

Handbuch

Thermo-Esche Terrassendielen



www.thermoesche.de

Inhaltsverzeichnis

Kapitel	Seite
1. Vorwort	1
2. Verarbeitungsrichtlinien	2
3. Statische Werte	3
4. Veränderung von Holz im Freien	4
5. Einbauvorschläge	5
6. Befestigungsvarianten	
Sichtbare Befestigungsvariante	6
Nicht sichtbare Befestigungsvariante	7
7. Terrassenöl	8
8. Physikalische Eigenschaften	9
9. Resistenz	10
10. Energiebilanz Terrassenbeläge	11

1. Vorwort

Thermisch modifiziertes Holz (sog. Thermo-Holz) soll unbehandeltem Holz gegenüber Vorteile hinsichtlich Dimensionsstabilität, Oberflächenhärte, Fäulnisresistenz, und Rissbildung aufweisen. Falls die Thermo-Behandlung mit unzureichender Technologie und/oder Mangel an Prozesskenntnis durchgeführt wird, werden sich diese Vorteile höchstwahrscheinlich nicht einstellen, das Holz wird im Gegenteil dauerhaft verschlechtert.

Brenstol verwendet zur Herstellung von Thermo-Esche Terrassendielen das bewährte Wasserdampf-Hitze-Verfahren, das in Finnland zur industriellen Reife entwickelt worden ist. Es werden derzeit (Stand 2010) zwei Thermokammern mit einer Gesamtkapazität von 22.000 m³ betrieben, die in den Aspekten Steuerung, Dampf- und Ventilatorleistung, und Rückbefeuchtung nach den Vorgaben Brenstols vom finnischen Hersteller Jartek gebaut wurden. Die Anlagen sind in der Lage, den Feuchtigkeitsgehalt des Holzes zu Beginn der Thermobehandlung mittels Sensoren zu erfassen und während des gesamten Prozesses möglichst gleiche Bedingungen hinsichtlich Temperatur- und Feuchtigkeitsniveau in der Kammer zu schaffen. Dies ermöglicht gleich bleibende Qualitäten von Charge zu Charge, sowie innerhalb einer Charge. Die Messinstrumente in der Kammer helfen dem Anlagenbetreiber die Prozessparameter Zeitpunkt, Zeitdauer, Temperatur und Feuchtigkeit zu steuern.

Ein essentieller Bearbeitungsschritt ist die Trocknung auf 0% Holzfeuchte und die anschließende Temperaturanhebung und Thermobehandlung bei bis zu 215°C. Falsche Entscheidungen seitens des Prozessbetreibers hinsichtlich Zeitpunkt/-dauer von Temperaturerhöhung bzw. -senkung sowie Feuchtigkeitszugabe in Form von Dampf können zu unwiederbringlicher Schädigung des Holzes führen, die sich durch Rissbildung, Sprödigkeit, oder starke Farbunterschiede zeigt.

Einer der wichtigsten Schritte bei der Herstellung thermisch modifizierter Esche erfolgt gegen Ende des Prozesses. Durch die Thermo-Behandlung sinkt die Ausgleichsfeuchte des Holzes ab. Es ist allerdings notwendig, das Feuchtigkeitsniveau des Holzes am Ende des Prozesses auf das Niveau der Ausgleichsfeuchte anzuheben. Hier bildet die Kenntnis des Prozesses seitens des Prozessbetreibers den entscheidenden Einflussfaktor. Dieser entscheidet, wann über welchen Zeitraum bei welchem Temperaturniveau welche Dampfmenge zugegeben wird, um am Ende eine homogene, unspröde Thermo-Esche zu erhalten. Falls dieser Rückbefeuchtungsprozess nicht oder fehlerhaft ausgeführt wird, können bereits in der Thermokammer Risse auftreten bzw. erfolgt die Rissbildung bei der späteren Lagerung. Zutage treten die Risse meist erst nach dem Hobeln oder gar nach der Installation.

2. Verarbeitungsrichtlinien

Zur Farbe:

Die Farbe von Thermoholz ist wie bei jedem herkömmlichen Holz nicht UV beständig. Die Vergrauung des Holzes hat keine Auswirkung auf die Haltbarkeit. Um die Farbgebung des Holzes länger zu erhalten, empfehlen wir, das Holz nach der Verlegung mindestens einmal zu ölen. Zusätzlich verschließt das Öl die Poren des Holzes, damit sich Verschmutzungen nicht sofort festsetzen können, was die Reinigung im Nachhinein erleichtert. Empfehlen können wir hier die Terrassenöle siehe Seite 8. Mit diesen Ölen haben wir bisher sehr gute Erfahrungen bzgl. verlangsamter Vergrauung und der Nachbehandlung gemacht.

Verlegung:

Bei der Verlegung ist darauf zu achten, dass die Auflagepunkte (Unterkonstruktion) nicht weiter als 50cm auseinander liegen. Ein Mindestabstand zwischen den Dielen ist unbedingt einzuhalten. Es empfiehlt sich, die Dielenbreite in mm durch den Wert 20 zu teilen, um die für Thermo-Esche optimale Installationsfuge in mm anzuwenden. Je nach Unterlüftung und Standort kann die Thermo-Esche 1-4% in der Breite nach der Installation wachsen. Das heißt, eine Installationsfuge von 7,5 mm wird sich bei einer Dielenbreite von 150 mm auf 6,0 bis 1,5 mm verkleinern. Grundsätzlich soll bei der Verlegung der Kontakt Holz auf Holz vermieden werden. Hierzu empfehlen wir entsprechende Abstandshalter von mindestens 5 mm. Zur Verschraubung müssen ausschließlich Schrauben und andere Befestigungsmaterialien aus Edelstahl verwendet werden. Nicht rostfreie Metalle können bei Holz im Außenbereich (aufgrund der Verwitterung) dunkle Flecken verursachen. Bei jeder Verschraubung des Holzes müssen die Löcher in der Terrassendiele (nicht in der Unterkonstruktion) mit der Lochgröße des Schraubendurchmessers+1,0mm (Bsp. 4,0x40mm Schraube → 5,0mm Bohrloch) vorgebohrt werden. Der Schraubenkopfkonus muss ebenfalls angesenkt werden. Wir empfehlen die Verwendung eines Tiefenanschlages. Es muss darauf geachtet werden, dass die Ansenkung mit der Größe des Schraubenkopfes übereinstimmt. Das Vorbohren der Löcher gilt für jede Art von Schrauben. Es ist darauf zu achten, dass die Schrauben nach der Befestigung ein so genanntes "ARBEITEN" der Terrassendiele zulassen.

Mindestabstand seitlich: 20mm Mindestabstand stimmseitig: 40mm

Lagerung:

Vor dem Einbau ist zwingend darauf zu achten, dass die Thermo-Esche Terrassendielen ca. 48 Std. am Einbauort bzw. im Außenbereich (nicht lagernd in der Garage) gelagert werden. Die richtige Ausgleichsfeuchte für den Außenbereich wird dadurch angenommen. In jedem Falle ist der oben angegebene Mindestabstand bei der Installation nach der Formel „Dielenbreite in mm/20“ anzuwenden.

Risse:

Auch bei thermisch behandeltem Holz sind minimale Spannungs-Risse möglich. Diese sind im Normalfall in einer Breite von 1-2 mm und nicht auf eine bestimmte Länge einzugrenzen. Ein Auftreten solcher Risse ist durchaus normal und kein Reklamationsgrund. Bei Auftreten von großen Rissen (3mm und breiter) wurden in 90% der Fälle Verarbeitungsfehler (siehe Punkt 2.) begangen. Die restlichen 10% sind Reklamationsfälle aufgrund von im Produktionsablauf nicht erkennbaren Holzfehlern bzw. Transportschäden.

Farbunterschiede und Verzug:

Farbunterschiede der einzelnen Terrassendielen können auftreten und hängen mit den verschiedenen Wuchsgebieten des Holzes zusammen. Farbunterschiede sind kein Reklamationsgrund. Der Verzug bzw. das Arbeiten von Thermoholz ist um ein vielfaches geringer als bei herkömmlichen Holzarten. Ein geringes Arbeiten kann jedoch nie ausgeschlossen werden und ist daher kein Reklamationsgrund.

3. Statische Werte

Statische Werte:

Aufgrund der enormen Zähigkeit der Esche erzielt die Esche auch nach der thermischen Behandlung ideale Werte für den Einsatz als Terrassendiele (siehe physikalisches Testergebnis auf Seite 9). In der Statik werden zwei grundlegende Bezeichnungen bzw. Nachweiskriterien voneinander unterschieden.

- Tragfähigkeit

Bei der Tragfähigkeit handelt es sich um Grenzwerte, die z.B. im konstruktiven Holzbau anhand der DIN 1052 eingehalten werden müssen. Bis dato gibt es nur Versuchsergebnisse und keine anerkannt gültige Norm für Thermoholz. Im Terrassenbau werden wir mit den Grenzwerten der Tragfähigkeit aufgrund der maßgebenden Grenzwerte der Gebrauchstauglichkeit niemals konfrontiert. Im Terrassenbau ist grundsätzlich darauf zu achten, eine konstruktiv richtige Einbauvariante zu wählen. Es gibt keine Terrasseneinbauvariante, die zwingend eingehalten werden muss. Die Grenzwerte der Tragfähigkeit der Thermo-Esche Terrassendiele in der 20mm Dimension sind mehr als eingehalten.

- Gebrauchstauglichkeit

Bei der Gebrauchstauglichkeit handelt es sich um den konstruktiv richtig gewählten Unterkonstruktionsabstand zur Vermeidung von unangenehmen Durchbiegungen des Terrassenbelages. Um geringe Durchbiegungen und somit ein angenehmes Gehen auf der verlegten Terrasse zu erzielen, ist darauf zu achten, bei den Thermo-Esche Terrassendielen in der 20mm Stärke den Unterkonstruktionsabstand (Achismaß) nicht größer als 50cm zu wählen. Bei einem Unterkonstruktionsabstand (Achismaß) kleiner gleich 50cm können alle beliebigen Beläge konstruiert werden.

4. Veränderungen von Holz im Freien

Im Freien eingebautes Holz unterliegt – vereinfacht betrachtet – zwei prägenden Einflüssen:

Ultraviolettem Licht und Wasser

Allgemein:

Das UV-Licht spaltet in einem photolytischen Prozess eine Substanz namens Lignin. Lignin hat die Funktion, Zellulosefasern im Holz wie Klebstoff zusammenzuhalten. Lignin wird bei der Spaltung wasserlöslich. Es kann daher von Feuchtigkeit angelöst und bei Schlagregen ausgeschwemmt werden. Zurück bleiben weißliche Zellulosefasern auf denen Mikroorganismen siedeln, die das silbergraue Erscheinungsbild komplettieren. Die nicht mehr gebundenen Zellulosefasern erodieren im Laufe der Zeit. Dabei entsteht eine reliefartige, die Holzmaserung betonende Oberflächenstruktur. Bei schattigen Lagen bilden sich oft Bläue und Schimmel, besonders in der Nähe von Vegetation. Auch das kann zu Graufärbungen führen, in den hier betrachteten Anwendungen jedoch nicht zu Schädigungen. Sehr prägend ist der stete Wechsel von Durchfeuchtung und Austrocknung. Schlagregen und Tauwasser werden von unbehandeltem Holz durch Kapillarwirkung aufgenommen. Dabei quillt das Holz. Kommt es danach durch Wind und Sonne wieder zur Trocknung, schwindet der Querschnitt zurück. Dieser Vorgang wiederholt sich. Das führt zu Rissen in der Oberfläche und Verformungen des Holzes, die je nach Beschaffenheit und Qualität im Mikrobereich bleiben oder auch stärker ausfallen können.

Thermo-Esche (215°C / Thermo-D):

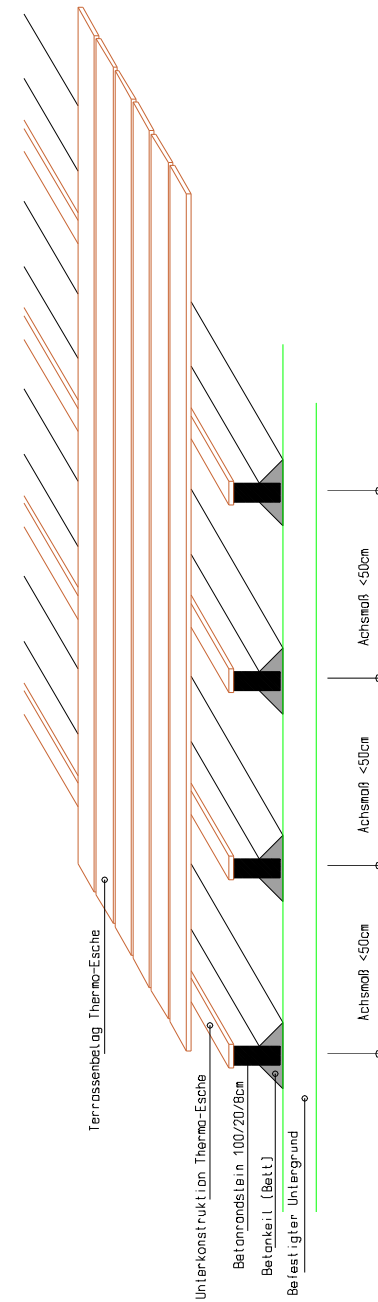
UV-Licht und Wasser haben die gleichen Auswirkungen auf die Thermo-Esche s.o.. Die Vergrauung ist im gleichen Maße vorhanden und kann nur durch das Auftragen von Außenölen wie bei allen anderen Holzarten auch verzögert werden. Die Formstabilität und die Resistenz gegen Pilze, Schimmel, Insekten etc. ist bei der Thermo-Esche deutlich besser.

Z.B. liegt die Thermo-Esche mit der 215°C Behandlung in der **Resistenzklasse 1**, was die Thermo-Esche gleich setzt mit allen auf dem Markt vertretenen Tropenhölzern. Thermoholz ist daher eine Alternative zu Tropenholz; der Einsatz von Thermoholz trägt zur Schonung der Tropenwälder bei, die durch forstwirtschaftliche Nutzung erschlossen werden, und dadurch nachrückenden Siedlern Angriffsflächen bieten. Betrachtet man die physikalischen Testergebnisse der Thermo-Esche, so ist die Thermo-Esche vor allen Tropenhölzern zu platzieren.

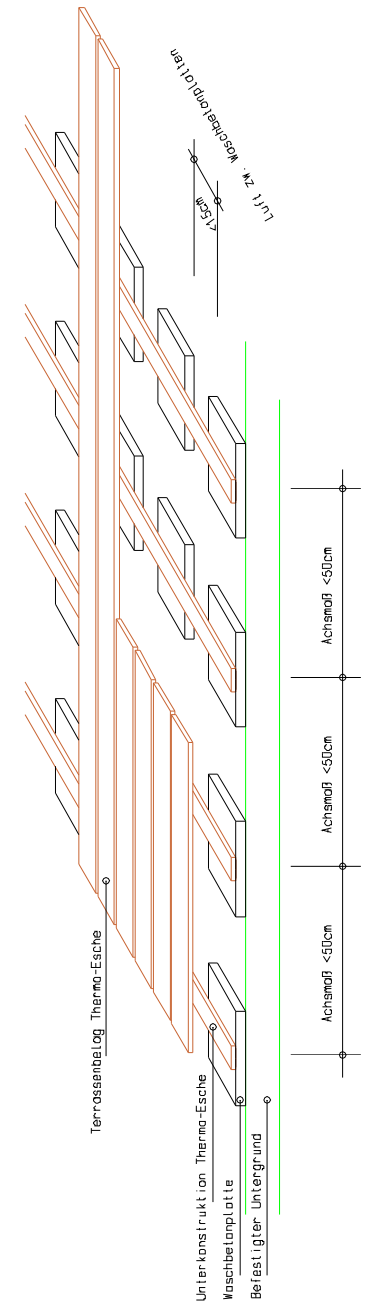
Die Formstabilität (Quellen und Schwinden) ist zwar deutlich besser gegenüber den Tropenharthölzern, jedoch abhängig vom Ausgangsrohstoff und Wuchs, von Einschlüssen und Ästen.

5. Einbauvorschläge

Muster-Einbauvorschlag-01

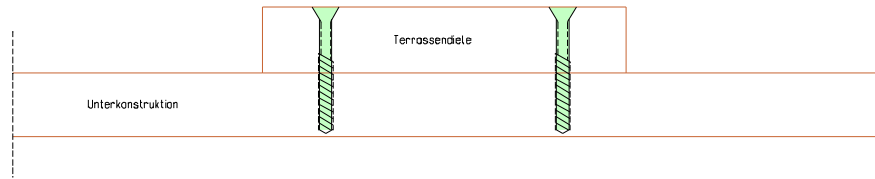


Muster-Einbauvorschlag-02



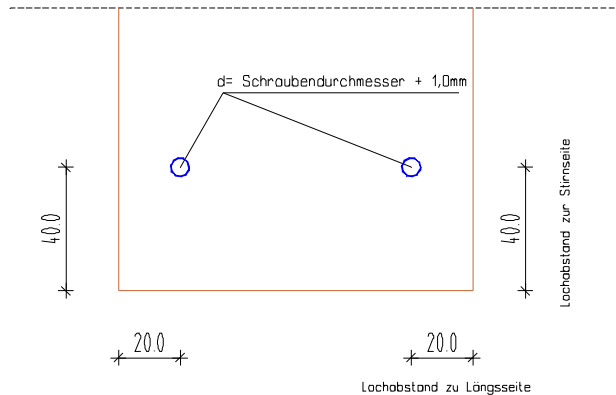
6. Befestigungsvarianten

Sichtbare Befestigungsvariante mit Edelstahl Terrassenschrauben:



Schnitt

Lochdurchmesser $d = (\text{Schraubendurchmesser} + 1,0\text{mm})$
Anpassung Schraubenkopfkonus (Ansenkung)



Draufsicht

Bohrlochtabelle *	
Schraubendurchmesser	Bohrloch
3,0mm	4,0mm
3,5mm	4,5mm
4,0mm	5,0mm
4,5mm	5,5mm
5,0mm	6,0mm

* Gilt für die Terrassendecke nicht für die Unterkonstruktion

Nichtsichtbare Befestigungsvariante:

Die folgenden von uns empfohlenen Systeme zur unsichtbaren Befestigung geben bei der Installation einen Dielenabstand von 5 mm vor. Dies ist in Extremfällen, das heißt bei hoher anhaltender Feuchtigkeit von unten und oben, eventuell nicht ausreichend.

IGEL® V2-Befestigungssystem

Wir empfehlen die Anwendung des IGEL-Systems für Dielenbreiten bis maximal 115 mm, sowie für konstruktiv gut unterlüftete Terrassen.

Kontakt:
Braun & Würfele GmbH & Co
Mäherstr. 29-32
D-72270 Baiersbronn

Telefon: 07442 / 8438-0
www.braun-wuerfele.de

CLIPPER - Terrassenbefestigung

Wir empfehlen die Anwendung des CLIPPER-Systems für Dielenbreiten bis maximal 150 mm, sowie für konstruktiv gut unterlüftete Terrassen.

Kontakt:
Karle & Rubner GmbH
Schosseifen
D- 35716 Dietzhölztal-Steinbrücken

Telefon: 02774 / 9268-0
www.karle-rubner.de

7. Terrassenöl

Pigmentfreies ÖL:

Scandicare Terrassen-Hartholz-Öl

Kontakt:
Vosschemie GmbH
Esinger Steinweg 50
D-25436 Uetersen

Telefon: 04122 / 717-0
www.scandicare.de

Braun pigmentiertes ÖL:

BWS Pflegeöl braun pigmentiert

Kontakt:
Braun & Würfele GmbH & Co
Mäherstr. 29-32
D-72270 Baiersbronn

Telefon: 07442 / 8438-0
www.braun-wuerfele.de

OSMO UV-Schutz-ÖL:

Kontakt:
Osmo Holz & Color GmbH & Co. KG
Affhüppen Esch 12
D-48231 Warendorf

Telefon: 02581 / 922-100
www.osmo.de

8. Physikalische Eigenschaften

TESTBERICHT

Nr. 239

2007-07-05

Produktbeschreibung: Hitzebehandeltes (215 °C) Eschenholz 20x135x1000 mm
Grund für Test: Auftrag für den Test 2007-05-22
Testziel: Bestimmung von physikalischen und mechanischen Eigenschaften der Terrassendielen

Testmethoden.

Der Feuchtegehalt der Musterstücke wurde in einem Darrofen bei einer Temperatur von 103 - 105°C bis zum Erreichen einer konstanten Masse ermittelt.
Dichte, Biegefestigkeit und Oberflächenhärte wurden bei einer Ausgleichsfeuchte von 4,6% im Labor ermittelt.

Für die Ermittlung der sich einstellenden Ausgleichsfeuchte im Außenbereich wurden die Musterstücke bis zum Erreichen einer konstanten Masse einer relativen Luftfeuchtigkeit von 85% ausgesetzt.

Die Oberflächenhärte (Brinellhärte), wurde anhand der EN 1534 mit der Anwendung eines Prüfstempels (10mm Durchmesser) ermittelt.

Testergebnisse.

Feuchtegehalt bei (normalen) Laborbedingungen

Muster Nr.	1	2	3	4	5	6	Durchschnitt
Feuchtegehalt, %	4,4	4,7	4,7	4,5	4,7	4,7	4,6

Dichte

Muster Nr.	1	2	3	4	5	6	Durchschnitt
Dichte, kg/m ³	597	598	582	580	608	575	590

Ausgleichsfeuchte bei durchschnittlichen Außenbedingungen

Muster Nr.	1	2	3	4	5	6	Durchschnitt
Feuchtegehalt, %	7,7	8,0	7,9	7,8	7,9	8,1	7,9

Biegefestigkeit

Muster Nr.	1	2	3	4	5	Durchschnitt
Biegefestigkeit, N/mm ²	110,0	102,3	89,2	100,4	83,5	
Muster Nr.	6	7	8	9	10	Durchschnitt
Biegefestigkeit, N/mm ²	82,1	112,0	94,4	99,0	93,1	

Oberflächenhärte (Brinellhärte)

Nr.	d1	d2	d	HB (N/mm ²)
1-20	4,9 – 7,3	5,1 – 7,6	5,00 – 7,45	19,1 – 47,5
Durchschnitt				29,4

9. Resistenz

PRÜFBERICHT-NR. 85963/1 vom 17.03.2008

Datum des Probeneingangs:	08.10.2007	BRENTSTOL OÜ
Beginn des Tests:	09.11.2007	PETERBURI TEE 44
Veröffentlichung des Ergebnisses:	17.03.2008	11415 TALLINN
Bezeichnung der Probe:	Terrassendielen aus Thermo-Esche 215 °C	ESTLAND KONTAKT: Herr Meelis Kajandu

Technischer Bericht

Bestimmung der natürlichen Dauerhaftigkeit von Vollholz gegen Holz zerstörende Basidiomyceten.

Testmethode:	nach CEN/TS 15083-1/2005, bis auf die Auswahl und Vorbereitung der Proben, die vom Kunden bereitgestellt worden sind.
Testmaterial:	Hitze behandeltes Eschenholz
Vergleichsholz:	Rotbuche (Fagus Sylvatica)
Testpilze:	Brauner Kellerschwamm (Coniophora puteana DSM 3085) Schmetterlingsporling (Coriolus versicolor DSM 3086)
Alterungsverfahren:	nein
Sterilisation:	Gamma-Bestrahlung
Datum des Einwirkungsbeginns:	09.11.2007
Datum des Einwirkungsendes:	10.03.2008, 4 Monate

Testergebnisse

Durchschnittlicher Massenverlust des Vergleichsholzes:

Mit Coniophora puteana:	33%
Mit Coriolus versicolor:	30%

Test gültig

Holzfeuchte des Testmaterials nach Pilzeinwirkung:

Mit Coniophora puteana:	Ø 18%, min 9%, max 24%
Mit Coriolus versicolor:	Ø 31%, min 16%, max 57%

Mittelwert des Massenverlustes des Testmaterials:

Mit Coniophora puteana:	1%
Mit Coriolus versicolor:	1,4%

Medianwert des Massenverlustes des Testmaterials:

Mit Coniophora puteana:	1%
Mit Coriolus versicolor:	1%

Einstweilige Dauerhaftigkeit nach CEN/TS 15083-1/2005, Annex D:

Klasse 1 – sehr dauerhaft – Medianwert des Massenverlustes ≤ 5%

Bemerkung: Die Testmethode wurde auf behandeltes Vollholz angewandt.

Institutsleiter
Dott. Franco Bulian

Geschäftsführer
Dott. Andrea Giavon

10. Energiebilanz Terrassenbeläge

Rang	Holzart	Kumulierter Energieaufwand Schnittholz KD 15%	Transporte bis Ankunft im EU-Raum		Energieverbrauch Transporte *)	Verarbeitung		Nutzungsdauer Jahre	ENERGIEVERBRAUCH PRO JAHR kWh/kg
			Schiff (km)	LKW (km)		Beschreibung	kWh/kg		
1	Ipe Südamerika	1,83	10.000	1.000	0,68	Hobelung	0,4	30	0,097
2	Robinie Mitteleuropa	1,83	0	1.000	0,36	Hobelung	0,4	25	0,104
3	Thermo-Esche Mitteleuropa	1,83	0	1.000	0,36	Thermobehandlung, Hobelung	1,00	30	0,106
4	Thermo-Esche Nordamerika	1,83	6.000	1.000	0,55	Thermobehandlung, Hobelung	1,00	30	0,113
5	Eiche Mitteleuropa	1,83	0	1.000	0,36	Hobelung	0,4	20	0,130
6	Thermo-Esche Osteuropa	1,83	0	3.000	1,08	Thermobehandlung, Hobelung	1,00	30	0,130
7	Eiche Nordamerika	1,83	6.000	1.000	0,55	Hobelung	0,4	20	0,139
8	WPC Mitteleuropa	2,50	0	1.000	0,36	Extrudierung	1,7	30	0,152
9	Lärche Mitteleuropa	1,23	0	1.000	0,36	Hobelung	0,4	13	0,153
10	Douglasie Mitteleuropa	1,23	0	1.000	0,36	Hobelung	0,4	13	0,153
11	Bangkirai Indonesien	1,83	15.000	1.000	0,84	Hobelung	0,4	20	0,154
12	WPC Nordamerika	2,50	6.000	1.000	0,55	Extrudierung	1,7	30	0,158
13	Eiche Osteuropa	1,83	0	3.000	1,08	Hobelung	0,4	20	0,166
14	Douglasie Nordamerika	1,23	6.000	1.000	0,55	Hobelung	0,4	13	0,168
15	Kiefer imprägn. Mitteleuropa	1,23	0	1.000	0,36	Imprägn., Hobelung	1,00	13	0,199
16	Kiefer imprägn. Osteuropa	1,23	0	3.000	1,08	Imprägn., Hobelung	1,00	13	0,255
17	Lärche Sibirien	1,23	0	6.000	2,16	Hobelung	0,4	13	0,292

*) Schiff 0,00032 kWh/kg*km; LKW 0,00036 kWh/kg*km

ANNAHMEN:

- Die Hölzer werden über ihre Nutzungsdauer nicht mit einem Anstrich versehen; würde die Betrachtung unter der Annahme eines bei Bedarf zu erneuernden Anstriches durchgeführt, würde sich die Thermo-Esche verbessern, da wegen reduzierten Quellens und Schwindens der Anstrich weniger häufig durchgeführt werden müsste.
- Es wird davon ausgegangen, dass ein kg jeder Holzart ungefähr dieselbe Fläche im Aussenbereich abdeckt; dies ist in der Realität meistens nicht der Fall wegen unterschiedlicher Dichten der Holzarten; würde präzise zwischen schwereren und leichteren Hölzern unterschieden, würden sich die schwereren Hölzer energetisch wegen des erhöhten Transportaufwandes verschlechtern, die leichteren Hölzer würden sich verbessern.
- Als LKW wurde ein moderner Sattelzug angenommen der EU-Normen des Jahres 2010 übertrifft. Man kann davon ausgehen dass LKW-Transporte ausserhalb des EU-Raumes mit deutlich höheren Verbräuchen belastet sind, auch wegen der mangelhaften Infrastruktur. Würde dies präzise bilanziert, wäre beispielsweise die Sibirische Lärche energetisch noch stärker belastet.
- Für die imprägnierten Hölzer wurde der Aufwand für die Herstellung des Imprägniermittels nicht berücksichtigt; würde dies bilanziert, würden die imprägnierten Hölzer energetisch schlechter abschneiden.
- Bei den WPC-Produkten wird ein Kunststoffanteil von 50% bilanziert. Der Holzanteil wird nicht berücksichtigt. Würde der in der Realität meist deutlich höhere Kunststoffanteil präzise bilanziert sowie auch der Holzanteil allokiert, würden die WPC energetisch schlechter abschneiden.
- Bei allen Transporten wird der Transport eines Endproduktes unterstellt. In der Realität legen die meisten Tropenhölzer sowie die Hölzer aus Osteuropa und Russland den größten Teil ihres gesamten Transportes in grünem Zustand zurück, nordamerikanische und mitteleuropäische Hölzer meist in bereits getrocknetem Zustand. Dies kann bei den Energieaufwendungen für die Transporte zu Schwankungen bis zu 50% führen.

DATENBESCHAFFUNG:

Daten für die Bilanzierung des Energieaufwandes stammen aus der ProBas-Datenbank des Umweltbundesamtes und des Öko-Instituts, sowie aus vom Umweltbundesamt verifizierten Datenbanken der europäischen Kunststoffindustrie, bzw. wurden aus diesen Datenbeständen errechnet.