sich bereits auf die beiden Modelle Frankfurt und Mömlingen fokussiert. Nun steht die Entscheidung für die auszuführende Version an. Grundlage sind die jeweiligen Angebote:



hilbra GmbH | Finkenstraße 8 | 97896 Freudenberg-Ebenheid

hilbra Theo Hildenbrand GmbH

Finkenstraße 8
97896 Ebenheid



hilbra-Nachhaltigkeit
nähere Informationen siehe Sustain.Co.H

hilbra Theo Hildenbrand GmbH

Finkenstr. 8
97896 Freudenberg-Ebenheid
Telefon: +49 (0) 9378-383
Telefax: +49 (0) 9378-319
info@hilbra.de
www.hilbra.de

Angebot Nr.: W1559

Kunden-Nr.:
Tel.: (09378)383
Fax: (09378)319

16.04.2021

Angebot

Projekt: hilbra Theo Hildenbrand GmbH / W1559
Projektadresse: hilbra Theo Hildenbrand GmbH; Finkenstraße 8; 97896 Ebenheid

Sehr geehrte Damen und Herren,
wir freuen uns Ihnen folgendes Angebot unterbreiten zu dürfen.

1 Pos.	Fertigung von Fensterläden Modell Mömlingen, 1-flg., Douglasie, roh	Menge	Einzelpreis	Gesamtpreis
1.1	Flügelmaße B=224,4 cm, H=341,1 cm	1,000 St	3.834,84 €	3.834,84 €
1.2	Flügelmaße B=100 cm, H=341,1 cm	4,000 St	1.765,19 €	7.060,76 €
1.3	Flügelmaße B=66,4 cm, H=341,1 cm	1,000 St	1.133,65 €	1.133,65 €
1.4	Flügelmaße B=262,7 cm, H=341,1 cm	1,000 St	4.493,97 €	4.493,97 €
1.5	Flügelmaße B=39,4 cm, H=341,1 cm	1,000 St	680,81 €	680,81 €
1.6	Flügelmaße B=198,9 cm, H=341,1 cm	5,000 St	3.423,93 €	17.119,65 €
1.7	Flügelmaße B=46,4 cm, H=341,1 cm	3,000 St	798,22 €	2.394,66 €
1.8	Flügelmaße B=132,4 cm, H=341,1 cm	1,000 St	2.308,60 €	2.308,60 €
1.9	Flügelmaße B=94,4 cm, H=341,1 cm	1,000 St	1.671,27 €	1.671,27 €
1.10	Flügelmaße B=252,2 cm, H=341,1 cm	1,000 St	4.317,87 €	4.317,87 €
Summe der Positionen				45.016,08 €
<u>Zzgl. 19% MwSt.</u>				<u>8.553,06 €</u>
Angebotssumme				53.569,14 €

Angebot Nr. hilbra Theo Hildenbrand GmbH W1559

Geschäftsführender Gesellschafter: Nikolaus Hildenbrand
IHK Heilbronn Franken 10000079124
USt.-Id.-Nr.: DE81143903

16.04.2021

Raiffeisenbank Eichenbühl
IBAN: DE40 7966 8509 0000 0467 87
BIC: GENO DEF 1 ENB

Seite 1



Fensterläden – Form und Funktion für die Fassade.

Abb. 20 Fassadenangebot Mömlingen; Quelle: hilbra

Wir würden uns freuen, wenn Ihnen unser Angebot zusagt und sichern Ihnen bereits heute pünktliche und einwandfreie Leistungen zu.
 An unsere Angebote halten wir uns 6 Wochen gebunden. Es gilt die jeweils gültige MwSt., Es gilt der erweiterte Eigentumsvorbehalt!
 Unser Angebot ist freibleibend.

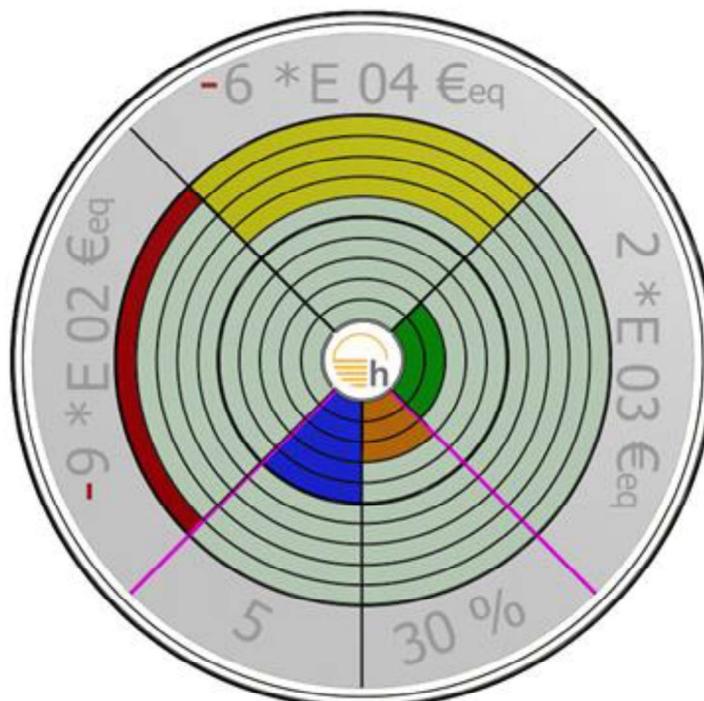
Zahlungsart: It. VOB: 40% Anzahlung bei Auftragserteilung, 50% bei Lieferbereitschaft, 10% bei Übergabe

Ab Werk

Lieferzeit: nach Vereinbarung und spezieller Klärung

Mit freundlichen Grüßen

[hilbra](#) Theo Hildenbrand GmbH



Nähere Informationen siehe Zukunftspass

Abb. 21: Fassadenangebot Mömlingen Seite 2; Quelle hilbra



hilbra GmbH | Finkenstraße 8 | 97896 Freudenberg-Ebenheid

hilbra Theo Hildenbrand GmbH

Finkenstraße 8
97896 Ebenheid



hilbra Theo Hildenbrand GmbH

Finkenstr. 8
97896 Freudenberg-Ebenheid
Telefon: +49 (0) 9378-383
Telefax: +49 (0) 9378-319
info@hilbra.de
www.hilbra.de

Angebot Nr.: W1559

Kunden-Nr.:
Tel.: (09378)383
Fax.: (09378)319

16.04.2021

Angebot

Projekt: hilbra Theo Hildenbrand GmbH / W1559
Projektadresse: hilbra Theo Hildenbrand GmbH; Finkenstraße 8; 97896 Ebenheid

Sehr geehrte Damen und Herren,
wir freuen uns Ihnen folgendes Angebot unterbreiten zu dürfen.

Pos.	Beschreibung	Menge	Einzelpreis	Gesamtpreis
1	Fertigung von Fensterläden Modell Frankfurt, Aluminiumrahmen verzinkt mit waagerechen Lamellen, 1-flg., Douglasie, roh			
1.1	Flügelmaße B=224,4 cm, H=341,1 cm	1,000 St	2.306,09 €	2.306,09 €
1.2	Flügelmaße B=100 cm, H=341,1 cm	4,000	1.076,62 €	4.306,48 €
1.3	Flügelmaße B=66,4 cm, H=341,1 cm	1,000 St	679,81 €	679,81 €
1.4	Flügelmaße B=262,7 cm, H=341,1 cm	1,000 St	2.697,64 €	2.697,64 €
1.5	Flügelmaße B=39,4 cm, H=341,1 cm	1,000 St	410,80 €	410,80 €
1.6	Flügelmaße B=198,9 cm, H=341,1 cm	5,000 St	2.061,99 €	10.309,95 €
1.7	Flügelmaße B=46,4 cm, H=341,1 cm	3,000 St	480,54 €	1.441,62 €
1.8	Flügelmaße B=132,4 cm, H=341,1 cm	1,000 St	1.399,43 €	1.399,43 €
1.9	Flügelmaße B=94,4 cm, H=341,1 cm	1,000 St	1.020,83 €	1.020,83 €
1.10	Flügelmaße B=252,2 cm, H=341,1 cm	1,000 St	2.593,03 €	2.593,03 €
Summe der Positionen				27.165,68 €
Zzgl. 19% MwSt.				5.161,48 €
Angebotssumme				32.327,16 €

Angebot Nr. hilbra Theo Hildenbrand GmbH W1559

Geschäftsführender Gesellschafter: Nikolaus Hildenbrand
IHK Heilbronn Franken 10000079124
USt.-Id.-Nr.: DE81143903

16.04.2021

Raiffeisenbank Eichenbühl
IBAN: DE40 7966 8509 0000 0467 87
BIC: GENO DEF 1 ENB

Seite 1



Fensterläden – Form und Funktion für die Fassade.

Abb. 22: Fassadenangebot Frankfurt; Quelle: hilbra

Wir würden uns freuen, wenn Ihnen unser Angebot zusagt und sichern Ihnen bereits heute pünktliche und einwandfreie Leistungen zu.

An unsere Angebote halten wir uns 6 Wochen gebunden. Es gilt die jeweils gültige MwSt.

Es gilt der erweiterte Eigentumsvorbehalt!

Unser Angebot ist freibleibend.

Zahlungsart: It. VOB: 40% Anzahlung bei Auftragserteilung, 50% bei Lieferbereitschaft, 10% bei Übergabe

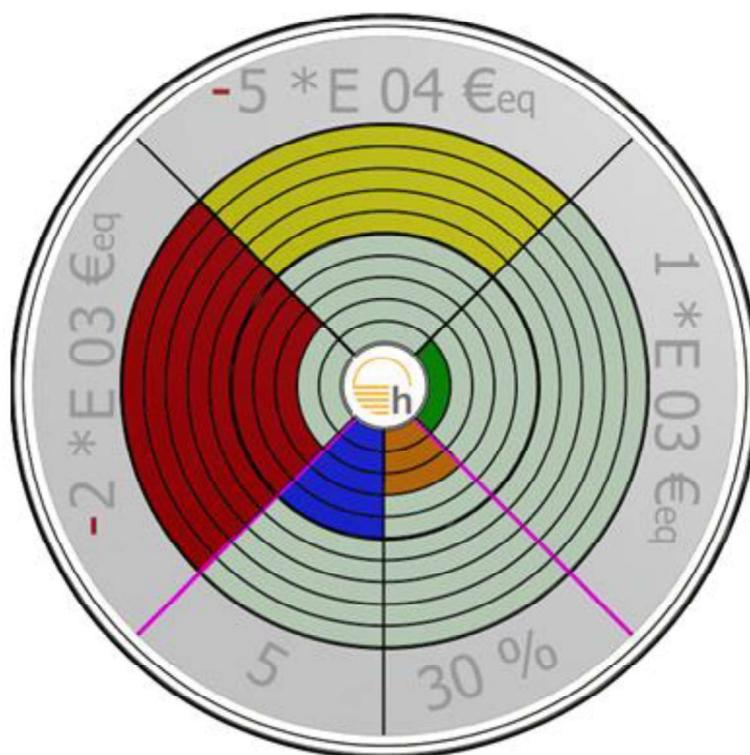
Ab Werk

Lieferzeit: nach Vereinbarung und spezieller Klärung

Mit freundlichen Grüßen

Ute Hildenbrand

[hilbra](#) Theo Hildenbrand GmbH



Nähere Informationen siehe Zukunftspass

Abb. 23 : Fassadenangebot Frankfurt Seite 2; Quelle: hilbra

Es zeigt sich, dass die Herstellung der Fassade mit Elementen des Modells Mömlingen mit brutto 53.569,14 € deutlich teurer ist, als das Modell Frankfurt. Dies liegt an dem deutlich geringeren Verbrauch an Holz, da die Elemente nicht so tief sind wie beim Modell Mömlingen (Frankfurt ca. 33 mm; Mömlingen ca. 90 mm). Um beim Modell Frankfurt trotzdem die geforderte Biegesteifigkeit z.B. gegen Windlast zu gewährleisten, sind Winkel aus Aluminium notwendig. Diese erzeugen zwar auch Kosten, allerdings sind diese geringer, als die Kosten für die Materialdifferenz beim Holz.

Preislich besonders bemerkbar wird der Unterschied auf Grund der Tatsache, dass die Fertigung des Modells Frankfurt deutlich weniger Zeit in Anspruch nimmt, als bei dem Modell Mömlingen.

Während beim Modell Mömlingen jede Lamelle einzeln verdübelt werden muss, können die Querleisten beim Modell Frankfurt einfach mit Nägeln verbunden werden, die pneumatisch eingetrieben und durch die Aluminiumwinkel verdeckt werden.

Der Vorteil des Modells Frankfurt verringert sich jedoch sobald man die Nachhaltigkeitsbewertung durchgeführt hat, die im folgenden Kapitel näher beschrieben wird.

Trotz des bis dato eindeutigen Ergebnisses wird die Entscheidung hier bereits zu Gunsten des Modells Mömlingen getroffen, was im folgenden Kapitel begründet wird.

Die beiden Fassadentypen, werden in den **Abb. 24...25** dargestellt:

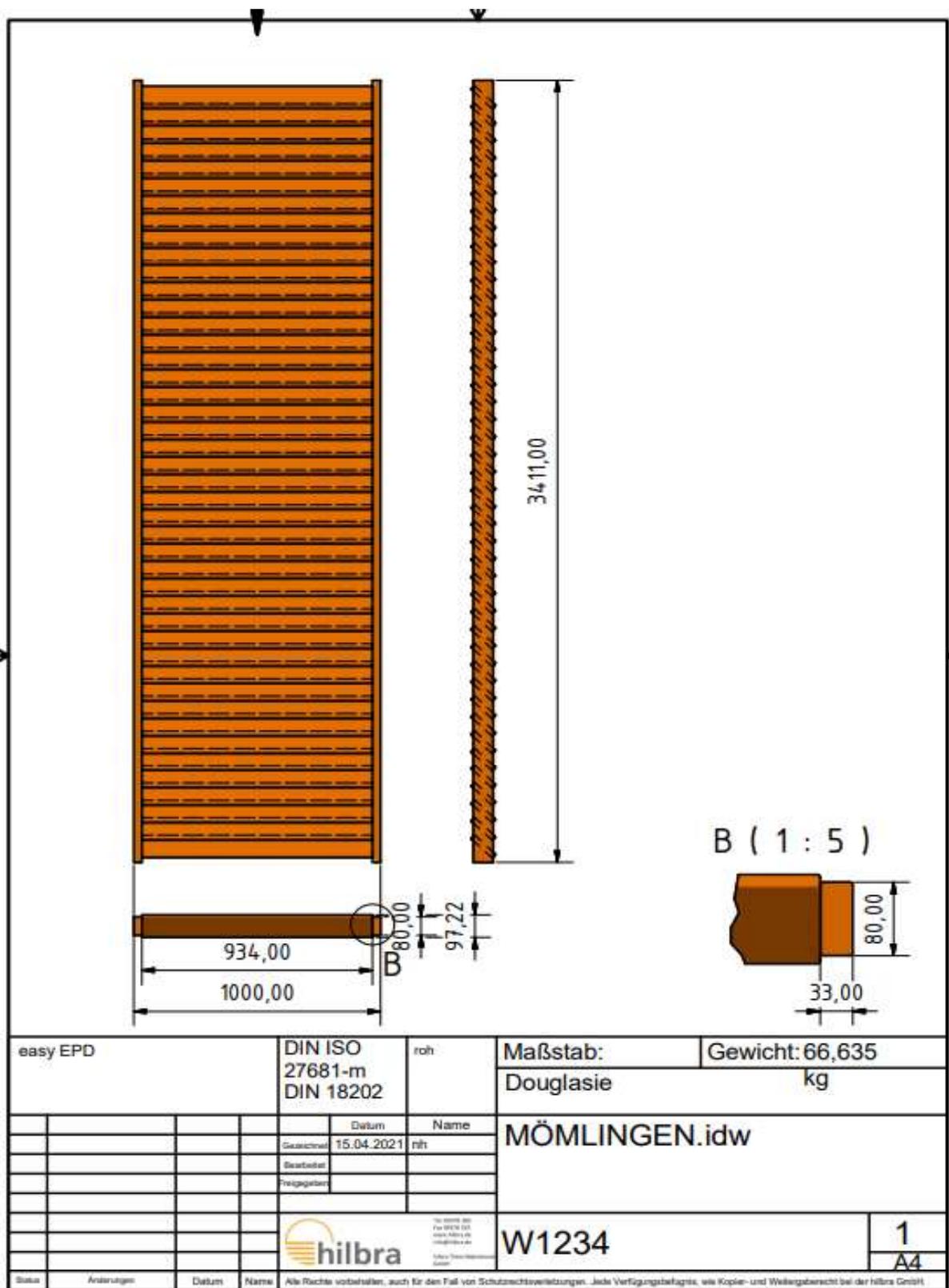


Abb. 24 Modell Mömlingen; Werkplan hilbra

4.2.2 Forschung

Während die Systematik der EPD-Erstellung inzwischen ein Niveau erreicht hat das es zuverlässig erlaubt, nachhaltigere Entscheidungen fundiert zu treffen ist deren Integration in der Planung von Bauprozessen noch immer stark unterentwickelt. Ein wesentlicher Grund ist die Schwierigkeit, die Ergebnisse zu interpretieren. Bei hilbra hat man daher den SustainCoin (**Abb.26**) entwickelt, der dieses Problem lösen kann.

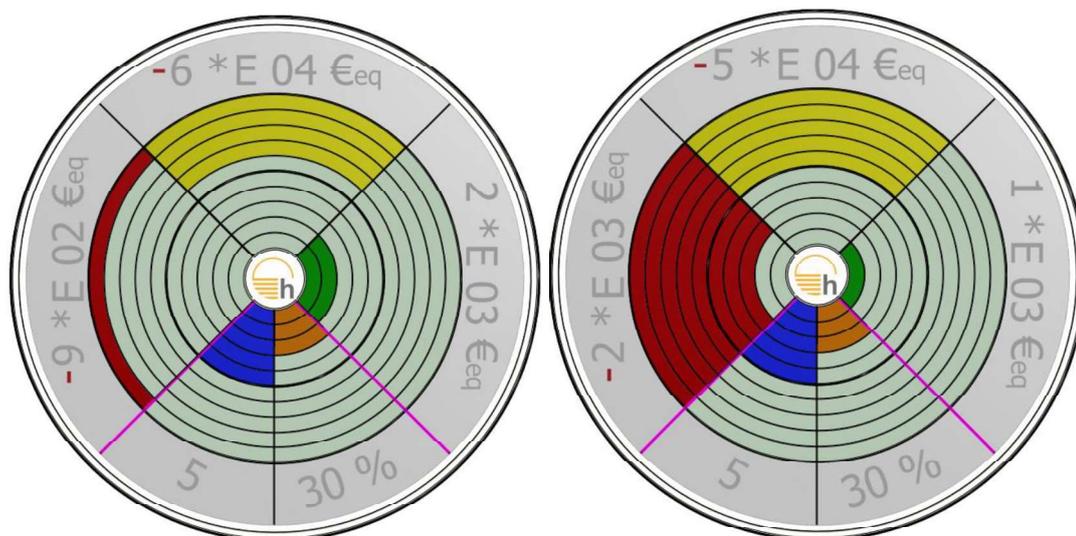


Abb. 26: links SustainCoin Mömlingen; rechts; Modell Frankfurt; denbrand, Nikolaus

Quelle: Hil-

Unter Berücksichtigung der Nachhaltigkeitslasten/-leistungen verschiebt sich die Bewertung deutlich in Richtung Modell Mömlingen.

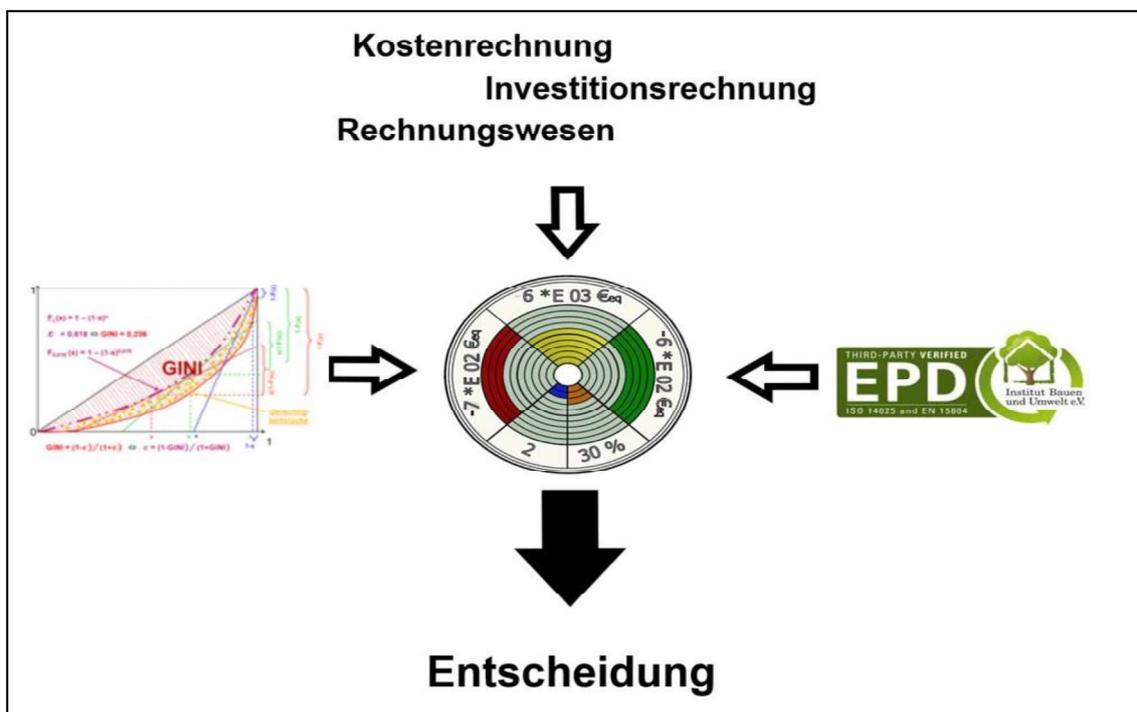
Die Darstellung des linken SC für das Modell Mömlingen zeigt Soziallasten in Höhe von ca. -900,00 €eq, finanzielle Lasten von ca. -60.000,00 €eq und eine Ökoleistung von ca. +2.000,00 €eq an. Dagegen zeigt der SC rechts für das Modell Frankfurt eine Soziallast von ca. -2.000,00 €eq, eine Finanzlast von ca. -50.000,00 €eq und eine Ökoleistung von ca. +1.000,00 €eq.

Um den SustainCoins richtig zu lesen, ist zu beachten, dass die Werte immer von innen nach außen ermittelt werden. Je größer ein Ringsegment von innen nach außen eingefärbt ist, umso positiver ist die dargestellte Leistung. Je größer die Fläche von innen betrachtet nicht farblich angelegt ist, umso größer ist in diesem Ringsegment die entsprechende Last.

Wenn es möglich ist, ein Ringsegment des einen SC mit dem entsprechenden Ringsegment des alternativen SC im gleichen Maßstab darzustellen ist der Unterschied bereits optisch leicht zu erfassen. Sobald die Skala jedoch verschoben werden muss ist es notwendig diese im grauen Rand außen zu erfassen. Man kann davon ausgehen, dass die Soziallasten beim Modell Mömlingen geringer sind, als beim Modell Frankfurt. Der erste Blick zeigt aber in diesem Ringsegment ein von innen nach außen deutlich größeres nicht eingefärbtes Feld. Der Widerspruch löst sich auf, sobald man den Exponenten im äußeren grauen Rand mitberücksichtigt. Während dieser beim SC Mömlingen mit $E02 (10^2)$ angegeben ist, steht er beim SC Frankfurt auf $E03 (10^3)$. Somit wird deutlich, dass beim ersten einen Betrag von ca. -900.00 €_{eq} und beim zweiten einen von ca. $-2.000,00 \text{ €}_{eq}$ dargestellt wird.

Die entscheidende Frage ist nun, wie man zur Darstellung der produktbezogenen SustainCoins gelangt. Die folgende **Abb. 27** zeigt die notwendigen Datenlieferanten.

Abb. 27: Schema der Datenaggregation; Grafik hilbra



Die verantwortungsbewusste Wahl eines Baustoffs ist eine sehr anspruchsvolle Aufgabe. Zum einen weil sehr viele Aspekte parallel beachtet werden müssen und zum anderen weil die resultierende Entscheidung für einen Laien nachvollziehbar kommuni-

zierbar sein muss. Diesen Anforderungen kann man nur gerecht werden wenn man ein System nutzen kann mit dessen Hilfe die Datenfülle einheitlich ausgewertet und verständlich zusammengefasst werden kann.

Um dies gewährleisten zu können, entwickelte der Autor ein Formularensystem für die unterschiedlichen Betrachtungsebenen. Auf der untersten Ebene, der des Baustoffpasses (BSP) werden Baustoffe analysiert, welche noch nicht die endgültige Form angenommen haben – z.B. Beton als normierte Masse. Darüber liegt die Ebene des Bauteils. Dies hat bereits seine endgültige Form erlangt, ist in dieser Form aber noch nicht funktionstüchtig – z.B. Grundträger.

Die nächsthöhere Ebene stellt die Baugruppe dar – z.B. Grundträger mit Antriebseinheit. Aus der Summe der Baugruppen entstehen schließlich Baukomponenten – z.B. Sonnenschutzanlagen, Fenster, etc.. Will man sich darüber hinaus mit dem Zusammenwirken verschiedener Baukomponenten genauer befassen, beispielsweise um Wärmebrücken zu analysieren, betrachtet man Baudetails – z.B. eine Raumecke. Die Betrachtung der verschiedenen Ebenen führt in der Summe schließlich zum Blick auf das gesamte Bauwerk. Werden nun auf allen beschriebenen Ebenen die jeweiligen Pässe erstellt, ist eine Nachhaltigkeitsoptimierung sichergestellt.

Die folgende Darstellung konzentriert sich auf die Erstellung des Baustoffpasses (BSP). Der hierbei betrachtete Baustoff ist hilbra-Douglasie (Im Auftrag von hilbra regional angebaut und direkt im Unternehmen verarbeitet). Die EPD wurde mit Hilfe der Software easy-EPD generiert. In Kapitel 2 sind bereits die technischen und fertigungsprozessualen Angaben zu der betrachteten Spezifikation beschrieben.

Dieser Baustoff wird vom Autor nun als ein neundimensionales Produkt aufgefasst. Während die ersten drei Dimensionen sowohl die räumlichen, als auch die physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften beschreiben, werden die Dimensionen vier bis acht als die Nachhaltigkeitsdimensionen beschrieben. Diese sind die technische, prozessuale, wirtschaftliche, ökologische und schließlich die soziale. Als neunte Dimension wird die Zeit entlang der gesamten Wertschöpfungskette definiert.

Als Gliederung der Zeitachse wird auf das bewährte Schema zurückgegriffen, welches für die Erstellung von EPDs genormt ist. Dieses betrachtet den gesamten Prozess von der Rohstoffgewinnung bis zur Wiedereinbringung in den Stoffkreislauf.

Die folgende **Abb. 28** zeigt den Baustoffpass im Überblick, während im Anhang 2 alle hierfür notwendigen Eingabemasken (Haupt- und Subtabellen) dargestellt sind.

Links neben der Überschrift findet sich das Symbol der Baustoffgruppe (siehe auch Bindungssystem der Baustoffe). Darunter die genaue Baustoffbezeichnung und der SustainCoin auf der rechten Seite stellt eine grafische Zusammenfassung der im BSP dargestellten Werte dar (siehe Kapitel 2.1.1).

Hellblau unterlegt werden die oben beschriebenen neun Dimensionen. Mit der hier betrachteten Einheit „m³“ sind auf dieser Ebene bereits die drei Raumdimensionen beschrieben. Von Relevanz zur Beurteilung dieses Baustoffs sind insbesondere physikalische Parameter. Diese werden aus der zugrundeliegenden EPD ermittelt und mit Werten aus der Literatur verglichen, um somit eine Plausibilitätskontrolle durchführen zu können.

Die vierte Dimension beschreibt die technischen Grundlagen, insbesondere die Normen welche die Funktionen/Merkmale des Baustoffs beschreiben.

Alle nun folgenden Dimensionen werden in einer Matrix in Verbindung mit der neunten Dimension, der Zeitachse entlang der Wertschöpfungskette betrachtet.

Dimension fünf ist der Prozess. Hier wird anhand des Operationalisierungsgrades angegeben auf welcher Generierungsebene die Daten im BSP ermittelt werden. Darüber hinaus wird mithilfe von Noten (1...5) auf besonders hervorzuhebende Leistungen/Probleme aufmerksam gemacht.

Die sechste Dimension ist die wirtschaftliche. Neben dem Einstandspreis werden die Kosten für Nutzung und Entsorgung, abdiskontiert auf den Tag des Kaufs hinzuaddiert und mögliche Erträge durch die Wiederverwertung subtrahiert.

Die siebte Dimension ist die ökologische. Hier werden die Emissionen, aggregiert auf nunmehr 13 statt der ursprünglich sieben Parameter lt. EPD, erfasst und jeweils mit den Renaturierungskosten multipliziert.

Der Berechnung der Sozialkosten liegt das Gerechtigkeitsmodell des Autors zugrunde. Dies geht von sog. „gewichteten Equity-Faktoren“ pro Wertschöpfungsstufe aus. Jede Abweichung von der Ideallinie $\mathcal{E} = 0,618$ führt zu einer Gerechtigkeitslücke die in dem entsprechenden Betrag ausgedrückt wird.

Im Folgenden wird auf die Generierung der Nachhaltigkeitswerte noch genauer eingegangen:

Die Erstellung der bereits beschriebenen Pässe erfolgt mit Hilfe von Mustervorlagen der Software Excel®. Die Werte für die verschiedenen Dimensionen werden in eigenen Berechnungstabellen, welche z.T. durch Sub-tabellen ergänzt sind ermittelt.

Die Ausgabeseite eines BSP für die im Rahmen dieser Arbeit untersuchte Douglasie erkennt man in **Abb. 28**. Der Aufbau der Mustervorlage mit ihren Haupt- und Subtabellenblättern entspricht der chronologischen und farblichen Gliederung des BSP und ist in Anhang 2 noch detailliert dargestellt. Die Berechnungstabellen berücksichtigen jeweils alle in EPDs deklarierten Wertschöpfungskettenglieder. Im Pass werden die Ergebnisse schließlich aggregiert dargestellt.

\\W2K8HILBRA02\Netz\0Verwaltung\D_Einkauf Dienstl_Mat_Energie\Materialwirtschaft\SC\97 KE Nachwachsende Rohstoffe\BSP hilbra Douglasie neuBSP

Nachwachsende Rohstoffe		Baustoffpass				
m ³		hilbra-Douglasie				
Bez.	Einheit	Literatur*	EPD-ABC-20200001-ICA1-DE			
Dichte ρ	[kg/m ³]	430	310...420			
Druckfestigkeit = σ _D	[N/mm ²]	40	17...26			
Zugfestigkeit = σ _{BZ}	[N/mm ²]	80	10...24			
E-Modul in Faser E	[N/mm ²]	10	8...14			
Lin. Wärmeausdeh. α	[10 ⁻⁶ K]	3...9				
Wärmeleitfähigk. λ	[W/(m*K)]	0,12...0,14				
Holzfeuchte f	[%]			12 ±3		
Druckfestigkeit τ σ _D	[N/mm ²]					
Zugfestigkeit τ σ _{BZ}	[N/mm ²]			0,4		

4	Funktionen, die vertraglich zugesichert, bzw. durch harmonisierte Normen Bestandteil der Leistungserklärung werden.	Norm	Funktionsbeschreibung			T _{functions} 5
			Funktion	Klasse	Anford. erfüllt?	
		DIN EN 338	Statische Belastbarkeit	C24	ja	
		EC 5 DIN EN 1995	Bemessung Holzbauten	Nachweise geführt	ja	
		DIN 4074-1	Sortiermerkmale	S 10	ja	
		DIN 68 800 - 3	Holzschutz	0	ja	
		DIN EN 350-2	Dauerhaftigkeit	4	ja	

5	Operational. grad Prozessplanung	A		B		C		D	Ø	P _{grade} 30%
		Produktion	Nutzung	Entsorgung	Recycling					
		bewertet	n.b.	bewertet	n.b.	bewertet	n.b.	D	A-D	
		26%		38%		28%		30%	30%	
		3,2		2,6		4,0		4,0	3,45	

6	Gesamtkosten Unternehmen/MA Gemeinde Gesellschaft	A		B		C		D	Ø	F _{cost/activity} 1.794,00 €
		Produktion	Nutzung	Entsorgung	Recycling					
		bewertet	n.b.	bewertet	n.b.	bewertet	n.b.	D	A-D	
			1150,00	0,00	0,00	0,00	risk key		1.150,00	
	3	2	2	2	2,69					

7	Σ [kg CO ₂ -Äq.] [kg CFC11-Äq.] [kg SO ₂ -Äq.] [H ⁺ -Äq.] [kg (PO ₄) ³⁻ -Äq.] [kg N-Äq.] [mol N-Äq.] [kg NMVOC-Äq.] [kg Ethen (C ₂ H ₄) Äq.] [kg Sb Äq.] [MJ] [m ³ Welt-Äq. entz.]	A		B		C		D	Ø	E _{cost/activity} 532,98 €	
		Produktion	Nutzung	Entsorgung	Recycling						
		bewertet	n.b.	bewertet	n.b.	bewertet	n.b.	D	A-D		
			-3,35E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	waste key		653,08 €		
			1,49E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00			0,00 €		
			0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00			- €		
			7,10E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00			34,87 €		
			6,94E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00			3,47 €		
			1,81E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00			3,76 €		
			2,66E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,00		0,23 €		
			1,26E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00			- €		
	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00			2,78 €				
	1,48E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00			0,02 €				
	3,20E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00			10,90 €				
	3,20E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00			64,07 €				

8	γ	A		B		C		D	Ø	S _{cost/activity} 94,71 €
		Produktion	Nutzung	Entsorgung	Recycling					
bewertet	n.b.	bewertet	n.b.	bewertet	n.b.	D	A-D			
	94,71					health key		94,71		
						1,00				

Offene Fragen		Probleme	
Veränderung der physikalischen Eigenschaften durch Umweltwirkungen		Wechselnde Zuständigkeiten in Forstverwaltung	
		Fehlende Zuverlässigkeit bei Lieferung durch unsichere Rohstoffversorgung	

* Schneider Bautabellen für Ingenieure 22. Auflage Bundesanzeiger Verlag

Note 4 bzw. der Wert 0 bedeuten i.d.R. dass diese Position nicht bewertet wurde!

Abb. 28: BSP

Nachwachsende Rohstoffe		Baustoffpass				
m ³		hilbra-Douglasie				
1 (phys); 2 (chem); 3 (biol.)	Bez.	Einheit	Literatur*	EPD-ABC-20200001-ICA1-DE		
	Dichte ρ	[kg/m ³]	430	310...420		
	Druckfestigkeit = σ_D	[N/mm ²]	40	17...26		
	Zugfestigkeit = σ_{BZ}	[N/mm ²]	80	10...24		
	E-Modul in Faser E	[N/mm ²]	10	8...14		
	Lin. Wärmeausdeh. α	[10 ⁻⁶ K]	3...9			
	Wärmeleitfähigk. λ	[W/(m*K)]	0,12...0,14			
	Holzfeuchte f	[%]		12 ±3		
	Druckfestigkeit σ_D	[N/mm ²]				
	Zugfestigkeit σ_{BZ}	[N/mm ²]		0,4		
4	Funktionen, die vertraglich zugesichert, bzw. durch harmonisierte Normen Bestandteil der Leistungserklärung werden.	Norm	Funktionsbeschreibung		T functions 5	
			Funktion	Klasse		Anford. erfüllt?
		DIN EN 338	Statische Belastbarkeit	C24		ja
		EC 5 DIN EN 1995	Bemessung Holzbauten	Nachweise geführt		ja
		DIN 4074-1	Sortiermerkmale	S 10		ja
		DIN 68 800 - 3	Holzschutz	0		ja
DIN EN 350-2	Dauerhaftigkeit	4	ja			

Abb. 29: BSP Kopf

In der **technischen Dimension** werden in erster Linie normative Daten zu dem Produkt gesammelt. Der Ausgabewert für den SustainCoin beschränkt sich auf die Anzahl der Funktionen/Merkmale, welche im Rahmen des CE-Kennzeichnungsprozesses durch Ausweis in der Konformitätserklärung garantiert sind.

Die **prozessuale Dimension** gibt Auskunft über den Operationalisierungsgrad. Dieser sagt aus, wie stark die Prozesse, welche zur Erhebung der Daten im BSP notwendig sind, bereits zuverlässig im operativen Geschäft integriert sind. Die jeweilige Stufe im jeweils betrachteten Wertschöpfungskettenglied wird aus **Tabelle 1** entnommen.

Stufen	Definition
10%	Zieldefinition ist erfolgt
20%	Teilschritte sind definiert
30%	Ein IMS (Integrierte Managementsystem) wird entwickelt
40%	Ein IMS wird implementiert
50%	Ein IMS wird definiert fortgeschrieben
60%	Prozesse werden vollautomatisiert
70%	Resilienz wird signifikant gesteigert
80%	Algorithmen stehen für alle relevanten Prozesse zur Verfügung
90%	KI-Prozesse werden implementiert
100%	Prozesse sind auf Industrie 4.0 -Standard realisiert

Tabelle 1: Stufen des Operationalisierungsgrades; Quelle hilbra

Darüber hinaus wird für die Qualität der Prozessplanung Noten (1...5) vergeben. Sinn dieser Bewertung ist es insbesondere KO-Kriterien zu erkennen und dokumentieren zu können.

Die Ergebnisse der primären Nachhaltigkeitsdimensionen werden monetär betrachtet. Als Einheit wird das €_{eq} eingeführt. Dies beschreibt den rechnerisch ermittelten Betrag in €. Da dieser aber nicht im Zuge der regulären Geldschöpfung entsteht, wird er als Äquivalent ausgedrückt. Das €_{eq} entspricht in der Regel einem €-Betrag im Verhältnis 1:1.

Die Ermittlung der **wirtschaftlichen Dimension** erfolgt nach dem Prinzip der Investitionsrechnung. Kosten und Erträge werden hierbei entlang der gesamten Wertschöpfungskette abdiskontiert und mit dem Einstandspreis verrechnet.

Unsicherheiten in der Kalkulation ergeben einen Streubereich an möglichen Kalkulationswerten. Diesen zu definieren gelingt über den risk key, ein Faktor mit dem diesem Umstand Rechnung getragen werden kann.

Die **ökologische Dimension** stand Pate für die die gesamte Wertschöpfungskettenabhängige Betrachtung aller Nachhaltigkeitsdimensionen. Hier wurden die EPDs einge-

führt, deren Grundstruktur entsprechend erweitert wurde. Dabei werden die Umweltlasten entlang der Wertschöpfungsketten summiert und mit möglichst fundierten wissenschaftlichen Beträgen multipliziert.

Während für die Kriterien GWP, ODP, EP und POCP bereits ausreichend wissenschaftlich fundierte Daten vorliegen^{10 11} ist es für das Kriterium AP unumgänglich eigene Berechnungen auszuarbeiten. Als Grundlage für ADPE wird schließlich der Handelspreis für Antimon angenommen ((Sb) CAS7440-36-0). Diese pragmatische Lösung ist vertretbar, da erfahrungsgemäß dieses Kriterium nur geringen Einfluss auf das Endergebnis hat. Für das Kriterium ADPF ist die Datenlage noch ungünstiger, insbesondere, da hier die Einheit der Umweltlast nicht in einer Angabe m/m [kg/kg] sondern in der Energieeinheit MJ angegeben wird. Der Ansatz zur Preisermittlung war daher die Annahme, dass für den Ausgleich des beschriebenen Energiebedarfs die Stromkosten von Ökostrom herangezogen werden könnte.

Ausgehend von der Stromrechnung des Autors der Fa. Lichtblick wurde daher ein Wert ermittelt. Inwieweit diese Vorgehensweise aber tatsächlich die Umweltkosten wieder spiegelt, welche durch diese Umweltlast erzeugt werden sollte wurde noch wie folgt verifiziert. Als Näherungsrechnung wurde untersucht wie hoch die CO₂-Emissionen beim Strommix in Deutschland sind.

¹⁰ Vgl. Stoeble, B. S.266ff; Bereitstellung von Umweltdaten im Baubereich auf Grundlage statistischer Zusammenhänge zwischen den Wirkungsindikatoren einer Ökobilanz; Band 8 KIT Scientific Publishing

¹¹ Methodenkonvention 3.1 des Umweltbundesamtes

Kürzel	LCA-Indikator	Einheit
GWP	Treibhauspotential	[kg CO ₂ -Äqv.]
ODP	Ozonabbaupotenzial	[kg CFC11-Äqv.]
AP	Versauerungspotential	[kg SO ₂ -Äqv.]
EP	Eutrophierungspotential	[kg (PO ₄) ³ -Äqv.]
POCP	Sommersmogpotential	[kg Ethen-Äqv.]
ADPE	Abbau abiotisch nicht fossiler Ressourcen	[kg Sb-Äqv.]
ADPF	Abbau abiotischer fossiler Brennstoffe	[MJ]
Kürzel	Bezeichnung	
GWP	Global warming potential	
ODP	Depletion potential of the stratospheric ozone layer	
ODP	Acidification potential of land and water	
EP	Eutrophication potential	
POCP	Formation potential of tropospheric ozone photochemical oxidants	
ADPE	Abiotic depletion potential for non-fossil resources	
ADPF	Abiotic depletion potential for fossil resources	

Tabelle 2: LCA-Indikatoren nach DIN EN 15804:A1

Diese Emissionen können wieder durch den bereits bekannten GWP-Wert in €_{eq.} umgerechnet werden. Der so ermittelte Wert liegt geringfügig über dem bereits verwendeten Wert. Diese Plausibilitätskontrolle ergab somit, dass es weiterhin vertretbar ist mit dem Ökostrompreis zu rechnen.

Auf den in der neuen Norm zusätzlich eingeführten Indikator des Wasserverbrauchs wird in dieser Arbeit nicht weiter eingegangen. Er wird bis nähere Angaben vorliegen mit 2 €/m³ festgelegt.

Die EPDs sehen grundsätzlich auch Umweltgewinne vor, wenn entsorgte Produkte nachweislich wieder dem Stoffkreislauf zugeführt werden. Diese jedoch ebenfalls mo-

netär zu betrachten erscheint zum aktuellen Stand als eine unsolide Methode. Diese Abzüge werden daher nicht im BSP verarbeitet. Um trotzdem eine Methode anbieten zu können, mit der man berücksichtigen kann, dass der Gedanke der Kreislaufwirtschaft bereits umgesetzt ist, wird hier der sog. waste key eingeführt. Nimmt er den Wert 1 an beeinflusst er die berechneten Ökolasten nicht, während ein Wert < 1 diesen Wert entsprechend reduziert.

Der Beschreibung der **Sozialdimension** liegen zwei Überlegungen zu Grunde. In der ersten wird davon ausgegangen, dass das gravierendste Problem die Ungleichheit bei der Entlohnung darstellt. Das führt beispielsweise zu Abhängigkeiten, welche es Arbeiterinnen und Arbeitern nicht erlaubt für faire Arbeitsbedingungen zu streiken.

Die Definition von Gerechtigkeit stellt jedoch ein schwieriges Unterfangen dar. Es steht außer Frage, dass es nicht gerecht sein kann wenn eine Person nahezu alles besitzt, während die breite Masse über nahezu keinen Besitz verfügt. Aber auch das entgegengesetzte Extrem, die völlige Gleichbehandlung, kann keine gerechte Lösung darstellen. An dieser Stelle wird daher der Equity-Faktor **[Radermacher et. al. 2012]**¹² eingeführt. Während die oben beschriebene extreme Ungleichheit über diesen Faktor mit einem Wert gegen Null ausgedrückt wird, beschreibt die völlige Gleichheit den Wert 1. Empirische Untersuchungen zeigen einen Zusammenhang mit der Zufriedenheit in Gesellschaften in Abhängigkeit der Einkommensverteilung der Bevölkerung.

Daraus kann geschlossen werden, dass es sowohl für die Einkommensverteilung innerhalb einer Volkswirtschaft als auch für die Entlohnung entlang einer Wertschöpfungskette ein Optimum geben muss. Auf Grundlage der Fibonacci-Folge beschreibt der Autor **[Hildenbrand, N. 2013]**¹³ dieses Optimum mit:

$$\varepsilon = 0,618$$

Die zu Grunde liegende Funktion lautet somit:

$$F_{0,618}(x) = 1 - (1-x)^{0,618}$$

¹² Vgl. Radermacher, F. J. et. al.; 2018; A 1-1-1 Relationship for World Bank Income Data and the Gini

¹³ Vgl. Hildenbrand, N.; Die zukunftsfähige Kaufentscheidung

Über die mathematische Herleitung erscheint der gewählte ε – Faktor von 0,618 bereits schlüssig, als Grundlage des Goldenen Schnittes wirkt er zudem harmonisch. Spannend ist aber insbesondere die Feststellung, dass er auch empirisch belegt werden kann. Er liegt nämlich im Bereich des sog. Efficient Inequality Range, der sich wertmäßig zwischen $\varepsilon = 0,5$ und $\varepsilon = 0,65$ bewegt. Nach Herrn Radermacher verschieben sich in den letzten Jahren die Werte auf ca. 0,48 bis 0,6. In diesem Fall würde $\varepsilon = 0,618$ etwas über dem beobachteten Bereich liegen. Die Verwendung des Wertes von $\varepsilon = 0,618$ ist aber auch in diesem Kontext zielführend. Zum einen erzeugt er somit eine gewisse pull-Funktion, zum anderen können dadurch empirisch belegt Werte $> 0,618$ klarer als eine negative Abweichung vom Ideal verstanden werden. Auch wenn höhere Werte auf den ersten Blick nicht als negativ erscheinen muss man feststellen, dass zu stark egalisierte Gesellschaften an Innovationskraft verlieren, da es für deren Leistungsträger nicht mehr attraktiv ist Innovationen voranzutreiben¹⁴.

Die folgende Grafik (**Abb. 30**) zeigt die Ermittlung der Gerechtigkeitslücke, welche als Soziallast im BSP ausgewiesen wird. Idealerweise erhält man die Equity-Funktionen der einzelnen Unternehmen innerhalb einer Wertschöpfungskette und ermittelt mit deren Hilfe die Gerechtigkeitslücken pro Wertschöpfungsglied. Dies ist auch aus datenschutzrechtlichen Erwägungen möglich, wenn die Arbeitslöhne in ein eigens hierfür entwickeltes Datenblatt eingegeben und nur der Equity-Faktor anonymisiert weitergegeben wird. Die Praxis hat aber gezeigt, dass hierzu die Unternehmen in der Regel nicht bereit sind. Alternativ kann daher der GINI-Koeffizient des Landes herangezogen werden, in dem das betrachtete Unternehmen ansässig ist. Entsprechende Daten auf einem relativ aktuellen Stand sind beispielsweise über die Weltbank¹⁵ zugänglich.

In **Abb. 30** zeigt die Gerade die vollkommene Gleichverteilung an. Die schraffierte Fläche beschreibt die Abweichung von der Gleichverteilung in der Form des GINI-Koeffizienten. Die rote Kurve stellt den Equity-Faktor dar, welcher sich aus dem gege-

¹⁴ Mail vom 09.02.21 von Prof. Dr. Dr. h.c. F.J Radermacher Forschungsinstitut für anwendungsorientierte Wissensverarbeitung/n (FAW/n)

¹⁵ <https://data.worldbank.org/indicator/SI.POV.GINI?end=2019&start=1967>

benen GINI-Koeffizienten errechnen lässt. Der Equity-Faktor von 0,618 ist als lila Strich-Punkt-Punkt-Kurve aufgetragen. Sind nun die Löhne in einem Wertschöpfungsglied (Unternehmen) ungleicher als die als Ideal angenommene Funktion von $F_{0,618}(x)$ entsteht eine Gerechtigkeitslücke welche in ϵ_{eq} als Soziallast ermittelt werden kann.

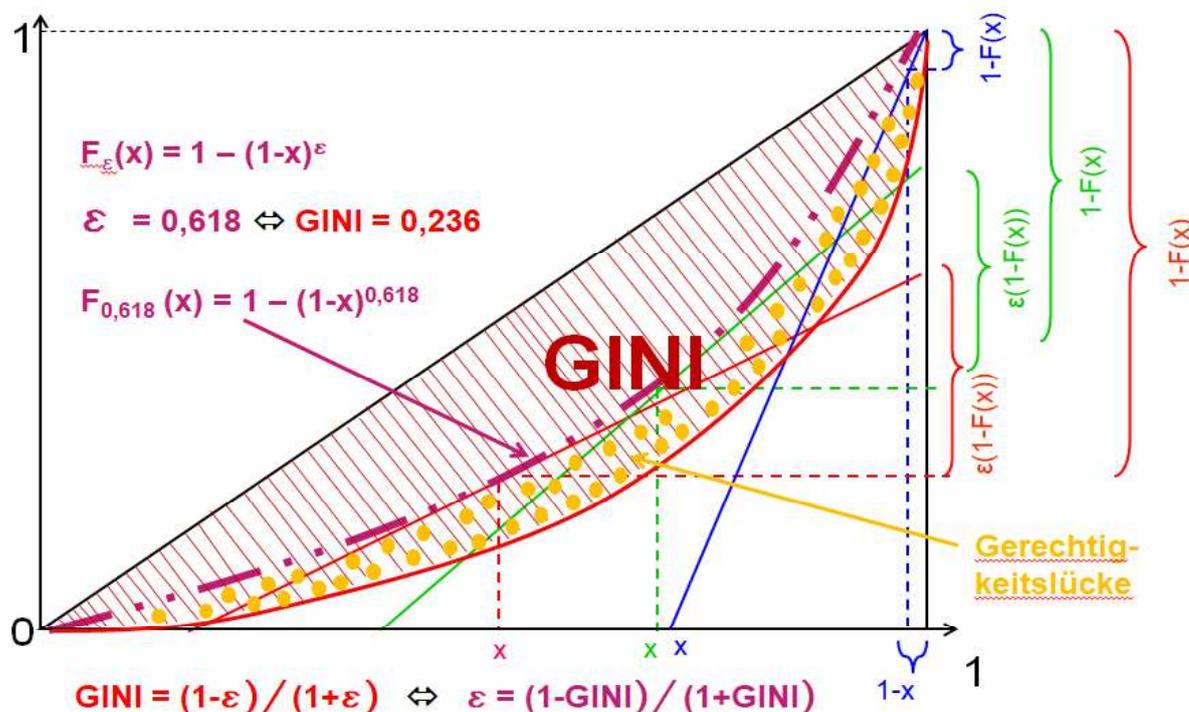


Abb. 30: GINI; Grafik hilbra

Die Beschreibung der Ungleichheit in Form des ϵ -Faktors stellt aus folgenden Gründen ein probates Mittel dar die realen Auswirkungen von Ungleichheit zu beschreiben:

- Bei den Equity-Lorenzkurven handelt es sich um Lorenzkurven aus der Familie der Pareto-Lorenzkurven. Sie zeichnen sich durch Dichten aus, die bei einem Mindesteinkommen größer Null beginnen, stetig und monoton fallend sind, dabei aber überall größer als Null [Herlyn 2012]¹⁶. D.h. dass mit ihrer Hilfe empirische Daten in einer geeigneten Weise in Form einer Funktion beschrieben werden können, welche nur eine Variable benötigt, nämlich den ϵ -Faktor.
- Die Eigenschaft der Selbstähnlichkeit von Equity-Lorenzkurven erlaubt es sich quasi in die Kurve hineinzuzoomen. So wird die Beschreibung von unterschied-

¹⁶ Vgl. Estelle L.A.Herlyn;2012; Einkommensbasierte Präferenz- und Koalitionsanalysen auf der Basis selbstähnlicher Equity-Lorenzkurven – Ein Beitrag zur Quantifizierung sozialer Nachhaltigkeit

lichen gesellschaftlichen Teilgruppen möglich. Die Eigenschaften dieser Ausschnitte tragen die gleichen Merkmale wie die Gesamtkurve. Sie ist bereits mit diesem einen Faktor vollständig beschrieben.

- Sie eignet sich besonders um empirische Daten in einer Funktion darzustellen. Dabei wird eine gewisse Unschärfe am unteren und oberen Ende bewusst in Kauf genommen. Darüber hinaus tendiert die Funktion dadurch sogar zu einer realistischeren Beschreibung der empirischen Fakten. Hiermit kann nämlich berücksichtigt werden, dass zum Einen in der Gruppe der Ärmeren nichtmonetäre Leistungen i.d.R. stärker angeboten und angenommen werden können, während in der Gruppe der Reicheren häufig selbst alltägliche Leistung häufig monetär ausgeglichen werden.
- Eine Equity-Lorenzkurve ist exakt einem GINI-Koeffizienten zuzuordnen. Damit ist die vollumfängliche Anschlussfähigkeit an den Stand der Wissenschaft sichergestellt. Daten, beispielsweise der Weltbank, sind somit direkt für die Ermittlung des Equity-Parameters nutzbar (**Abb. 30**).
- Während beim GINI-Koeffizienten nur die Größe einer Differenzfläche zwischen Gleichverteilung und der Fläche, die durch eine empirisch ermittelte Lorenzkurve begrenzt wird ausgewertet werden kann, erlaubt die Equity-Lorenzkurve noch tieferegehende Analysen einer betrachteten Grundgesamtheit. In diesem Kontext ist der Begriff der Selbstähnlichkeit nochmals zu erwähnen.

In der zweiten Überlegung geht der Autor davon aus, dass auch weiterhin mit gravierenden sozialen Missständen in den globalisierten Wertschöpfungsketten zu rechnen sein wird, es aber in der Verantwortung jedes Einzelnen liegt, zumindest die schlimmsten Auswüchse soweit irgend möglich einzudämmen. Als eine Maßnahme zur Verbesserung dieser Situation wird hier ebenfalls auf ein Benotungssystem zurückgegriffen. Auf diese Weise können nicht tolerierbare Missstände leichter identifiziert werden. Diese werden mit der Note 5 angegeben. Immer wenn keine verlässlichen Informationen vorliegen, wird von der Note 4 ausgegangen und wenn nachweislich überdurch-

schnittlich gute soziale Bedingungen herrschen, können diese mit Hilfe besserer Noten kommuniziert werden.

Entscheidend ist, dass jede Benotung auch Auswirkung auf das gesamte Bewertungssystem hat. Muss ein Missstand mit 5 benotet werden so ist dieses Wertschöpfungs-glied als mögliche Lieferkette nicht geeignet. Wird jedoch eine Note von 4 und besser erreicht so hat dies Einfluss auf den health key. Es handelt sich hierbei um einen Faktor, welcher die monetarisierten Soziallasten erhöhen oder auch verringern kann.

4.2.3 Entwicklung

In dem Testauftrag wird zur bewussten Eingrenzung nur das Fassadenmaterial betrachtet. Bei den beiden Alternativen sind daher nur die Materialien Holz und Aluminium relevant. Da die Komplexität von zu verwendenden Materialien immer mehr zunimmt, während trotzdem das Thema Nachhaltigkeit nicht aus den Augen verloren gehen darf wurde folgende Systematik entwickelt:

Bisher ist es üblich, in Zeichnungen unterschiedliche Materialien durch unterschiedliche Schraffuren darzustellen. Dies ist auch heute noch sinnvoll, da über die entsprechende Normung eine Zuordnung durch die verschiedenen Baubeteiligten möglich ist. Diese Darstellung wird aber den aktuellen Anforderungen nicht mehr gerecht, wenn es darum geht, möglichst leicht verständlich darzustellen, welche ökologischen Qualitäten ein Baustoff hat. Aus dem Bindungssystem der Baustoffe, das der Autor entwickelt hat und das sich an den jeweiligen chemischen Bindungssystemen der Materialien ableitet ist somit ein Farbcode entstanden, der nun bei hilbra standardisiert eingeführt wurde (**Abb. 31 und 32**).

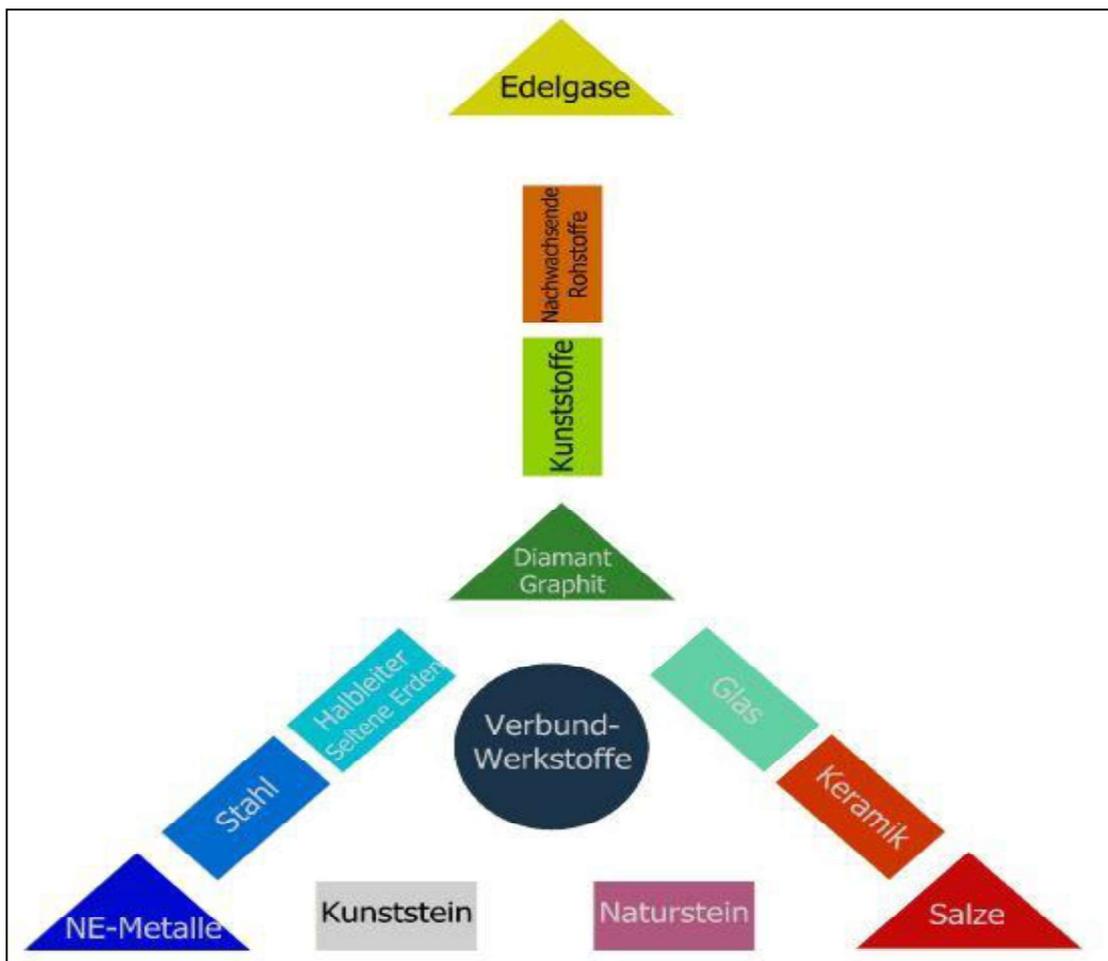


Abb. 31: Bindungssystem der Baustoffe Quelle: Hildenbrand Nikolaus

Um die unterschiedlichen Baustoffe in einem Sinnzusammenhang darzustellen, ordnet der Autor die Baustoffe entsprechend ihrer chemischen Bindungsarten an. Die Dreiecke beschreiben Baustoffe deren Atomstruktur einem eindeutigen Bindungssystem zugeordnet werden können, während die dazwischenliegenden Baustoffgruppen aus entsprechenden Bindungskombinationen bestehen.

Ausgehend von der reinen Metallbindung über die Ionenbindung der Salze, gelangt man zur kovalenten Bindung von beispielsweise Diamant, Graphit aber auch Gasen wie CO_2 . Zwischen der Kovalenzbindung und der Edelgaskonfiguration befindet sich schließlich das weite Feld der organischen Verbindungen.

Werden nun die außenliegenden Dreiecke in den Grundfarben dargestellt, ergibt sich nach der Farbenlehre bereits für die Kovalenzbindung ein grüner Farbton. Die übrigen Farben können dann einfach aus dieser Farbkombination heraus entwickelt werden, wie **Abb. 23** zeigt.

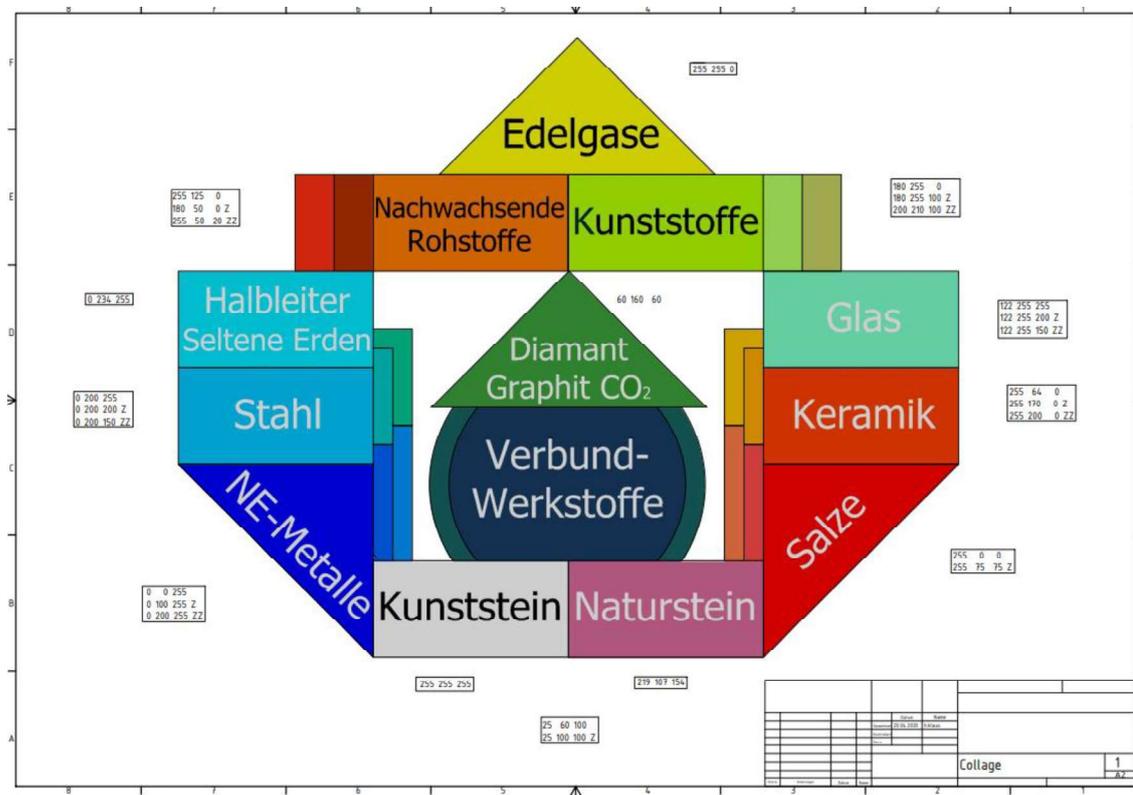


Abb. 32: Collage Quelle: hilbra

Aus dem Bindungssystem der Baustoffe wird die Collage **Abb. 31** abgeleitet. Diese zeigt neben den Farben der Baustoffe auch für häufig verwendete Materialien farbliche Abstufungen, die es erlauben Materialien einer bestimmten Materialgruppe noch farblich unterscheiden zu können. Um die Zuordnung eindeutig zu gestalten, ist jedem Farbton die entsprechende Codierung der Farbmischung zugeordnet.

Der folgende Planausschnitt verdeutlicht den praktischen Nutzen einer solchen Vorgehensweise. Auf den ersten Blick werden Materialkombinationen erkennbar, welche beispielsweise Auswirkungen auf deren Eignung zum Recycling aufzeigen. Aber auch technische Zusammenhänge können so leicht erfasst werden. Materialkombinationen

4.2.4 Auftragsbearbeitung

4.2.4.1 Enterprise Resource Planning (ERP) als Instrument zur internen Verarbeitung von EPD-Daten

Hilbra setzt als ERP-System das Fabrikat Losinno ein. Dieses hat den Vorteil, dass sich hilbra bei Weiterentwicklung der Software einbringen kann, da die Software von einem innovativen kleinen Büro betreut wird, das offen ist für die nachhaltige Ausrichtung der Entwicklungsstrategie. Das derzeit wichtigste Projekt in der Zusammenarbeit ist daher auch die Integration der ϵ_{eq} -Beträge. So wurden bei hilbra neben dem betriebswirtschaftlichen Preis der nun als Old Price bezeichnet wird auch ein Fair und Sustain Price eingeführt. Während der Fair Price die Summe aus Old Price plus Soziallasten darstellt werden beim Sustain Price zusätzlich noch die Ökolasten mitberücksichtigt. Die **Abb. 34** zeigt ein entsprechendes Eingabefenster.

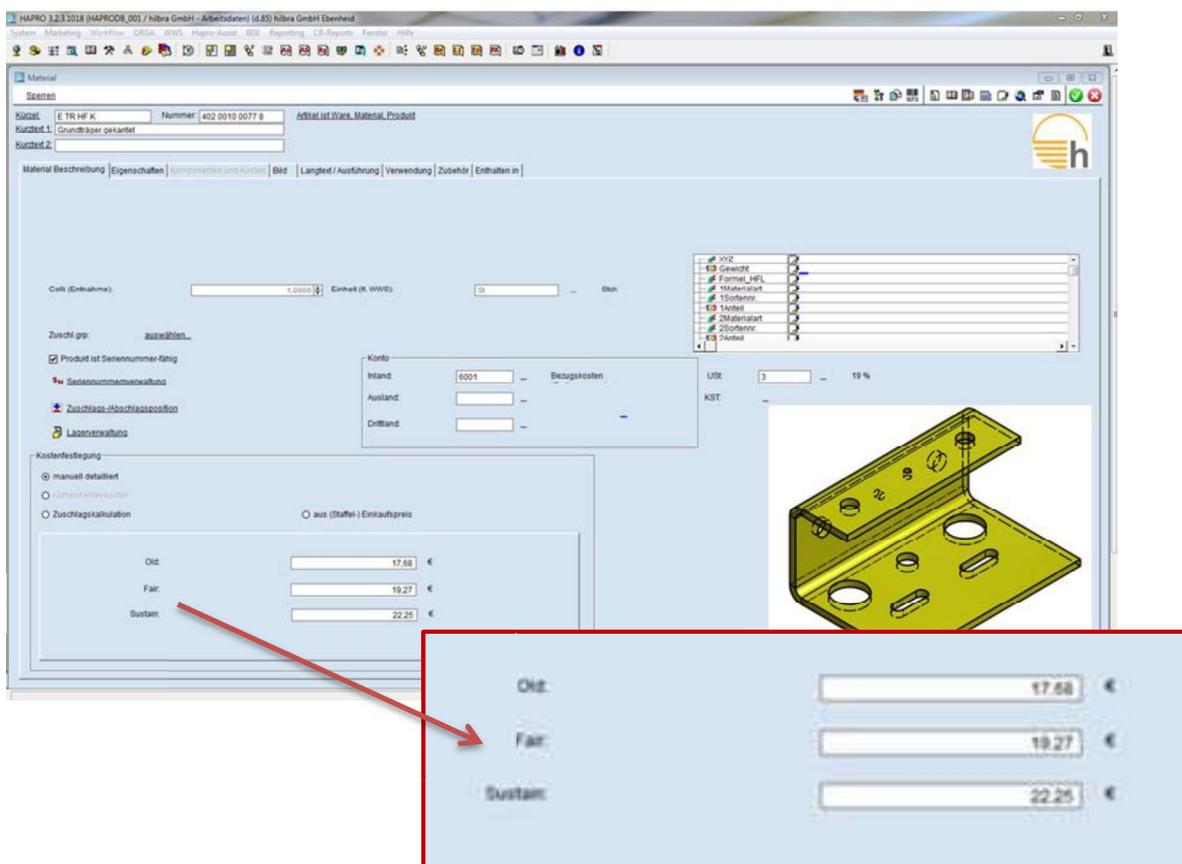


Abb. 34: Grundträger neu in WWS Quelle: hilbra

4.2.4.2 Statik

Auf Grund der detaillierten Baustoffdaten, welche bereits mit Hilfe der jeweiligen BSP ermittelt wurden kann die statische Berechnung bereits mit exakten Materialangaben arbeiten. Dies erhöht die Genauigkeit der statischen Berechnungen und bietet z.T. die Chance ressourceneffizientere Lösungen zu finden.

Über ein eigens hierfür programmiertes Stücklistenprogramm fließen schließlich die Bauteildaten in das CAD-Projekt. **Abb. 35** zeigt ein entsprechendes Detail aus der Zeichnung, welche ebenfalls in der Farbcodierung ausgeführt wurde.

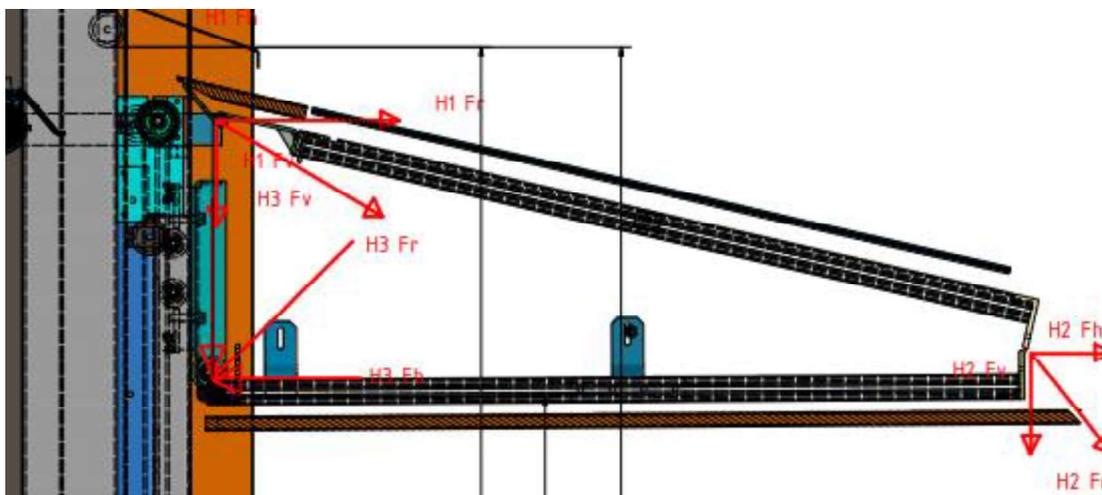


Abb. 35: Statische Bewertung; Werkplan hilbra

4.2.4.3 Auftragsbezogene Dokumentation

Basierend auf der Systematik der SC-Erstellung und Baustoffcodierung wurde ein barrierefreies und hinsichtlich der jeweils beschriebenen Produktkomplexität abgestimmtes Dokumentenmanagement aufgebaut. Ausgehend vom Baustoffpass wird es mit dessen Hilfe deutlich erleichtert stets die neuesten Erkenntnisse nachvollziehbar zuzuordnen. Mit der Monetarisierung der Informationen hat jede Datenaktualisierung auch Auswirkungen auf den fairen Preis. Während der BSP oben dargestellt ist, wird auf die folgenden Dokumente in dieser Arbeit nicht näher eingegangen.

Zu nennen wäre hier noch der Bauteilpass (BTP). Es handelt sich hierbei um die Nachhaltigkeitsbewertung eines Baustoffs bzw. einer Baustoffkombination, der/die bereits seine endgültige Form angenommen hat.

Der Baugruppenpass (BGP) hingegen beschreibt die Summe von Bauteilen welche zu Baugruppen zusammengesetzt werden.

Mit dem Baukomponentenpass (BKP) werden hingegen Baugruppen bewertet, welche bereits in sich abgeschlossene Produkte darstellen, z.B. komplette Sonnenschutzanlage.

Und bei einem Baudetailpass (BDP) handelt es sich um die Beschreibung aus der Summe der von Bauteilen zusammengesetzten Baugruppen.

Schließlich ist noch der Bauwerkspass (BWP) zu nennen, welcher bisher nur als Konzept existiert. Aus der Summe der Baukomponenten wird mit ihm ein gesamtes Bauwerk hinsichtlich seiner Nachhaltigkeitsperformance beschrieben werden können.

4.2.5 Wartung und Instandsetzung

Die Ermittlung von Wartungs- und Instandsetzungskosten stellt ein schwieriges Unterfangen dar. Um Ergebnisse mit einer hohen Zuverlässigkeit gewinnen zu können ist es von großer Bedeutung empirische Werte über einen möglichst langen Zeitraum zu sammeln. Da es zudem schwierig zu bewerten ist welche Ertüchtigungsmaßnahmen tatsächlich einen positiven Einfluss auf die Nutzungsdauer der Anlage haben entschied man sich zu einem recht radikalen Schritt.

Während die in Kapitel 2 beschriebene Fassade bereits in 2008 errichtet wurde, wurde in der Zwischenzeit nur das unvermeidbar Notwendige erledigt um die Anlage funktionsstüchtig zu halten. Schönheitsreparaturen wurden bewusst nicht durchgeführt um mögliche konstruktive Schwachpunkte sicher identifizieren zu können. Dies war besonders deshalb sinnvoll, weil im Rahmen der Erstellung dieser Testfassade konstruktive Grenzen ausgetestet werden sollten. So sollte bspw. die Frage beantwortet werden, ob es möglich sei unter den oben beschriebenen Produktionsbedingungen Spannweiten der Jalousien über das sonst übliche Maß hinaus realisieren zu können. Während

die Spannweiten für Lamellen der hilbra-Produkte bis dato nicht größer als 800 mm gewählt wurden, wurden in der Testfassade Spannweiten bis zu 2100 mm realisiert.

Veränderungen an der Fassade und durchgeführte Maßnahmen wurden im Zeitverlauf protokolliert. In dieser Arbeit soll im Folgenden nur kurz auf die Ergebnisse eingegangen werden welche Auswirkungen auf die Ermittlung der Wartungs- und Instandsetzungskosten haben:

- Die leinölbasierende Oberflächenbehandlung ist noch in wesentlichen Teilen intakt, eine oberflächige Vergrauung hat aber eingesetzt, welche das optische Erscheinungsbild beeinträchtigt. Für den Betrachtungszeitraum im Rahmen dieses Testauftrags kann aber zuverlässig argumentiert werden, dass in diesem Zeitraum eine Nachbehandlung der Oberfläche nicht notwendig ist.
- Die gewählte Spannweite der Jalousien kann nur bedingt bei tatsächlichen Kundenaufträgen realisiert werden. Insbesondere bei beweglichen Fassadenelementen zeigt sich, dass die Spannweite zwar erwartungsgemäß zu hoch gewählt wurde, die Selbstreglementierung auf eine Spannweite von 800 mm aber auf 1200 mm erhöht werden kann. **Abb. 36** zeigt einen HFL mit einer Spannweite von über 1800 mm.
- Für feststehende Fassadenelemente wäre grundsätzlich eine Spannweite bis zu 2000 mm realisierbar. Hier zeigt sich aber, dass der Holz auswahl noch höhere Beachtung geschenkt werden muss. Insbesondere eine Lamelle des breitesten Fassadenelements **Abb. 37** biegt sich deutlich mehr als tolerierbar durch.
- Während der Fokus der Überlegungen zur Gestaltung der Fassadenelemente auf der Spannweite der Jalousien lag muss nun festgestellt werden, dass eine wichtigere Fragestellung konstruktiver Natur ist. Wider Erwarten stellte es sich heraus, dass die Verdübelung (Dübel Durchmesser 12 mm) der Jalousien mit den senkrechten Rahmen bei den beschriebenen Spannweiten ein Schwachpunkt darstellt. Auf Grund der teilweise auftretenden Durchbiegung und Torsion der Jalousien reichte die Holzdeckung teilweise nicht aus, so dass die Dübelbohrung an der dünnsten Stelle riss und somit die T-Verbindung beschädigt wurde. **Abb. 38** zeigt Lamellen die sich einseitig vom Rahmen gelöst haben.



- **Abb.36: HFL mit einer Spannweite der Jalousien von ca. 1800 mm**

Für die Erstellung des Wartungsangebots des Testauftrags bedeutet dies:

- Eine Lasur ist nicht zu berücksichtigen, da das Holz auf Grund der Resistenzklasse bereits einen hohen Witterungsschutz besitzt, so dass eine Oberflächenbehandlung ausschließlich aus optischen Erwägungen optional gewählt werden könnte. ...



Abb. 37: Nicht tolerierbare Durchbiegung einer Jalousie



Abb.38: T-Verbindung von Jalousien haben sich gelöst

- Die T-Verbindung müssen zukünftig entweder mittels Federn oder statt jeweils 2 Dübeln mit dem Durchmesser 12 mm mit 3 Dübeln mit dem jeweiligen Durchmesser von 10 mm hergestellt werden. Diese konstruktive Verbesserung wurde bei der Erstellung des Wartungsangebots bereits vorausgesetzt, da die getestete Ausführung in dieser Form nicht mehr hergestellt wird.
- Dort wo sich zeigte, dass die Spannweite der Jalousien gekürzt werden muss wurde in der Kalkulation bereits davon ausgegangen. Dadurch werden etwas mehr Rahmenhölzer benötigt. Diese wurden in der Berechnung aber nicht berücksichtigt, da bei kürzeren Lamellen auch der Verschnitt reduziert werden kann.

- Die Wartung und Instandsetzung der Antriebstechnik ist nicht Bestandteil der Betrachtungen und wird somit auch kalkulatorisch nicht berücksichtigt.

Der SustainCoin für das betrachtete Modell Mömlingen zeigt einen Wert von gerundet 60.000,00 €eq., während die Endsumme des Angebots aber nur ca. 53.000,00 € ausweist. Dies ist der Tatsache geschuldet, dass in diesem Wert die Wartungskosten abdiskontiert addiert wurden. In **Abb. 39** sind die Tätigkeiten, welche für die Durchführung der Wartung notwendig sind beschrieben. Da es sich um eine reine Holzkonstruktion handelt ist der Wartungsaufwand deutlich geringer als bei Läden mit Materialkombinationen, wie bspw. dem Modell Frankfurt.

Während in einem Wartungsangebot in der Regel ein Zeitraum von 4 Jahren betrachtet wird bezieht sich das folgend dargestellte auf einen Zehn-Jahreszeitraum. Dieser Zeitraum bildet die Basis der Wirtschaftlichkeitsberechnung im Rahmen der SustainCoin-Erstellung. Über den Langzeittest, der bereits unabhängig von diesem Forschungsvorhaben seit 2008 durchgeführt wird ist es möglich mit sehr praxisbezogenen Daten zu rechnen.



hilbra GmbH | Finkenstraße 8, 97896 Freudenberg Ebenheid

hilbra Theo Hildenbrand GmbH

Finkenstraße 8
97896 Ebenheid

hilbra Theo Hildenbrand GmbH

Finkenstr. 8
97896 Freudenberg Ebenheid
Telefon: +49 (0) 9378-383
Telefax: +49 (0) 9378-319
info@hilbra.de
www.hilbra.de

Angebot Nr.: W1559

Kunden-Nr.:
Tel.: (09378)383
Fax.: (09378)319
07.05.2021

Angebot

Projekt: hilbra Theo Hildenbrand GmbH / W1559
Projektadresse: hilbra Theo Hildenbrand GmbH; Finkenstraße 8; 97896 Ebenheid

Sehr geehrte Damen und Herren,
wir freuen uns Ihnen folgendes Angebot unterbreiten zu dürfen.

1. **Wartungsangebot Modell Mömlingen für insgesamt 10 Jahre,
Wartungsintervalle 2 Jahre**

Auszuführende Arbeiten:

- a – Sichtkontrolle Eckverbindungen und Bewitterungskante
- b – kleine Spachtelarbeiten an feinen Rissen im Bereich bewitterter Konstruktionsteile
- c – zusätzliche Abdichtung von Rahmen- / Jalousieverbindungen

Pos.	Beschreibung	Menge	Einzelpreis	Gesamtpreis
1.1	2. Jahr, Arbeitsschritt a	1,00 P	621,85 €	621,85 €
1.2	4. Jahr, Arbeitsschritte a + b	1,00 P	819,33 €	819,33 €
1.3	6. Jahr, Arbeitsschritte a + b + c	1,00 P	1.495,80 €	1.495,80 €
1.4	8. Jahr, Arbeitsschritte a + b	1,00 P	1.260,50 €	1.260,50 €
1.5	10. Jahr, Arbeitsschritte a + b + c	1,00 P	1.932,77 €	1.932,77 €
Summe der Positionen				6.130,25 €
Zzgl. 19% MwSt.				1.164,75 €
Angebotssumme				7.295,00 €

Wir würden uns freuen, wenn Ihnen unser Angebot zusagt und sichern Ihnen bereits heute pünktliche und einwandfreie Leistungen zu.
An unsere Angebote halten wir uns 6 Wochen gebunden. Es gilt die jeweils gültige MwSt.,
Es gilt der erweiterte Eigentumsvorbehalt!
Unser Angebot ist freibleibend.

Angebot Nr.: hilbra Theo Hildenbrand GmbH W1559

Geschäftsführender Gesellschafter: Nikoobus Hildenbrand
IHK Heilbronn Franken 10000079126
USt.-Id.-Nr.: DE81143903

07.05.2021

Ratfaisbank Eichenbühl
IBAN: DE40 7966 8509 0000 0467 87
BIC: GENO DEF 1 ENB

Seite 1



Fensterläden – Form und Funktion für die Fassade.

Abb. 39: Wartungsvertrag Modell Mömlingen; Quelle hilbra