

ThermoWood® HANDBUCH



INHALTSVER- ZEICHNIS

VORWORT	3
BEGRIFFSDEFINITIONEN	4
1. DIE ENTWICKLUNG VON THERMOWOOD®	5
2. ThermoWood®-HERSTELLUNGSVERFAHREN	6
2.1 Herstellungsverfahren	6
2.2 Rohmaterial	9
2.3 Veränderungen in der Holzstruktur	11
2.3.1 Kohlenwasserstoffe	11
2.3.2 Lignin	12
2.3.3 Extraktstoffe	12
2.3.4 Toxizität von ThermoWood®	12
2.3.5 pH-Wert von ThermoWood®	12
2.4 Qualitätskontrolle in der Herstellung	13
3. UMWELTAUSWIRKUNGEN	14
3.1 Rohmaterial	14
3.2 Herstellungsverfahren	14
3.3 Nutzung und Recycling	14
3.4 Lebenszyklus	14
4. ThermoWood®-PRODUKTE	15
4.1 Einfluss der thermischen Modifizierung auf die Holzmaße	15
4.2 Profildbretter	16
4.3 CE-Kennzeichnung	17
4.4 Produktklassifizierung	18
4.5 Physikalische Eigenschaften	20
4.5.1 Dichte	20
4.5.2 Biegefestigkeit und Elastizitätsmodul	21
4.5.3 Schraubenauszugsfestigkeit	22
4.5.4 Druckfestigkeit quer zur Faserrichtung	23
4.5.5 Druckfestigkeit längs zur Faserrichtung	23
4.5.6 Stoßbiegefestigkeit (dynamische Biegung)	23
4.5.7 Scherfestigkeit	23
4.5.8 Spaltwiderstand	23
4.5.9 Härte	24
4.5.10 Feuerbeständigkeit	25
4.6 Thermomechanische Eigenschaften	25
4.6.1 Gleichgewichtsfeuchte	25
4.6.2 Quellen und Schwinden durch Feuchtigkeit	26
4.6.3 Durchlässigkeit	27
4.6.4 Wärmeleitfähigkeit	27
4.7 Langfristige Dauerhaftigkeit	28
4.7.1 Witterungsbeständigkeit	28
4.7.2 Biologische Dauerhaftigkeit	28
4.7.3 Widerstandsfähigkeit gegen Insekten	28
4.8 Auswirkungen auf die Raumluftqualität	29
5. VERARBEITUNG VON ThermoWood®-PRODUKTEN	30
5.1 Sägen	30
5.2 Hobeln	30
5.3 Fräsen	31
5.4 Schleifen	31
5.5 Verkleben	31
6. OBERFLÄCHENBEHANDLUNG VON ThermoWood®-PRODUKTEN	32
6.1 ThermoWood® als Trägermaterial für die Oberflächenbehandlung	32
6.2 Gebräuchliche Oberflächenbehandlungsmittel	32
6.3 Leistung der Oberflächenbehandlung	32
6.4 Brandschutzbehandlung	32
7. KAUF UND LAGERUNG VON ThermoWood®-PRODUKTEN	33
8. ThermoWood®-Produkte IN DER BAUINDUSTRIE	34
8.1 Einsatz im Innenbereich	34
8.2 Einsatz im Außenbereich	39
9. MONTAGE VON ThermoWood®-PRODUKTEN FÜR VERKLEIDUNGEN	43
9.1 Verbindungselemente	43
9.2 Befestigung	43
9.3 Fugen	43
10. ThermoWood® IM SCHREINER- UND ZIMMERHANDWERK	48
11. REFERENZEN	50
11. WEITERE INFORMATIONEN	57



Herausgeber:

International ThermoWood Association,
www.thermowood.fi
+358 400 802 896
info@thermowood.fi

Text und Zeichnungen:

Tero Lahtela,
Insinööri-toimisto Lahtela Oy

Layout:

HannaR ky (2021),
PunaMusta Oy (2023)

VORWORT

Der Einsatz von thermisch modifiziertem Holz hat in den letzten zwanzig Jahren weltweit stark zugenommen. Die Produkte und Herstellungsverfahren wurden im Lauf der Jahrzehnte von den Herstellern und der International ThermoWood Association (internationaler ThermoWood®-Verband) entwickelt.

Produkte aus thermisch modifiziertem Holz sind natürlich, chemikalienfrei und werden aus zertifizierten Rohstoffen hergestellt. Sie haben einen langen Lebenszyklus und können recycelt werden.

Die International ThermoWood Association wurde im Jahr 2000 in Finnland zur Förderung des Einsatzes von ThermoWood®-Produkten gegründet. Sie hat Mitglieder in mehreren Ländern.

Das vorliegende Handbuch enthält wichtige Informationen über Produkte aus thermisch modifiziertem Holz, die unter der Marke ThermoWood® verkauft werden. Es soll objektive Informationen über ThermoWood®-Produkte und deren Verwendung liefern. Die intendierte Zielleserschaft sind Architekten, Bauplaner, Einzelhändler, Hersteller von Komponenten und Bauteilen, Bauunternehmer, Schreiner, Zimmerleute und Bildungseinrichtungen.

Die in dem vorliegenden Handbuch aufgeführten Produkte und Bauten haben Beispielcharakter. Für die Gestaltung von Bauten sind stets die Planer verantwortlich. Die Hersteller von ThermoWood®-Holz bieten vielfältige Produkte und Verlegeanleitungen für verschiedene Einsatzgebiete an. Aus diesem Grund wird empfohlen, Fragen zur Auswahl von Produkten und zu den technischen Daten von Produkten an den technischen Kundendienst des jeweiligen Herstellers zu richten. Dies trägt zur Gewährleistung einer hohen Qualität und einer langen Lebensdauer des Objekts bei.

Die Erstellung des Handbuchs wurde von dem Geschäftsführer der International ThermoWood Association Jukka Ala-Viikari und von Vertretern der Verbandsmitglieder betreut. Die Organisation Rakennustuotteiden Laatu Säätiö sr (Finnische Stiftung für die Qualität von Bauprodukten) hat sich an der Finanzierung des Handbuchs beteiligt.

Die erste Fassung wurde im April 2021 veröffentlicht. Die vorliegende Ausgabe ist eine aktualisierte Auflage.

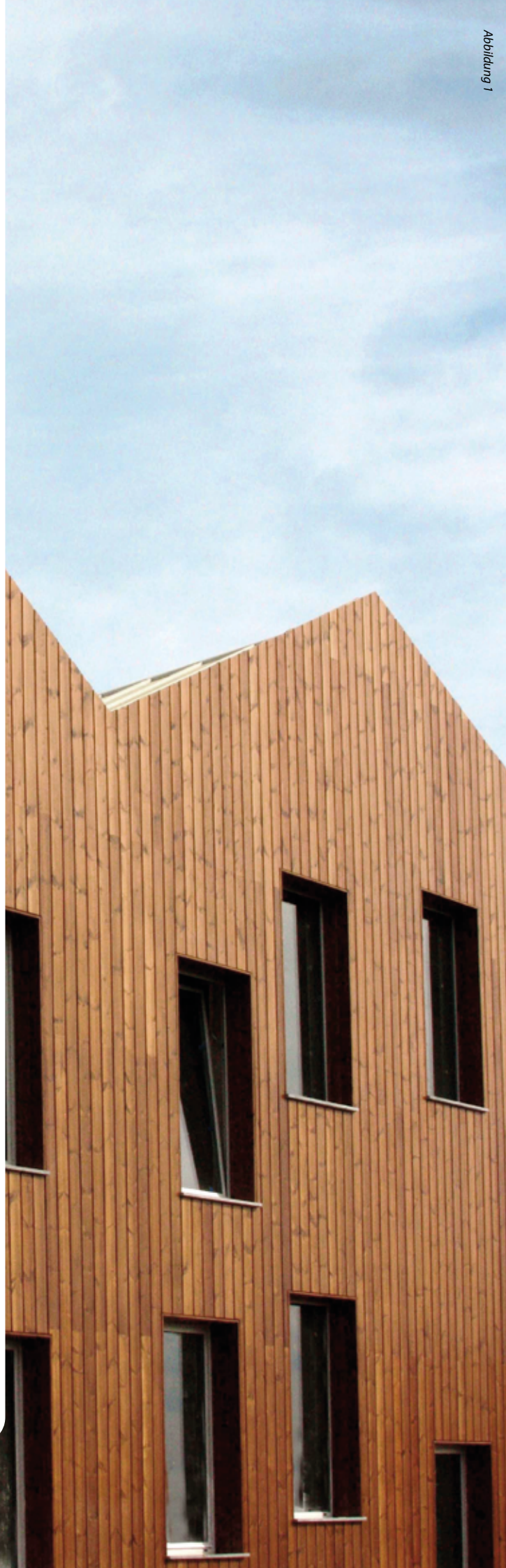
Unser Dank gilt allen, die zu diesem Projekt beigetragen haben.

Helsinki, März 2023



Timo Tetri

Vorsitzender, International ThermoWood Association



DEFINITIONEN

ThermoWood®

Eingetragene Marke, die nur von Mitgliedern der International ThermoWood Association verwendet werden darf.

ThermoWood®-Produkt

Holzprodukt, das nach dem in Finnland entwickelten Verfahren der thermischen Modifizierung hergestellt wird. Die Herstellung ist standardisiert und die Hersteller haben ein geprüftes System zur Qualitätssicherung implementiert.

Thermische Modifizierung

Verfahren, bei dem die chemischen Eigenschaften von Holz durch Wärme und Dampf verändert werden. Die Mindesttemperatur beträgt 160 °C. Die daraus resultierenden Veränderungen der Holzstruktur sind dauerhaft.

ThermoWood®-Verfahren

Vom Technischen Forschungszentrum Finnland (VTT) entwickeltes und patentiertes Verfahren zur Herstellung von ThermoWood®-Produkten. Die International ThermoWood Association ist Eigentümerin der Patente. Das ThermoWood®-Verfahren ist weltweit marktführend.

Qualitätslogo

(ITWA = International ThermoWood Association)

Offizielles ThermoWood®- Qualitätslogo der International ThermoWood Association, das nur von ihren Mitgliedern, die über ein geprüftes System zur Qualitätssicherung verfügen, verwendet werden darf.

PEFC

(Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes)

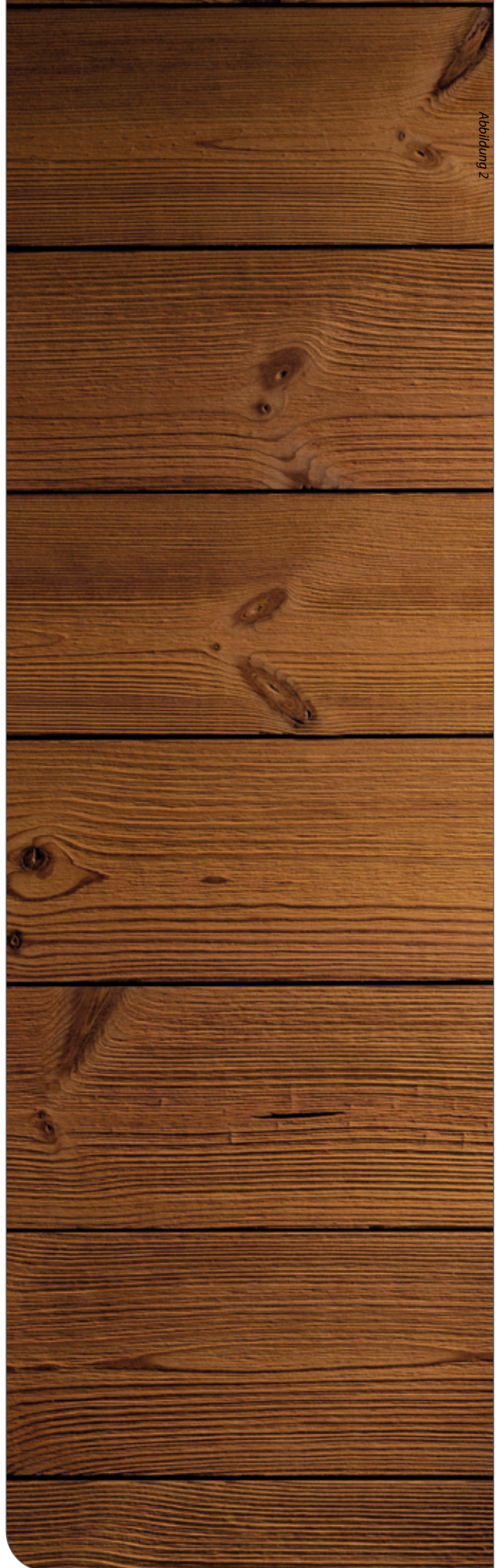
Internationales Waldzertifizierungssystem zur weltweiten Förderung einer ökologisch, sozial und wirtschaftlich nachhaltigen Forstwirtschaft.

FSC (Forest Stewardship Council)

Internationale gemeinnützige Organisation zur Förderung einer verantwortungsvollen Forstwirtschaft. Sie vergibt FSC-Zertifikate für Dienstleistungen und Produkte.

OLB (Origine et Légalité des Bois)

Zertifizierungssystem zur Überprüfung der Herkunft von Holz und der Einhaltung gesetzlicher Vorschriften in der Forstwirtschaft und bei der Holzernte.



1

DIE ENTWICKLUNG VON THERMISCH MODIFIZIERTEM HOLZ

Die Feuerbehandlung der Oberfläche von Holz zur Erhöhung seiner Feuchtigkeitsbeständigkeit wurde bereits im antiken Ägypten praktiziert. Die verkohlte Oberfläche bildet eine Schutzschicht, die die biologische Dauerhaftigkeit des Holzes verbessert. In Finnland schützte man mit diesem Verfahren die ins Erdreich eingebrachten Heustangen und Zaunpfähle vor der Feuchtigkeit im Boden. Das Verkohlen der Oberfläche von Holz über offenem Feuer war der erste Entwicklungsschritt der thermischen Modifizierung von Holz.

Die thermische Modifizierung von Holz im Ofen wurde erstmals Anfang des 20. Jahrhunderts wissenschaftlich untersucht. Das Ziel war herauszufinden, wie die thermische Modifizierung die Eigenschaften vom Holz verbesserte, insbesondere seine Beständigkeit gegenüber Feuchtigkeit. Im Weiteren wurde nach geeigneten Einsatzbereichen für dieses modifizierte Holz gesucht. Unter anderem wurde die Verwendung von thermisch modifiziertem Holz in der Luftfahrtindustrie erforscht. Bis in die 1980er Jahre fand Forschung zur thermischen Modifizierung vor allem in Deutschland und in den USA statt. Die erste kommerzielle Anlage zur thermischen Mo-

difizierung wurde Anfang der 1980er Jahre in Deutschland gebaut. Der Betrieb erreichte jedoch nie eine industrielle Größenordnung.

In den 1990er Jahren waren Finnland, Frankreich und die Niederlande führend in der Erforschung der thermischen Modifizierung von Holz. Ein wichtiger Durchbruch gelang 1993 in Finnland, als das dortige Technische Forschungszentrum in Zusammenarbeit mit der holzverarbeitenden Industrie das großtechnische ThermoWood®-Verfahren zur Verbesserung der Eigenschaften von Holz durch Wärme entwickelte.

Heute ist ThermoWood® eine internationale Marke mit stetig steigenden Produktionsmengen. Thermisch modifiziertes Holz wird in verschiedenen Ländern nach dem ThermoWood®-Verfahren hergestellt, u. a. in Finnland, Schweden, Dänemark, Belgien, Polen, Lettland, der Türkei, Japan und Kanada. Der Einsatzbereich von thermisch modifiziertem Holz hat sich über die Jahre weiterentwickelt und umfasst heute Außenfassaden, Verkleidungen im Innenausbau, Terrassen- und Gartenstrukturen, sowie Anwendungen im Schreinerhandwerk.

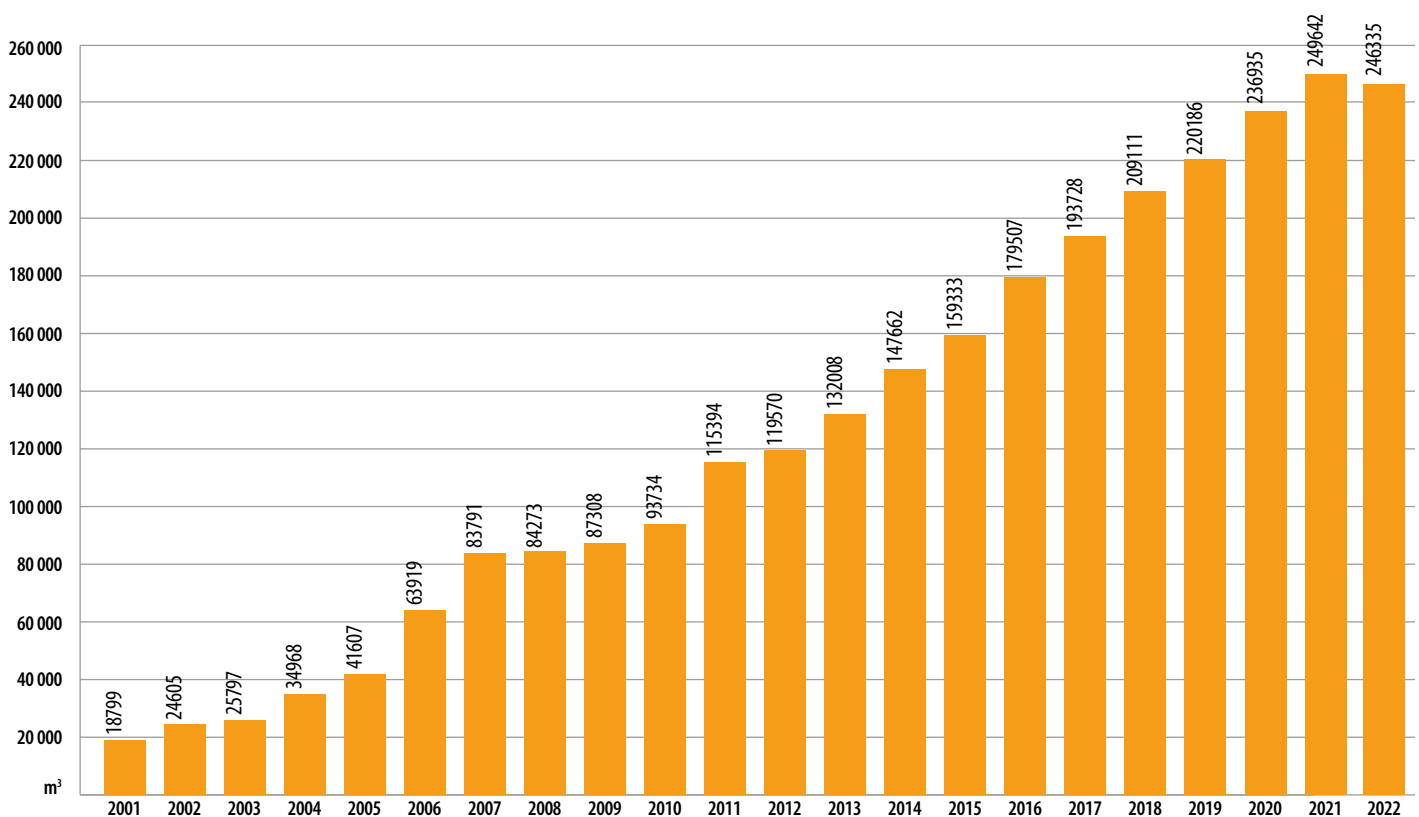


Abbildung 1. Wachstum der ThermoWood®-Produktion zwischen 2001 und 2022

2 ThermoWood® -HERSTELLUNGSVERFAHREN

Bei der Herstellung von ThermoWood®-Produkten werden keine Chemikalien eingesetzt. Alle Rohstoffe stammen aus zertifizierten Quellen. Das Herstellungsverfahren ist ein Resultat von umfangreicher Entwicklungsarbeit und basiert auf der kontrollierten Modifizierung von Holz durch Wärme, Dampf und Wasser. Bei dem Verfahren durchläuft das Holz eine Phase der Hochtemperaturtrocknung, eine Phase der thermischen Modifizierung und eine Phase der Abkühlung und Regulierung der Ausgleichsfeuchte. Das Verfahren führt zu dauerhaften physikalischen und chemischen Veränderungen im Holz. Die neuen Eigenschaften bleiben selbst bei der Weiterverarbeitung des Holzes (z. B. Sägen oder Hobeln) bestehen. Das Gleiche gilt für die Farbe des Produkts (durchgefärbt).

Es gibt zwei ThermoWood®-Klassen: Thermo-S und Thermo-D (siehe Abschnitt 4.4). ThermoWood®-Produkte unterscheiden sich in mehrfacher Hinsicht von herkömmlichem Holz. Beispiel solcher Unterschiede sind:

- Weniger Quellen und Schwinden durch Feuchtigkeit
- Höhere Dimensionsstabilität
- Bessere biologische Dauerhaftigkeit
- Dunklere Farbe (durchgefärbt)
- Kein Harzen
- Geringere Wärmeleitfähigkeit



Abbildung 4. ThermoWood®-Herstellung

2.1 HERSTELLUNGSVERFAHREN

Die thermische Modifizierung von Holz erfolgt in industriellen Anlagen. Das ThermoWood®-Verfahren eignet sich sowohl für Laubals auch für Nadelhölzer und ist stets optimal auf die jeweilige Holzart abgestimmt. Das Holz wird in Form gebündelter Latten einer Thermokammer zugeführt. Während der thermischen Modifizierung wird das Holz durch Dampf geschützt. Dieser beeinflusst auch die dauerhaften Veränderungen des Holzes. Der ThermoWood®-Prozess besteht aus drei Hauptphasen.

Phase 1: Hochtemperaturtrocknung

Die Kammer wird schnell auf 100 °C aufgeheizt. Anschließend wird die Temperatur schrittweise auf das gewünschte Niveau erhöht. Das Holz wird bis auf eine Feuchte von Null getrocknet.

Phase 2: Thermische Modifizierung

Nach der Hochtemperaturtrocknung findet die eigentliche Modifizierung bei konstanter Temperatur statt.

Phase 3: Kühlung/Konditionierung

In der letzten Phase wird die Temperatur in der Kammer durch eine Wassersprühanlage gesenkt. Ist die gewünschte Temperatur erreicht, wird die Holzfeuchte mithilfe von Wasser und Dampf erhöht, um die Bearbeitbarkeit und Dimensionsstabilität zu verbessern. Nach dem Abkühlen beträgt der Feuchtegehalt der ThermoWood®-Produkte 4–7 %.

Die Dauer des ThermoWood®-Prozesses hängt von der Produktklasse (Thermo-S oder Thermo-D), der Holzart, dem Feuchtegehalt und den Abmessungen des Rohmaterials ab. Die braune Farbe entsteht durch die Veränderung der chemischen Eigenschaften des Holzes unter dem Einfluss der Wärme. Während der thermischen Modifizierung sondern Nadelhölzer Harz und andere organische Verbindungen ab. Auch Laubhölzer sondern Extraktstoffe ab. Zur Vermeidung von Rissbildung wird die Temperatur durch ein spezielles Regulierungssystem geregelt. Für verschiedene Holzarten und Holzabmessungen werden unterschiedliche Einstellungen verwendet.

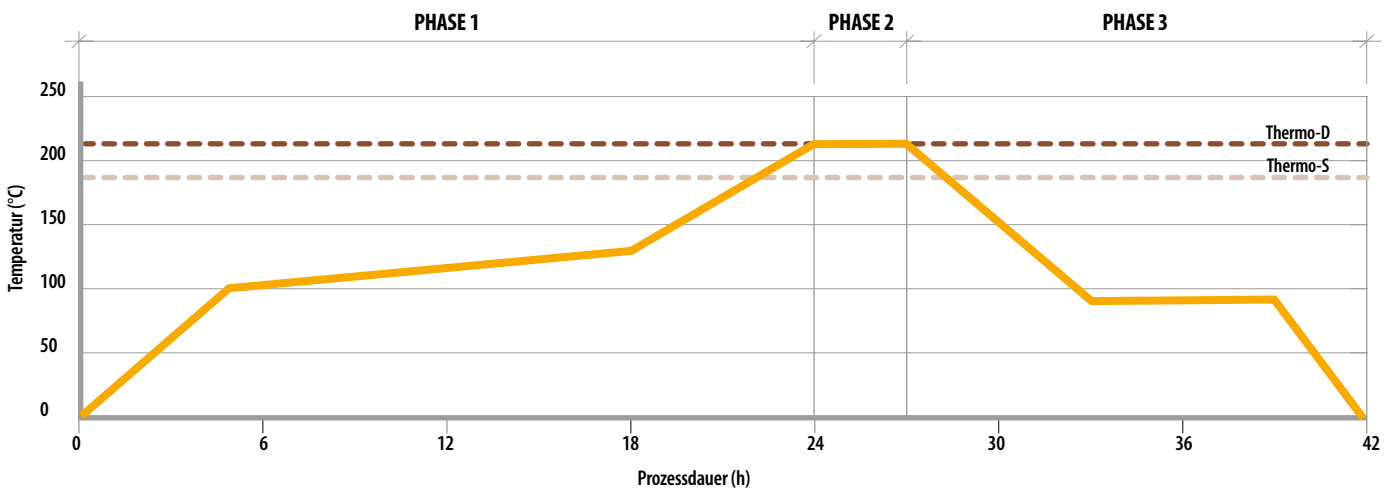
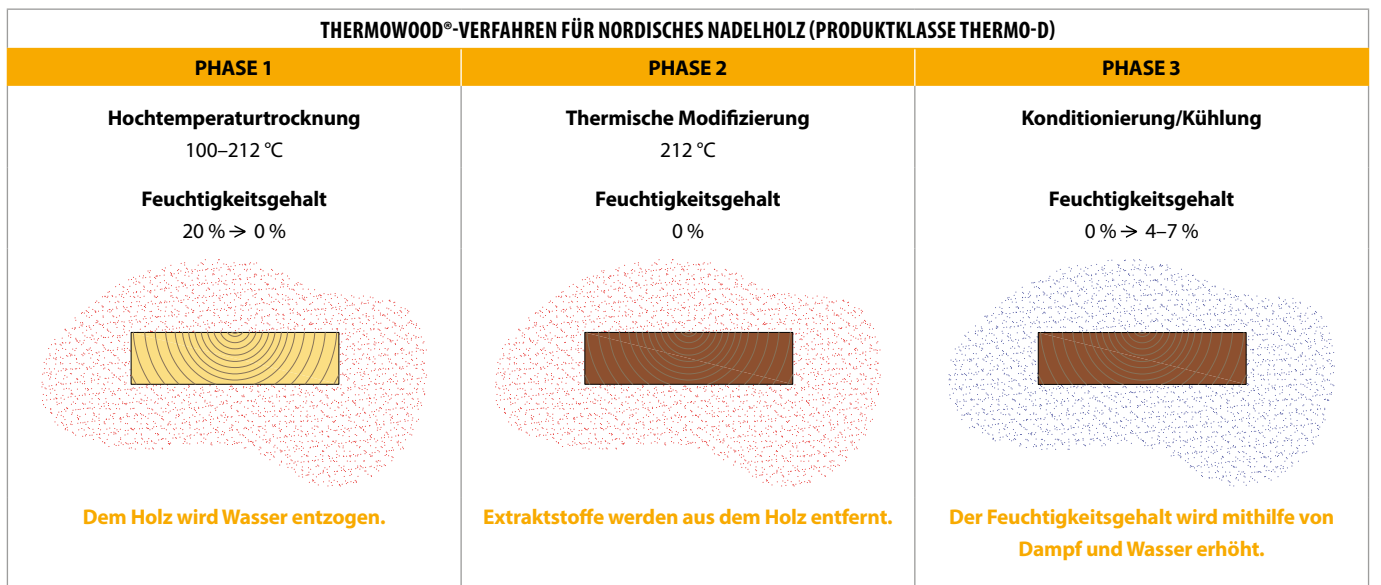


Abbildung 5. Beispiel des ThermoWood®-Verfahrens für nordisches Nadelholz (Produktklasse Thermo-D)



Abbildung 6. ThermoWood®-Kammer

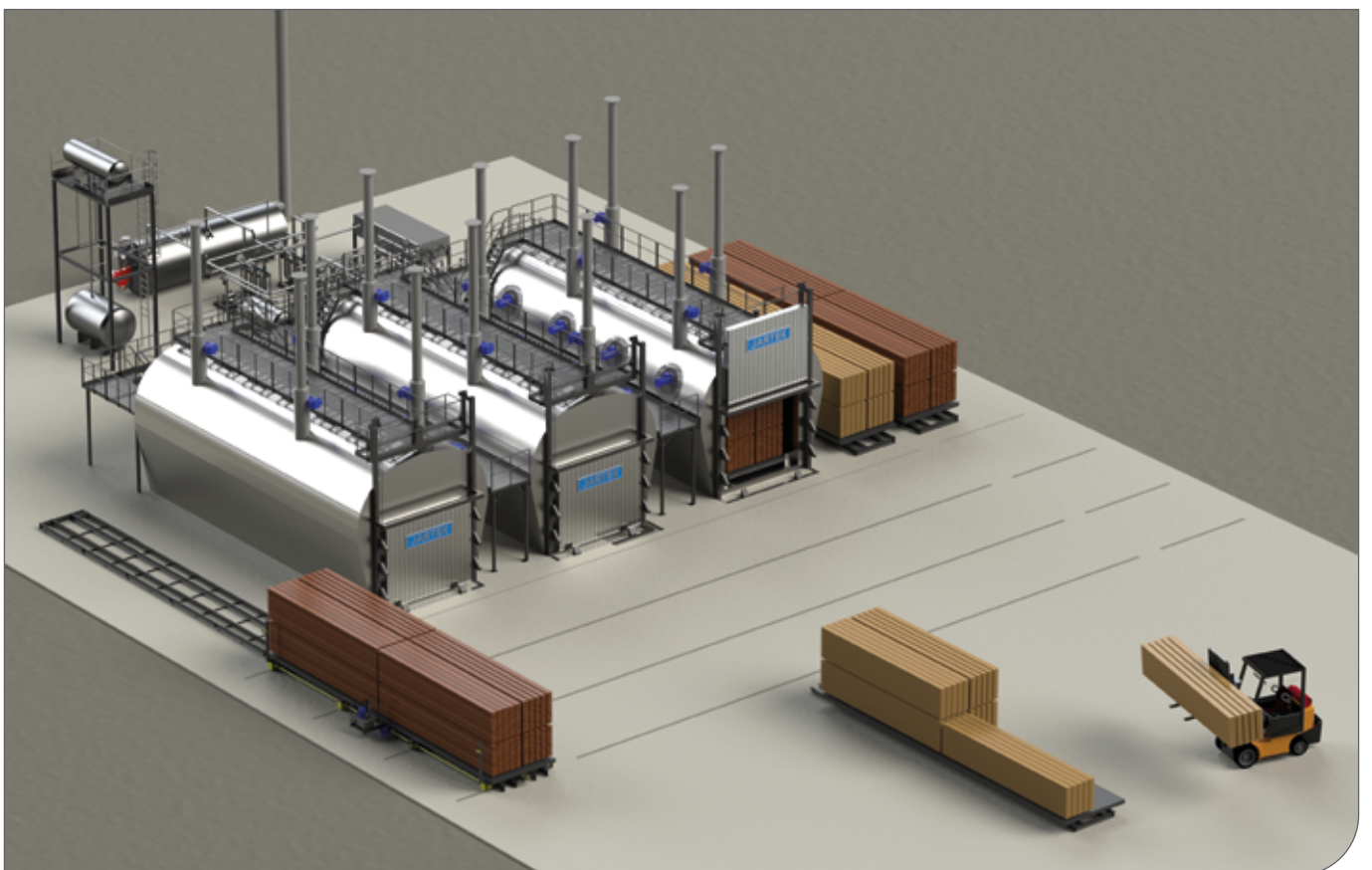


Abbildung 7. ThermoWood®-Anlage

Thermo-S



Thermo-D



Abbildung 8. ThermoWood®-Produkte aus nordischem Nadelholz (links: Thermo-S, rechts: Thermo-D)

2.2 ROHMATERIAL

Als Rohmaterial wird ausgewähltes Schnittholz verwendet. Bei nordischem Nadelholz wird das Kernholz verwendet. Die Rohmaterialqualität wird während des gesamten Produktionsprozesses überwacht. Die Auswahl des geeigneten Rohmaterials ist eine wesentliche Voraussetzung für ein hochwertiges Produkt. Prinzipiell kann die thermische Modifizierung für verschiedene Holzarten eingesetzt werden, doch hängt das Endergebnis erheblich von den Eigenschaften des Rohmaterials ab.

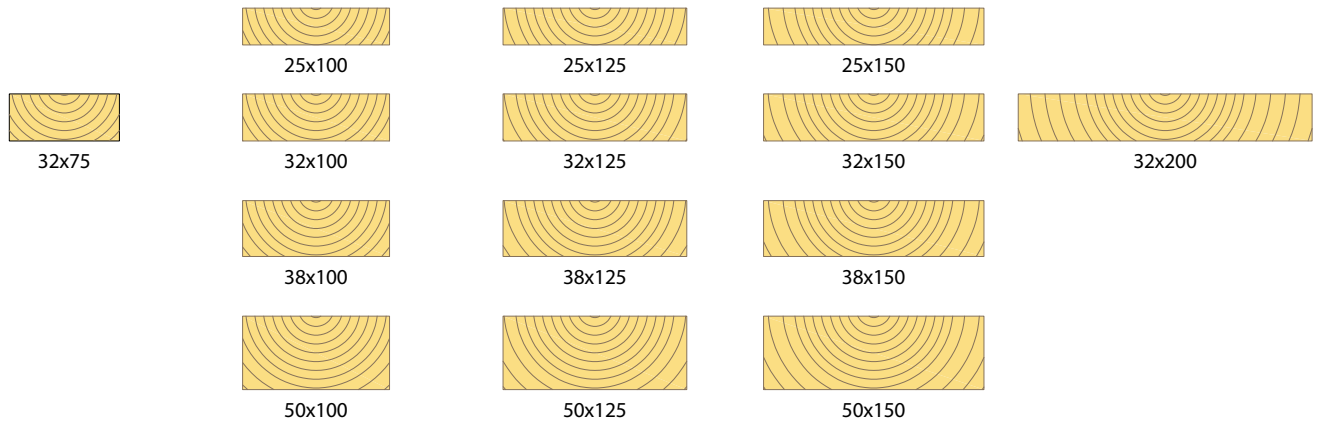
Derzeit werden ThermoWood®-Produkte nur aus den in Tabelle 1 aufgeführten Holzarten hergestellt, da sie laut wissenschaftlichen Studien die Qualitätsanforderungen an das Endprodukt erfüllen. Die Forschung an thermisch modifiziertem Holz geht weiter und sobald entsprechende Ergebnisse vorliegen, werden weitere Holzarten in das ThermoWood®-Sortiment aufgenommen. Für jede Holzart wurden gesonderte Verfahrensanweisungen erstellt und die thermische Modifizierung wird gemäß diesen Anweisungen durchgeführt.

Abbildung 9 zeigt die üblichen Nennmaße des zur Herstellung von ThermoWood®-Produkten verwendeten Holzes. Bei Nadelholz liegt die Länge in der Regel zwischen 2,7 und 5,7 m, bei Laubholz zwischen 1,8 und 4,2 m. Andere Maße und Längen sind auf Anfrage erhältlich.

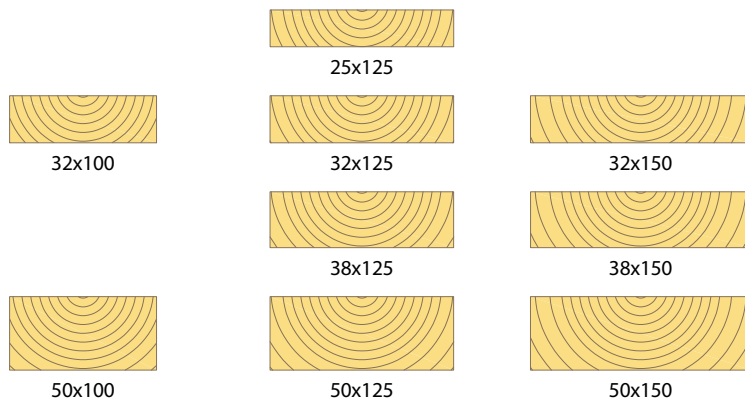
Tabelle 1. Für ThermoWood®-Produkte verwendete Holzarten

Holzart	Typ	Härte	Herkunft	Produktklasse
Kiefer (<i>Pinus sylvestris</i>)	Nadelholz	Weich	Nordische und baltische Regionen	Thermo-D, Thermo-S
Fichte (<i>Picea abies</i>)	Nadelholz	Weich	Nordische und baltische Regionen	Thermo-D, Thermo-S
Radiata-Kiefer (<i>Pinus radiata</i>)	Nadelholz	Weich	Neuseeland, Chile	Thermo-D, Thermo-S
Birke (<i>Betula</i>)	Laubholz	Hart	Nordische und baltische Regionen	Thermo-D, Thermo-S
Zitterpappel (<i>Populus tremula</i>)	Laubholz	Weich	Nordische und baltische Regionen	Thermo-D, Thermo-S
Esche (<i>Fraxinus excelsior</i>)	Laubholz	Hart	Europa, Nordamerika	Thermo-D, Thermo-S
Ayous (<i>Triplochiton scleroxylon</i>)	Laubholz	Hart	Afrika	Thermo-D, Thermo-S
Limba (<i>Terminalia superba</i>)	Laubholz	Hart	Afrika	Thermo-D, Thermo-S
Iroko (<i>Milicia excelsa</i>)	Laubholz	Hart	Afrika	Thermo-S

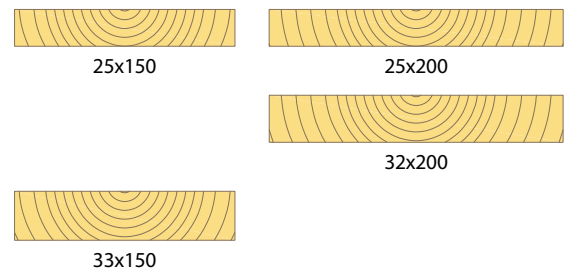
Kiefer



Fichte



Radiata-Kiefer



Zitterpappel, Birke, Esche

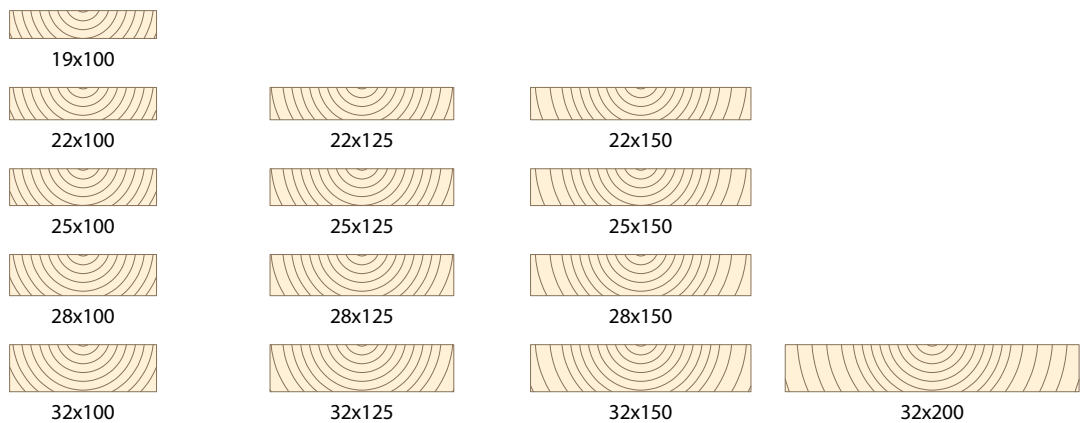


Abbildung 9. Beispiele für die Nennmaße der für ThermoWood®-Produkte verwendeten Holzarten

2.3 VERÄNDERUNGEN IN DER HOLZSTRUKTUR

Holz besteht hauptsächlich aus Cellulose (40–50 %), Hemicellulosen (25–35 %) und Lignin (25–30 %/Nadelholz, 20–25 %/Laubholz). Hinzu kommen ca. 5 % Extraktstoffe.

2.3.1 Kohlenwasserstoffe

Die Kohlenwasserstoffverbindungen Cellulose und Hemicellulose bilden die strukturellen Bestandteile von Holz. Cellulose ist eine lange Kette (DP 5.000–10.000) aus Glucoseeinheiten, während die kürzeren Ketten der Hemicellulosen (DP 150–200) aus Monosacchariden bestehen. Die Zusammensetzung und der Gehalt der Hemicellulosen variieren von Holzart zu Holzart. Die Veränderungen erfolgen bei der Wärmebehandlung in beiden Gruppen, doch die größten Veränderungen erfahren die Hemicellulosen mit hohem Sauerstoffgehalt.

Die Komponenten der Cellulose, b-D-Glucopyranose, sind durch 1→4-glycosidische Bindungen gebunden. Die Celluloseketten sind durch Bindungen zwischen Hydroxylgruppen verbunden. Bei Temperaturen unter 300 °C sinkt der Polymerisationsgrad bei der Zersetzung von Cellulose, Wasser wird entzogen, es entstehen freie Radikale, Carbonyl-, Carboxylaten- und Hydroperoxidgruppen, Kohlenstoffmonoxid, Kohlenstoffdioxid sowie reaktive Holzkohle.

Die Komponenten von Hemicellulosen sind D-Glucose, D-Mannose, D-Galactose, D-Xylose, L-Arabinose sowie in unbedeutender Menge L-Rhamnose, 4-O-Methyl-D-Glucuronsäure und D-Galacturonsäure. Sie sind durch (1→4)- oder (1→6)-Bindungen gebunden.

Bei der Erwärmung von Holz entsteht durch Hydrolyse aus acetylierten Hemicellulosen Essigsäure. Diese dient als Katalysator bei der Hydrolyse von Hemicellulosen zu löslichem Zucker. Darüber hinaus depolymerisiert die Essigsäure die Cellulose-Mikrofibrillen in der amorphen Umgebung. Sie hydrolysiert die Bindungen der Glucoseeinheiten und spaltet die Cellulose in kürzere Ketten auf.

Nach der thermischen Modifizierung ist der Hemicellulosegehalt des Holzes stark reduziert. Die Menge an Material, das von holzzerstörenden Pilzen zersetzt werden kann, ist somit deutlich geringer. Dies führt zu einer wesentlich höheren Holzfäulebeständigkeit von thermisch modifiziertem Holz gegenüber unbehandeltem Holz. Mit der Zersetzung der Hemicellulose sinkt die Konzentration der wasserabsorbierenden Hydroxylgruppen und die Dimensionsstabilität von thermisch modifiziertem Holz verbessert sich im Vergleich zu unbehandeltem Holz.

Die Zersetzungstemperatur der Hemicellulosen liegt bei 200–260 °C, die der Cellulose bei 240–350 °C. Da Laubhölzer mehr Hemicellulosen enthalten als Nadelhölzer, erfolgt die Zersetzung bei ihnen rascher. Das Aufspalten von Hemicelluloseketten hat jedoch geringere Auswirkungen auf die Festigkeit des Holzes als es der Abbau von Celluloseketten hätte. Es sorgt stattdessen dafür, dass das Holz sich leichter stauchen lässt und verringert die Bildung von Spannungen im Holz. Dadurch wird das Holz stabiler.

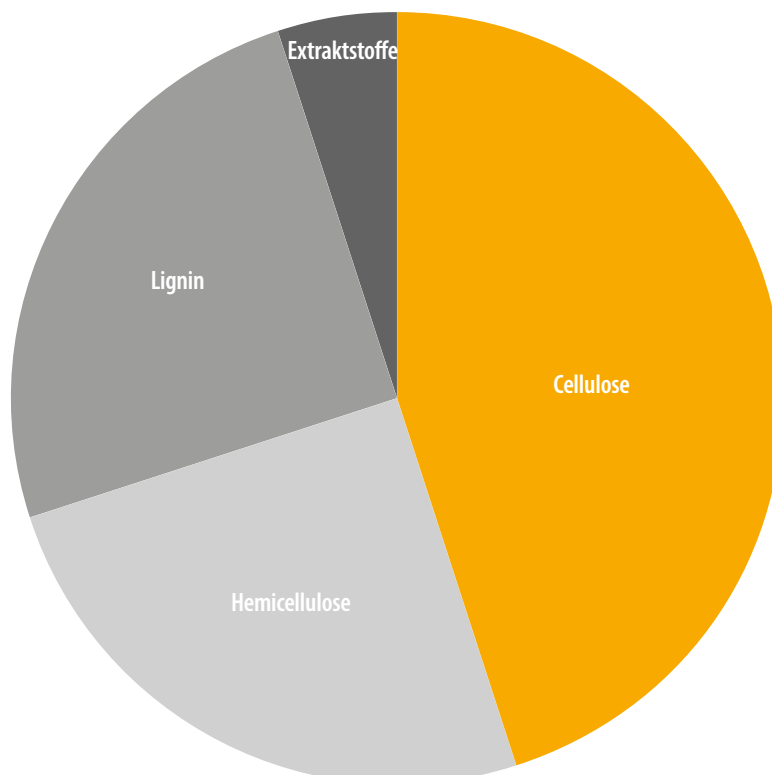


Abbildung 10. Ungefährer Anteil der Hauptbestandteile von Holz

2.3.2 Lignin

Lignin hält die Holzzellen zusammen. Die dunkle Substanz in der Mittellamelle der Holzzellen besteht hauptsächlich aus Lignin. Lignin ist auch in den primären und sekundären Zellwänden enthalten. Während die genaue chemische Struktur von Lignin noch nicht geklärt ist, sind seine Vorstufen schon seit Jahrzehnten bekannt. Lignin besteht hauptsächlich aus Phenylpropan-Einheiten, die in der Regel durch Ether- und Kohlenstoff-Kohlenstoff-Bindungen (DP 10–50) gebunden sind. Nadelholz enthält hauptsächlich Coniferylalkohol-Einheiten der Phenylpropanoide, während Laubhölzer Coniferylalkohol- und Sinapinalkohol-Einheiten in fast gleichen Mengen enthalten. Beide enthalten auch geringe Mengen an Cumarylalkohol.

Bei der thermischen Modifizierung werden die Bindungen zwischen den Phenylpropan-Einheiten teilweise aufgespalten. Aryl-Etherbindungen zwischen Sinapinalkohol-Einheiten werden leichter aufgespalten als diejenigen zwischen Coniferylalkohol-Einheiten. Thermochemische Reaktionen sind bei den Ketten des Allylteils häufiger als bei Aryl-Alkyl-Etherbindungen. Je länger die Autohydrolyse andauert, desto mehr Kondensationsreaktionen treten auf. Zu den Kondensationsreaktionsprodukten gehören b-Ketongruppen und konjugierte Carbonsäuregruppen.

Von allen Holzbestandteilen weist Lignin die größte Wärmebeständigkeit auf. Seine Masse nimmt erst bei Temperaturen über 200 °C ab, wenn die b-Aryl-Etherbindungen zu brechen beginnen. Bei hohen Temperaturen nimmt der Methanolatgehalt des Lignins ab und einige der nicht kondensierten Einheiten werden in Diphenylmethan-ähnliche Einheiten umgewandelt. Dementsprechend ist die Kondensation vom Diphenylmethan-Typ die häufigste Reaktion im Temperaturbereich von 120 bis 220 °C. Bei der thermischen Modifizierung hat diese Reaktion starke Auswirkungen auf Lignin-Eigenschaften wie Farbe, Reaktivität und Lösbarkeit.

2.3.3 Extraktstoffe

Holz enthält geringe Mengen an Extraktstoffen – kleinmolekulare Bestandteile, zu denen Terpene, Fette, Wachse und Phenole gehören. Die Extraktstoffe aus verschiedenen Holzarten sind heterogen und die Zahl der Verbindungen ist extrem hoch. Extraktstoffe sind keine strukturellen Bestandteile des Holzes und der größte Teil der Verbindungen verdampft leicht während der thermischen Veränderung.

2.3.4 Toxizität von ThermoWood®

Die Ökotoxizität der Sickerwässer von thermisch modifiziertem Fichtenholz wurde von CTBA getestet (EU-Projekt: Aufwertung von nicht dauerhaften Holzarten durch geeignete thermische Pyrolysebehandlung, 1998). Die Tests wurden an Laugelösungen durchgeführt, die während einer Prüfung nach DIN EN 84 entstehen. Mit dieser Prüfung wird die Fixierung von Bioziden in den Holzzellen ermittelt. Kleine Proben wurden mit Wasser ausgewaschen und das Wasser dann gemäß NF-EN ISO 506341 am Großen Wasserfloh (*Daphnia magna*) getestet. Mikrottoxizitätstests wurden mit Meeresleuchtkeimen durchgeführt. Die Testergebnisse zeigten, dass die Sickerwässer keine für den Großen Wasserfloh giftigen Stoffe enthalten und für Bakterien unbedenklich sind.

ThermoWood® wurde auch als Knochenersatzmaterial getestet (VTT und Chirurgische Klinik am Universitätskrankenhaus Turku in Finnland). Erste Tests ergaben vielversprechende Ergebnisse: ThermoWood®-Birke hat ähnliche Eigenschaften wie Knochen. ThermoWood® ist steril und es wurden keine toxischen Substanzen in ihm nachgewiesen.

2.3.5 pH-Wert von ThermoWood®

Während der thermischen Modifizierung sinkt der pH-Wert des Holzes, sodass thermisch modifiziertes Holz deutlich saurer ist als Standardholz. Der pH-Wert von ThermoWood®-Produkten beträgt ca. 4, bei den entsprechenden unmodifizierten Hölzern liegt er zwischen 4,5 und 5. Beim Vergleich der pH-Werte ist zu beachten, dass eine Abnahme des pH-Werts um 0,3 Einheiten einer Verdoppelung des Säuregehalts entspricht (logarithmische Skala). Der Säuregehalt hat Bedeutung für die Oberflächenbehandlung, denn er kann die Haftung bestimmter Oberflächenbehandlungsmittel an der Holzoberfläche verhindern. Außerdem ist eine korrosive Wirkung auf Verbindungselemente aus Metall möglich. Daher sollten für thermisch modifiziertes Holz Verbindungselemente aus säurebeständigem oder rostfreiem Stahl verwendet werden.

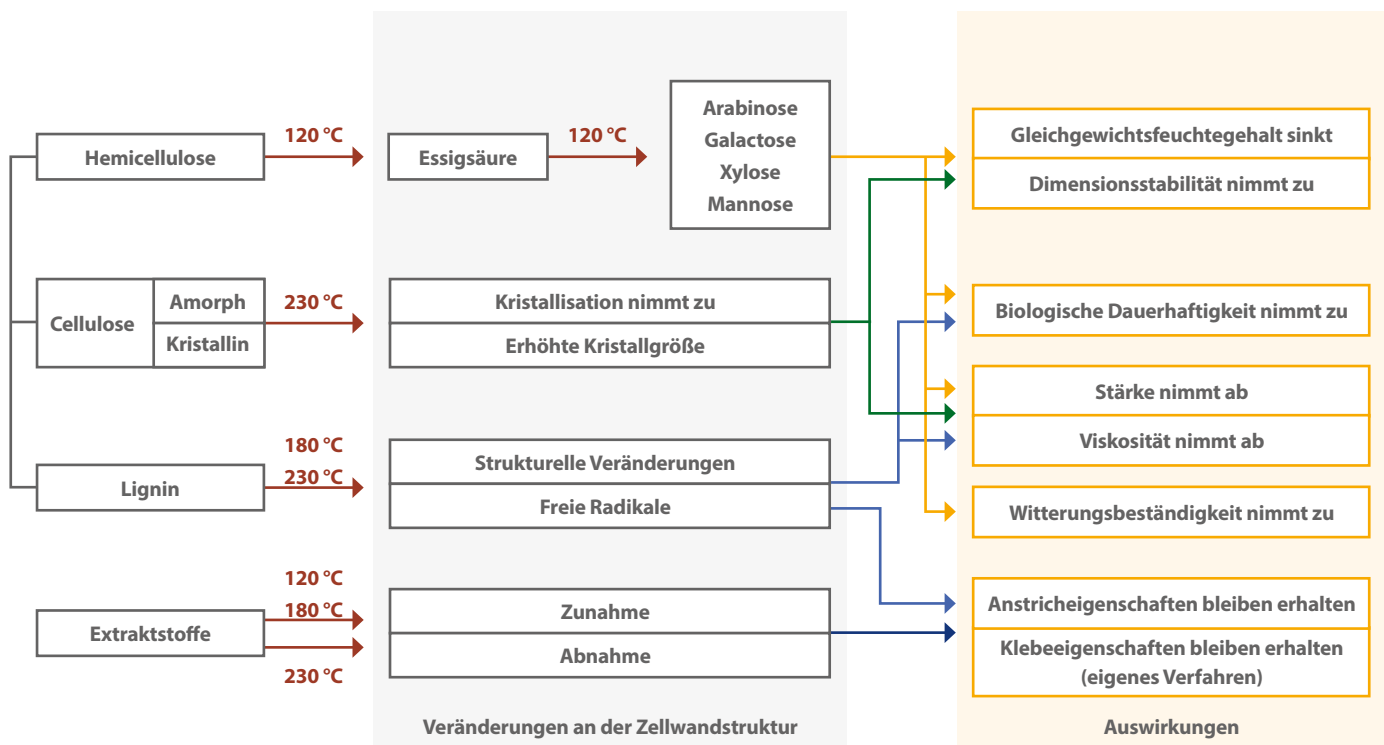


Abbildung 11. Reaktionsmechanismen von thermisch modifiziertem Holz (Quelle: VTT)

2.4 QUALITÄTSKONTROLLE IN DER HERSTELLUNG

Die Qualität des ThermoWood®-Verfahrens und der Produkte wird von einer externen, akkreditierten Prüfstelle überwacht. Die Prüfstelle zertifiziert das Qualitätskontrollsystem der ThermoWood®-Produktionsstätte.

Die Produktionsstätte ist für die Qualitätskontrolle sowie für folgende Punkte verantwortlich:

- Anfertigung einer Beschreibung des internen Qualitätskontrollsystems, einschließlich Betriebsschema der Fabrik, Produktionsprozess, Anlagen, Umgang mit Abweichungen und Produktprüfungen
- Berufung der für die Produktion verantwortlichen Personen sowie von Stellvertretern
- Berufung der für die Qualitätskontrolle verantwortlichen Personen sowie von Stellvertretern
- Produktionsstätte/-anlagen entsprechen den Vorgaben
- Wartung und Instandhaltung der Anlagen entsprechen den Vorgaben
- Alle Aspekte der Geräte im Prüfbereich einschließlich Kalibrierung entsprechen den Vorgaben
- Anfertigung und vorschriftsmäßige Archivierung der Dokumentation zu Produktion und Qualitätskontrolle

Die Produktionsstätte muss mindestens einmal jährlich geprüft werden, um sicherzustellen, dass die Maßnahmen zur Qualitätskontrolle den Anforderungen entsprechen. Die fertigen Produkte werden einmal im Jahr von einem zugelassenen externen Prüflabor getestet. Die Auswahl der zu prüfenden Stücke erfolgt durch die Prüfstelle. Bei der Qualitätskontrolle werden die folgenden Eigenschaften überprüft:

- Feuchtegehalt
- Oberflächen- und Innenrisse
- Farbe
- Prozessparameter

Jede Abweichung wird dem Zertifizierungsausschuss für Qualitätskontrolle gemeldet. Erfüllt die Produktionsstätte die Anforderungen nicht, kann ihr die Zertifizierung entzogen werden.

3 UMWELTAUSWIRKUNGEN

3.1 ROHMATERIAL

Für die Herstellung von ThermoWood®-Produkten werden zertifizierte Rohstoffe verwendet. Die angewandten Zertifizierungssysteme sind PEFC, FSC und OLB.

3.2 HERSTELLUNGSVERFAHREN

ThermoWood®-Produkte sind natürliche, chemikalienfreie Holzprodukte. Die bei der Produktion aus dem Holz freigesetzten Prozessgase werden gereinigt.

3.3 NUTZUNG UND RECYCLING

Nebenprodukte der Produktion können zur Energieerzeugung genutzt oder als Rohmaterial u. a. für Verbundwerkstoffe wiederverwertet werden.

3.4 LEBENSZYKLUS

ThermoWood®-Produkte haben eine lange Lebensdauer und müssen nicht unbedingt gewartet werden. Dadurch haben ThermoWood®-Produkte bei der Nutzung geringere Umweltauswirkungen. Ist das Ende der Lebensdauer erreicht, können thermisch modifizierte Holzprodukte in ähnlicher Weise verwertet werden wie anderes Holz.



Abbildung 12. Nordischer Wald

4 ThermoWood®-Produkte

Mit dem ThermoWood®-Verfahren wird in der Regel sägeraues Holz produziert, das dann zu Fertigprodukten verarbeitet wird. Die wichtigsten Einsatzbereiche sind Innenverkleidungen, Fassaden, Gartenstrukturen und das Schreiner- und Zimmerhandwerk.

4.1 AUSWIRKUNGEN DER THERMISCHEN MODIFIZIERUNG AUF DIE HOLZMASSE

Durch die thermische Modifizierung sinkt der Feuchtegehalt des Holzes erheblich (siehe Abbildung 13). Das dadurch verursachte Schwinden verringert die Nennmaße des Holzes.

ThermoWood®-Produkte mit den Nennmaßen 25x125 sind beispielsweise etwa 3 % kleiner (24x121). Darüber hinaus ist eine Abweichung von -2 bis +4 mm in der Breite und -1 bis +3 mm in der Dicke von ThermoWood®-Holz zulässig. Bei der thermischen Modifizierung ist zudem ein gewisses Maß an Schüsselung zulässig.

Diese Faktoren müssen bei der Wahl des Rohstoffs für die thermische Modifizierung berücksichtigt werden. Ein ThermoWood®-Brett ist zudem wesentlich dünner als das für seine Herstellung verwendete Rohmaterial. Die Produktdicke hängt außerdem davon ab, ob alle Rückseitenbereiche gehobelt werden.

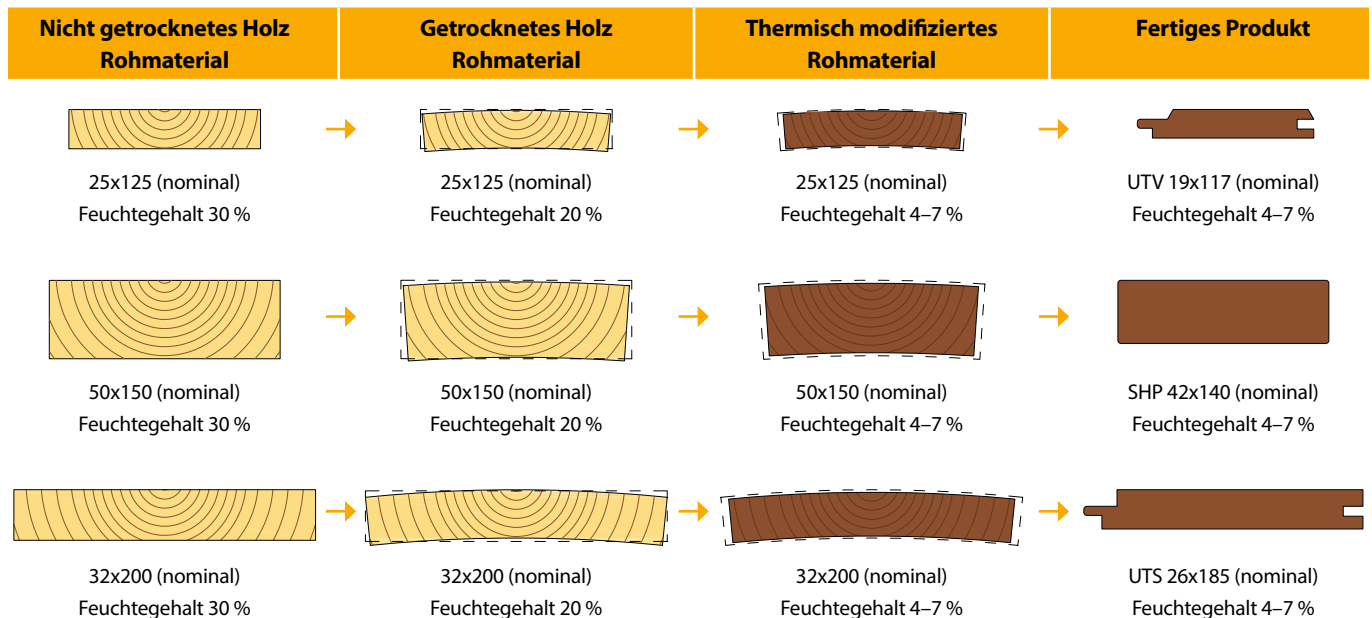


Abbildung 13. Beispiele für die Auswirkungen der thermischen Modifizierung auf die Produktmaße

4.2 PROFILBRETTER

Aus ThermoWood® wird eine breite Palette an Produkten für Innen- und Außenverkleidungen, Garnituren, Terrassen und Saunabänke hergestellt. In der Regel werden diese Produkte gehobelt, es sind aber auch Produkte mit gebürsteter, feingesägter oder fein aufgerauter Oberfläche erhältlich. Darüber hinaus werden auch Produkte mit industrieller Oberflächenbehandlung angeboten. ThermoWood®-Profilbretter haben evtl. keine Nuten auf der Rückseite, da diese aufgrund der guten Dimensionsstabilität nicht erforderlich sind.

Abbildung 14 zeigt handelsübliche ThermoWood®-Profile. ThermoWood®-Hersteller bieten überdies eine große Bandbreite individueller Produkte an. Ausführliche Informationen zu Profilen, Abmessungen, Oberflächentypen und Oberflächenbehandlungen sind der jeweiligen Herstellerdokumentation zu entnehmen.

Empfohlene Produktstärken:

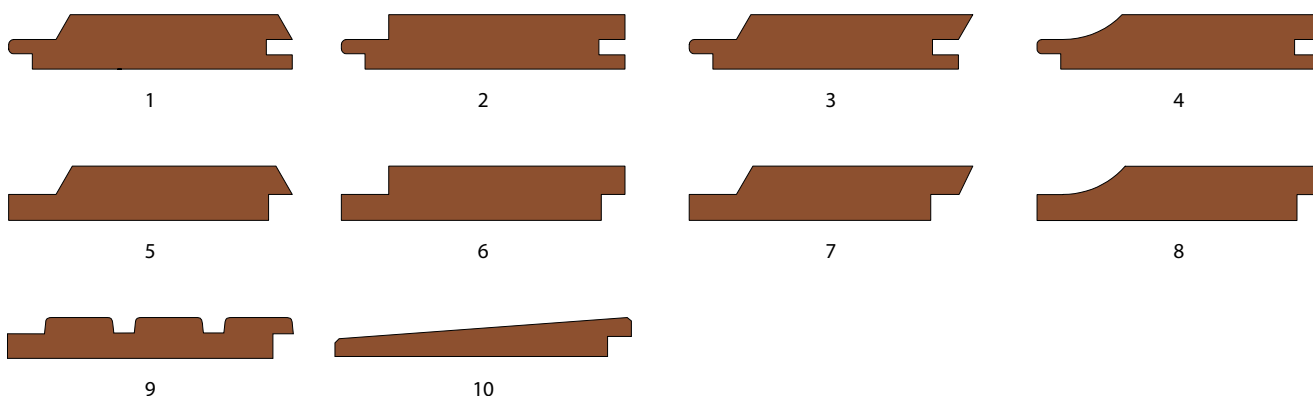
Verwendung im Außenbereich

- Wand- und Deckenverkleidung: mindestens 19 mm
- Terrassen und ähnliche Strukturen: mindestens 26 mm

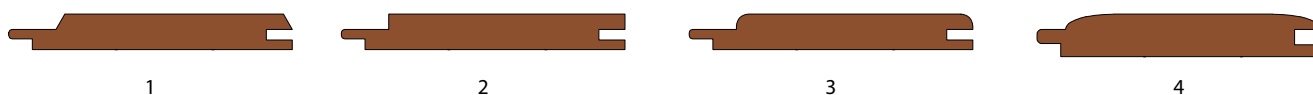
Verwendung im Innenbereich

- Wand- und Deckenverkleidung: mindestens 14 mm
- Dielen: mindestens 26 mm

Verkleidungsbretter für den Außenbereich



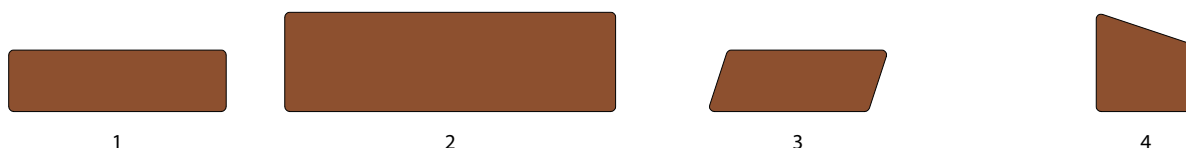
Verkleidungsbretter für den Innenbereich



Dielenbretter



Bretter, Bohlen, Latten



Terrassendielen

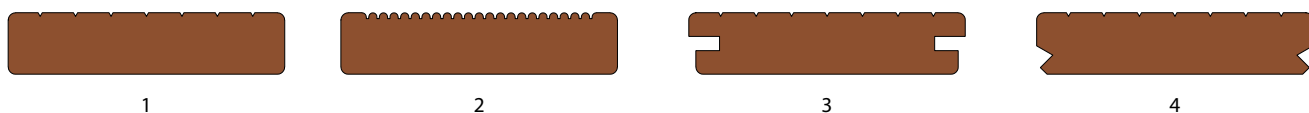


Abbildung 14. Beispiele für ThermoWood®-Profile

4.3 CE-KENNZEICHNUNG

Wie Standardholz hat auch thermisch modifiziertes Holz in der Regel keine CE-Kennzeichnung. In der EU müssen für Innen- und Außenbereiche verwendete Holzplatten und Verkleidungsprodukte allerdings gemäß der Norm DIN EN 14915 das CE-Zeichen tragen. Bodendielen und Material für Holzfußböden müssen demnach gemäß DIN EN 14342 mit dem CE-Zeichen versehen sein. Die Kennzeichnung kann auf der Verpackung oder auf dem Produkt selbst stehen.

Holzprodukte mit dekorativer Oberfläche die eine CE-Kennzeichnung erfordern:

- Paneele für Innenbereiche
- Verkleidungsprodukte für Außenbereiche
- Dielenbretter



Abbildung 15. Verkleidungsbrett (Fichte, Thermo-S)



Abbildung 16. Verkleidungsbrett (Kiefer, Thermo-D)



Abbildung 17. Latte (Kiefer, Thermo-D)



Abbildung 18. Terrassendiele (Kiefer, Thermo-D)



Abbildung 19. Verkleidungsbrett (Ayous)



Abbildung 20. Verkleidungsbrett (Esche)

4.4 PRODUKTKLASSIFIZIERUNG

ThermoWood®-Produkte haben ein eigenes Klassifizierungssystem, welches die Bestimmung der geeigneten Einsatzarten gestattet. Es gibt zwei Produktklassen: Thermo-S und Thermo-D. Nadel- und Laubhölzer sind in beiden Klassen erhältlich. Innerhalb einer Produktklasse werden Nadelholz- und Laubholzprodukte aufgrund ihrer unterschiedlichen Eigenschaften und Modifizierungstemperaturen als separate Produkte behandelt.

Bedeutung der Kürzel der Produktklassifizierung:

- S = Stabilität
- D = Dauerhaftigkeit (Fäulnis- und Witterungsbeständigkeit)

Tabelle 2. Auswirkungen der thermischen Modifizierung auf die Holzeigenschaften in der Klasse Thermo-S

Produktklasse	Modifizierungstemperatur	Eigenschaft im Vergleich zu unbehandeltem Holz (+ = verbessert) (++ = deutlich verbessert) (o = unverändert)		
		Witterungsbeständigkeit	Dimensionsstabilität	Dunkle Färbung
Thermo-S Nordische Nadelhölzer	190 °C (+/- 3 °C)	+	+	+
Thermo-S Radiata-Kiefer	190 °C (+/- 3 °C)	o	o	o
Thermo-S Laubhölzer	185 °C (+/- 3 °C)	o	+	+
Thermo-S Iroko	190 °C (+/- 3 °C)	+	+	+

Tabelle 3. Auswirkungen der thermischen Modifizierung auf die Holzeigenschaften in der Klasse Thermo-D

Produktklasse	Modifizierungstemperatur	Eigenschaft im Vergleich zu unbehandeltem Holz (+ = verbessert) (++ = deutlich verbessert) (o = unverändert)		
		Witterungsbeständigkeit	Dimensionsstabilität	Dunkle Färbung
Thermo-D Nordische Nadelhölzer	212 °C (+/- 3 °C)	++	++	++
Thermo-230 °C Radiata-Kiefer	230 °C (+/- 3 °C)	++	++	++
Thermo-D Ayous (Laubholz)	212 °C (+/- 3 °C)	+	+	++
Thermo-D Limba (Laubholz)	212 °C (+/- 3 °C)	+	+	++
Thermo-D Esche (Laubholz)	212 °C (+/- 3 °C)	+	+	++

Tabelle 4. Einsatzbeispiele für ThermoWood®

Einsatzbereiche	Nordische Nadelhölzer		Radiata-Kiefer		Esche		Ayous		Limba		Iroko
	Thermo-S	Thermo-D	Thermo-S	Thermo-230 °C	Thermo-S	Thermo-D	Thermo-S	Thermo-D	Thermo-S	Thermo-D	Thermo-S
Innenverkleidung	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Fußböden	•	•	•	•	•	•			•	•	•
Einbauten	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Möbel	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Nassräume (innen)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Fenster- und Wandkonstruktionen	•	•			•		•		•	•	•
Außenverkleidungen	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Terrassen		•		•		•					•
Gartenmöbel		•				•					•
Fensterluken (Außenbereich)		•		•		•		•		•	•
Tragbare Trennwände usw. (Außenbereich)		•		•		•		•		•	•
Zäune, Pergolen usw.		•		•		•		•		•	•



Abbildung 21. ThermoWood®-Verkleidungsprodukte

4.5 PHYSIKALISCHE EIGENSCHAFTEN

4.5.1 Dichte

ThermoWood® hat eine geringere Dichte als unbehandeltes Holz. Das ist vor allem darauf zurückzuführen, dass das Holz bei der thermischen Modifizierung einen Teil seiner Bestandteile verliert.

Abbildung 22 zeigt die Auswirkungen einer thermischen Modifizierung von drei Stunden bei 160–240 °C auf die Dichte von Kiefernholz. Je höher die Temperatur, umso größer der Dichteverlust.

Allerdings ist bedingt durch die natürlichen Schwankungen der Holzdicke die Abweichung hoch und das Bestimmtheitsmaß ist niedrig. Die Durchschnittsdichte im Temperaturbereich <160 °C beträgt 560 kg/m³. Das Prüfmaterial wurde bei einer relativen Luftfeuchte von 65 % konditioniert. Tabelle 5 enthält die Ergebnisse einer umfassenderen Prüfung.

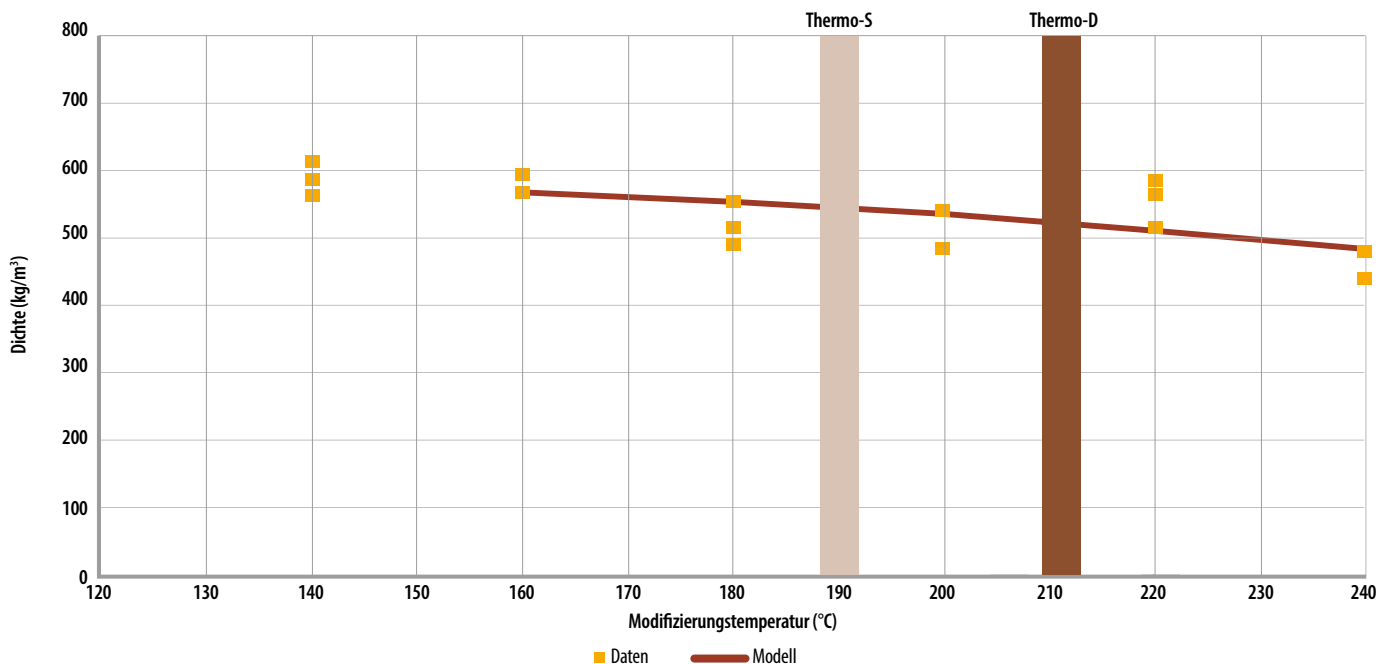


Abbildung 22. Einfluss der Modifizierungstemperatur auf die Dichte von ThermoWood® (Quelle: VTT)

Tabelle 5. Dichte von ThermoWood® (Durchschnitt der Messungen)

Holzart	Produkt	Stückzahl	Trockendichte (luftgetrocknet) (kg/m ³)	Dichte 20 °C/65 % RH (kg/m ³)	Trockendichte (kammergetrocknet) (kg/m ³)
Kiefer	Referenz	-	490	-	-
	Thermo-S	18	430	-	-
	Thermo-D	18	420	-	-
Fichte	Referenz	-	460	-	-
	Thermo-S	20	430	-	-
	Thermo-D	19	420	-	-
Esche	Referenz	-	-	625	-
	Thermo-S	-	-	560	-
	Thermo-D	-	-	554	-
	Thermo-220 °C	-	-	526	-
Ayous	Thermo-S	-	-	392	357
	Thermo-D	-	-	353	339
Limba	Thermo-S	-	-	573	553
	Thermo-D	-	-	537	518
Iroko	Thermo-S	-	-	611	-

4.5.2 Biegefestigkeit und Elastizitätsmodul

Im Allgemeinen steht die Festigkeit von Holzmaterial in engem Zusammenhang mit seiner Dichte. Da thermisch modifiziertes Holz eine etwas geringere Dichte besitzt, liegen seine Festigkeitswerte in einigen Fällen unter denen von Standardholz. Derzeit gibt es keine nach Festigkeit sortierten ThermoWood®-Produkte. Daher dürfen diese Produkte nicht für tragende Konstruktionen eingesetzt werden.

Abbildung 23 zeigt die Einwirkung der thermischen Modifizierung auf die Biegefestigkeit von Kiefernholz, Abbildung 24 zeigt die Einwirkung auf den Elastizitätsmodul. Ein erheblicher Festigkeits-

verlust bei Kiefernholz beginnt bei Temperaturen über 220 °C. Die thermische Modifizierung hat hingegen keine signifikante Veränderung des Elastizitätsmoduls zur Folge. Als Prüfmaterial wurde Kiefernholz mit einer durchschnittlichen Dichte von 560 kg/m³ verwendet. Es wurden zwei Versuchsweisen zur Ermittlung der Biegefestigkeit verwendet. Im ersten Fall wurde fehlerfreies Material über einen kurzen Abschnitt verwendet, im zweiten Stücke mit natürlichen Fehlern über einen längeren Abschnitt. Tabelle 6 enthält die Ergebnisse einer umfassenderen Prüfung.

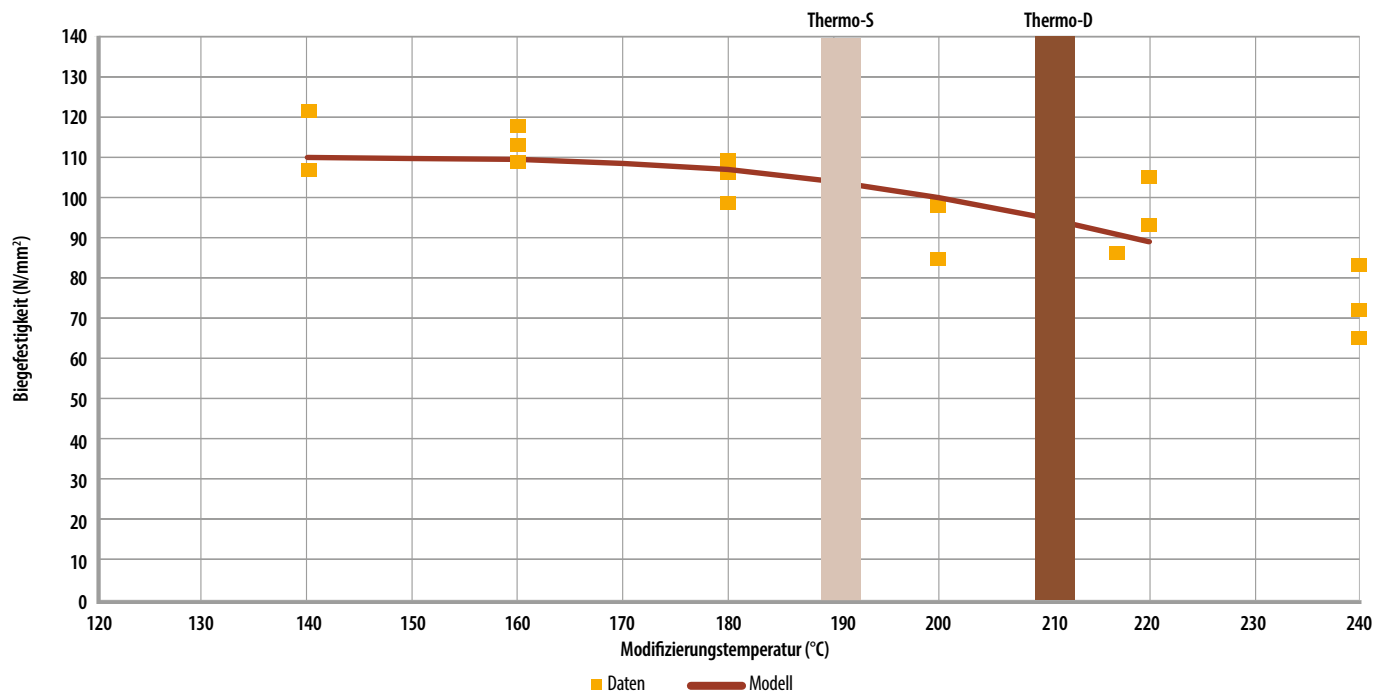


Abbildung 23. Einwirkung der Modifizierungstemperatur auf die Biegefestigkeit von ThermoWood® (Quelle: VTT)

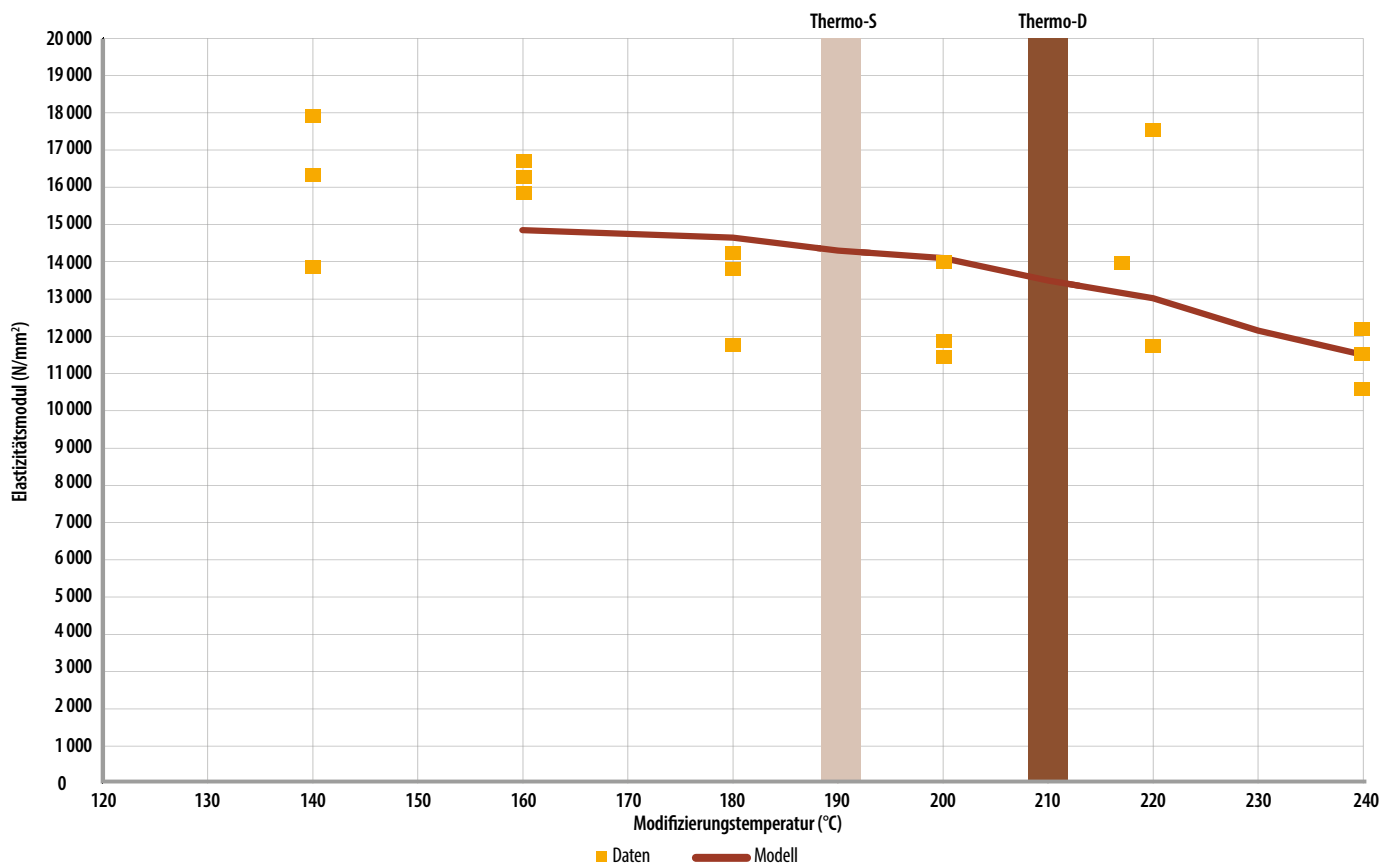


Abbildung 24. Einfluss der Modifizierungstemperatur auf den Elastizitätsmodul von ThermoWood® (Quelle: VTT)

Tabelle 6. Biegefestigkeit und Elastizitätsmodul von ThermoWood® (Durchschnitt der Messergebnisse)

Holzart	Produkt	Maße (mm)	Norm	Biegefestigkeit (N/mm ²)	Elastizitätsmodul (N/mm ²)
Kiefer	Referenz	-	DIN EN 408	60,7	9274
	Thermo-S	-	DIN EN 408	45,1	9006
	Thermo-D	-	DIN EN 408	38,1	9262
Fichte	Referenz	-	DIN EN 408	74,2	13658
	Thermo-S	-	DIN EN 408	65,0	11197
	Thermo-D	-	DIN EN 408	47,5	10133
Esche	Referenz	20 x 20 x 360	DIN 52186	112,0	12056
	Thermo-S	20 x 20 x 360	DIN 52186	106,9	13559
	Thermo-D	20 x 20 x 360	DIN 52186	90,6	13320
	Thermo-220 °C	20 x 20 x 360	DIN 52186	75,9	12848
Ayous	Thermo-S	100 x 40 x 2000	DIN EN 408	28,1	7414
	Thermo-D	150 x 40 x 3000	DIN EN 408	27,6	7338
Limba	Thermo-S	100 x 40 x 2000	DIN EN 408	61,1	14607
	Thermo-D	100 x 40 x 3000	DIN EN 408	54,7	14880
Iroko	Referenz	300 x 20 x 20	DIN 52186	99	11500
	Thermo-S	300 x 20 x 20	DIN 52186	91	12300

4.5.3 Schraubenauszugsfestigkeit

Versuche zeigen, dass allgemeine Schwankungen in der Holzdicke einen größeren Einfluss auf die Schraubenauszugsfestigkeit haben als die thermische Modifizierung. Bei Holz mit einer geringeren

Dichte wird mit kleineren vorgebohrten Löchern ein besseres Ergebnis erzielt. Tabelle 7 und 8 enthalten Ergebnisse von Prüfungen auf Schraubenauszugsfestigkeit.

Tabelle 7. Schraubenauszugsfestigkeit von ThermoWood® (Durchschnitt der Messungen)

Holzart	Produkt	Norm	Schraubenauszugsfestigkeit (N/mm ²)
Kiefer	Referenz	DIN EN 1382	22,24
	Thermo-S	DIN EN 1382	20,04
	Thermo-D	DIN EN 1382	19,56
Gemeine Fichte	Referenz	DIN EN 1382	22,01
	Thermo-S	DIN EN 1382	18,20
	Thermo-D	DIN EN 1382	14,92
Iroko	Referenz	DIN EN 1382	39,92
	Thermo-S	DIN EN 1382	37,25

Tabelle 8. Schraubenauszugsfestigkeit von ThermoWood®-Verkleidungsprodukten (Durchschnitt der Messungen)

Holzart	Produkt	Norm	Schraubengröße Eindringtiefe t _{pen}	Schraubenauszugsfestigkeit	
				Radiusrichtung [N/mm ²]	Tangentenrichtung [N/mm ²]
Ayous	Thermo-S	DIN EN 1382	Schraube 3,0x38 t _{pen} = 24 mm	13,56	13,62
		DIN EN 1382	Schraube 4,0x72 t _{pen} = 32 mm	11,64	10,84
	Thermo-D	DIN EN 1382	Schraube 3,0x38 t _{pen} = 24 mm	10,44	11,17
		DIN EN 1382	Schraube 4,0x72 t _{pen} = 32 mm	9,28	9,00
Limba	Thermo-S	DIN EN 1382	Schraube 3,0x38 t _{pen} = 24 mm	33,97	33,82
		DIN EN 1382	Schraube 4,0x72 t _{pen} = 32 mm	27,95	27,60
	Thermo-D	DIN EN 1382	Schraube 3,0x38 t _{pen} = 24 mm	32,28	33,77
		DIN EN 1382	Schraube 4,0x72 t _{pen} = 32 mm	28,80	28,93

4.5.4 Druckfestigkeit quer zur Faserrichtung

Versuche an Holz, das drei Stunden lang bei 195 °C modifiziert wurde, haben ergeben, dass die Druckfestigkeit von thermisch modifiziertem Holz quer zur Faserrichtung etwa 30 % höher ist als die von Standardholz. Vor der Prüfung wurden die Prüfkörper in Wasser getaucht.

4.5.5 Druckfestigkeit längs zur Faserrichtung

Versuchen zufolge verringert die thermische Modifizierung die Druckfestigkeit von Holz längs zur Faserrichtung nicht. Untersuchungen zufolge ist die Druckfestigkeit von thermisch modifiziertem Holz längs zur Faserrichtung höher als die von Standardholz. Das Gleiche gilt für höhere Modifizierungstemperaturen (siehe Abbildung 25). Die Druckfestigkeit hängt hauptsächlich von der Dichte ab.

Versuche haben gezeigt, dass die Prüfkörper unter Druck parallel zur Faserrichtung in kleinere Teile zerbrechen, im Gegensatz zu Standardholz jedoch nicht ausknicken. Der Grund dafür ist die geringere Elastizität thermisch modifizierten Holzes.

4.5.6 Stoßbiegefestigkeit (dynamische Biegung)

Untersuchungen zufolge verringert die thermische Modifizierung die Stoßbiegefestigkeit. Versuche an Fichtenholz, das drei Stunden lang bei 220 °C modifiziert wurde, ergaben eine um 25 % geringere Stoßbiegefestigkeit im Vergleich zu unbehandeltem Holz.

4.5.7 Scherfestigkeit

Versuche haben ergeben, dass eine Modifizierung bei 230 °C für 4 Stunden zu einer Verringerung der Scherfestigkeit um 1–25 % (radial) bzw. 1–40 % (tangential) im Vergleich zu unbehandeltem Holz führt. Die Modifizierung bei einer niedrigeren Temperatur von 190 °C hatte hingegen nur eine sehr geringe Einwirkung im Falle von Kiefer, während sie bei Fichte radial wie auch tangential einen Rückgang von 1–20 % bewirkte.

4.5.8 Spaltwiderstand

Untersuchungen zufolge verringert die thermische Modifizierung den Spaltwiderstand um 30–40 %. Die Versuche wurden an Fichte, Kiefer und Birke mit einer großen Bandbreite an Modifizierungstemperaturen durchgeführt. Der Spaltwiderstand nimmt bei höheren Temperaturen stärker ab.

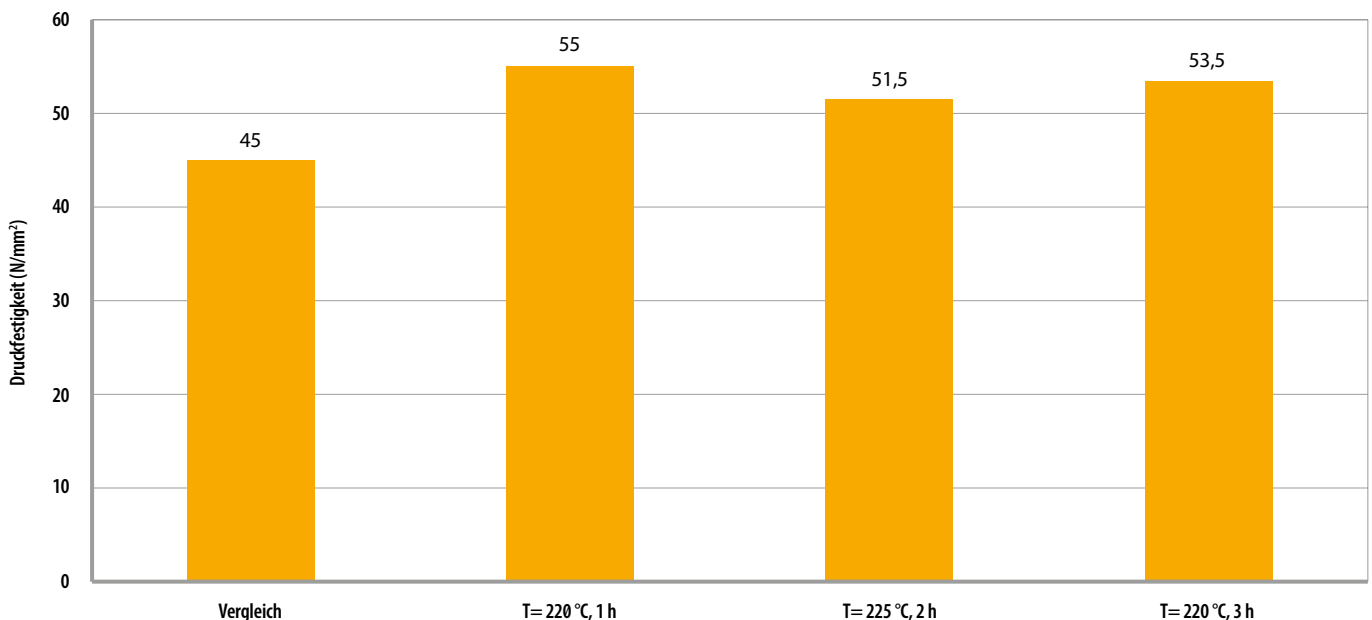


Abbildung 25. Druckfestigkeit längs zur Faserrichtung von thermisch modifiziertem Fichtenholz (durchschnittliche Dichte 420 kg/m³) (Quelle: VTT)

4.5.9 Härte

Abbildung 26 zeigt, dass die Härte nach Brinell mit steigender Modifizierungstemperatur zunimmt. Versuchen zufolge ist die relative Veränderung allerdings sehr gering und hat keine praktischen

Auswirkungen. Bei allen Holzarten ist die Brinellhärte in hohem Maße von der Dichte abhängig. Tabelle 9 enthält Ergebnisse einer umfassenderen Prüfung.

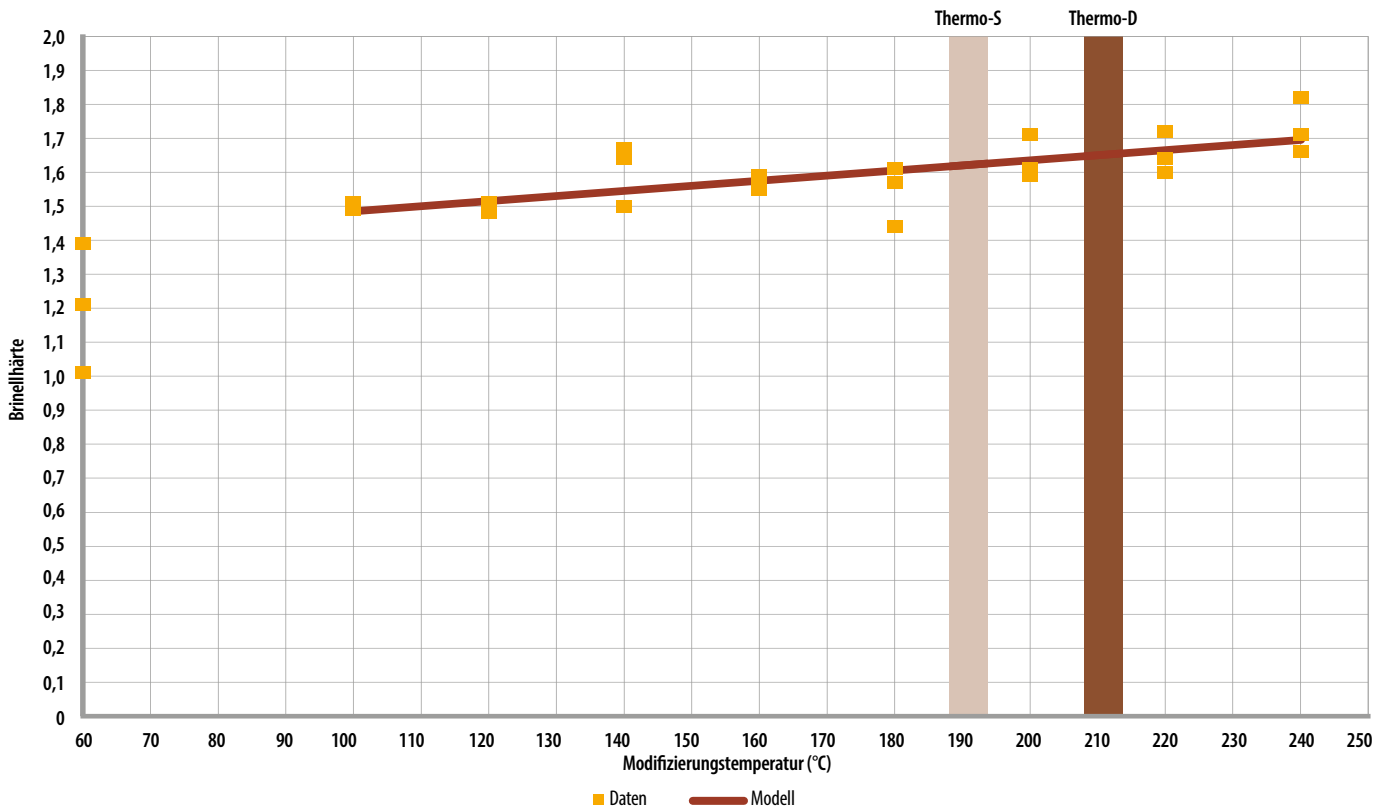


Abbildung 26. Einwirkung der thermischen Modifizierung (3 h) auf die Brinellhärte von Kiefer (Quelle: VTT)

Tabelle 9. Brinellhärte von ThermoWood® (Durchschnitt der Messungen)

Holzart	Produkt	Maße (mm)	Brinellhärte (N/mm ²)				
			DIN EN 1534 Kugelförmig Ø 10 mm Kraft = 1000 N	DIN EN 1534 Kugelförmig Ø 20 mm Kraft = 1000 N Radiusrichtung	DIN EN 1534 Kugelförmig Ø 20 mm Kraft = 1000 N Tangentenrichtung	DIN EN 1534 Kugelförmig Ø 10 mm Kraft = 500 N Radiusrichtung	DIN EN 1534 Kugelförmig Ø 10 mm Kraft = 500 N Tangentenrichtung
Kiefer	Referenz	-	15,9	-	-	-	-
	Thermo-S	-	16,4	-	-	-	-
	Thermo-D	-	13,7	-	-	-	-
Gemeine Fichte	Referenz	-	16,3	-	-	-	-
	Thermo-S	-	15,2	-	-	-	-
	Thermo-D	-	14,9	-	-	-	-
Iroko	Referenz	-	31,5	-	-	-	-
	Thermo-S	-	30,0	-	-	-	-
Esche	Referenz	20 x 20 x 300	-	35,13	35,33	-	-
	Thermo-S	20 x 20 x 300	-	30,92	29,27	-	-
	Thermo-D	20 x 20 x 300	-	27,75	27,56	-	-
	Thermo-220 °C	20 x 20 x 300	-	25,59	23,27	-	-
Ayous	Thermo-S	40 x 40 x 300	-	-	-	9,83	9,00
	Thermo-D	40 x 40 x 300	-	-	-	8,83	7,98
Limba	Thermo-S	40 x 40 x 300	-	-	-	26,39	23,70
	Thermo-D	40 x 40 x 300	-	-	-	27,35	24,06

4.5.10 Feuerbeständigkeit

Im Vergleich zu herkömmlichem Holz verursacht ThermoWood® eine niedrigere Brandlast und entwickelt weniger Rauch. Grund dafür sind die geringere Dichte von ThermoWood® und der geringere Gehalt an Holzbestandteilen und Extraktstoffen. Darüber hinaus erreicht ThermoWood® eine bessere Verkleidungsabdichtung in brandschutztechnischer Hinsicht, da es bei Feuchtigkeitsschwankungen weniger schwindet.

Diese Faktoren dürfen nicht direkt in die Brandschutzplanung einfließen, sondern es muss eine anwendungsspezifische Planung (z. B. mit brandschutztechnischen Simulationsprogrammen) erfolgen.

4.6 THERMOMECHANISCHE EIGENSCHAFTEN

4.6.1 Gleichgewichtsfeuchte

Durch die thermische Modifizierung sinkt die Gleichgewichtsfeuchte des Holzes. Abbildung 27 zeigt die Einwirkung der thermischen Modifizierung auf die Gleichgewichtsfeuchte von Fichtenholz. Bei hoher Temperatur (220 °C) halbiert sich die Gleichgewichtsfeuchte im Vergleich zu unbehandeltem Fichtenholz. Bei einer höheren relativen Luftfeuchte ist der Unterschied in den Holzfeuchtwerten größer.

Holzerstörende Pilze werden bei einem Holzfeuchtegehalt ab 20 % aktiv. Unabhängig von der relativen Luftfeuchte bleibt die Gleichgewichtsfeuchte von thermisch modifiziertem Holz deutlich unter 20 %. Dieser Faktor hat großen Einfluss auf die langfristige Dauerhaftigkeit des Holzes.

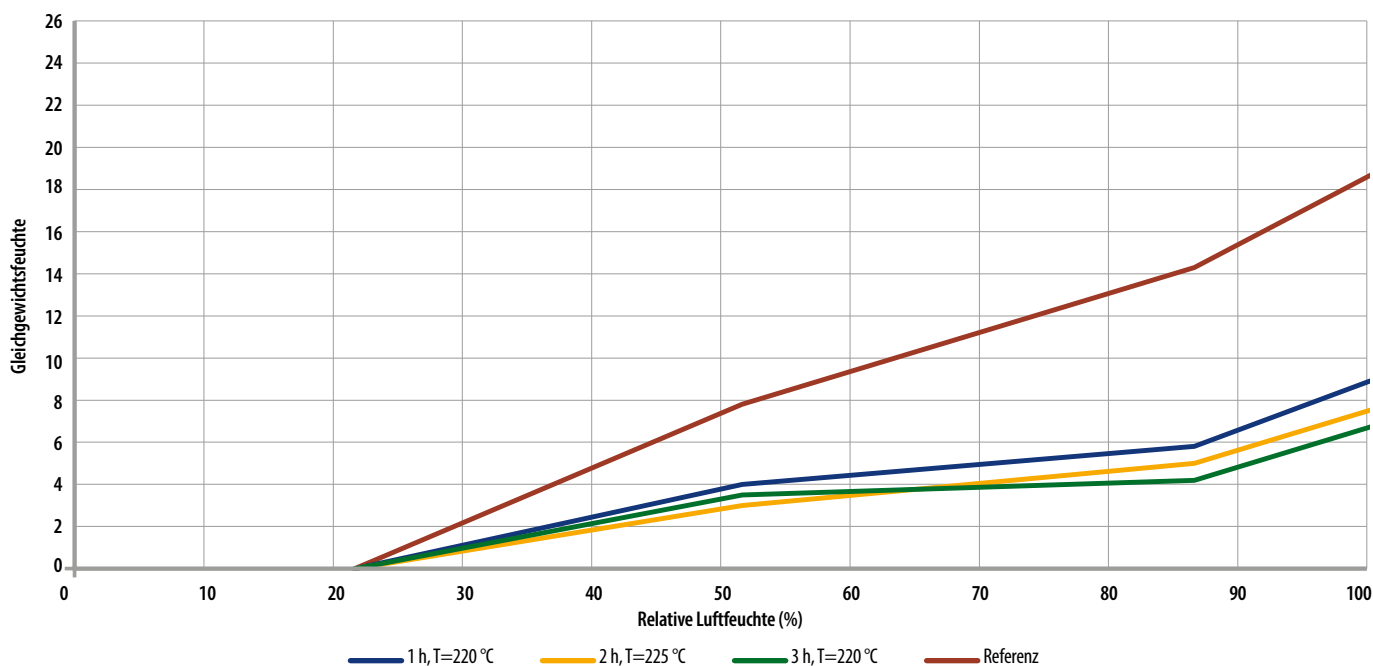


Abbildung 27. Einwirkung der relativen Luftfeuchte auf die Gleichgewichtsfeuchte von thermisch modifiziertem Fichtenholz (Quelle: VTT)

4.6.2 Quellen und Schwinden durch Feuchtigkeit

Die geringere Gleichgewichtsfeuchte von ThermoWood® wirkt sich auf das Quell- und Schwindverhalten aus. Die thermische Modifizierung verringert die tangentielle und radiale Quellung deutlich. Die Abbildungen 28 und 29 zeigen die geringere Quellung von thermisch modifiziertem Holz im Vergleich zu Stan-

dardholz. Dank des verringerten Quellens und Schwindens ist ThermoWood® dimensionsstabiler als Standardholz. Dies gilt auch für ThermoWood® ohne Oberflächenbehandlung.

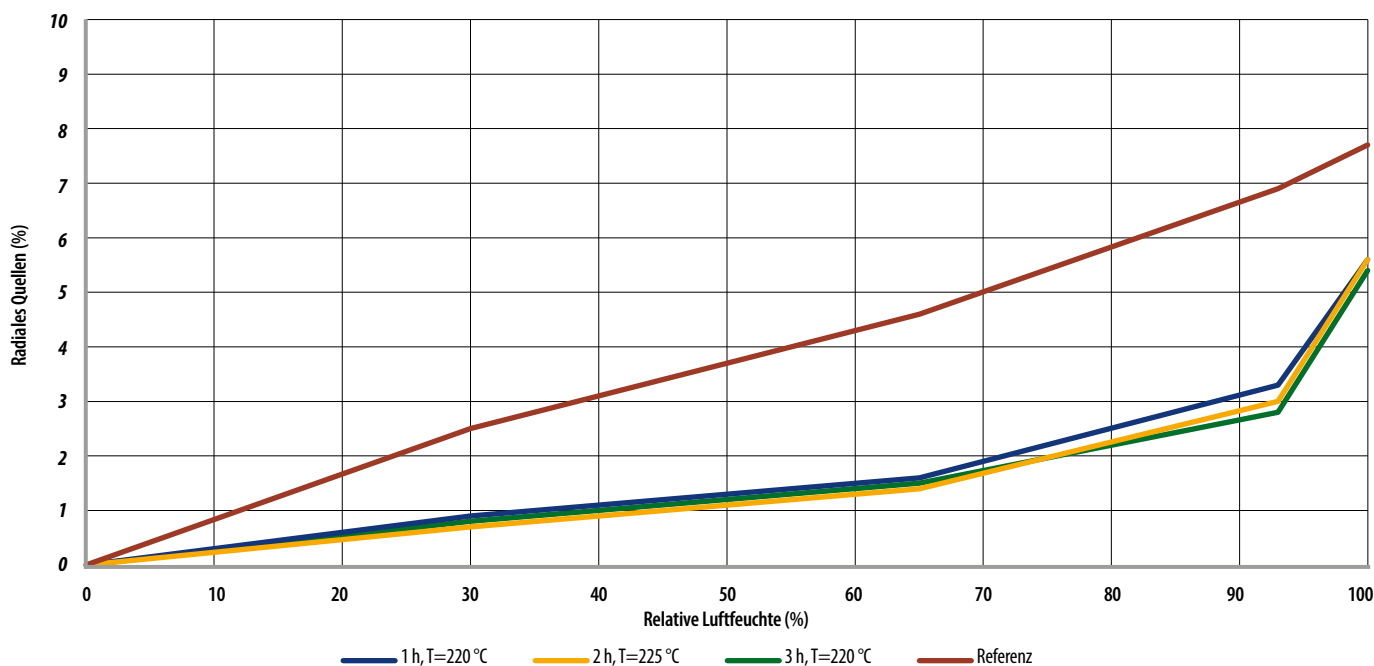


Abbildung 28. Radiales Quellen bei Fichtenholz in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchte (Quelle: VTT)

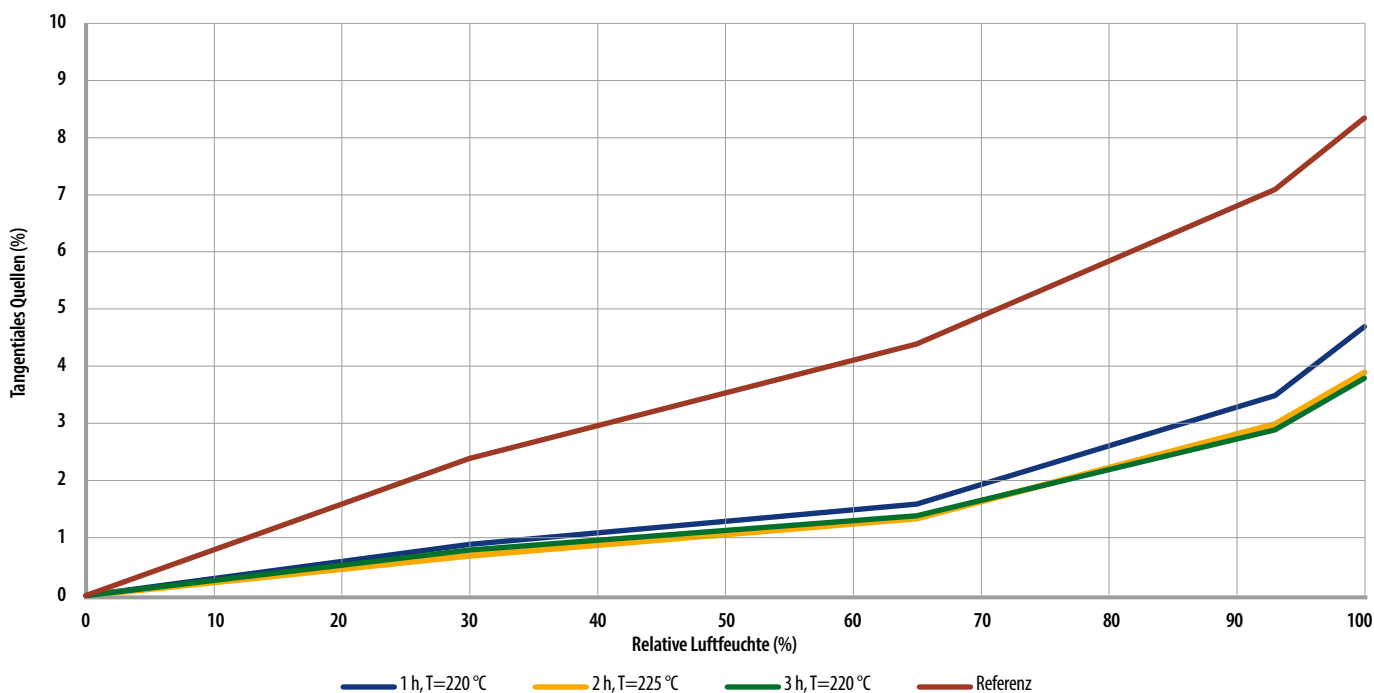


Abbildung 29. Tangentiales Quellen bei Fichtenholz in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchte (Quelle: VTT)

4.6.3 Durchlässigkeit

Die Wasserdurchlässigkeit von ThermoWood® wurde anhand des Eindringens am Stirnholz geprüft. Diese Eigenschaft ist z. B. beim Einsatz für Fenster wichtig. Zunächst wurden die Prüfkörper in entmineralisiertes Wasser getaucht. Die Prüfkörper wurden anschließend in einem Raum mit einer relativen Luftfeuchte von 65 % und einer Temperatur von 20 °C gelagert und über einen Zeitraum von neun Tagen in regelmäßigen Abständen gewogen. Die Ergebnisse zeigten, dass die Wasserdurchlässigkeit von thermisch modifiziertem Fichtenholz über einen kurzen Zeitraum um 20–30 % geringer ist als die von entsprechendem unbehandeltem Holz.

In einem anderen Versuch wurden Prüfkörper mit versiegelten Endflächen 72 Stunden lang in Wasser eingetaucht. Die Prüfung ergab, dass der Feuchtegehalt von unbehandeltem Fichtenholz 22 % beträgt, der von bei 195 °C modifiziertem Holz 12 % und der von bei 210 °C modifiziertem Holz 10 %.

Die thermische Modifizierung verringert die Dampfdurchlässigkeit des Holzes. Abbildung 30 zeigt den Einfluss der thermischen Modifizierung auf die Dampfdurchlässigkeit von Fichtenholz im Vergleich zu Standardholz.

4.6.4 Wärmeleitfähigkeit

Untersuchungen zufolge verringert die thermische Modifizierung die Wärmeleitfähigkeit von Holz. Die Wärmeleitfähigkeit von thermisch modifiziertem nordischem Nadelholz ist 20–25 % niedriger als die von Standardholz. ThermoWood® ist somit ein idealer Baustoff für Außentüren, Außenverkleidungen, Fenster, Saunas u. ä.

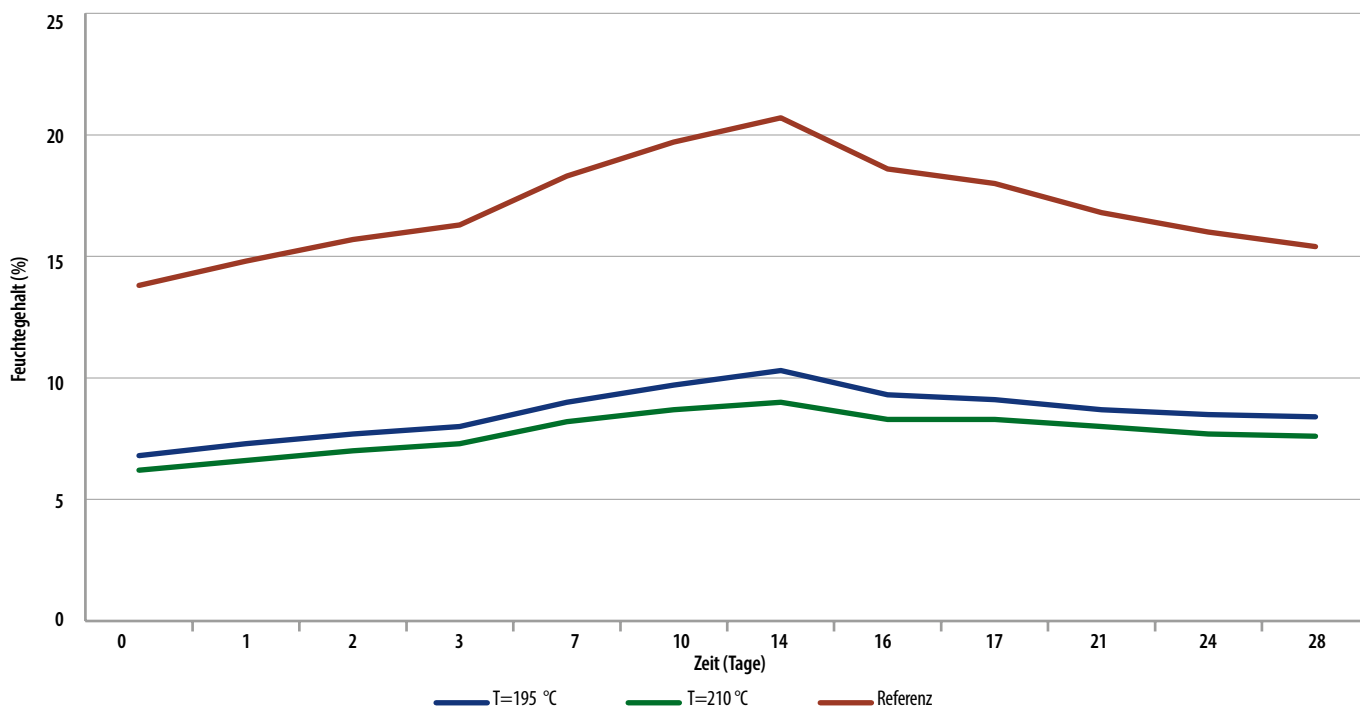


Abbildung 30. Einwirkung der thermischen Modifizierung auf die Dampfdurchlässigkeit von Fichte (Quelle: VTT)

4.7 LANGFRISTIGE DAUERHAFTIGKEIT

4.7.1 Witterungsbeständigkeit

Sind ThermoWood®-Produkte ohne Oberflächenbehandlung der Witterung ausgesetzt, bleiben sie deutlich trockener als nicht modifiziertes Holz. Dennoch wird für thermisch modifiziertes Holz, das den Witterungsbedingungen ausgesetzt ist, eine Oberflächenbehandlung zum Schutz vor Feuchtigkeit, Verwitterung und UV-Strahlung empfohlen. Diese Empfehlung gilt insbesondere für den Einsatz unter warmen und feuchten Klimabedingungen.

Regen kann bei unbehandeltem, thermisch modifiziertem Holz eine leichte Farbveränderung bewirken. UV-Strahlung führt zur Vergrauung von Holzprodukten ohne Oberflächenbehandlung.

Wie bei allen Materialien, die Regen ausgesetzt sind, kann sich auf der Oberfläche von thermisch modifiziertem Holz Schimmel bilden. Aufgrund von Bakterien in der Luft oder Verunreinigungen im Regen kann sich auf unbehandelten Oberflächen Schimmel bilden. Der Schimmel entsteht jedoch nur oberflächlich und kann abgewischt oder abgeschabt werden.

4.7.2 Biologische Dauerhaftigkeit

Wie bei allen Materialien, die Regen ausgesetzt sind, kann sich auf der Oberfläche von ThermoWood® Schimmel bilden. Aufgrund von Bakterien in der Luft oder Verunreinigungen im Regen kann sich auf unbehandelten Oberflächen Schimmel bilden. Der Schimmel entsteht jedoch nur oberflächlich und kann abgewischt oder abgeschabt werden.

Die natürliche Widerstandsfähigkeit des Holzes (ohne Oberflächenbehandlung) wird im Labor gemäß den entsprechenden Normen ermittelt. Tabelle 10 zeigt Einsatzbereiche für ThermoWood®. Es wird nicht für Bauten empfohlen, die in direktem Kontakt mit dem Erdboden oder Wasser stehen.

Tabelle 10. Eignung von ThermoWood®-Produkten für verschiedene Einsatzbereiche

Dauerhaftigkeitsklasse (DIN EN 350)	Gebrauchsklasse (DIN EN 335)	Einsatzbeispiele	ThermoWood®-Produkte
1 = sehr dauerhaft	5 = dem Meerwasser ausgesetzt 4 = in Kontakt mit Wasser	-	-
2 = dauerhaft	3 = im Freien, der Witterung ausgesetzt	Außenverkleidungen Gartenkonstruktionen	Thermo-D, Kiefer, Fichte Thermo-D, Esche, Ayous, Limba Thermo-S, Iroko
3 = mäßig dauerhaft	2 = im Freien, überdacht	Saunakonstruktionen Außenkonstruktionen und überdachte Möbel	Thermo-S, Kiefer, Fichte Thermo-S, Laubholz Thermo-D, Laubholz
4 = wenig dauerhaft	1 = in trockenen Innenbereichen	Innenverkleidung	-

4.7.3 Widerstandsfähigkeit gegen Insekten

Bockkäfer sind im Splintholz von Nadelhölzern zu finden. Der gewöhnliche Nagekäfer (*Anobium punctatum*) befällt vor allem Laubholz. Der Braune Splintholzkäfer (*Lyctus brunneus*) findet sich in einigen Laubholzarten. Untersuchungen haben gezeigt, dass ThermoWood® gegen alle drei Schädlinge resistent ist. ThermoWood® besitzt eine gute Widerstandsfähigkeit gegen Bockkäfer. Diese Käfer erkennen die Kiefer aufgrund des von ihr abgegebenen Terpens als geeigneten Ort für die Eiablage. Die von ThermoWood® produzierten Terpenmenge ist deutlich niedriger als bei nicht modifiziertem Holz. Es wird daher davon ausgegangen, dass die Schädlinge, wann immer möglich, andere Hölzer dem ThermoWood® vorziehen. Studien lassen außerdem vermuten, dass dies auch für Termiten gilt. Es sind jedoch weitere Untersuchungen hierzu erforderlich.

Bislang gibt es keine Studie, die eine Resistenz von ThermoWood® gegen Termiten belegt. Termiten dringen von unten in Gebäude ein und meiden nach Möglichkeit direktes Sonnenlicht. Auf der Nahrungssuche greifen Termiten sowohl Holz als auch Beton an. Es gibt mittlerweile eine Reihe von Schutzmaßnahmen, etwa die Verwendung von Polyethylenmembranen in Gebäudefundamenten. Außerdem sind diverse Bitumenanstriche erhältlich, mit denen sich mögliche Zugänge zum Gebäude abdichten lassen. Es werden jedoch Untersuchungen vor Ort empfohlen, da die Termitenarten sich von Region zu Region unterscheiden. Darüber hinaus sind zusätzliche Forschungsdaten über das Verhalten von Termiten erforderlich.

4.8 AUSWIRKUNGEN AUF DIE RAUMLUFTQUALITÄT

Ähnlich wie Standardholz ist ThermoWood® hygroskopisch und gleicht Schwankungen der Raumluftfeuchte aus. Bei ThermoWood® ist dieser Effekt jedoch aufgrund der niedrigeren Gleichgewichtsfeuchte geringer. Zudem hat sowohl bei ThermoWood® als auch bei Standardholz die Art der Oberflächenbehandlung einen erheblichen Einfluss auf dieses Verhalten. Eine Behandlung, die das Holz zu sehr abdichtet, verhindert den Durchlass von Feuchtigkeit zwischen Raumluft und Holzprodukt.

Thermisch modifiziertes Holz verströmt einen rauchigen Duft, der wahrscheinlich durch chemische Furfural-Verbindungen entsteht. Obwohl der Geruch für Menschen deutlich wahrnehmbar ist und stärker zu sein scheint als der Geruch von Standardholz, wird im Vergleich zu normalem Kiefernholz von thermisch modifiziertem Holz nur ein Bruchteil der Menge an flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) abgegeben.

Die Emissionswerte wurden bei ThermoWood®-Kiefer gemessen. Die Prüfkörper wurden vier Stunden lang bei Temperaturen von 180 °C und 230 °C behandelt. Die Messungen wurden sieben Wochen (180 °C) bzw. acht Wochen (230 °C) nach der Modifizierung vorgenommen. Mit 1486 µg/m²h war die VOC-Emission bei nicht modifizierter Kiefer am höchsten. Der Großteil der Emissionen bestand aus Terpenen, aber es wurden auch erhebliche Mengen an Alpha-Pinen, Camphen und Limonen nachgewiesen. Außerdem enthielt das unbehandelte Kiefernholz Hexanal und geringe Mengen an Furfural und Essigsäure. Die Gesamtemission von bei 180 °C modifiziertem Kiefernholz betrug 828 µg/m²h. Der Prüfkörper enthielt Terpene, Furfural, Hexanal und Essigsäure. Mit 235 µg/m²h war die Gesamtemission von bei 230 °C modifiziertem Kiefernholz am niedrigsten. Der größte Teil der Gesamtemission entfiel auf Essigsäure (110 µg/m²h). Der Prüfkörper enthielt außerdem geringe Mengen an Terpenen. Wie aus Abbildung 31 hervorgeht, ist ThermoWood® bezüglich seiner Emissionswerte ein sicherer Baustoff für Innenräume.

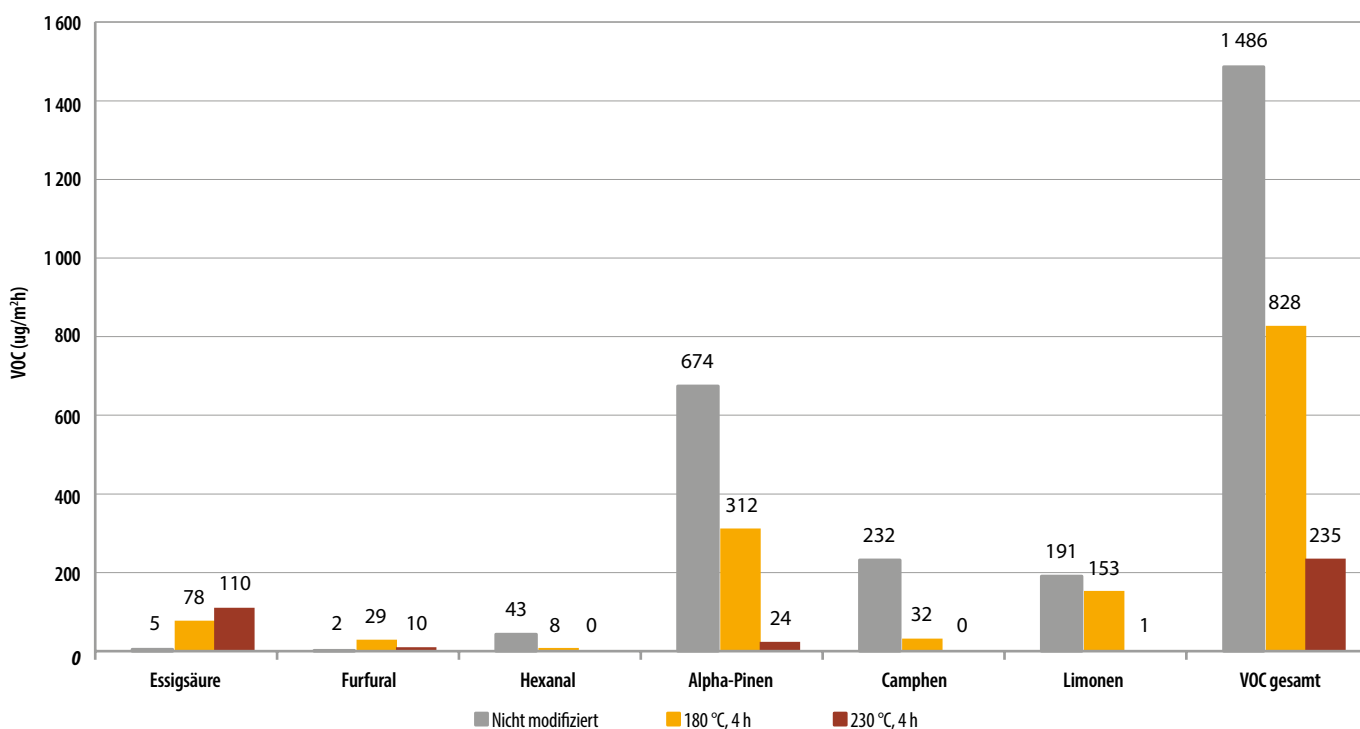


Abbildung 31. VOC-Emissionen von Kiefernholz nach zwei Monaten (Quelle: VTT)

5

VERARBEITUNG VON THERMOWOOD®-PRODUKTEN

Im Allgemeinen erfordert die Handhabung von ThermoWood® etwas mehr Sorgfalt als die von nicht modifiziertem Holz, da es aufgrund seiner Festigkeitseigenschaften anfälliger für mechanische Beschädigungen ist.

Da ThermoWood® nicht aushärtet, müssen Sägeblätter weniger häufig gewartet werden.

Der bei der Verarbeitung von ThermoWood® entstehende Staub ist trocken und fein. Daher muss besonders auf die Wirksamkeit und Luftdichtheit der Entstaubungsanlage geachtet werden. Entsteht bei der Arbeit mit ThermoWood® Staub, muss eine Atemschutzmaske getragen werden.

Vor Arbeitsbeginn ist der Feuchtegehalt des Holzes darauf zu prüfen, ob er der Standortfeuchtigkeit entspricht. Je nach Querschnittsmaß kann eine Konditionierung bei Raumtemperatur mehrere Tage dauern. Im Freien kann sie Wochen oder sogar Monate dauern (insbesondere im Winter). Die Konditionierung muss bei der Erstellung von Arbeitsplänen berücksichtigt werden.

5.1 SÄGEN

Das Sägeverhalten von ThermoWood® unterscheidet sich nicht von dem unbehandelten Holzes. Da grobe Sägeblätter zum Ausreißen an den Kanten von ThermoWood® führen können, werden feingezahnte Sägeblätter empfohlen.

5.2 HOBELN

Wie bei anderem Holz kann es auch bei ThermoWood® zu Schüsselung kommen. Es empfiehlt sich daher die Verwendung schmaler Vorschubwalzen zur Minderung des Rissbildungsrisikos.

Ist die konvexe Fläche des Holzes nach unten gerichtet, kann eine einzelne schmale Walze entlang der Mitte des Werkstücks laufen. Ist die konvexe Fläche des Holzes nach oben gerichtet, müssen zwei schmale Walzen an den Werkstückkanten laufen.

Abbildung 32 zeigt diese Optionen. Zur Vermeidung von Rissbildung ist im Vergleich zu unbehandeltem Holz ein niedrigerer Druck der Vorschubwalzen einzustellen. Grund dafür ist die geringere Festigkeit von ThermoWood®.

In der Praxis hat sich gezeigt, dass aufgrund der fehlenden Harzabsonderung beim Vorschub von ThermoWood® weniger Reibung entsteht, was zu einem ruhigeren Hobelprozess führt. Bei manchen Hobelmaschinen muss die Geschwindigkeit gedrosselt werden. Walzendruck, Walzengeschwindigkeit und weitere Parameter hängen von den Eigenschaften der Hobelmaschine ab. Beim Hobeln von ThermoWood® müssen die Parameter für jedes Produkt und jede Maschine separat eingestellt werden.

Zur Erzielung des optimalen Hobelergbnisses und zur Minimierung des Lösens der Jahresringe wird die Verwendung von möglichst faserparallel geschnittenem Holz empfohlen. Darüber hinaus verbessert die Wahl der besten Brettseite beim Hobeln das Ergebnis. Es besteht ein enger Zusammenhang zwischen dem Typ und dem Druck der Vorzugswalzen, der Faserrichtung, der Schüsselung, der Messerschärfe und der Durchlaufgeschwindigkeit.

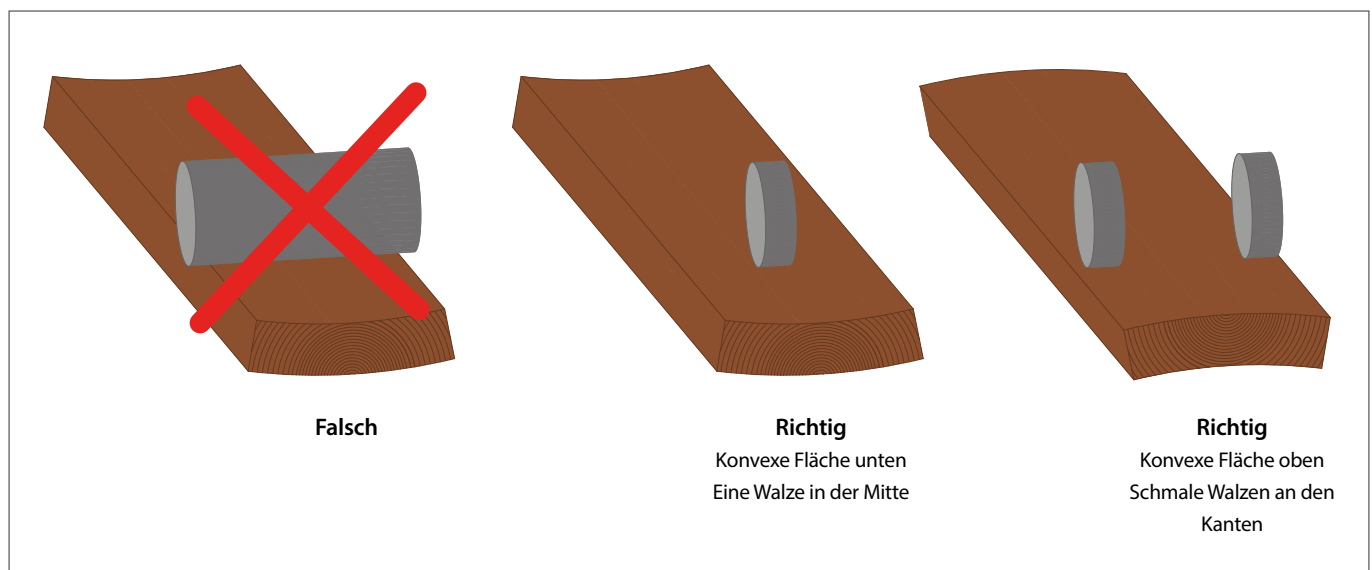


Abbildung 32. Verwendung schmaler Vorzugswalzen für ThermoWood®

5.3 FRÄSEN

Das Fräsverhalten von ThermoWood® ähnelt dem von harten und spröden Laubhölzern. Das Fräsen, insbesondere gegen die Faser, ist sorgfältig zu planen, um Riss- und Gratbildung zu vermeiden.

5.4 SCHLEIFEN

Das Schleifverhalten von ThermoWood® unterscheidet sich nicht von dem normalen Holzes. Normalerweise ist die Oberflächenqualität von ThermoWood® nach dem Hobeln sehr gut und es muss nicht geschliffen werden.

5.5 VERKLEBEN

Die Klebeeigenschaften von ThermoWood® wurden mit 1- und 2-Komponenten-PVAC-Klebstoffen, 1- und 2-Komponenten-Polyurethanklebstoffen (PU), Resorzin-Formaldehydharz-Klebstoffen (RF) und Emulsionspolymer-Isocyanat-Klebstoffen (EPI) getestet.

Bei PVAC-Klebstoffen muss der Wassergehalt im Klebstoff minimiert werden. Diese Klebstoffe können aufgrund der geringeren Wasseraufnahme von ThermoWood® eine längere Andruck- und Trocknungszeit erfordern (der Klebstoff braucht länger zum Aushärten).

Bei der Verwendung von PU-Klebstoffen ist zu beachten, dass die Aushärtung Wasser erfordert. Wasser kann aus dem Holz selbst oder aus der Umgebungsluft aufgenommen werden. Falls erforderlich, müssen die zu verklebenden Flächen angefeuchtet werden.

Auch RF- und EPI-Klebstoffe haben sich bei ThermoWood® bewährt. Bei den Prüfungen funktionierten die RF-Klebstoffe bei ThermoWood® mit normalen Produktionsparametern.

Beim Verkleben von ThermoWood® (oder anderem Holz) sind Faktoren wie die Temperatur und der Feuchtegehalt des Holzes, die Sauberkeit der Holzoberfläche und ähnliche Faktoren zu berücksichtigen. Bei der Auswahl und Verwendung eines Klebstoffs sind die Anweisungen des Klebstoffherstellers zu befolgen.

ThermoWood® wird auch zur Herstellung verleimter Produkte verwendet. Die jeweiligen Anleitungen sind herstellerspezifisch. Detaillierte Informationen zu den Produkten sind den Anleitungen der Hersteller zu entnehmen.



Abbildung 33. Verleimte ThermoWood®-Balken in Pergola

6

OBERFLÄCHENBEHANDLUNG VON ThermoWood®-PRODUKTEN

6.1 THERMOWOOD® ALS TRÄGER-MATERIAL FÜR DIE OBERFLÄCHEN-BEHANDLUNG

ThermoWood® ist dank seiner Harzfreiheit und der geringen Quell- und Schwindmaße ein hervorragendes Trägermaterial für Oberflächenbehandlungsmittel. Farb- oder andere Anstriche bilden keine Risse. Aufgrund des Säuregehalts und der geringen Wasseraufnahmefähigkeit von ThermoWood® haften auf ihm nicht alle Oberflächenbehandlungsmittel einwandfrei. Das gilt besonders für Produkte auf Wasserbasis. Auch die Oberflächenrauheit kann die Haftung beeinflussen. Bei mit P100-Schleifpapier geschliffenen Oberflächen kann die Haftung beispielsweise besser sein als bei gehobelten Oberflächen. Gebürstete Oberflächen lassen sich nachweislich gut mit Oberflächenbehandlungsmitteln behandeln. Bei einer zu rauen Oberfläche (gesägtes Holz) können Splitter die Oberflächenbehandlung erschweren.

6.2 GEBRÄUHLICHE OBERFLÄCHENBEHANDLUNGSMITTEL

ThermoWood® kann mit ähnlichen Mitteln behandelt werden wie normales Holz (Farbe, Lack, Öl und Wachs). Es können Mittel auf Wasser- und Lösemittelbasis verwendet werden. Leinöl ist nicht für ThermoWood® geeignet, da es das Wachstum von Pilzen fördert.

Für ThermoWood®-Produkte, die der Witterung ausgesetzt sind, wird eine Oberflächenbehandlung empfohlen. Die Oberflächenbehandlung trägt zum Erhalt der ursprünglichen Farbe bei und verringert Rissbildung sowie Absplitterungen. Mineralöl wird für Innenwände, Decken und Bänke in Saunen empfohlen.

Eine industrielle Oberflächenbehandlung wird für ThermoWood® wie auch für andere Holzprodukte empfohlen. Sie stellt einen kontrollierten Behandlungsprozess mit geeigneten Behandlungsmitteln und somit die hohe Qualität und Haltbarkeit der Oberflächenbeschichtung sicher.

6.3 LEISTUNG DER OBERFLÄCHEN-BEHANDLUNG

Bei der Behandlung von ThermoWood® (und jedem anderem Holz) muss ein geeignetes Mittel gewählt und dessen Pflege berücksichtigt werden. Es empfiehlt sich, entsprechende Informationen bei den Herstellern von Oberflächenbehandlungsmitteln einzuholen. Vor der Oberflächenbehandlung sollte sichergestellt werden, dass UV-Strahlung und Feuchtigkeit keine Haarrisse an der Produktoberfläche verursachen, da diese die Qualität der Behandlung beeinträchtigen können.

Die Schnittfläche von ThermoWood® (und jeglichem anderem Holz) muss mit einer speziellen Stirnholzversiegelung behandelt werden. Diese minimiert die Wasseraufnahme an den Schnittflächen und verringert eine Rissbildung durch Trocknen.

6.4 BRANDSCHUTZBEHANDLUNG

Wie jedes andere Holz können auch ThermoWood®-Produkte mit Flammschutzmitteln behandelt werden. Es ist sicherzustellen, dass das verwendete Mittel die erforderlichen Zulassungen besitzt und gemäß den Herstelleranweisungen verwendet wird. Mit einer Brandschutzbehandlung kann ThermoWood® die Anforderungen der Brandschutzklasse C oder B erfüllen (je nach dem verwendeten Mittel). Die höchstmögliche Brandschutzklasse ist B-s1, d0. ThermoWood®-Produkte sind auch mit Brandschutzbehandlung ab Werk erhältlich.

7

BESCHAFFUNG UND LAGERUNG VON ThermoWood®-PRODUKTEN

ThermoWood®-Produkte sind im Holzfachhandel und in Baumärkten erhältlich. Welche Produkte vorrätig sind, ist je nach Händler unterschiedlich. Spezialprodukte müssen separat bestellt werden.

Für die Lagerung von ThermoWood® gilt Folgendes:

- Der Lagerraum muss trocken und gut belüftet sein (für Produkte, die im Freien verbaut werden, kann ein trockener Außenraum genutzt werden).
- Für Innenräume vorgesehene Produkte müssen in einem beheizten Innenraum gelagert werden.
- Die Produkte müssen vor Schmutz und UV-Strahlung geschützt werden.
- Die Produkte müssen horizontal auf einer ebenen Unterlage mit Bodenabstand gelagert werden.
- Als Unterlage muss eine ausreichende Anzahl von Latten verwendet werden.
- Produktbündel erst unmittelbar vor der Verwendung öffnen.
- Produkte für die Innenverkleidung sind direkt aus der Verpackung zu verwenden.
- Beim Heben langer Produkte ist deren geringere Biegefestigkeit zu berücksichtigen.
- Bei Nut-Feder-Produkten (insbesondere lange Produkte) ist zur Vermeidung von Beschädigungen auf eine vorsichtige Handhabung zu achten.

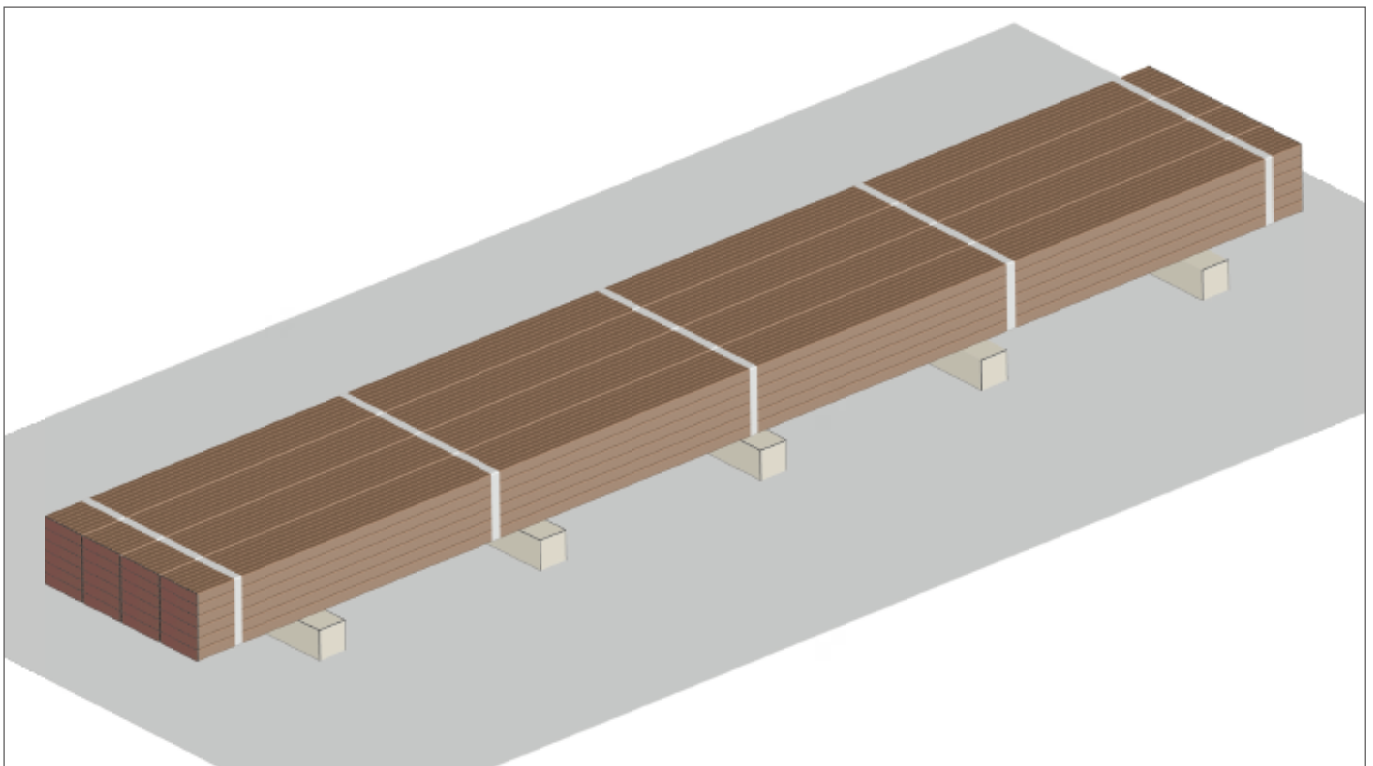


Abbildung 34. Eine ebene Grundfläche und eine ausreichende Anzahl Auflageleisten verhindern ein Verziehen der Produkte.

8

ThermoWood®-PRODUKTE IN DER BAUINDUSTRIE

ThermoWood® für den Hausbau umfasst in der Regel Verkleidungen für den Innen- und Außenbereich sowie Produkte für das Schreiner- und Zimmerhandwerk. Im Gartenbau wird ThermoWood® normalerweise für Terrassen, Zäune und Gartenmöbel verwendet. Die Produkte eignen sich für den Innen- und Außeneinsatz.

8.1 EINSATZ IM INNENBEREICH

ThermoWood® quillt und schwindet bei Feuchtigkeitsschwankungen weniger als Standardholz. Bei Böden aus ThermoWood® ist die Fugenbildung geringer als bei herkömmlichen Holzböden. Diese Eigenschaft tritt besonders deutlich in Räumen mit starken Feuchtigkeitsschwankungen zutage. ThermoWood®-Fußbodenmaterial ist auch in Nut-Feder-Ausführung erhältlich. Bei einem nicht tragenden Unterbau (z. B. Sperrholzplatten) muss die Nut-Feder-Verbindung auf einem Rahmenbrett aufliegen.

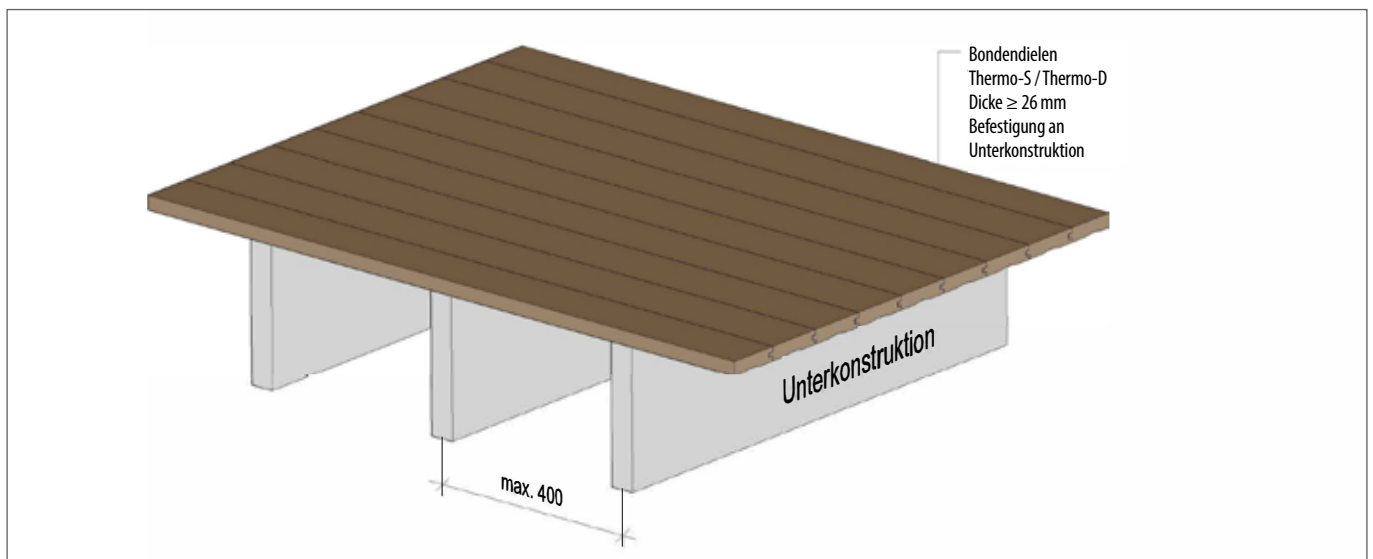


Abbildung 35. Beispiel für die Bodenverlegung



Abbildung 36. ThermoWood®-Bondendielen

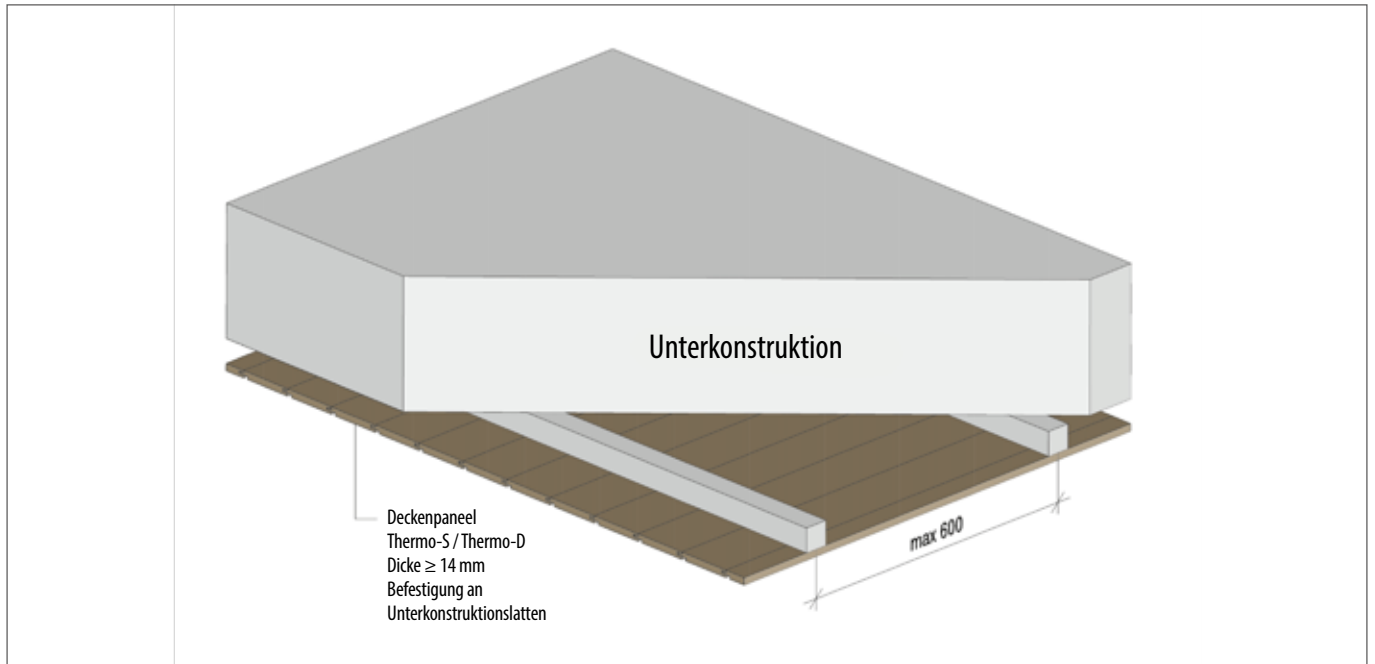


Abbildung 37. Deckenverkleidung in einem trockenen Raum



Abbildung 38. ThermoWood®-Decke in Portugal

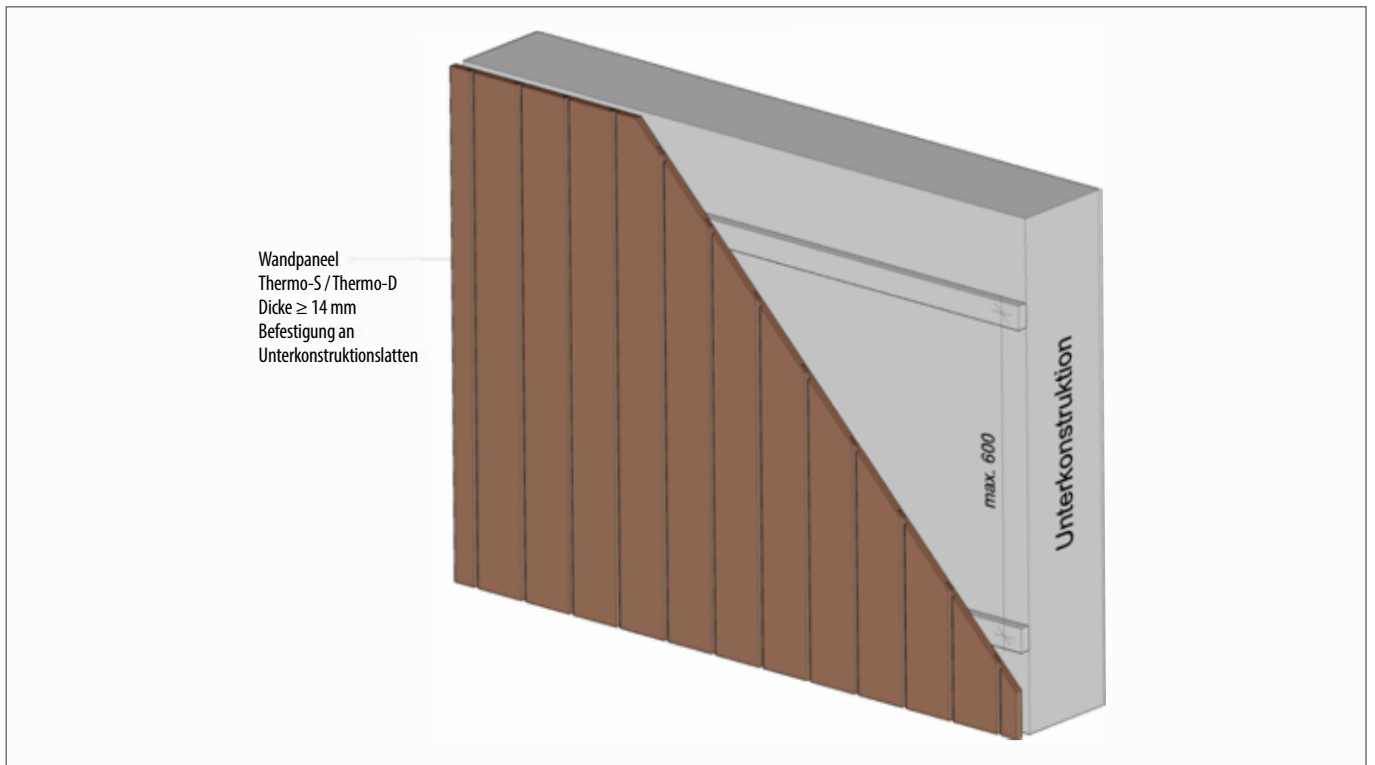


Abbildung 39. Beispiel für eine Innenwandverkleidung



Abbildung 40. Innenwandverkleidung eines Cafés in Russland aus ThermoWood®

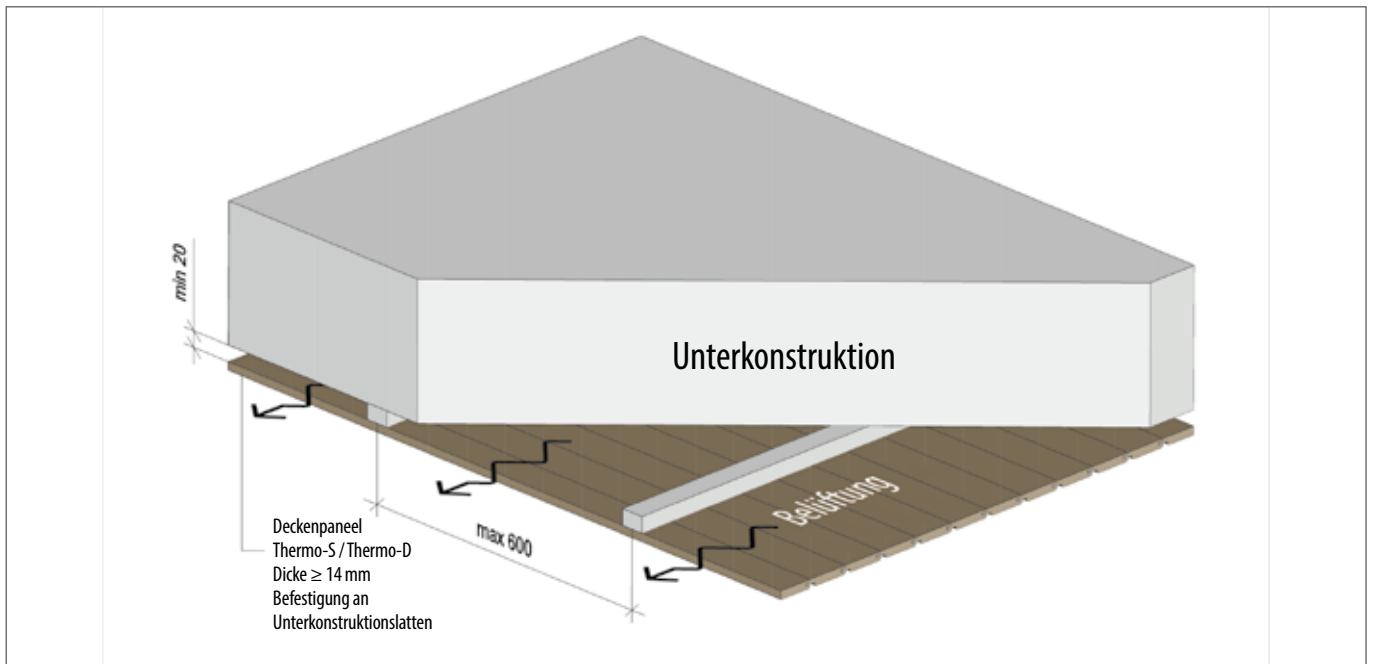


Abbildung 41. Deckenverkleidung in einer Sauna

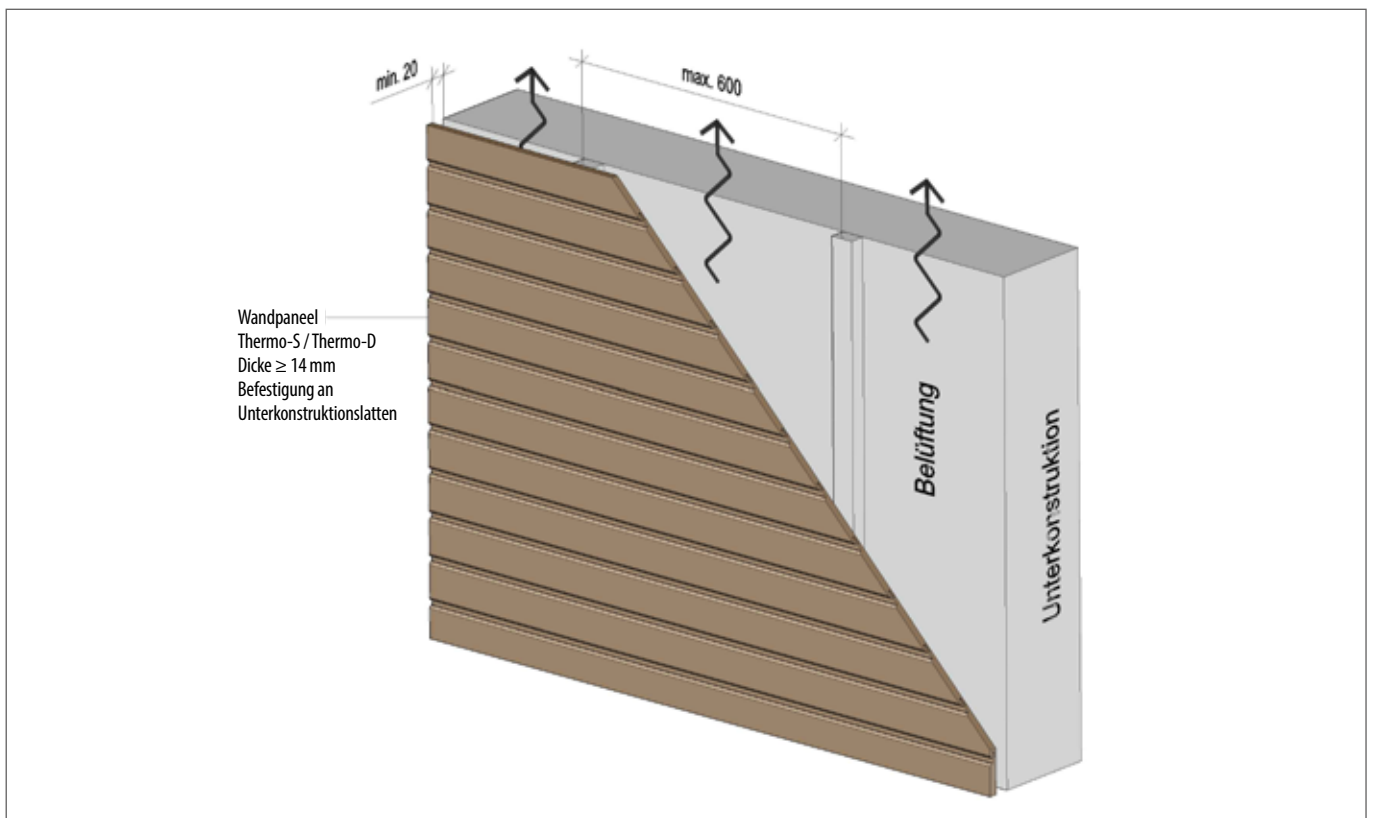


Abbildung 42. Wandverkleidung in einer Sauna

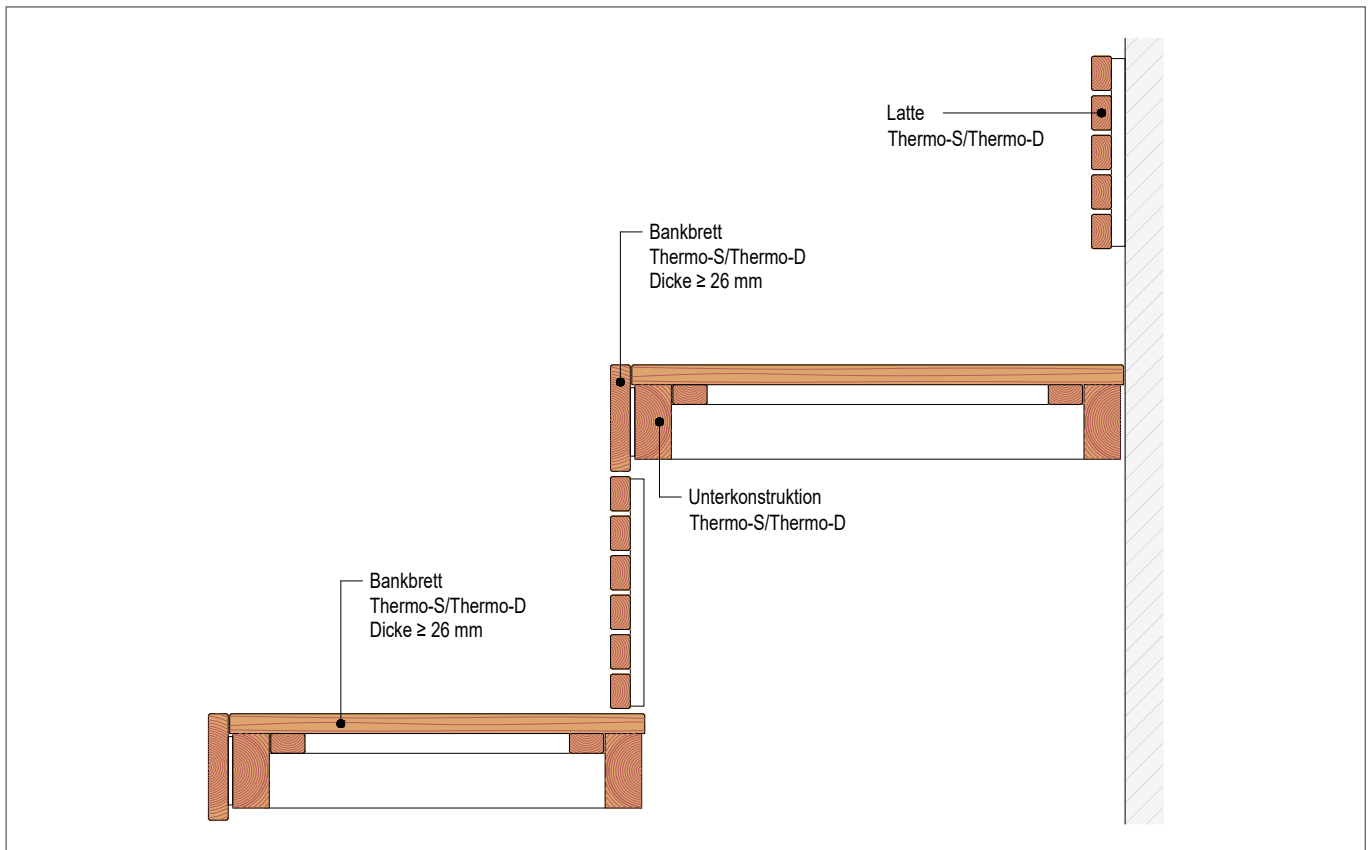


Abbildung 43. Aufbau einer Saunabank



Abbildung 44. Saunaausstattung aus ThermoWood®

8.2 EINSATZ IM AUSSENBEREICH

Da die Gleichgewichtsfeuchte und das Quell- und Schwindmaß von ThermoWood®-Produkten gering sind, können dünnere Bretter für die Innen- und Außenverkleidung verwendet werden als bei Stan-

dardholz. Bei Außenfassaden ist für eine ausreichende Luftzirkulation hinter der Fassade zu sorgen. Die Bretter müssen an einem ausreichend stabilen Rahmen befestigt werden.

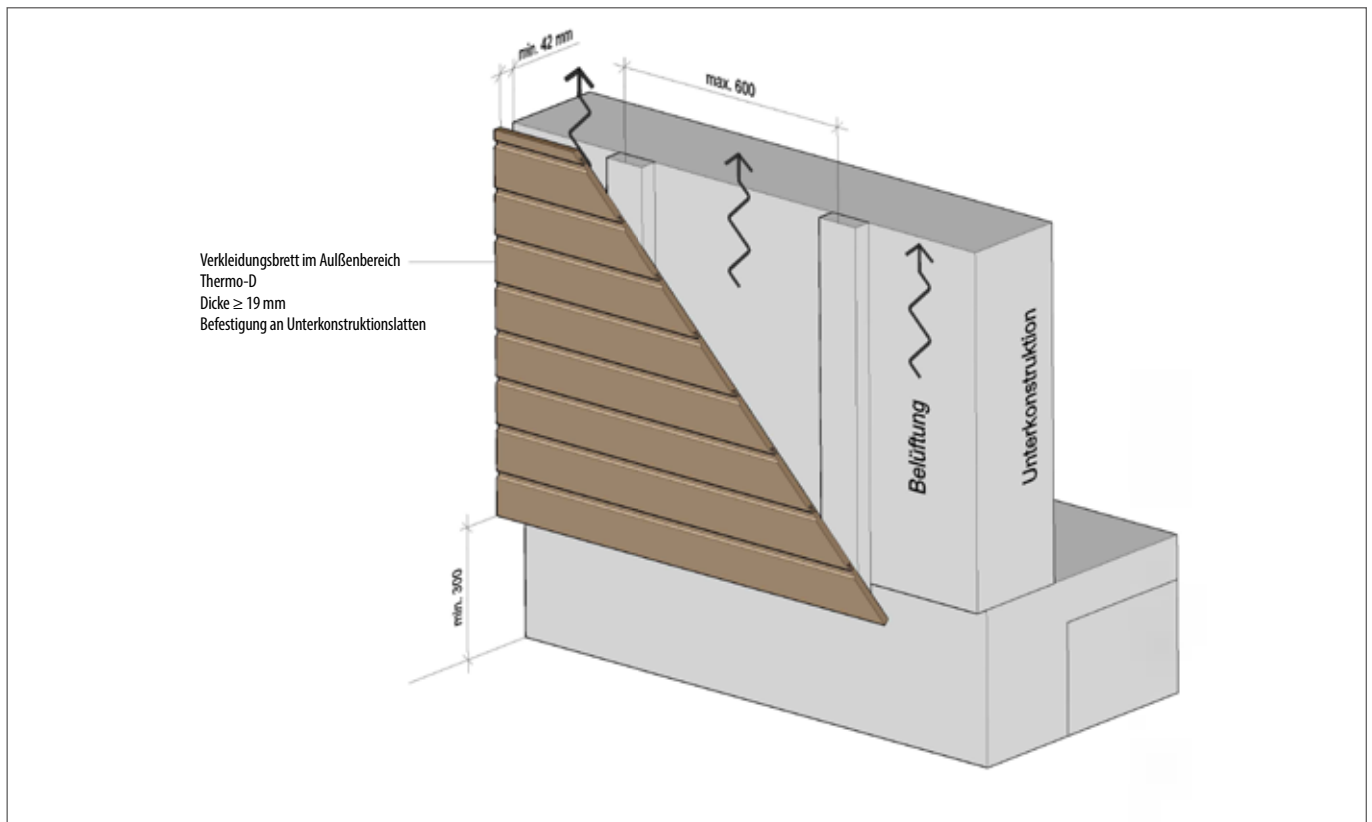


Abbildung 45. Beispiel einer Außenfassade

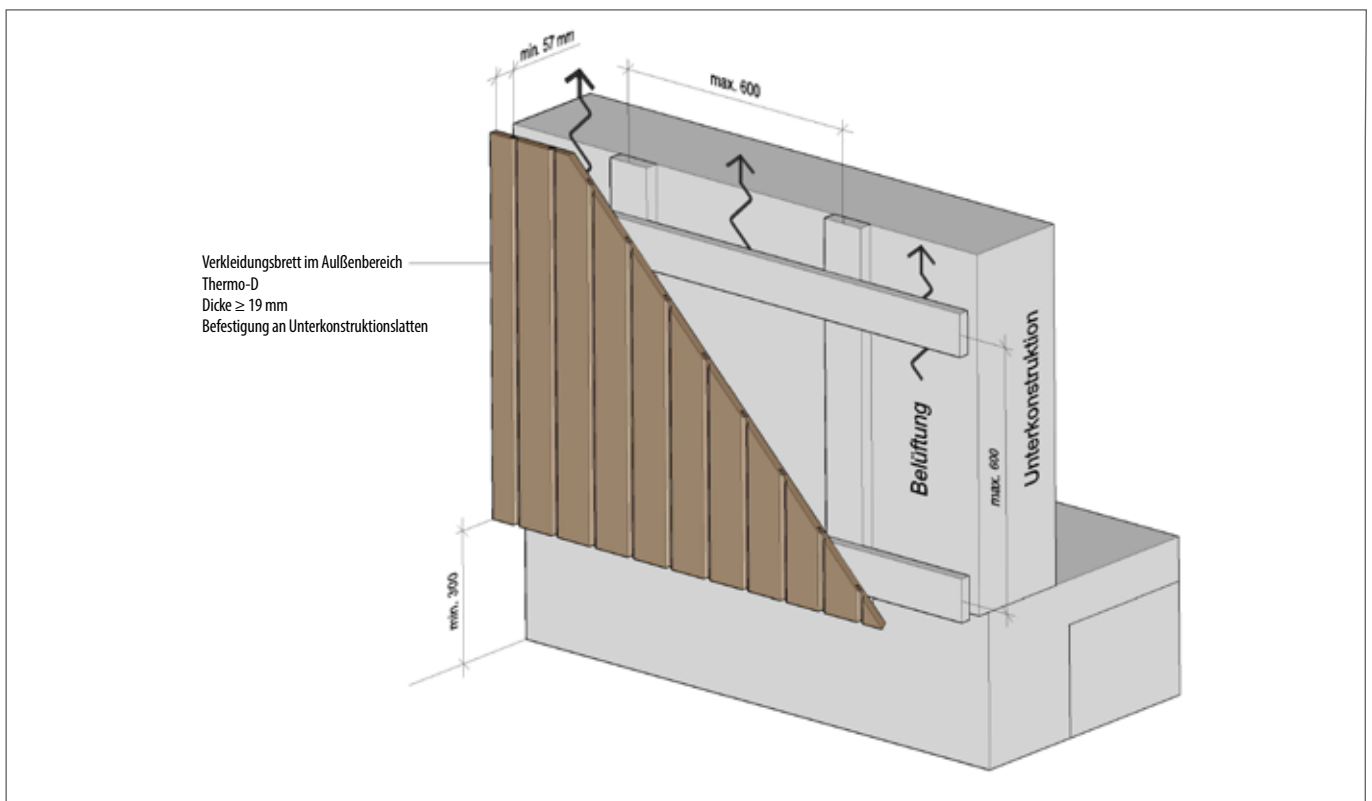


Abbildung 46. Beispiel einer Außenfassade

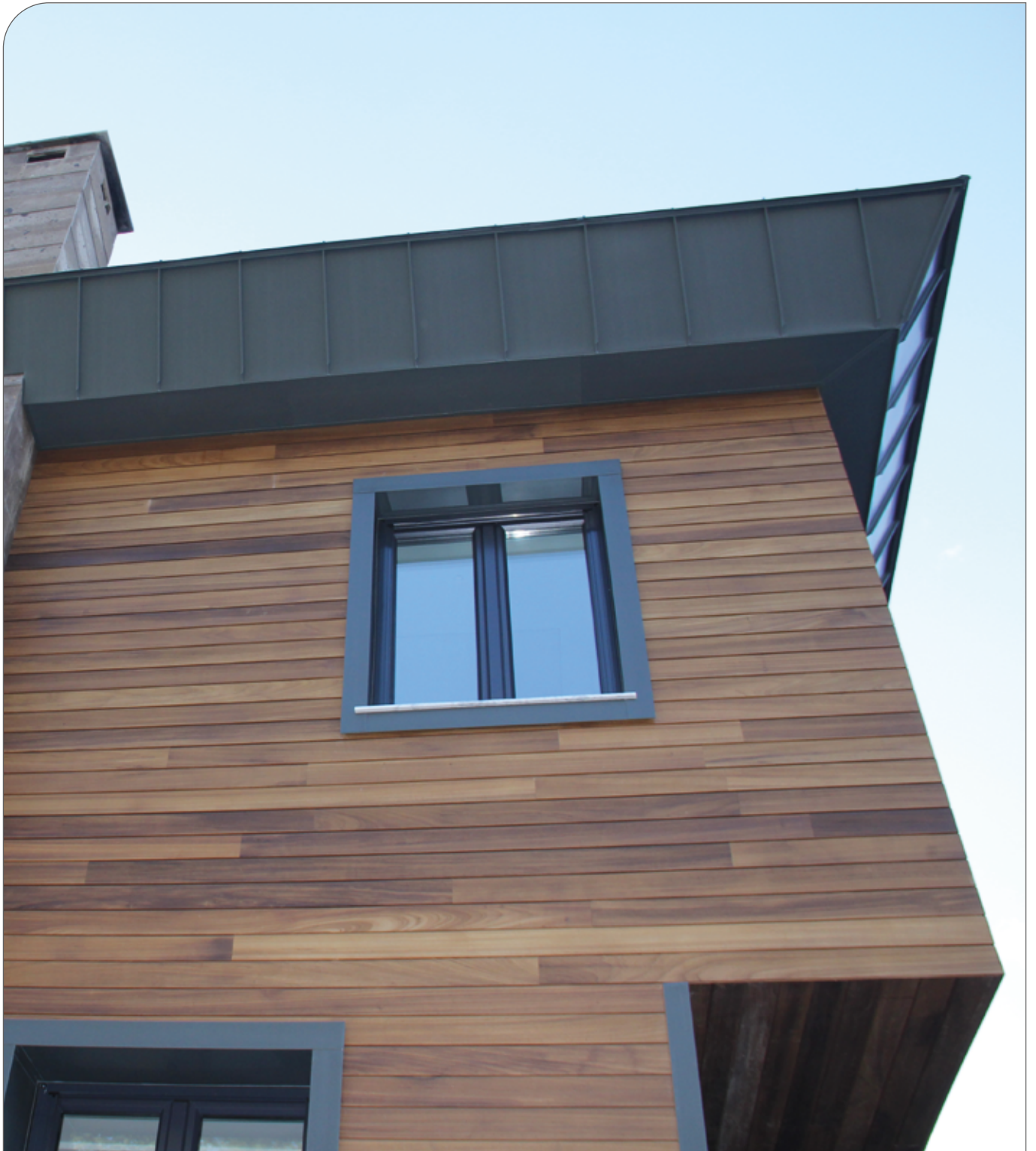


Abbildung 47. ThermoWood®-Fassade

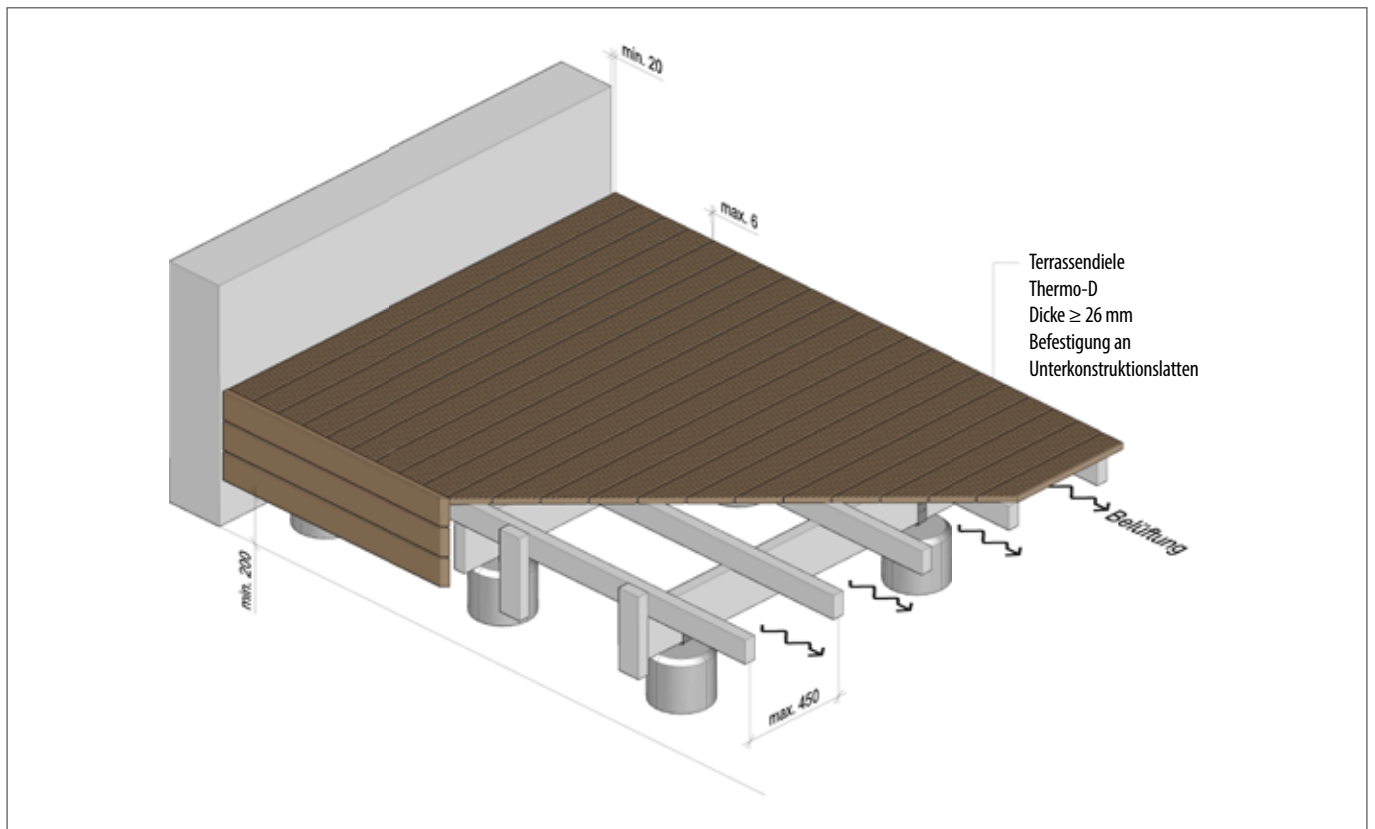


Abbildung 48. Beispiel eines Terrassenaufbaus

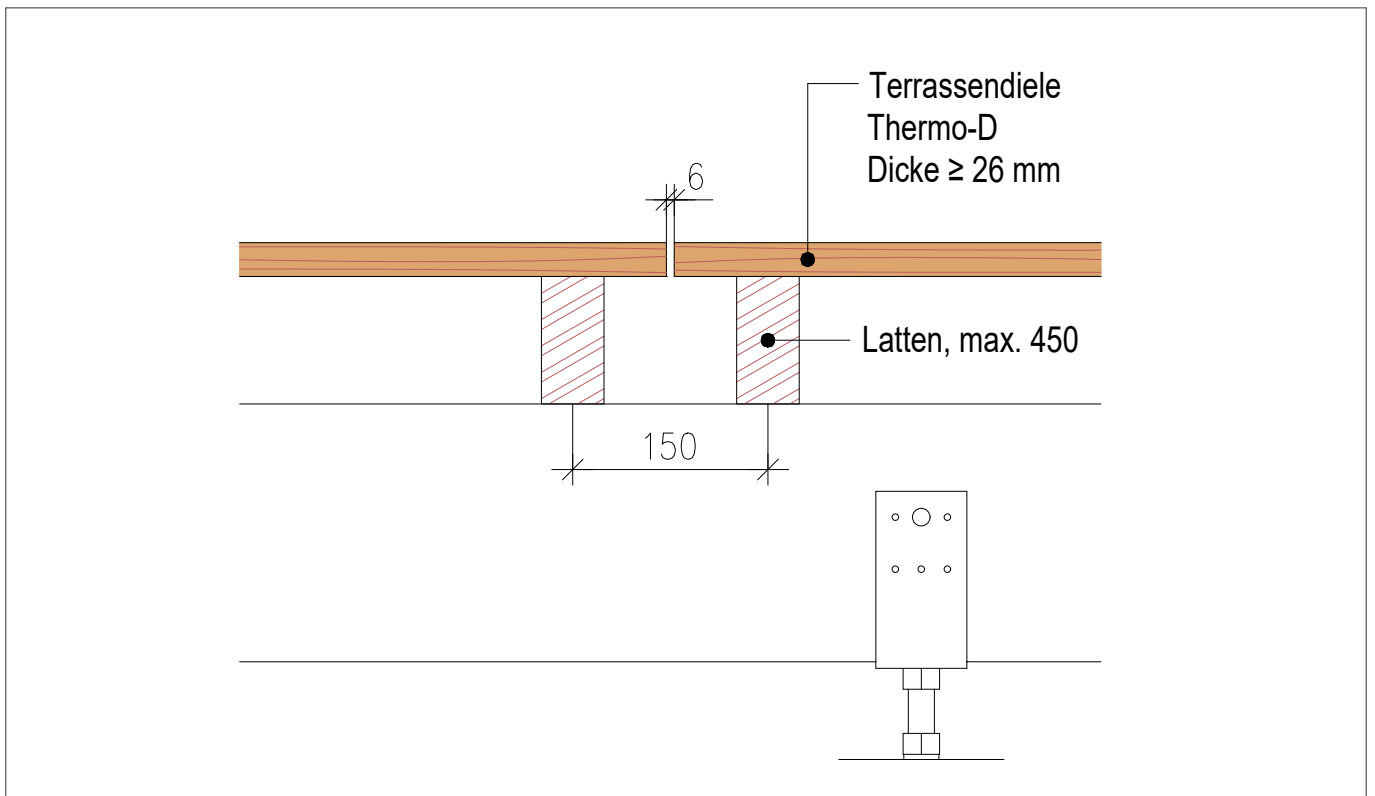


Abbildung 49. Terrassenfuge

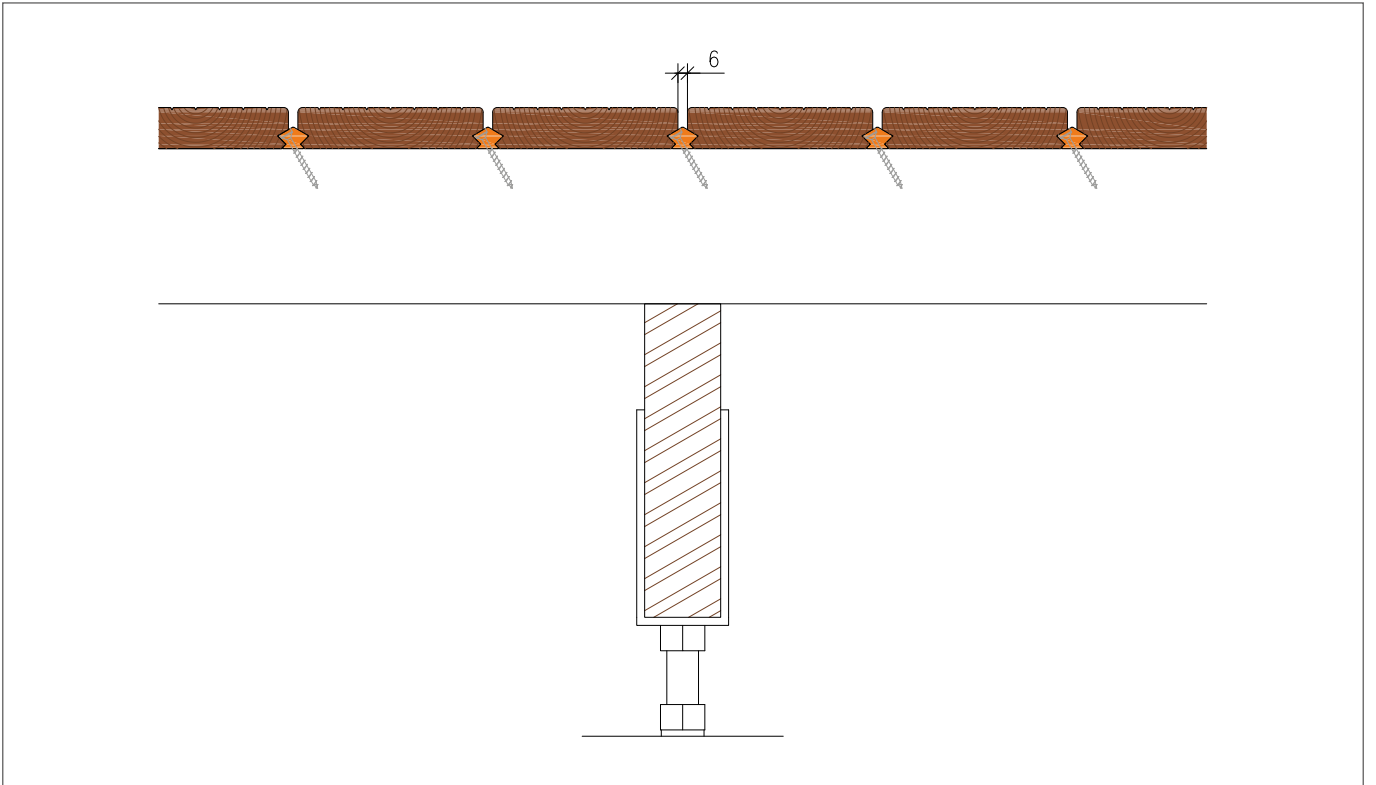


Abbildung 50. Versteckte Terrassendielenbefestigung



Abbildung 51. ThermoWood®-Terrasse

9 MONTAGE VON ThermoWood® -PRODUKTEN FÜR VERKLEIDUNGEN

ThermoWood®-Produkte müssen gemäß den Anweisungen des Herstellers montiert werden. Der nachfolgende Abschnitt enthält allgemeine Montageanweisungen. ThermoWood®-Produkte können direkt aus der Verpackung genommen und montiert werden, sofern keine Notwendigkeit zur Feuchteconditionierung am Einsatzort besteht.

9.1 VERBINDUNGSELEMENTE

Aufgrund des niedrigen pH-Werts von ThermoWood® müssen alle Verbindungselemente aus Edelstahl oder einem anderen korrosionsbeständigen Material bestehen. Das gilt für sowohl für Installationen im Innenbereich als auch im Außenbereich. Es können auch säurebeständige Verbindungselemente für ThermoWood® verwendet werden.

Verbindungselemente anderen Typs reagieren mit dem ThermoWood® und verursachen eine lokale Fleckenbildung. Wird ThermoWood® in Kombination mit anderen Materialien verwendet, sind mögliche Reaktionen zwischen den Materialien zu berücksichtigen.

Tabelle 11 enthält die Mindestanforderungen an den Korrosionsschutz der Verbindungselemente. Die gängigsten Sorten nichtrostender/säurebeständiger Stähle sind:

- WNr. 1.4301 (A2, AISI 304) – gebräuchlichste Sorte nichtrostenden Stahls
- WNr. 1.4401 (A4, AISI 316) – gebräuchlichste Sorte säurebeständigen Stahls

9.2 MONTAGE

ThermoWood®-Produkte können wie alle anderen Holzprodukte mit Nägeln und Schrauben befestigt werden. Es sind auch versteckte Befestigungssysteme erhältlich. Die Nägel bzw. Schrauben müssen ausreichend lang sein, damit sie in die Befestigungslatte hineinreichen. Bei der Wahl der Länge ist außerdem darauf zu achten, dass die Verbindungselemente keine Luft- oder Feuchtigkeitssperre o. ä. durchstoßen.

Nägel bzw. Schrauben müssen so angebracht werden, dass ihr Kopf mit der Holzoberfläche abschließt (mit Ausnahme von Dyckert-Nägeln). Bei der Verwendung einer Nagelpistole für die Befestigung von Außenverkleidungen oder Terrassendielen muss diese über eine einstellbare Einschlagtiefe verfügen, um sicherzustellen, dass die Nagelköpfe mit der Holzoberfläche abschließen. Dies ist nicht nur aus optischen Gründen wichtig, sondern auch um zu verhindern, dass Wasser über das Verbindungselement in die Holzkonstruktion eindringt. Bei Nägeln und Schrauben ist darauf zu achten, dass sie keine Rissbildung verursachen (Abstand vom Ende). Für Verbindungselemente können auch Löcher vorgebohrt werden.

9.3 FUGEN

ThermoWood®-Fugen sind so auszuführen, dass kein Wasser über die Schnittflächen in das Holz eindringen kann. Die Leiste der Unterkonstruktion an der Fuge muss eine ausreichende Breite aufweisen, damit Verbindungselemente mit dem erforderlichen Abstand zum Ende angebracht werden können. Falls erforderlich, kann die Fuge auf zwei Leisten aufliegen (siehe Abbildung 53). Bei Brettern mit stirnseitiger Nut-Feder-Verbindung können die Fugen in der Nähe der Leiste der Unterkonstruktion liegen, damit die Verbindungselemente in einem geeigneten Abstand zum Brettende angebracht werden können (siehe Abbildung 53).

Tabelle 11. Mindestanforderungen an die Korrosionsfestigkeit von Verbindungselementen für ThermoWood®

Einsatzbereich	Klasse	Qualität	Typ
Decken- und Wandverkleidungen (trockener Raum)	A2	WNr. 1.4301 (AISI 304)	Edelstahl
Boden (trockener Raum)	A2	WNr. 1.4301 (AISI 304)	Edelstahl
Decken- und Wandverkleidungen (Badezimmer)	A2	WNr. 1.4301 (AISI 304)	Edelstahl
Decken- und Wandverkleidungen (Sauna)	A2	WNr. 1.4301 (AISI 304)	Edelstahl
Saunabänke	A2	WNr. 1.4301 (AISI 304)	Edelstahl
Terrassendielen	A2	WNr. 1.4301 (AISI 304)	Edelstahl
Außenverkleidungen	A2	WNr. 1.4301 (AISI 304)	Edelstahl

Tabelle 12. Montagebeispiele

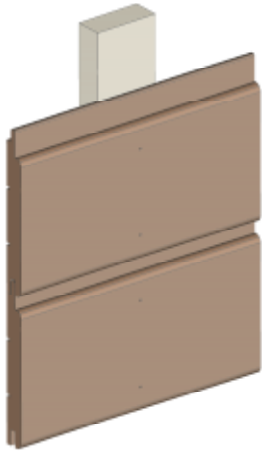
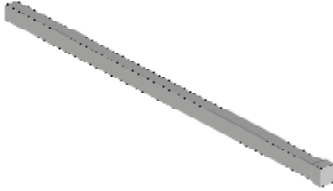
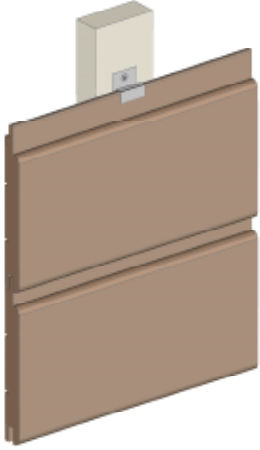
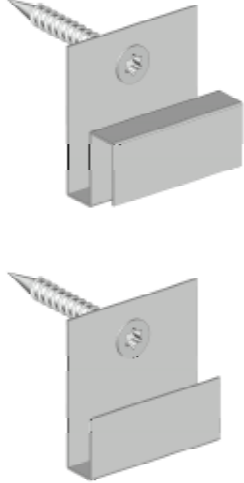
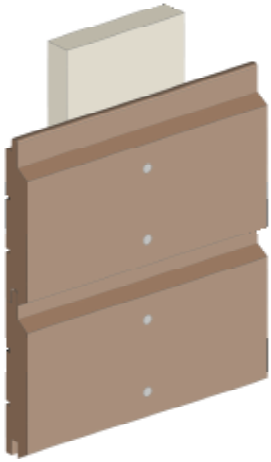
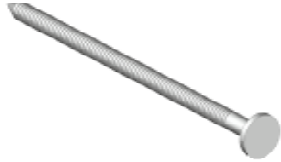
Montage	Verbindungselement	Anweisungen
<p>Sichtbare Befestigung</p> 	<p>Dyckert</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Wand- und Deckenverkleidungen im Innenbereich • Es sind auch Produkte für eine versteckte Befestigung an der Nut-Feder-Verbindung erhältlich. • Die Köpfe der Verbindungselemente müssen ca. 1 mm unterhalb der Holzoberfläche liegen. • Mindestens ein Verbindungselement, wenn Brettbreite ≤ 117 mm • Zwei Verbindungselemente, wenn Brettbreite >117 mm
<p>Versteckte Befestigung</p> 	<p>Clips</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Wand- und Deckenverkleidungen im Innenbereich • Wand- und Deckenverkleidungen im Außenbereich • Bei vertikaler Montage darauf achten, dass die Verkleidung nicht nach unten rutschen kann (Auflage unten oder Befestigung mit Nägeln/Schrauben oben oder unten).
<p>Sichtbare Befestigung</p> 	<p>Vollkopf-Ankernagel</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Wand- und Deckenverkleidungen im Außenbereich • Es sind auch Produkte für eine versteckte Befestigung an der Nut-Feder-Verbindung erhältlich. • Durchmesser vorgebohrter Löcher: $0,5d-0,8d$ (d = Nageldicke) • Mindestens ein Verbindungselement, wenn Brettbreite ≤ 117 mm • Zwei Verbindungselemente, wenn Brettbreite >117 mm

Tabelle 12. Montagebeispiele

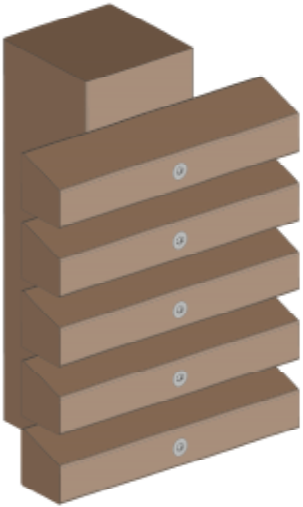

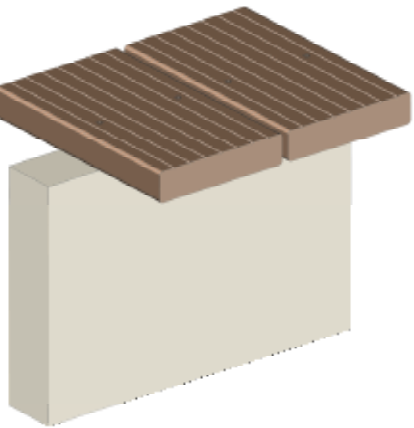

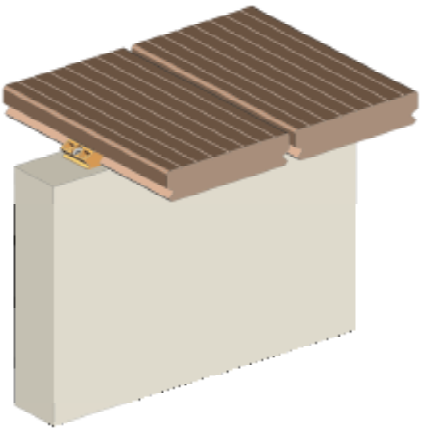
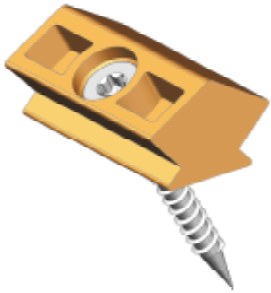
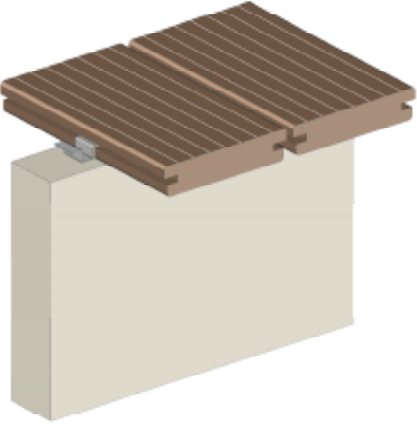
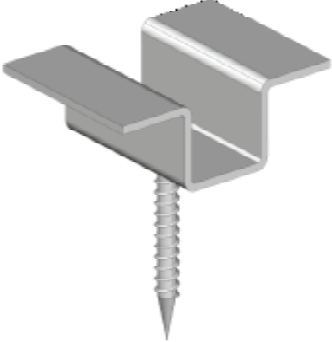

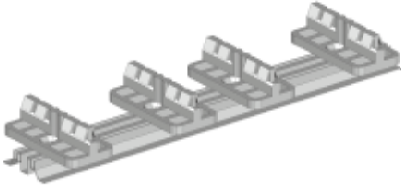
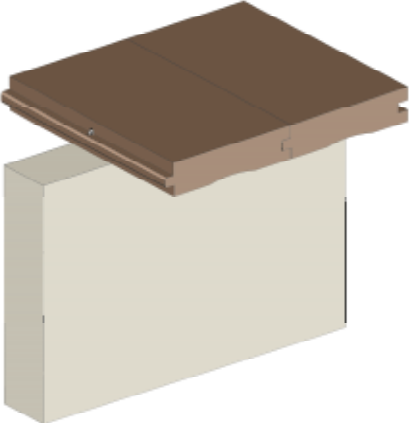

Montage	Verbindungselement	Anweisungen
<p>Sichtbare Befestigung</p> 	<p>Schrauben</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Lattenverkleidungen im Außenbereich • Durchmesser vorgebohrter Löcher: $0,5d-0,7d$ (d = Schaftdicke), jedoch nicht größer als der innere Durchmesser des Gewindeteils
<p>Sichtbare Befestigung</p> 	<p>Terrassenschrauben (in verschiedenen Farben erhältlich)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Terrassendielen • Stegbretter • Durchmesser vorgebohrter Löcher: $0,5d-0,7d$ (d = Schaftdicke), jedoch nicht größer als der innere Durchmesser des Gewindeteils • Befestigung mit zwei Schrauben
<p>Versteckte Befestigung</p> 	<p>Profix (Lunawood)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Terrassendielen • Stegbretter • Profix ist ein Lunawood-Produkt und nur mit anderen Lunawood-Produkten kompatibel.

Tabelle 12. Montagebeispiele

Montage	Verbindungselement	Anweisungen
<p>Versteckte Befestigung</p> 	<p>Clips</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Terrassendielen • Stegbretter
<p>Versteckte Befestigung</p> 	<p>Clips</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Terrassendielen • Stegbretter
<p>Versteckte Befestigung an der Nut-Feder-Verbindung</p> 	<p>Senkkopfschraube</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Bodenbelag im Innenbereich • Durchmesser vorgebohrter Löcher: $0,5d-0,7d$ ($d =$ Schaftdicke), jedoch nicht größer als der innere Durchmesser des Gewindeteils

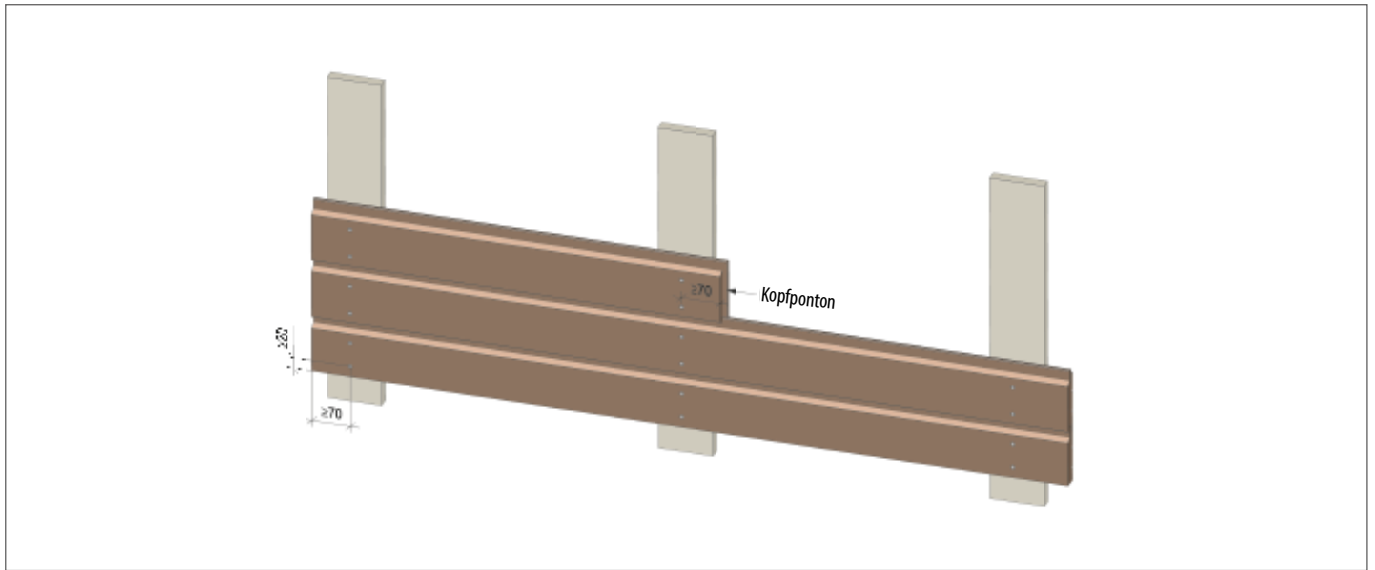


Abbildung 52. Für ThermoWood®-Produkte empfohlener Abstand zu Kanten und Enden ohne Vorbohren

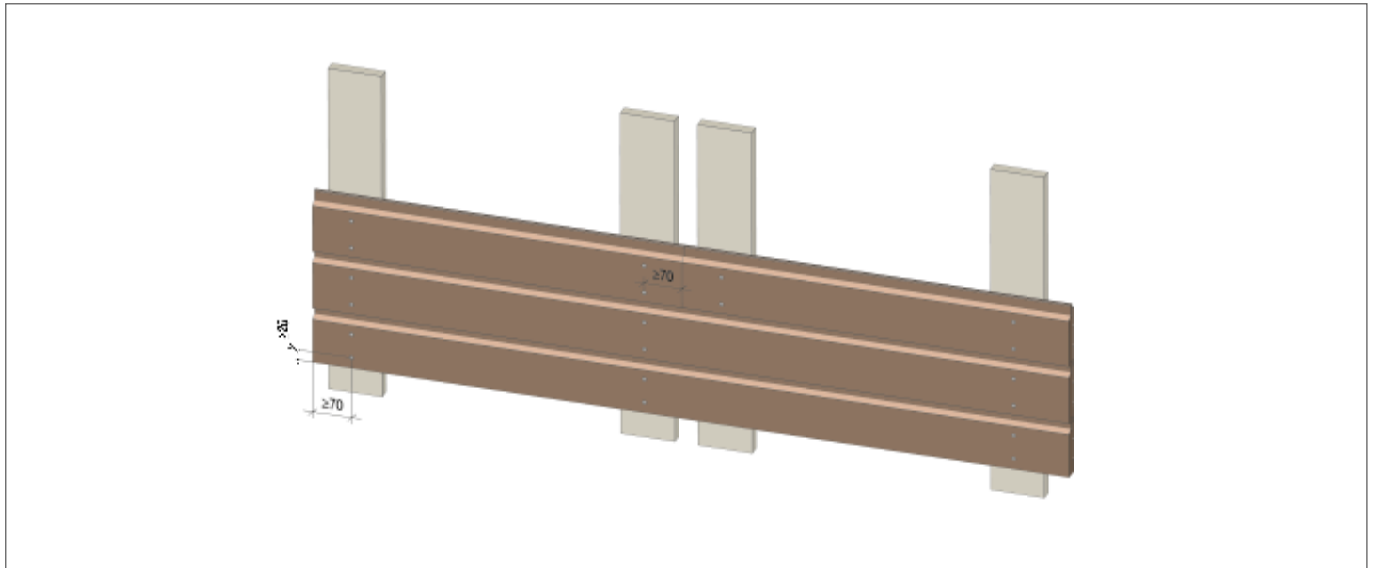


Abbildung 53. Für ThermoWood®-Produkte ohne Nut-Feder-Verbindung empfohlener Abstand zu Kanten und Enden ohne Vorbohren

10 ThermoWood® IM SCHREINER- UND ZIMMERHANDWERK

Dank seiner Farb- und Dimensionsstabilität eignet sich ThermoWood® ideal für Möbel und Einrichtungen aus Holz. Es wird hierfür sowohl im Innen- als auch im Außenbereich eingesetzt.



Abbildung 54. ThermoWood®-Fensterläden



Abbildung 55. ThermoWood®-Bank



Abbildung 56. ThermoWood®-Bank



Abbildung 57. ThermoWood®-Arbeitsplatte

11 PRAXISBEISPIELE

ThermoWood®-Produkte finden weltweit vielfältigen Einsatz.
Nachfolgend werden einige ThermoWood®-Einsatzbeispiele aus verschiedenen Ländern aufgeführt.



Abbildung 58. Hotel-Terrasse und -Außenwandverkleidung (Türkei)



Abbildung 59. Restaurant-Außenwandverkleidung (Litauen)



Abbildung 60. Außenwandverkleidung (Türkei).



Abbildung 61. Außenwandverkleidung mit natürlicher Verwitterung (Portugal)



Abbildung 62. Außenwandverkleidung



Abbildung 63. Außenwandverkleidung eines Einkaufszentrums (Spanien)



Abbildung 64. Innenwandverkleidung aus nordischer Fichte der Produktklasse Thermo-S



Abbildung 65. Saunabänke



Abbildung 66. Balkonbrüstung



Abbildung 67. Außenwandverkleidung einer Kirche (Portugal)



Abbildung 68. Außenverkleidungen (Niederlande)



Abbildung 69. Außenverkleidungen (Belgien)



Abbildung 70. Außenverkleidungen (Belgien)



Abbildung 71. Terrasse (Finnland)

12 WEITERE INFORMATIONEN

International ThermoWood Association

Informationen zu den Mitgliedern der International ThermoWood Association sind der Website des Verbands zu entnehmen.

www.thermowood.fi

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

- Abbildung 1 Lunawood, Projekt: Centro Escolar de Mouriz, Architekturbüro: CNLL Architects/Nuno Lacerda, Portugal (2010), Foto: Fernando Guerra FG+SG
- Abbildung 2 Lunawood, Inspiroiva Creative
- Abbildung 4 Lunawood, Foto: Sami Tirkkonen
- Abbildung 6 Jartek Invest Oy
- Abbildung 7 Jartek Invest Oy
- Abbildung 8 Lunawood, Foto: STOODIO Oy
- Abbildung 12 Lunawood, Foto: Lunawood
- Abbildung 15 Lunawood, Foto: Lunawood
- Abbildung 16 Lunawood, Foto: Lunawood
- Abbildung 17 Lunawood, Foto: Lunawood
- Abbildung 18 Lunawood, Foto: Lunawood
- Abbildung 19 Tantimber
- Abbildung 20 Tantimber
- Abbildung 21 Tantimber, Architekturbüro: Mustafa Cicek, Foto: Cicek Insaat, Türkei, Izmir (2018)
- Abbildung 33 Lunawood, Projekt: Hotel Gustavelund, Finnland (2019), Foto: Sami Tirkkonen
- Abbildung 36 Lunawood, Foto: Lunawood
- Abbildung 38 Lunawood, Projekt: Haus Gerês, Architekturbüro: Carvalho Araújo, Portugal (2015), Foto: NUDO
- Abbildung 40 Lunawood, Projekt: Café Geometry Of Taste, Architekturbüro: Natalia Reznik, Russland (2019), Foto: Lunawood
- Abbildung 44 SWM-Wood
- Abbildung 47 Tantimber, Türkei
- Abbildung 51 Lunawood, Architekturbüro: Plusarkkitehdit, Finnland (2016), Foto: Kuvio Ltd
- Abbildung 54 SWM-Wood, ThermoWood®-Fensterläden
- Abbildung 55 Lunawood, Projekt: Stadtmöbel VDNH-Park Moskau, Punto Design, Russland (2019), Foto: Lunawood
- Abbildung 56 Lunawood, Projekt: Stadtmöbel VDNH-Park Moskau, Punto Design, Russland (2019), Foto: Lunawood
- Abbildung 57 SWM-Wood
- Abbildung 58 Tantimber, Architekturbüro: Mustafa Cicek, Foto: Cicek Insaat, Türkei, Izmir (2018)
- Abbildung 59 Lunawood, Projekt: Foodcourt&Square, Architekturbüro: Do Architects, Litauen (2014), Foto: Norbert Tukaj
- Abbildung 60 Tantimber, Foto: Tantimber, Türkei, Istanbul (2018)
- Abbildung 61 Lunawood, Projekt: RV-Haus, Architekturbüro: Marta Rocha & Fabien Vacelet, Portugal (2015), Foto: Tiago Casanova
- Abbildung 62 SWM-Wood
- Abbildung 63 Lunawood, Projekt: Mercat Barcelona, Architekturbüro: Maria Manrique & Gisela Planas, Spanien (2016), Foto: Pere Virgili
- Abbildung 64 Lunawood, Foto: Lunawood
- Abbildung 65 SWM-Wood
- Abbildung 66 SWM-Wood
- Abbildung 67 Lunawood, Projekt: Kapelle S. Pedro De Avioso, Architekturbüro: Susana Carvalho, Portugal (2018), Foto: Fábio Silva, Banema
- Abbildung 68 LDCwood, Projekt: Besucherzentrum A. Vogel, Zwaluwenburg, Niederlande, Limba-ThermoWood®, Thermo-D, Architekturbüro: Johan
- Abbildung 69 LDCwood, Projekt: AG Campus, Brüssel, Belgien, ThermoWood®-Kiefer, Thermo-D, vor Ort mit Brandschutzmittel behandelt, Architekturbüro: EVR Architecten
- Abbildung 70 LDCwood, Projekt: Sportverein, Gent, Belgien, ThermoWood®-Kiefer, Thermo-D, vor Ort mit Brandschutzmittel behandelt Architekturbüro: Servaas Vertongen
- Abbildung 71 International ThermoWood Association



Das vorliegende Handbuch enthält wichtige Informationen über Produkte aus thermisch modifiziertem Holz, die unter der Marke ThermoWood® verkauft werden. Es soll objektive Informationen über ThermoWood®-Produkte und deren Verwendung liefern.

Die intendierte Zielleserschaft sind Architekten, Bauplaner, Einzelhändler, Hersteller von Komponenten und Bauteilen, Bauunternehmer, Schreiner, Zimmerleute und Bildungseinrichtungen.

Die Organisation Rakennustuotteiden Laatu Säätiö sr (Finnische Stiftung für die Qualität von Bauprodukten) hat die Erstellung dieses Handbuchs finanziell unterstützt.

