



LAND
BRANDENBURG

Ministerium für Infrastruktur
und Landesplanung



Planen und Bauen mit Holz in Brandenburg

Grundlagen

Impressum

Herausgeber

Ministerium für Infrastruktur und Landesplanung des Landes Brandenburg (MIL)
Referat Presse, Öffentlichkeitsarbeit
Henning-von-Tresckow-Straße 2-8, 14467 Potsdam
www.mil.brandenburg.de

Fachliche Betreuung:

MIL Referat 24 Bauordnungsrecht, Oberste Bauaufsicht

Bearbeitung:

ZRS Architekten Ingenieure

Autorinnen und Autoren:

Andrea Klinge, Katja Barthmuss, Eike Roswag-Klinge

Titelabbildungen:

Oben von links nach rechts:

Fischbauchträger des Betriebsgebäudes Artis aus Konstruktionsvollholz, ZRS Architekten,

© Daniela Friebe

Forstamt Jena, cornelsen + seelinger architekten BDA | Pollmeier Massivholz GmbH & Co. KG,

© Thomas Eicken

Mensa der HNEE, andreas gehrke architekten, © Ulrich Schwarz

LELF Saatguthalle, ZRS Architekten Ingenieure, © Giacomo Morelli

Grünbrücke bei Luckenwalde, Schwesig + Lindschulte, © René Legrand

Großes Bild:

Schindelfassade Betriebsgebäude Artis | ZRS Architekten ingenieure, © Daniela Friebe

Stand: Dezember 2021

Auflage: 1.000 Exemplare

Layout und Druck:

LGB (Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg)

Veröffentlichungen, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Herausgebers.

Hinweis:

Diese Broschüre wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit des Ministeriums für Infrastruktur und Landesplanung herausgegeben. Sie darf nicht während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags- und Kommunalwahlen sowie für die Wahl der Mitglieder des Europäischen Parlaments. Unabhängig davon, wann, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Schrift dem Empfänger/ der Empfängerin zugegangen ist, darf sie auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Landesregierung zu Gunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

Vorwort



Das Bauen mit Holz ermöglicht, die CO₂-Emissionen signifikant zu reduzieren und einen Beitrag auf dem Weg zur Klimaneutralität im Jahr 2050 zu leisten. Daher fordern immer mehr Stimmen, das Bauen mit dem Baustoff Holz zu stärken und zu fördern.

Mit dem Europäischen Green Deal wurde Ende 2019 ein erstes Konzept vorgestellt, mit dem die Europäische Union bis 2050 klimaneutral werden soll. Als weiteren Schritt hat die Kommission zur Umsetzung des Europäischen Green Deals am 14. Juli 2021 unter dem Begriff „Fit for 55“ ein umfangreiches Klimaschutzpaket veröffentlicht. Mit „Fit for 55“ soll als Zwischenziel zur Klimaneutralität bis 2030 55 Prozent weniger Ausstoß von Treibhausgas gegenüber dem Stand des Jahres 1990 erreicht werden.

Das Land Brandenburg kann mit Fug und Recht als „Holzland“ bezeichnet werden. Brandenburg besitzt rd. 1,1 Millionen Hektar Wald. Das entspricht 37 Prozent der Landesfläche und 9,7 Prozent aller Wälder Deutschlands. Vor diesem Hintergrund veröffentlichen wir die Grundlagenbroschüre „Planen und Bauen mit Holz in Brandenburg“. Die Broschüre setzt die Publikationsreihe zum nachhaltigen Planen und Bauen in Brandenburg fort. Sie soll darstellen, welche Potenziale im Land Brandenburg in diesem Rahmen vorhanden sind.

Die Broschüre richtet sich an die breite Öffentlichkeit. Zunächst soll ein Überblick über Brandenburgs Wälder, die Holz- und Forstwirtschaft und über die Holzvorräte in die Thematik einstimmen. Anschließend werden die Potenziale aber auch mögliche Risiken im Holzbau betrachtet sowie die derzeit gültigen rechtlichen Grundlagen im Bauordnungsrecht dargestellt. Die Broschüre endet mit einer Beispielsammlung von Holzbauten in Brandenburg.

Zum Schluss will ich mich an dieser Stelle beim Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz, dem Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Energie sowie der Wirtschaftsförderung Brandenburg (WFBB) bedanken, die mit ihrer Expertise und konstruktiven Mitarbeit zum Gelingen der Broschüre beigetragen haben.

Ich wünsche Ihnen viel Freude mit der interessanten Lektüre.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Guido Beermann'.

Guido Beermann
Minister für Infrastruktur und Landesplanung des Landes Brandenburg

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	3
Inhaltsverzeichnis	4
1 HOLZ UND SEINE BEDEUTUNG FÜR BRANDENBURG	6
1.1 Herausforderungen für das Bauen von heute	6
1.2 Funktionen des Waldes	6
1.3 Klimaschutz	7
1.4 Schutz materieller Ressourcen	8
1.5 Nutzung als stoffliche Ressource	9
2 BRANDENBURGS WÄLDER	10
2.1 Waldvorkommen	10
2.2 Nachhaltige Forstwirtschaft	11
2.3 Holzvorräte	11
2.4 Schutz durch Nutzung	12
2.5 Waldumbau	12
2.6 Veränderung des Rohholzaufkommens	12
2.7 Funktionswidersprüche	13
3 VOLKSWIRTSCHAFTLICHE ASPEKTE VON HOLZ FÜR DAS LAND BRANDENBURG	14
3.1 Historische Nutzung von Holz	14
3.2 Wertschöpfungskette Holz	14
3.3 Forst- und Holzwirtschaft in Brandenburg	16
3.4 Ressourcenregion Berlin – Brandenburg	17
4 HOLZ ALS BAUSTOFF IN BRANDENBURG	20
4.1 Bedeutung des historischen Holzbaus in Brandenburg	20
4.2 Hölzer in Brandenburg	21
4.4 Nachhaltiges Bauen	24
4.5 Image des Holzbaus.....	27
5 KRITERIEN DER NACHHALTIGKEIT (ZERTIFIZIERUNG)	29
5.1 Nachhaltige Waldbewirtschaftung als Grundlage für Zertifizierungen.....	29
5.2 Gesetzliche Regelungen – regional und international.....	29
5.3 Zertifizierungen.....	30
5.4 Zertifizierungen in der Anwendung.....	31
5.5 Zertifizierungen der Wälder in Brandenburg	31
6 BAURECHTLICHE ASPEKTE DES BAUSTOFFES HOLZ	33
6.1 Holzbau in der Brandenburgischen Bauordnung	33
6.2 Muster-Holzbaurichtlinie – Anwendung in Brandenburg	35

7	BAUTECHNISCHE ASPEKTE DES BAUSTOFFS HOLZ	37
7.1	Eigenschaften von Holz	37
7.2	Holzprodukte	38
7.3	Holzbauweisen	40
7.5	Feuchteschutz	46
7.6	Holzschutz	46
7.7	Auswirkung von Holz auf das Raumklima	47
7.8	Schallschutz	51
7.9	Ökobilanzierung	52
8	MÖGLICHKEITEN DES WIRTSCHAFTLICHEN BAUENS MIT HOLZ IN BRANDENBURG	55
8.1	Wirtschaftliches Bauen	55
8.2	Modulbauweise	58
8.3	Low-Tech Ansätze	59
8.4	Holzbau im Lebenszyklus	60
8.5	Zukünftige Kostenreduktion durch technologische Weiterentwicklung	64
9	WICHTIGE ASPEKTE DES BAUSTOFFES HOLZ	66
9.1	So nachhaltig ist Holz wirklich!	66
9.2	Holzvorräte	67
9.3	Import aus nicht zertifizierten Wäldern	68
9.4	Transportwege	68
9.5	Technische Anforderungen	69
9.6	Holz in der Holzverbrennung	70
10	FORSCHUNG UND LEHRE ZUM HOLZBAU IN BRANDENBURG	71
10.1	Wichtigkeit von Holz in Forschung und Lehre	71
10.2	Forschung und Lehre an den Brandenburgischen Universitäten und Hochschulen	71
10.3	Forschung an weiteren Einrichtungen des Bundeslandes Brandenburg	72
11	HOLZBAUTEN IN BRANDENBURG (GEPLANTE/REALISIERTE)	74
	GLOSSAR	85
	REFERENZEN	88

1. HOLZ UND SEINE BEDEUTUNG FÜR BRANDENBURG

1.1 Herausforderungen für das Bauen von heute

Unsere Gesellschaft steht heute vor großen Herausforderungen. Das Bevölkerungswachstum und der damit einhergehende, steigende Rohstoffverbrauch fordern ein Umdenken im Umgang mit immer knapper werdenden Ressourcen. Die Folgen des Klimawandels, die sich zunehmend auch in Brandenburg abzeichnen, verlangen nach Maßnahmen, die CO₂-Emissionen signifikant reduzieren. Extremwetterereignisse wie Stürme, Starkniederschläge, Überschwemmungen und Hitzewellen werden zukünftig häufiger auftreten. Vorboten zeigten sich im Oktober 2017, als der Herbststurm „Xavier“ zahlreiche Schäden an Gebäuden und Fahrzeugen verursachte sowie im Sommer 2018, als verheerende Waldbrände annähernd 1.655 Hektar Wald vernichteten. Aktuell wird uns auch der Sommer 2021 mit den Flutkatastrophen in Rheinland-Pfalz und Nordrhein-Westfalen in Erinnerung bleiben. In der Region Berlin-Brandenburg lässt sich bereits ein Anstieg der Jahresdurchschnittstemperatur um 1 Grad Celsius feststellen. Wissenschaftler rechnen damit, dass Niederschläge im Sommer weiter abnehmen und Starkregenereignisse im Winter zunehmen.

Um zukünftig größere Schäden an Umwelt und Mensch zu vermeiden, ist es wichtig, nach Lösungsansätzen zu suchen und wirksame Maßnahmen zu ergreifen. Das Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK), das sich seit 1992 wissenschaftlich mit den Auswirkungen der Klimaveränderung beschäftigt, spricht in diesem Zusammenhang von „*Chancen für das Land, die in einem alternativen Klimaschutz-Szenario liegen*“. Wenn es gelingt die globalen Treibhausgasemissionen schrittweise zu senken, wird sich Brandenburg gegen die Auswirkungen des Klimawandels behaupten können. Um das beim Pariser Klimaabkommen vereinbarte 2 Grad Celsius Ziel zu

erreichen, muss ein Umbau der Gesellschaft erfolgen. Die dafür notwendigen Investitionskosten werden deutlich geringer ausfallen als die Kosten, die zur Behebung der prognostizierten Schäden erforderlich sein werden. Es geht darum, die Grundlagen für eine postfossile „*Wirtschafts- und Lebensweise*“ zu schaffen, welche die Treibhausgasemissionen deutlich verringern. Diese Transformation, die Wohlstand vom Einsatz endlicher Ressourcen entkoppelt, wird auch in Brandenburg neue Arbeitsplätze und Wirtschaftszweige schaffen. Die Verwendung von biobasierten, erneuerbaren Rohstoffen, die eine Mehrfachnutzung ermöglichen und damit eine zirkuläre Wirtschaft fördern, ist daher von enormer Bedeutung.

Vor diesem Hintergrund gewinnt die nachwachsende Ressource Holz, die als Rohstoff und Werkstoff sowohl stofflich als auch energetisch einsetzbar ist, zunehmend an Bedeutung. Diese Expertise soll die Möglichkeiten des Naturproduktes Holz vor allem in Bezug für das Bauen in Brandenburg beleuchten.

1.2 Funktionen des Waldes

Nicht erst als Bau-, Werk- oder Brennstoff kommt Holz eine besondere Bedeutung zu. Bereits die Wälder in Brandenburg erfüllen wichtige Funktionen für die Umwelt und auch für die Gesellschaft. Neben den Meeren sind Wälder die größten und wichtigsten Ökosysteme unseres Planeten. Sie bieten vielen Tier- und Pflanzenarten Lebensraum und tragen zu einer erhöhten Biodiversität bei. In Brandenburgs Wäldern leben seltene Arten wie die Sumpfschildkröte, der Schreiadler und das Auerhuhn, die in anderen Teilen Deutschlands ausgestorben sind. Waldökosysteme erzeugen einen hohen Anteil an Biomasse, die sowohl lebende als auch tote Stoffmasse wie Totholz, Humus, Laub- und Nadelstreu beinhaltet. Vor allem das Totholz ist im Ökosystem Wald als Lebensraum für viele Tier- und Pflanzenarten von zentraler Bedeutung.

Wälder regulieren zudem den Wasserhaushalt und sichern die Trinkwasserversorgung. Durch die Wasserspeicherfähigkeit trägt der Wald zur Minimierung von Hochwasserspitzen bei. Wälder sind aber auch wichtig für den Bodenschutz, da sie Erosion vorbeugen und dadurch für nährstoffreiche Böden sorgen. Außerdem reinigen sie die Luft, indem sie Stäube, Gase und auch radioaktive Stoffe filtern und Lärm und Geräusche dämpfen.

Für die Menschen in Brandenburg spielt der Wald als Erholungsort eine besondere Rolle. Weitläufige Wegenetze ermöglichen eine unentgeltliche Nutzung und stehen allen Altersgruppen gleichermaßen zur Verfügung. Für Kinder und Jugendliche ist der Wald Erlebnisraum. Menschen aus der Stadt nutzen den Wald zunehmend auch nach Feierabend und zur Wochenenderholung. Er dient als Ort zum Lernen für Schülerinnen und Schüler, Jugendliche aber auch Erwachsene. 1995 erklärte Brandenburg als erstes deutsches Bundesland die Waldpädagogik zur Dienstaufgabe aller Försterinnen und Förster. Dabei geht es um waldbezogene Umweltbildung und ein ganzheitliches Lernen im Lebensraum Wald. Als Lernort für ökologische Zusammenhänge zeichnet sich der Wald durch zahlreiche Alleinstellungsmerkmale aus.

1.3 Klimaschutz

Bewirtschaftete Wälder sind neben den Ozeanen und Mooren die wichtigsten CO₂-Speicher der Erde. Diese befinden sich sowohl in der Vegetation als auch in den Waldböden, dem sogenannten Waldspeicher. In Deutschland wird dieser auf insgesamt 2,5 Milliarden Tonnen beziffert. Die Speicherkapazität kann durch die Intensität der Bewirtschaftung beeinflusst werden und wird kleiner, wenn mehr Holz eingeschlagen wird als nachwächst. Durch das Wachstum der Bäume entzieht der Wald der Atmosphäre zusätzliches CO₂. In einem vereinfachten Ansatz wird davon



Abb. 1.1 und 1.2: Multitalent Wald, © Pixabay

ausgegangen, dass in einem Kubikmeter Holz etwa eine Tonne Kohlenstoff gebunden ist. Für Brandenburgs Wälder mit einer Gesamtholzmenge von 283 Millionen Kubikmeter bedeutet das, dass allein der Baumbestand 283 Millionen Tonnen CO₂ bindet.

Nach Angaben des Umweltbundesamtes ist jede Bundesbürgerin und jeder Bundesbürger im Jahr für den Ausstoß von durchschnittlich 11 Tonnen CO₂ verantwortlich. Um die globalen Klimaschutzziele zu erreichen, müsste dieser Ausstoß auf eine Tonne pro Person reduziert werden. Diese Menge wird aktuell allein durch die jährlichen Fahr-

ten mit dem Auto emittiert, wenn man von einem durchschnittlichen Benzinverbrauch von 8,5 Liter und einer Gesamtstrecke von knapp 5.000 Kilometer ausgeht.

Wird das Holz eingeschlagen und in Industrieprodukten oder Gebäuden verbaut, entsteht ein Holzproduktspeicher. Der Kohlenstoffspeicher verlagert sich für diese Zeit aus dem Wald in die daraus hergestellten Holzprodukte. Der jährliche Wald- und Holzproduktspeicher, inklusive der **stofflichen Substitution**, wird für Deutschland mit insgesamt 127 Millionen Tonnen CO₂ angegeben. Die Gesamtemissionen des Landes beliefen sich 2014 auf 900 Millionen Tonnen. Damit führen der Wald und die Nutzung von Holz zu einer beachtlichen Vermeidung von Emissionen in Höhe von 14 Prozent.

Als **stoffliche Substitution** wird der Einsatz von nachwachsenden Holzprodukten anstelle von nicht erneuerbaren materiellen Ressourcen bezeichnet. Dieser Ansatz vermindert den jährlichen CO₂-Ausstoß um ca. 30 Millionen Tonnen.

Ferner sind Wälder für die Sauerstoffproduktion und das Klima verantwortlich. Als größter terrestrischer, auf den Planeten Erde bezogener Kohlenstoffspeicher, steuern sie die

Verdunstung, die Wasserkreisläufe und damit auch das Wetter. Sie haben einen kühlenden Effekt auf die Atmosphäre und wirken der globalen Erderwärmung entgegen. Damit leisten Wälder einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz. Waldverlust und die Versiegelung von Naturräumen tragen im Umkehrschluss maßgeblich zum Klimawandel bei.

1.4 Schutz materieller Ressourcen

Auch in Bezug auf den Schutz materieller Ressourcen können Wälder einen wichtigen Beitrag leisten. Die zunehmende Verknappung materieller Ressourcen erfordert ein Umdenken im Umgang mit endlichen Rohstoffen. Ressourcen- und Materialeffizienz, sowie der verstärkte Einsatz nachwachsender Rohstoffe sollen vorhandene Bestände für zukünftige Generationen schonen. Durch den Einsatz von Holz können endliche, mineralische aber auch petrochemische Rohstoffe bewahrt werden. In den folgenden Einsatzbereichen trägt Holz bereits signifikant zum Ressourcenschutz bei oder kann dieses zukünftig in verstärktem Maße tun:

- Bausektor (Ingenieurbau, Holzbau)
- Handwerk (Innenausbau, Möbelbau, Bootsbau, etc.)
- Bioökonomie
- Bioenergie (Biotkraftwerke, Biogasanlagen)

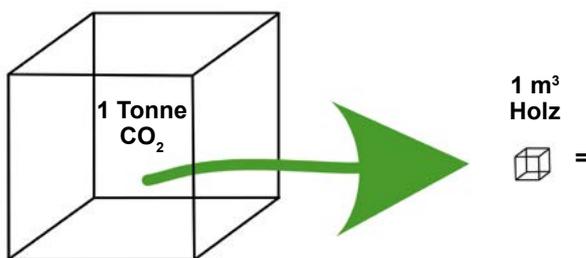


Abb. 1.3: CO₂-Speicherkapazität von 1 m³ Holz = 1 t proHolz Austria, © ZRS Architekten Ingenieure

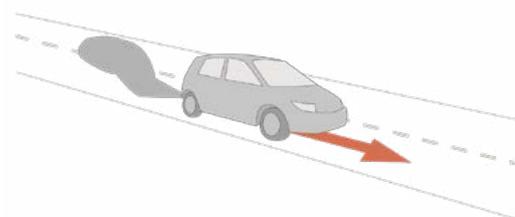


Abb. 1.4: CO₂-Emissionen durch 5.000 km Autofahrt = 1 t, © ZRS Architekten Ingenieure



Abb. 1.5: Bereiche in denen Holz oder Holzwerkstoffe nicht erneuerbare Rohstoffe ersetzen können, © FNR

Ressourcenschutz kann auch durch eine effiziente und langfristige Nutzung von Rohstoffen erreicht werden. Das Kreislaufwirtschaftsgesetz sieht die Mehrfachnutzung von Rohstoffen oder den daraus hergestellten Produkten vor. Ziel ist es, diese so lange wie möglich stofflich zu nutzen und erst am Ende des Lebenszyklus energetisch zu verwerten. Der Rohstoff Holz bietet über das Konzept der Kaskadennutzung ein enormes Potenzial für eine gesteigerte Ressourceneffizienz (siehe Kapitel 3).

Nachverdichtung auf Bestandsgebäuden interessant und für viele Anwendungen ein optimaler Baustoff. Als brennbares Material verliert Holz bei einem Brand in ausreichender Dimensionierung im Gegenteil zu Stahl nicht die Festigkeit. Holz oder Holzwerkstoffe finden auch Anwendung in der Möbelherstellung, als Verpackungsmaterial, in der Papierherstellung, als Chemiegundstoff oder als Brennstoff. Als nachwachsender Rohstoff ist Holz global eines der meist genutzten Pflanzenprodukte.

1.5 Nutzung als stoffliche Ressource

Die Anwendungsmöglichkeiten für die stoffliche Nutzung von Holz haben in den letzten Jahren stark zugenommen. Holz ist neben Lehm eines der ältesten Baustoffe der Menschheit. Nach seiner Verdrängung durch Materialien wie Stahl, Beton, Mauerziegel und Glas im Zuge der Industrialisierung kommt Holz wieder eine bedeutendere Rolle zu. Die Gründe dafür sind vielfältig. Als nachwachsende Ressource weist Holz nicht nur eine sehr gute CO₂-Bilanz auf, es ist auch fast überall lokal verfügbar. Beim Bauen findet es seit mehr als 40 Jahren wieder verstärkten Einsatz, da es sich Dank modernster Maschinenteknik einfach, präzise und zeiteffizient bearbeiten lässt. Durch das geringe Eigengewicht und den hohen Grad der Vorfertigung ist es gerade im Bereich der

2. BRANDENBURGS WÄLDER

2.1 Waldvorkommen

Im Jahr 2012 hat das damalige Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg (MLUL) erstmals eine landeseigene Waldinventur durchgeführt, die zusätzlich zur alle zehn Jahre stattfindenden Bundeswaldinventur ausgerichtet wurde. Diese detaillierte Bestandsaufnahme bildet die Grundlage für forstpolitische Entscheidungen, die eine nachhaltige Waldbewirtschaftung verfolgen.

Das Ergebnis der Baumzählung ergab, dass Brandenburg das walddreichste ostdeutsche Bundesland ist. 37 Prozent der Landesfläche sind bewaldet. Somit stellt der Wald für fast alle Regionen ein prägendes Landschaftselement dar. Mit einer Gesamtfläche von 1,1 Millionen Hektar erreicht es im bundesdeutschen Vergleich den fünften Platz. Der Anteil der Naturschutzgebiete liegt mit 8 Prozent der Landesfläche weit über dem bundesdeutschen Durchschnitt der in 2016 3,9 Prozent betrug.

Waldverteilung

Der Waldanteil ist über die Landesfläche leicht unterschiedlich verteilt und im Süden mit 43 Prozent am größten, gefolgt vom Norden mit 38 Prozent und der Mitte Brandenburgs mit 34 Prozent. Knapp zwei Drittel dieser Flächen befinden sich in der Hand von Privatbesitzerinnen und -besitzern. Die restlichen Wälder sind im Besitz der öffentlichen Hand. Der Landesbe-

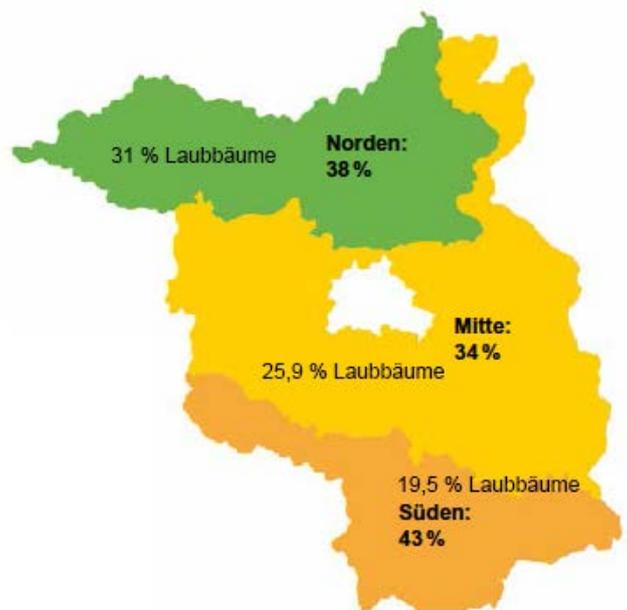


Abb. 2.1: Waldflächen und Laubbäume (Prozent) in Brandenburg, © MLUK

trieb Forst Brandenburg bewirtschaftet 25 Prozent der gesamten Waldflächen nachhaltig.

Baumarten

In Brandenburg gibt es 51 Baumarten. Die Kiefer macht 70 Prozent der Waldflächen aus, was einer Fläche von ca. 735.000 Hektar entspricht und ist vor der Eiche mit 6,7 Prozent und der Buche mit 3,3 Prozent die vorherrschende Spezies. Darüber hinaus gibt es Laub- und Nadelbaumarten wie Schwarzerlen, Eschen, Birken, Ahorn, Lärchen, Douglasien und Fichten, die zusam-

Tabelle 1: Übersicht über Waldbesitzer, Waldflächen, Anzahl Waldeigentümer und Holzeinschlag in Brandenburg, © MLUK

Daten/Quellen	Waldfläche [ha]	Waldeigentümer [N]	Holzeinschlag 2017 [Fm]
Bundeswald (6,2%)	68.909	1	195.608
Landeswald (25,8%)	286.466	1	1.041.534
Körperschaftswald (11,9%)	79.976	525	367.007
Privatwald (61%)	671.564	99.510	2.212.330
SUMME	1.106.915	100.037	4.270.077



Alle
2 Minuten
 wächst
1 Stockwerk
 nach

Abb. 2.2: Wachstumsraten von Holz in Brandenburg | ZRS Architekten Ingenieure,
 © Giacomo Morelli

men ca. 20 Prozent der Flächen ausmachen. Die Baumartenzusammensetzung ist regional unterschiedlich. Laubbäume sind stärker im Norden als im Süden Brandenburgs vertreten.

2.2 Nachhaltige Forstwirtschaft

Die nachhaltige Forstwirtschaft Brandenburg geht auf das 18. Jahrhundert zurück. In der Zeit erreichte die stoffliche aber vor allem die energetische Nutzung ihren Höhepunkt. Die Befeuerung der Glashütten mit Holz führte damals zu einer regelrechten Waldvernichtung. Der preußische Oberlandforstmeister Georg Ludwig Hartig verhalf der nachhaltigen Waldbewirtschaftung über seine „Anweisung zur Taxation des Waldes“ letztendlich zum Durchbruch, deren Grundgedanken der sächsische Oberberghauptmann Hans Carl von Carlowitz schon 1713 in seiner viel zitierten „*Sylvicultura oeconomica*“ formuliert hatte.

Heute sorgt das Waldgesetz des Landes Brandenburg für ein verantwortungsvolles Handeln und Bewirtschaften und sichert damit den langfristigen Walderhalt. Dieser geht weit über den damaligen, eher wirtschaftlich geprägten Grundgedanken „nur so viel Holz aus

dem Wald zu entnehmen wie nachwächst“ hinaus. Die Entwicklung „standortgerechter, naturnaher und produktiver Wälder“ soll „ökologischen, ökonomischen und sozial nachhaltigen“ Aspekten aber auch dem voranschreitenden Klimawandel Rechnung tragen. Ziel ist es, die nachhaltige Bewirtschaftung des Waldes so zu gestalten, dass sämtliche Waldfunktionen, die mitunter gegensätzlich sind, dauerhaft gesichert werden.

2.3 Holzvorräte

Die Holzvorkommen hängen stark von der Qualität der Böden und den Niederschlagsmengen ab. Brandenburg zählt mit im Durchschnitt 600 Milliliter Niederschlag pro Jahr zu den regenärmsten Regionen Deutschlands. Das Land ist zudem durch sandige Böden gekennzeichnet, die nur wenig Wasser speichern. Dennoch „steigen die Holzvorräte seit den Nachkriegsaufforstungen der 1950 Jahre stetig“. Ferner bedingen die Baumart und das Alter der Bäume die Höhe der Holzvorräte.

Laut Landeswaldinventur lassen sich bei den Holzvorräten in Brandenburg jährliche Steigerungen von 10,4 Millionen Kubikmeter verzeichnen. In Brandenburg wachsen somit in jeder

Minute 20 Kubikmeter Holz nach. Von diesen 10,4 Millionen Kubikmeter werden etwa 5,5 Millionen Kubikmeter eingeschlagen, sodass nur 53 Prozent des Zuwachses genutzt werden. Diese Zahlen unterstreichen, unabhängig von der Waldeigentümerin und dem Waldeigentümer, die nachhaltige Holznutzung in Brandenburgs Wäldern. Trotz hoher Inanspruchnahme von Waldflächen durch Infrastrukturmaßnahmen oder den Braunkohletagebau hat sich die Waldfläche insgesamt aufgrund von Aufforstungsmaßnahmen nicht verringert.

2.4 Schutz durch Nutzung

Die nachhaltige Nutzung des von der Forstwirtschaft zur Verfügung gestellten Rohholzes ist für die Erreichung der Klimaschutzziele von großer Bedeutung. Es ist daher wichtig, die Rohstoffversorgung langfristig zu sichern und Flächen für die Bereitstellung von Ressourcen, wenn möglich auszubauen. Zudem gilt es, bestehende Wälder effizienter zu bewirtschaften sowie ungenutzte Potenziale beispielsweise im Privatwald zu erschließen. Das Konzept „Schutz durch Nutzung“ zielt darauf ab, die wichtigen Schutzfunktionen des Waldes trotz wirtschaftlicher Nutzung des Waldes

sicher zu stellen und Naturschutz und Entnahme durch integrierte Managementlösungen in Einklang zu bringen. Ferner sieht es vor, den Wald durch Strategien wie den Waldumbau langfristig widerstandsfähiger und damit nachhaltiger zu machen.

2.5 Waldumbau

Die eingangs erwähnten Auswirkungen des Klimawandels als Folge anhaltender Trockenheit werden auch in Brandenburg stärker sichtbar (siehe Kapitel 1). Da in den großen, trockenen Nadelholzmonokulturen eine höhere Gefährdung durch Großbrände und Insektenfraß besteht, treibt Brandenburg den Waldumbau voran. Der vor 20 Jahren begonnene, intensive Waldumbau setzt auf naturnahe Laub- und Mischwälder heimischer Baumarten sowie auf eine Ergänzung klimatoleranter Baumarten wie Douglasie, Küstentanne oder Roteiche. Zwischen 1990 und 2014 wurden so 75.000 Hektar Kiefernwald mit Laubbäumen aufgewertet. Bei jüngeren Wäldern von einem Alter bis zu 20 Jahren liegt der Laubholzanteil bereits bei 54 Prozent der Fläche. Diese langfristige Laubholzbeimischung wird den Wald widerstandsfähiger machen.

Gesamt (Stand 2015)



Jungbäume (< 20 Jahre)

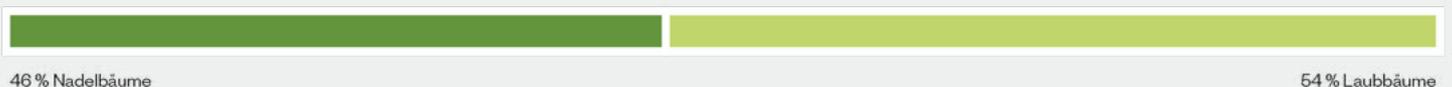


Abb. 2.3: Verteilung Nadelbäume und Laubholzbäume © ZRS Architekten Ingenieure

2.6 Veränderung des Rohholzaufkommens

Trotz aller Bemühungen für einen ökologischen Waldumbau wird die Kiefer immer die dominierende Baumart in Brandenburg bleiben und der Wald nur sehr langsam seinen Charakter verändern. Dem Markt werden erst in der Folge stärker als heute Laubhölzer auf dem Markt angeboten. Laubholz weist andere und stärker variierende Materialeigenschaften gegenüber Nadelholz auf. Historisch war die Nutzung von Laubholz auch in Brandenburg sehr viel stärker verbreitet. Stand Eiche ausreichend zur Verfügung, wurde dieses hochwertige Holz in Fachwerkkonstruktionen eingesetzt. In manchen Anwendungsbereichen war man auf Eiche oder Erle aufgrund der hohen Beständigkeit unter Bewitterung angewiesen. So ist beispielsweise die Museumsinsel in Berlin auf Eichenpfählen gegründet. Auch im Möbelbau oder bei Musikinstrumenten kam Laubholz oft zum Einsatz.

Bislang nutzen die Holzwirtschaft aber auch die Papierindustrie das heute bereits zur Verfügung stehende Laubholz nur wenig. 80 Prozent der holzwirtschaftlichen Produkte bestehen derzeit noch aus Nadelholz, da sich dieses nicht in Gänze durch Laubholz ersetzen lässt. Gründe dafür sind unerwünschte Verformungen bei der Trocknung oder ein verstärktes Schwinden und Quellen. Größere Mengen werden in der energetischen Verwertung eingesetzt, was im Sinne einer anzustrebenden Ressourcenschonung zukünftig vermieden werden sollte. Herausforderungen bei der Aufbereitung und Verarbeitung gilt es daher zu bewältigen, um innovative, marktaugliche Lösungen für den Einsatz von Laubholz zu schaffen. Im konstruktiven Holzbau gibt es dafür erste Ansätze (siehe Kapitel 3). Auch in der Holzwerkstoffindustrie werden Laubhölzer bereits erfolgreich eingesetzt. Selbst ausgesprochene Nadelholzprodukte wie Grobspanplatten werden in den USA seit 1980 aus

Laubhölzern hergestellt. In Bioraffinerien wird Laubholz in seine einzelnen Bestandteile zerlegt und es werden völlig neue Produkte und Werkstoffe daraus hergestellt.

2.7 Funktionswidersprüche

Die Flächennutzung in Brandenburg ist wie in anderen Bundesländern auch starken Konkurrenzen ausgesetzt. Wälder müssen zum Teil Siedlungs- und Verkehrsflächen weichen. Wie bereits erwähnt haben sich laut Landeswaldinventur die Waldflächen dennoch nicht verringert. Das ist maßgeblich auf das Waldgesetz des Landes Brandenburg zurückzuführen, welches vorsieht, dass verlorene Waldflächen an anderer Stelle wieder aufgeforstet werden müssen. Um heutigen und zukünftigen Generationen langfristig ein ökologisches Gleichgewicht sowie eine ökonomische Sicherheit zu bieten, sollten diese Nutzungskonflikte sorgsam in Einklang gebracht werden, um den Wald langfristig und nachhaltig zu bewahren. Die Waldvision 2030 greift diese Herausforderungen auf und sieht vor, dass ökologische Grundsätze bei der Umsetzung wirtschaftlicher Ziele beachten werden müssen.

3. VOLKSWIRTSCHAFTLICHE ASPEKTE VON HOLZ FÜR DAS LAND BRANDENBURG

3.1 Historische Nutzung von Holz

Holz hat seit jeher eine große volkswirtschaftliche Bedeutung in Brandenburg. Im 17. und 18. Jahrhundert bildete die Ressource sowohl „materiell als auch energetisch die Grundlage für die Industrialisierung aber auch die Entwicklung des Fernhandels im Norden Brandenburgs“. So sind historische Industrien wie beispielsweise Sägewerke auch heute noch volkswirtschaftlich von großer Relevanz. Glashütten zogen oftmals Ortsgründungen nach sich, wie es beispielsweise bei der Glashütte Annenwalde, Glashütte Baruth und Neuhütte bei Chorin der Fall war. Berufe wie Flößer, Pottaschesieder oder Heidereiter, die aus dem heutigen Alltag verschwunden sind, machen deutlich, wie sehr die reichen Holzreserven zum Wachstum des Landes beigetragen haben. Materiell wurde Holz unter anderem für den Bau von Gebäuden, Schiffen, Musikinstrumenten aber auch für die Herstellung von Schindeln, Rädern, Möbeln, Spielzeugen, Gefäßen, Patinen, Papier oder auch Uhren genutzt. Energetisch wurde Holz für die Befuerung von Glashütten, Teeröfen sowie für die Herstellung von Pottasche verwendet.



3.2 Wertschöpfungskette Holz

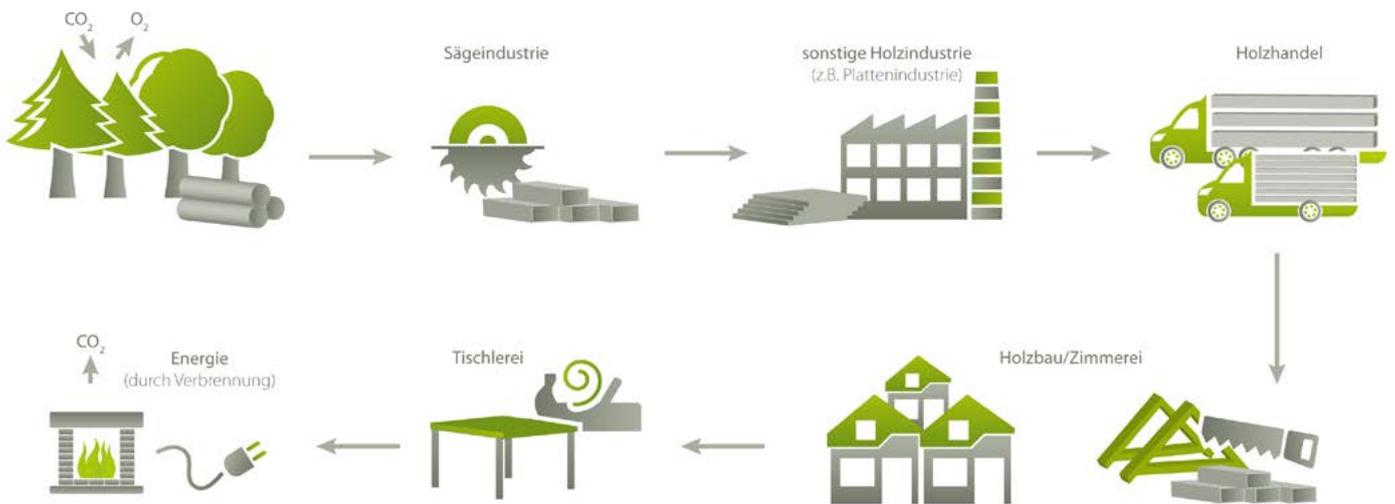
Mit der zunehmenden wirtschaftlichen Bedeutung des Rohstoffs Holz als nachwachsende Ressource ist die nachhaltige Nutzung von Rohholz Grundvoraussetzung für eine langfristig erfolgreiche Volkswirtschaft. Dabei bietet Holz wie kein anderer Werkstoff die Möglichkeit einer breit gefächerten, branchenübergreifenden Wertschöpfungskette. Eine solche setzt sich im besten Fall aus den folgenden Branchen zusammen:

- Forstwirtschaft
- Holzbe- und Holzverarbeitung
- Holz im Baugewerbe, Papiergewerbe, Verlags- und Druckereigewerbe und Großhandel
- Holzhandel mit Roh- und Schnittholz
- Energieerzeugung

Die Forstwirtschaft sorgt u. a. für eine nachhaltige Produktion des Rohstoffs. Dieser wird in Form von Rundholz gewonnen und von der Sägeindustrie zu Schnittholz, Sägefurnieren und anderen Holzprodukten weiterverarbeitet (siehe Kapitel 7). Diese Holzprodukte finden direkten Einsatz im Holzbau oder werden von Abbundwerken und Handwerksbetrieben häufig zu vorgefertigten Holzelementen in Form von Trägern, Stützen und Ähnlichem für das Bauwesen verarbeitet.

Die Holzwerkstoffindustrie zerkleinert Primär- und Sekundärrohstoffe wie z. B. Abschnitte aus der Sägeindustrie, für die Herstellung von Plattenwerkstoffen. Teilweise kommen Primärrohstoffe für die Plattenproduktion zum Einsatz, was in einer optimal ausgenutzten Wertstoffkette jedoch vermieden werden sollte. Je nach Größe des Spangutes entstehen daraus Produkte wie OSB-, Holzweichfaser-, Span- oder auch Mitteldichte und Hochdichte Faserplatten (MDF und HDF). Tischlereien

Abb. 3.1: Flößen nach traditionellem Vorbild,
© Otto Schinle



Mit der Forst- & Holzwirtschaft vernetzt:

- Maschinenbau
- Tragwerksplanung
- Architektur/Planung
- Produktion von Oberflächen-, Dämm- und Abdichtungsmaterialien
- Forschung & Entwicklung
- Ausbildung & Lehre

Abb. 3.2: Wertschöpfungskette von Holz, © proHolz Tirol

und die Möbelindustrie nutzen Plattenwerkstoffe für den Innenausbau und den Möbelbau.

Der Holzhandel ist untergliedert in die Warengruppen Roh- und Restholz, Altholz, Holzhalbwaren, Holzschliff und Zellstoff, Papier und Pappe sowie Fertigwaren. Die Packmittelindustrie stellt Verpackungen unter anderem auf Basis von Papier oder Holz her. Die Zell-

stoff- und Papierindustrie nutzt Frischfasern in Form von Hackschnitzeln nur zu einem sehr geringen Anteil für die Produktion von Zellstoff und Papier. In Brandenburg ist die Papierindustrie komplett auf die Nutzung von Altpapier eingestellt.

Im Sinne einer nachhaltigen und ressourcenschonenden Verarbeitung sollte der Rohstoff Holz in Anlehnung an eine **Kaskadennutzung**

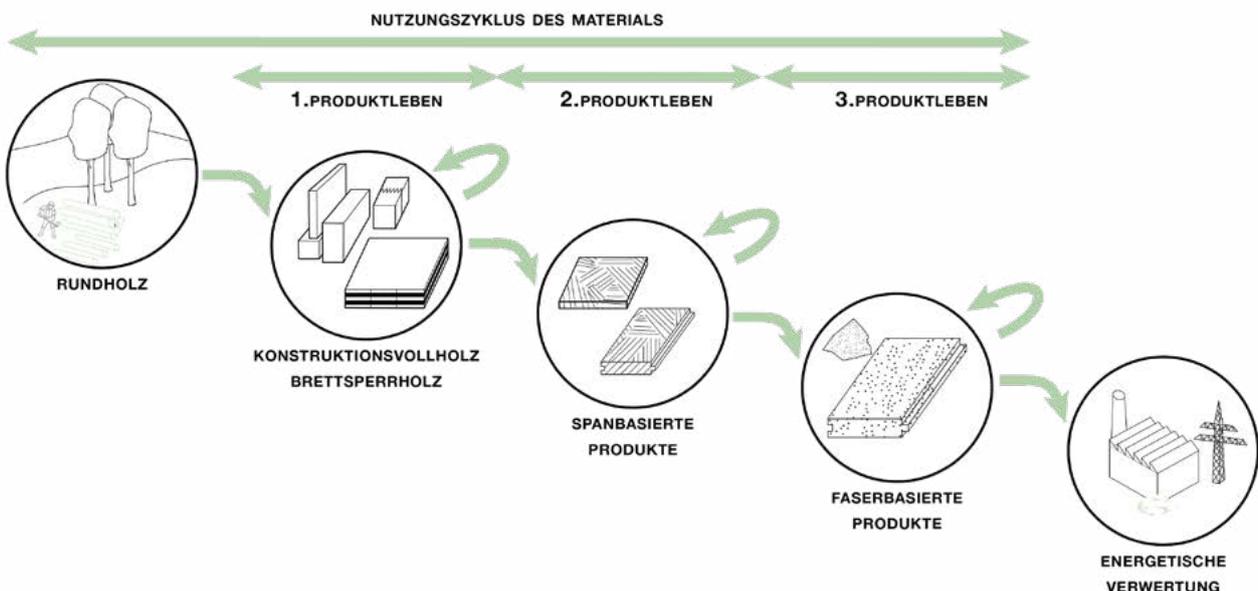


Abb. 3.3: Beispielhafte Holzskaskade, © ZRS Architekten Ingenieure

optimal genutzt werden. Die Verlängerung der stofflichen Nutzungsdauer großer Querschnitte ist dem frühzeitigen Zerkleinern von Rundholz oder der thermischen Verwertung vorzuziehen. Erst am Ende des Lebenszyklus sollten Holzwerkstoffe, die nicht weiter genutzt werden können, thermisch verwertet werden.

„Das Konzept der **Kaskadennutzung** von Holz beinhaltet im Wesentlichen ein Hintereinanderschalten von stofflichen Nutzungsarten, wobei ausgeschleuste Fraktionen bzw. das am Ende der Lebenszeit nicht weiter nutzbare Material thermisch verwertet werden.“

3.3 Forst- und Holzwirtschaft in Brandenburg

Die Branche in Zahlen

Aufgrund der ertragreichen Wälder Brandenburgs ist die Forst- und Holzwirtschaft volkswirtschaftlich bedeutend für das Land. Gerade in strukturschwachen, ländlich geprägten Regionen schafft der Wirtschaftszweig Arbeitsplätze und Investitionstätigkeiten. Im Jahr 2017 waren in der Forst- und Holzbranche insgesamt etwa 33.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in Unternehmen der gesamten Wertschöpfungskette von Holzernte, Holztransport und Handel bis hin zur Holzbe- und -verarbeitung beschäftigt.

Wirtschaftsförderung
Brandenburg | **WFBB**

Umsatz- und Beschäftigtenentwicklung / Anzahl der Betriebe

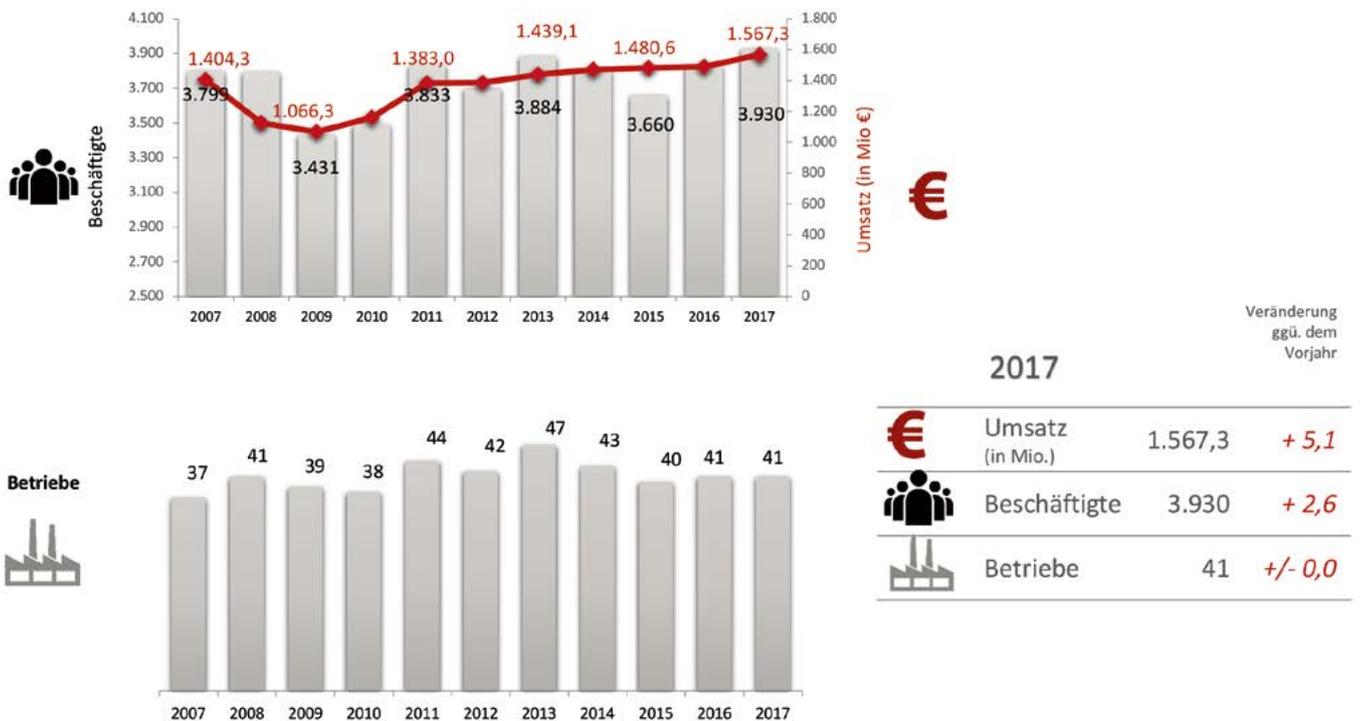


Abb. 3.4: Umsatz- und Beschäftigtenentwicklung und Anzahl der Betriebe der Brandenburger Holzwirtschaft, © Amt für Statistik Berlin-Brandenburg

Die Unternehmensstruktur ist, abgesehen von einigen wenigen relevanten Großunternehmen, überwiegend mittelständisch geprägt. In 41 Unternehmen mit mehr als 20 Beschäftigte wurde 2017 mit ca. 3.930 Beschäftigten ein Umsatz von fast 1,57 Milliarden Euro erwirtschaftet. Im Vergleich zum Vorjahr konnten diese Unternehmen ein Wachstum sowohl bei den Umsätzen von 5,1 Prozent als auch bei den Beschäftigungszahlen von 2,6 Prozent verzeichnen.

Der Schwerpunkt in Brandenburg liegt in der Weiterverarbeitung von Holz. Die Sägeindustrie und die extrem umsatzstarke Holzwerkstoffindustrie sind dabei die wichtigsten Geschäftszweige. Letztere erwirtschaftete 2017 ca. 78,4 Prozent des gesamten Absatzes der Holzwirtschaft. Geprägt ist diese Sparte durch mehrere Großunternehmen in Brandenburg, von denen drei zu den größten der Welt zählen. Die weiterverarbeitenden und veredelnden Branchen wie beispielsweise der Möbelbau sind in der Unternehmenslandschaft weniger stark vertreten. Ferner gibt es viele innovative Handwerksbetriebe wie Zimmereien und Tischlereien, aber auch Holzbauer, die vor allem für die Weiterentwicklung des Holz- und Holzingenieurbaus von großer Bedeutung sind. Die gesamte Holzbranche ist stark exportorientiert und erzielt etwa 28 Prozent des Umsatzes im Ausland.

Innovative Produktionsstandorte

Brandenburg verfügt über innovative Produktionsstandorte, die sehr effektiv die Prozesskette in der Holzverarbeitung nutzen und Synergieeffekte der vorhandenen Produktstraßen ausschöpfen. Ein mustergültiges Beispiel dafür ist das 80 Kilometer südlich von Berlin liegende Holzkompetenzzentrum Baruth. Seit dem 18. Jahrhundert ist der Ort durch die Nutzung von lokal verfügbarem Holz geprägt. 1716 wurde hier in Folge eines verheerenden Sturmschadens und den daraus resultierenden Mengen an Brennholz eine Glasmachersiedlung samt Wohnungen für die

Belegschaft, Schule, Försterei und Gastwirtschaft angesiedelt. Die Produktion wurde erst 1980 eingestellt und ist heute im Museumsdorf Baruther Glashütte zu besichtigen. Seit 1993 ließen sich in Baruth modernste Betriebe der Holzindustrie nieder, deren Vorreiter ein Sägewerk war. Im Jahr 2001 siedelten sich ein Holzfaserplattenhersteller, ein Aufbereitungswerk für Alt- und Restholz sowie ein Biomassekraftwerk an. 2002 kam ein Laminatproduzent hinzu, der vier Jahre später seine Produktion auf Holzfaserplatten erweiterte. Das Biomassekraftwerk produziert aus den Resthölzern Energie für die Unternehmen vor Ort. Insgesamt arbeiten in Baruth aktuell etwa 1.200 Beschäftigte.

Ein vergleichbarer Standort mit direktem Zugang zu lokalen Ressourcen befindet sich ungefähr 110 Kilometer nordöstlich von Berlin in Heiligengrabe, wo neben Faserplatten auch Laminatböden hergestellt werden und etwa 700 Beschäftigte arbeiten. Hier wird die Energieversorgung durch ein Biomassekraftwerk über Holzabfall vom Unternehmen selbst gewährleistet. Im nahe gelegenen Pritzwalk wiederum werden Furniere und hochwertige Laminatfußböden hergestellt, die weltweit exportiert werden. Ein weiterer Holzverarbeiter hat sich auf Holzprodukte für den Außenbereich spezialisiert. Ein Ingenieurholzbaubetrieb mit eigener Zimmerei, Tischlerei, Schlosserei sowie Fassadenbau ist als planendes und ausführendes Unternehmen in der Region angesiedelt. Betriebe, die sich stärker auf die Nutzung von Schnittholz konzentrieren, könnten in Zukunft an beiden Standorten die Wertschöpfung weiter steigern.

3.4 Ressourcenregion Berlin – Brandenburg

Die Region Berlin Brandenburg ist aktuell geprägt durch einen enormen Druck auf den Wohnungsmarkt. Dieses gilt für Berlin in viel stärkerem Maße als für Brandenburg. Aber



Abbildungen 3.5 und 3.6: Innovativer Ingenieurbau: Alnatura Hochregallager aus Holz. BFK Architekten, © Marc Doradzillo

auch in Brandenburgs Städten wird der Wohnraum, bedingt durch einen voranschreitenden Verstärkerprozess, zunehmend knapper. Ferner hat der Berliner Senat ein milliardenschweres Schul- und Kitabauprogramm aufgelegt. Die sogenannte Schulbauoffensive stellt in den nächsten 10 Jahren insgesamt 5,6 Milliarden Euro für den Bau von 60 neuen Schulen, die Sanierung sowie den baulichen Unterhalt von 700 Bestandsschulen bereit. Die zu planenden Maßnahmen sollen vorzugsweise in Holzbauweise umgesetzt werden. Außerdem sollen in den kommenden Jahren 3.400 neue Kitaplätze in Holzbauweise aus Fertigteilen entstehen. Die Kosten für die Kita-Offensive belaufen sich auf 120,5 Millionen Euro.

Die dringend notwendige Bereitstellung von Wohnraum in Brandenburg und Berlin sowie die Sanierung von Bestandsgebäuden bieten neben den ambitionierten Berliner Bauprogrammen enormes Potenzial und Chancen für den Ausbau der Ressourcenregion. Um die geplanten Projekte erfolgreich in Holzbauweise umsetzen zu können ist

es maßgeblich, dass entsprechende Holzbaunternehmen und Kapazitäten am Markt verfügbar sind. Der traditionelle Holzbau in Brandenburg weist hingegen eine eher mittelständisch geprägte Unternehmensstruktur auf. Dennoch gibt es in Brandenburg und Berlin zahlreiche Beispiele für die erfolgreiche Umsetzung mehrgeschossiger Gebäude in Holzbauweise mit Unternehmen aus der Region. Diese sind von handwerklich-mittelständischen Unternehmen, vom industriellen Fertigtbau und von Unternehmenszusammenschlüssen lokaler Holzbaunternehmen realisiert worden.

Potenziale für die Zukunft

Der Rohstoff Holz birgt als nachwachsende Ressource großes Potenzial für eine nachhaltige Volkswirtschaft. Dem Bereich des Bauens kommt dabei eine besondere Bedeutung zu. Im Gebäudesektor sind in den nächsten Jahren größere Umbrüche zu erwarten. Die von der Bundesregierung bis 2050 angestrebte Klimaneutralität und die Forderungen der Europäischen Union im Zusammenhang mit dem Europäischen Grünen Deal sowie die gestei-



gerte Ressourceneffizienz fordern stärker als bisher ein Nachdenken über die richtige Lösung. Baustoffe werden vermehrt dort zum Einsatz kommen, wo ihre Potenziale bestmöglich genutzt werden können.

Im modernen Holzbau ist ein Bestreben nach größeren Spannweiten mit immer leichteren Konstruktionen erkennbar und wird in den nächsten Jahren zu innovativen Lösungen im Bereich von Tragwerken, Hallen sowie Brücken führen. Der Ingenieurholzbau bietet vielversprechende Ansätze effiziente Tragstrukturen mit geringem Holzanteil ressourceneffizient zu entwickeln.

Der ökologische Waldumbau (siehe Kapitel 2) wird langfristig zu einem veränderten Rohstoffangebot führen. Hochwertige Laubhölzer wie Buche und Eiche werden zunehmend für den Holzbau zur Verfügung stehen. Diese Sorten bieten ein hohes Potenzial für den Markt, da sie höhere Festigkeiten als Nadelhölzer aufweisen. Dadurch lassen sich schlankere Konstruktionen realisieren. Vor allem für den konstruktiven Holzbau, der zunehmend durch

große Spannweiten für nutzungsneutrale Gebäude geprägt ist, birgt das Möglichkeiten für materialeffizientere Konstruktionen. Erste Ansätze für innovative Lösungen gibt es bereits. Konstruktives Furnierschichtholz aus Buche findet mittlerweile Einsatz in öffentlichen aber auch privaten Gebäuden in Form von Trägern und Wandelementen für den Innenausbau sowie Möbeln. Laubhölzer bergen aber auch Herausforderungen wie beispielsweise ein erhöhtes Schwindmaß, die es zukünftig zu überwinden gilt.

Zweifelloos wird auch die zunehmende Digitalisierung neuartige Produktionstechniken nach sich ziehen. Erste Ansätze im 3D-Druck auf Basis von Cellulosefasern werden genutzt, um Alltagsgegenstände wie Becher aber auch dreidimensionale Bauteile herzustellen. Das verwendete Bindemittel macht die gedruckten Holzteile wasserfest und langlebig.

4. HOLZ ALS BAUSTOFF IN BRANDENBURG

4.1 Bedeutung des historischen Holzbaus in Brandenburg

Das Bauen mit Holz hat in Brandenburg eine lange Tradition. Schon im 7. Jahrhundert errichteten die slawischen Lusizi, sogenannte „Sumpfbewohner“, Block- oder Schrotholzbauten in offenen Ansiedlungen in der Niederlausitz. Auch sorbische Dörfer in der nördlichen Oberlausitz waren durch den Schrotholzbau geprägt. Zum Bau der Häuser wurden überwiegend Kiefern gewählt. Die spiralförmige Ablösung der Rinde vor der Fällung regte die Bäume zu vermehrter Harzbildung an, was die Haltbarkeit des Holzes verbesserte. Nach der Fällung wurden die runden Kiefernstämme mit einer Axt zu Vierkant-hölzern behauen, die aufeinander geschichtet glatte Wände bildeten. In der zweiten Hälfte des 9. Jahrhunderts entstanden in der Niederlausitz nahezu 50 Burgen mit ringförmigen Wallanlagen aus Holz, Erde, Sand und Lehm. Dazu wurden Eichenbalken in Holz-Rost-Bauweise abwechselnd in Längs- und Querrichtung geschichtet und die Zwischenräume mit Erde und Steinen verfüllt. Im brandenburgischen Raddusch ist es gelungen, eine dieser Burganlagen teilweise zu erhalten und sie für interessierte Besucherinnen und Besucher zugänglich zu machen. Bis Mitte des 19. Jahrhunderts war der Holzfachwerkbau in Brandenburg die gängigste Bauweise im ländlichen Bereich. Auch der Blockbau, eine Massivbauweise in Holz, ist bis heute vereinzelt in südöstlichen Gebieten Brandenburgs zu finden.

Mit der Industrialisierung und damit einhergehenden neuen Verarbeitungs- und Bautechniken sowie preiswerten Transportmöglichkeiten über weite Strecken gewannen in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts andere Materialien wie Stahl oder Beton an Bedeutung und verdrängten den Holzbau weitestgehend. In Preußen sank der Anteil von 1816 bis 1883 von 50 auf nur noch 10 von 100 Neubauten. Die Preisentwicklungen des Rohstoffs nach dem ersten Weltkrieg machten Holzhäuser zudem sehr kostspielig.

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts gab es auch im Holzbau technische Neuerungen. Unter anderem mit der Rationalisierung der Tafel- und Skelettbauweise durch den Architekten Konrad Wachsmann boten sich wirtschaftlichere Lösungen für den Holzbau. Es entstanden Schulen, Bürobauten und Turnhallen aber vor allem Wohnhäuser wie beispielsweise das Haus für Albert Einstein in Caputh.

Einsteins Sommerhaus

Das Sommerhaus der Familie Einstein in Caputh wurde 1929 von dem Architekten Konrad Wachsmann in einem industriell vorgefertigten Holzbausystem geplant und realisiert. So konnte der Bau innerhalb von vier Wochen vor Ort fertiggestellt werden. Später entwickelte Konrad Wachsmann das General-Panel-System, ein Fertighausssystem aus hölzernen Bauplatten, die durch Hakenverschlüsse verbunden wurden und in die bereits die elektrischen Installationen integriert waren. Zwei Jahre zuvor wurde in Kleinmachnow eins der ersten Fertighäuser errichtet.

Haus Vilmar

Das Haus Vilmar wurde im Jahr 1927 unter der Führung des Baumeisters Werner Schenck ebenfalls als Sommerhaus erbaut. Bei der Konstruktion handelt es sich um ein vorgefertigtes Holzständerwerk. Im Jahr 2000 wurde das Gebäude unter Denkmalschutz gestellt und 2006 umgebaut und instandgesetzt. Die Entwicklung des Holzbaus wurde durch den zweiten Weltkrieg unterbrochen. Nach dem Ende des Kriegs wurde auch in Brandenburg sehr schnell auf Beton und andere mineralische Baustoffe gesetzt, während der Holzbau nur eine untergeordnete Rolle spielte. Unterstützt durch heute verfügbare leistungsfähige Holzwerkstoffe und moderne Verbindungsmittel, eröffnet der Holzbau neue Potenziale, was dazu führt, dass er heute zunehmend als modern und zukunftsweisend wahrgenommen wird.



Abb. 4.1: Einsteins Sommerhaus in Caputh, Konrad Wachsmann | Einstein Forum, © Hans Bach



Abb. 4.2: Haus Vilmar in Kleinmachnow. Werner Schenk | Müller-Stüler und Höll Architekten, © Florian Höll

4.2 Hölzer in Brandenburg

Brandenburg ist bekannt für seine „Märkische Kiefer“. Neben ihr sind in Brandenburgs Wäldern unter anderem Eichen, Buchen, Fichten und Lärchen zu finden (siehe Kapitel 2).

Das Holz der verschiedenen Baumarten zeichnet sich durch unterschiedliche Eigenschaften und Anwendungsbereiche aus.

Kiefer

Das Kernholz der Kiefer in rötlichgelbem bis rotbraunem Farbton unterscheidet sich deutlich vom dem eher gelblichweißen bis rötlichweißen Splintholz. Das Holz weist eine gut erkennbare gestreifte Zeichnung auf. Die Kiefer ist bei mittelmäßigem Gewicht mäßig hart und vor allem das Kernholz besitzt günstige Eigenschaften bezüglich der Witterungsfestigkeit. Die Behandlung und Bearbeitung der Oberflächen des Kiefernholzes sind gut zu bewerkstelligen, wobei jedoch der hohe Harzgehalt erschwerend wirken kann. Die Kiefer wird bevorzugt als Konstruktionsholz im Hoch-, Tief- und Wasserbau eingesetzt. Aufgrund der Dauerhaftigkeit eignet sich diese Holzart auch für Fenster, Tore und Fassadenelemente im Außenbereich, sowie für Bekleidungen und Böden im Innenbereich und die Spanplattenproduktion.



Abb. 4.3: Kiefer,
© Informationsdienst Holz

Eiche

Auch bei der Eiche differenziert sich das Kern- und Splintholz farblich voneinander. Das schmale Splintholz weist ein weißliches Gelb auf, während sich das Kernholz durch ein Gelbbraun auszeichnet. Das Holz ist grobporig und verfügt über eine prägnant gestreifte Zeichnung. Die Eiche ist mittelschwer bis schwer und besitzt neben den ausgezeichneten Festigkeits- und Elastizitätseigenschaften einen hohen Abnutzungswiderstand. In Verbindung mit Feuchtigkeit entstehen durch Eisenmetalle blauschwarze Flecken auf dem Holz, während sich dieses wiederum korrodierend auf Eisen auswirkt. Das Kernholz weist eine hohe Witterungsbeständigkeit auf und ist unter Wasser nahezu unbegrenzt haltbar. Verwendung findet die Eiche vor allem in den Bereichen des Hoch- und Tiefbaus aber auch im Boots- und Schiffbau.



Abb. 4.4: Eiche,
© Informationsdienst Holz

Buche

Bei dem Laubholz der Buche unterscheiden sich Splint- und Kernholz in Bezug auf die farbliche Einordnung kaum. Die teils gleichartigen Farbtöne reichen vom Blassgelb bis zum gedämpften Rotbraun. Das Holz der Buche fällt feinporig aus und gestaltet sich aufgrund seiner homogenen Struktur eher schlicht. Die Holzart ist mittelschwer bis schwer. Der hohe Härtegrad und die Abriebfestigkeit verleihen der Buche gute Festigkeitseigenschaften. Buchenholz ist stark schwindend und nicht witterungsfest. Die Oberfläche des Holzes ist gut zu bearbeiten. Die Buche ist vielseitig einsetzbar und wird hauptsächlich für die Herstellung von Möbeln, im Innenausbau und für Span- und Faserplatten verwendet. Außerdem wird das Holz in neuen Verfahren zu Funierschichtholz für tragende Bauteile verarbeitet.



Abb. 4.5: Buche,
© Informationsdienst Holz

Fichte

Das Holz der Fichte ist gleichmäßig hellfarbig, wobei die gelblich-weiße Färbung unter Lichteinfluss gelblichbraun nachdunkelt. Zudem hat das Holz eine markante gestreifte Zeichnung. Bei mittelschwerem Gewicht ist das Fichtenholz eher weich, verfügt jedoch über sehr günstige Festigkeits- und Elastizitätseigenschaften im Verhältnis zu seinem Gewicht. Es ist wenig schwindend, bietet jedoch kaum Witterungsfestigkeit, weshalb bei der Verwendung im Außenbereich baulich-konstruktive Schutzmaßnahmen vorzusehen sind. Aufgrund der vielseitigen Anwendung von Fichtenholz handelt es sich um die wirtschaftlich wichtigste einheimische Holzart. Es ist das am häufigsten verwendete Bau- und Konstruktionsholz und wird beispielsweise für Brettschichtträger mit Spannweiten von mehr als 100 Meter genutzt. Außerdem wird es sowohl im Innenausbau (Möbelbau), als auch im Außenbereich (Zäune, Spielgeräte) vielfältig eingesetzt.



Abb. 4.6: Fichte,
© Informationsdienst Holz

Lärche

Bei der Lärche unterscheiden sich Splint- und Kernholz farblich voneinander und reichen von einem hellgelben Farbton des Splintholzes bis hin zu einem leuchtenden Rot im Kernholz. Aufgrund der markanten Zeichnung des Holzes gilt es als sehr dekorativ. Die Lärche ist das schwerste und zugleich härteste heimische Nadelholz in Brandenburg, weshalb es sich dabei um ein ausgezeichnetes Bau- und Konstruktionsholz handelt. Es ist nur mäßig schwindend und die Oberfläche lässt sich problemlos bearbeiten. Das Holz ist sehr harzhaltig und besitzt neben der Witterungsresistenz auch eine Robustheit gegenüber Chemikalien. Lärchenholz wird gern im Außenbereich als Wetterschale und im Wasserbau eingesetzt.



Abb. 4.7: Lärche,
© Informationsdienst Holz

4.3 Moderner Holzbau in Brandenburg

Nachhaltiges Planen und Bauen leistet in Brandenburg einen großen Beitrag zur Ressourcenschonung, Reduzierung umweltschädlicher Emissionen und Energieeinsparung und damit zur Verbesserung des Klimas. Im Speziellen ist das Bauen mit Holz eine der effektivsten Methoden CO₂-Emissionen zu reduzieren.

Holzprodukte finden in Brandenburg zunehmend Verwendung – und das in allen Gebäudetypologien. Oft werden sie auch für die Gestaltung von Innenräumen oder für die Ausstattung von öffentlichen Außenanlagen eingesetzt.

Neubauten

Vor allem im Bereich Neubau ist seit 2013 ein stetiger Anstieg von Gebäuden in Holzbaweise zu verzeichnen. Im Jahr 2017 wurden 13,8 Prozent aller fertiggestellten Gebäu-

de mit einem überwiegenden Holzanteil errichtet (siehe Tabelle 2). Diese Tendenz ist auch in den Zahlen der Baugenehmigungen 2017 wiederzufinden. Der Anteil der genehmigten Bauten in Holzbaweise liegt hier bei 14,2 Prozent. Das Spektrum reicht vom Wohnungsbau über Gewerbe-, Schul- und Kommunalbauten bis zu Hallen- und Verkehrsbauwerken.

Bauen im Bestand

Beim Bauen im Bestand, abgesehen von Sanierungen, spielt der Baustoff Holz in Brandenburg derzeit noch keine Rolle. Nach Angaben des Amtes für Statistik Berlin-Brandenburg ist der Anteil des Holzbaus bei wohnraumschaffenden oder -verändernden Maßnahmen in den letzten sieben Jahren unverändert nicht vorhanden. In Bezug auf das aktuelle Thema der Nachverdichtung in den Städten Brandenburgs sind große Potenziale in Erweiterungen von Bestandsbauten zu erkennen.

Tabelle 2: Neubauten und Bestandsgebäude

2017	Baufertigstellung Gesamt	Baufertigstellung Holzbau	Prozentualer Anteil des Holzbaus
Neubauten	6314	873	13,8 %
Baumaßnahmen im Bestand	1912	-	0 %

Tabelle 3: Bestandsgebäude in Brandenburg nach Baujahr (Stand 2011)

Baujahr	Alter der Gebäude	Anzahl der Gebäude	Prozentualer Anteil des aktuellen Bestands
1991 – 2011	7 – 27	208.718	33,1 %
1949 – 1990	28 – 69	160.048	25,4 %
1919 – 1948	70 – 99	152.810	24,2 %
Vor 1919	> 99	109.479	17,4 %

Über 40 Prozent des Gebäudebestandes in Brandenburg wurden vor mehr als 70 Jahren erbaut. Gebäude aus den Baujahren 1949 bis 1990 machen einen Anteil von knapp über 25 Prozent des Bestands aus (siehe Tabelle 3). Ein Großteil der Gebäude, die vor 1980 errichtet wurden, entsprechen nicht dem aktuell geforderten energetischen Standard und weisen einen erhöhten Wärmebedarf auf. Bereits vor zehn Jahren wurden im Rahmen des europäischen Forschungsprojektes TES EnergyFacade vorgefertigte Holzrahmenelemente als nachhaltige Lösungen für energetische Gebäudesanierungen entwickelt und damit auch auf diesem Gebiet die Vorteile des Holzbaus aufgezeigt.

Bauherren

Der Großteil der in Holzbauweise errichteten Gebäuden wurden im Jahr 2017 durch private Bauherren umgesetzt. 11,3 Prozent der privaten Bauherren entschieden sich für den Holzbau. Der prozentuale Anteil an den Gesamtfertigstellungen ist damit wesentlich höher als bei öffentlichen Bauherren. Unternehmen bauen im Vergleich zu den privaten Bauherren fast ebenso oft in Holzbauweise. Für Organisationen ohne Erwerbszwecke wurden sogar knapp ein Fünftel der fertiggestellten Gebäude als Holzbauten errichtet (siehe Tabelle 4).

Wohnungsbau

Im Jahr 2017 waren die meisten neu errichteten Holzgebäude in Brandenburg Wohngebäude. Es wurde ein Holzbau-Rekord in diesem Jahr verzeichnet: 758 Wohnungs-

bauten wurden in Holzbauweise fertiggestellt (siehe Tabelle 5). Der prozentuale Anteil von Holzbauten mit ein bis zwei Wohnungen liegt wesentlich höher als bei denen mit drei oder mehr Wohnungen. Aber auch im Bereich der Gebäude mit drei oder mehr Wohnungen in Holzbauweise war in den Jahren zuvor ein kleiner Anstieg zu verzeichnen.

Nichtwohnungsbau

Auch Nichtwohnungsbauten werden verhältnismäßig oft in Holzbauweise realisiert. Der prozentuale Anteil der Baufertigstellung liegt mit 17,1 Prozent sogar noch höher als bei den Wohnungsbauten. Hier heben sich vor allem die Gebäudetypologien Hotel und Gaststätten mit einem Anteil von 42,1 Prozent ab. Landwirtschaftliche Betriebsgebäude werden zu 25 Prozent in Holzbauweise errichtet. Der Anteil an Büro- und Verwaltungsgebäuden ist hingegen eher gering.

Ausblick

Durch den seit Jahren immer knapper werdenden Wohnraum in Berlin steigen auch im Berliner Umland die Mieten deutlich an. Der Druck auf den Wohnungsmarkt ist dadurch in Brandenburg beträchtlich gestiegen. Effiziente Nachverdichtung und Neubau in mehrgeschossiger Holzbauweise können hier Abhilfe schaffen.

4.4 Nachhaltiges Bauen

Nachhaltig bauen bedeutet, Gebäude ressourcenschonend zu planen, umzusetzen und darüber hinaus auch über den gesamten

Tabelle 4: Bauherren

2017	Baufertigstellung Gesamt	Baufertigstellung Holzbau	Prozentualer Anteil des Holzbaus
Öffentlicher Bauherr	156	2	1,3 %
Privater Bauherr	6612	744	11,3 %
Unternehmen	1392	144	10,3 %
Organisationen (ohne Erwerbszweck)	66	13	19,7 %

Tabelle 5: Art der Gebäude

2017	Baufertigstellung Gesamt	Baufertigstellung- Holzbau	Prozentualer Anteil Holzbaus
Wohnungsbauten	5643	758	13,4 %
1 Wohnung	5036	715	14,2 %
2 Wohnungen	266	33	12,4 %
3 oder mehr Wohnungen	335	10	3,0 %
Wohnheime	6	-	0 %
Nichtwohnungsbauten	671	115	17,1 %
Anstaltsgebäude	11	-	0 %
Büro- und Verwaltungsgebäude	65	3	4,6 %
Landwirtschaftliche Betriebsgebäude	56	14	25,0 %
Nichtlandwirtschaftliche Betriebsgebäude	434	79	18,2 %
Fabrik und Werkstattgebäude	119	3	2,5 %
Handelsgebäude	81	4	4,9 %
Warenlagergebäude	154	8	5,1 %
Hotels und Gaststätten	140	59	42,1 %
Sonstige Bauten	105	19	18,1 %
Infrastrukturgebäude	101	9	8,9 %

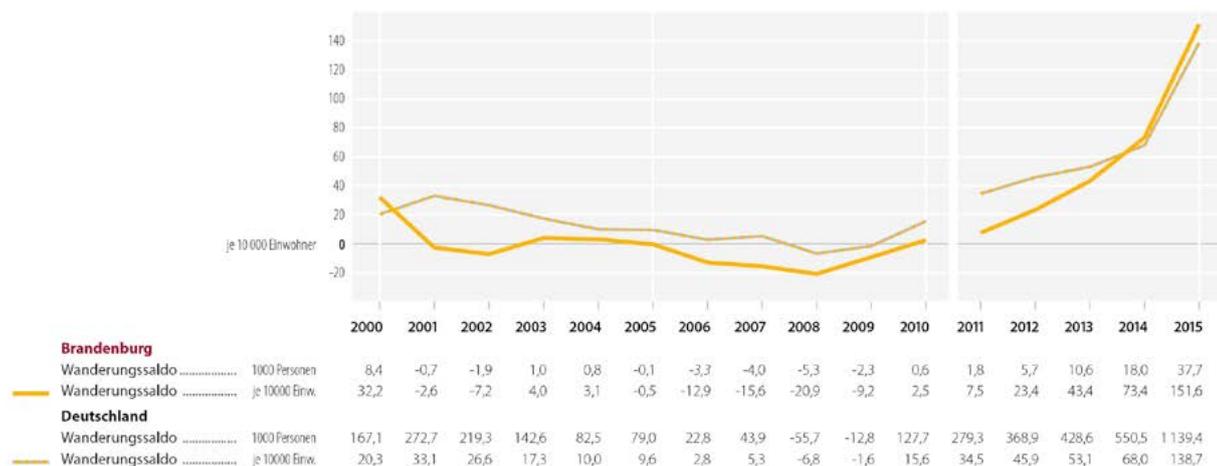


Abb. 4.8: Wanderungssaldo in Brandenburg © Amt für Statistik Berlin-Brandenburg + MLUK

Lebenszyklus zu betreiben, um den Bedürfnissen kommender Generationen Rechnung zu tragen. Dies umfasst die Herstellung der Baustoffe, die Errichtung und den Betrieb, sowie den Rückbau des Gebäudes, die Rückführung in den Nutzungskreislauf und letztlich wo notwendig auch die fachgerechte Entsorgung der Bauprodukte (siehe Kapitel 8).

Grundsätze der Planung

Die Grundlage für die Beurteilung der Nachhaltigkeit von Bauwerken bildet die ISO 15392 (2008) „Sustainability in building construction - General principles“. Darin werden unter anderem die drei Nachhaltigkeitsdimensionen Ökologie, Ökonomie und soziale Aspekte dargestellt und Prinzipien formuliert.

Sie bildet die Grundlage für die ISO 21929-1 (2011) „Sustainability in building construction - Sustainability indicators - Part 1: Framework for the development of indicators and a core set of indicators for buildings“, welche wiederum einen Mindestumfang von Indikatoren zur Beurteilung der Nachhaltigkeit von Einzelbauwerken, unabhängig von ihrer Bauweise, empfiehlt. Mit dem Holzbau kann der Aufwand an nicht erneuerbarer Primärenergie und der Verbrauch an nicht energetischen, nicht erneuerbaren Rohstoffen verringert werden.

Nachhaltige Beschaffung

Die umweltfreundliche öffentliche Beschaffung, auch Green Public Procurement genannt, soll ermöglichen, umweltrelevante

In Bezug auf den Standort

- Zugang zum öffentlichen Nah- und Fernverkehr
- Zugang zum Individualverkehr
- Zugang zu Grün- und Freiflächen
- Nähe zu nutzer- und nutzungsrelevanten Dienstleistungen

In Bezug auf das Grundstück

- Flächeninanspruchnahme und Einfluss auf Art und Qualität der Flächennutzung
- Zugänglichkeit des Grundstücks

In Bezug auf das Bauwerk

- Treibhauspotential (GWP) als Wirkungskategorie der Ökobilanz
- Ozonabbaupotential (ODP) als Wirkungskategorie der Ökobilanz
- Aufwand an Primärenergie, nicht erneuerbar
- Aufwand an nicht energetischen, nicht erneuerbaren Rohstoffen
- Trinkwasserverbrauch
- Aufkommen an gefährlichen Abfällen
- Aufkommen an ungefährlichen Abfällen
- Zugänglichkeit zum Gebäude/Barrierefreiheit
- Thermischer Komfort
- Visueller Komfort
- Akustischer Komfort
- Raumluftqualität
- Anpassbarkeit in Bezug auf sich ändernde Nutzung oder Nutzerbedürfnisse
- Anpassbarkeit an die Folgen des Klimawandels
- Lebenszykluskosten
- Instandhaltungsfreundlichkeit
- Sicherheit in Bezug auf die Standsicherheit
- Sicherheit in Bezug auf den Brandschutz
- Sicherheit in Bezug auf die Nutzung
- Funktionale Qualität im Sinne der Erfüllung aktueller Nutzeranforderungen
- Gestalterische Qualität

Abb. 4.9: Ziele für nachhaltiges Bauen und Wohnen (Bonn, 1998) © BMI

Kriterien bei der Auftragsvergabe zu berücksichtigen. Die öffentliche Beschaffung macht in Deutschland 18 Prozent des gesamten Konsums und 11 Prozent der Investitionen aus. Die Nachhaltigkeitskriterien der Green Public Procurement sollen bei der Vergabe von Produkten und Dienstleistungen nicht nur preisliche, sondern auch Kriterien der Umweltfreundlichkeit berücksichtigen. Damit ist ein entscheidendes Werkzeug geschaffen, um negative Umwelteinflüsse aus Anschaffungen zu verringern und innovative umweltfreundliche Produkte zu unterstützen. Nach einer Studie des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung (DIW) wird dieses Auswahlkriterium allerdings noch sehr wenig genutzt.

4.5 Image des Holzbaus

Vorurteile und Hemmnisse

Bauherren werden bei der Entscheidung zur Bauweise ihres künftigen Zuhauses, Büros oder Werkstattgebäudes oftmals durch Vorurteile gegenüber dem Holzbau beeinflusst. So wird beispielsweise die Dauerhaftigkeit und Werthaltigkeit von Holzgebäuden in Frage gestellt oder es ist von „Barackenklima“ die Rede. Gründe dafür liegen in der Geschichte und Entwicklung der Holzbauten. Das Image wird vor allem durch dünnwandige Notbaracken und einfache amerikanische Siedlungshäuser geprägt. Auch die nach 1945 entstandenen Notwohnungen in Holzbauweise und die einfachen Holzbauweisen der 1960er und 1970er Jahre tragen zu dem Image bei, obwohl sie den damaligen Anforderungen an Wärme- und Schalldämmung genügten.

Dieses Image des Provisorischen und wenig Dauerhaften gilt es zu überwinden und die ökologischen und ökonomischen Vorteile des Holzbaus hervorzuheben. Das Raumklima und die Behaglichkeit sind Vorteile, die es zu betonen gilt. Die Schnelligkeit und Nachhaltigkeit der Bauweise führen aktuell zu einem Imagegewandel.

Reputation durch Holzbau

Architektur weist auch repräsentative Aspekte auf. Viele Firmen nutzen die Gebäudeerscheinung gezielt für die Darstellung ihres Unternehmens. Über die Architektur sollen bestimmte Personengruppen angesprochen oder ein positives Image erzeugt werden. Inwieweit die verwendeten Baustoffe das Meinungsbild prägen, hat eine Studie der Johannes-Kepler-Universität in Linz untersucht. Sie kam dabei zu dem Ergebnis, dass Holzbauten eine positive Auswirkung auf die Reputation haben. Unternehmen, die in Gebäuden aus Holz tätig sind, können mit einer hohen positiven Assoziationskette rechnen. Dies betrifft höhere Empfehlungsraten und Vertrauenswürdigkeit aber auch eine höhere Bereitschaft Kundenbeziehungen einzugehen.

Bei der Studie handelt es sich nach Angaben der Autoren um die erste Reputationsstudie zum Thema Architektur und deren Auswirkungen auf die Gefühlslage und Meinung von Menschen. Ermittelt wurde dieses Ergebnis über die Durchführung von Interviews und Fragebögen. Die nachstehenden Beispiele sind lediglich Auszüge aus der Studie. Die Erscheinung eines Gebäudes aufgrund unterschiedlicher Baustoffe wirkt sich demnach folgendermaßen auf die Wahrnehmung des Unternehmens aus:

siehe nächste Seite

GRAU: Gebäude mit mineralischer Fassade | GRÜN: Gebäude mit Holzfassade

Produkte / Dienstleistungen

bietet hochqualitative Produkte und Dienstleistungen 62 Prozent | 69 Prozent
entwickelt innovative Produkte und Dienstleistungen 60 Prozent | 70 Prozent

Führungsstil / Zukunftsplanung

nimmt Marktchancen wahr und setzt sie erfolgreich um 65 Prozent | 68 Prozent
hat eine klare Vision für seine Zukunft 66 Prozent | 76 Prozent

Arbeitsplatz / Umfeld

sieht wie eines aus, in dem man gerne arbeitet 56 Prozent | 81 Prozent

Soziale / ökologische Verantwortung

unterstützt allgemeine Anliegen der Gesellschaft 54 Prozent | 76 Prozent
zeichnet sich durch umweltbewusstes Verhalten aus 42 Prozent | 76 Prozent

Finanzielle Lage

sieht wie eines aus mit guten Wachstumsaussichten 61 Prozent | 69 Prozent

Des Weiteren wurden folgende Ergebnisse in Bezug auf die Reputationswirkung von Holzbauten analysiert:

Eingehen einer Kundenbeziehung 55 Prozent | 63 Prozent
Vertrauenswürdigkeit des Unternehmens 53 Prozent | 66 Prozent
Positive Mitteilung zu dem Unternehmen 54 Prozent | 69 Prozent

Bei der Auswertung dieser Angaben wurde festgestellt, dass Holzgebäude 12 Prozent mehr Reputationswirkung haben als Gebäude aus mineralischen Baustoffen.

Im Zeitalter von Globalisierung und Klimaerwärmung spielt der Zustand der Wälder eine zentrale Rolle. Auch Verbraucherinnen und Verbraucher achten immer stärker auf die Wahl ihrer Produkte sowie deren Ursprungsort. Dadurch erlangen Zertifizierungen von Wäldern und Holzprodukten eine stetig steigende Wichtigkeit und Relevanz. In Brandenburg sind etwa 34 Prozent der gesamten Waldflächen von verschiedenen Organisationen zertifiziert und belegen somit deren Nachhaltigkeit.

5.1 Nachhaltige Waldbewirtschaftung als Grundlage für Zertifizierungen

Etwa ein Drittel der Landmassen der Erde besteht aus Waldflächen. Das menschliche Eingreifen durch Bewirtschaftung wirkt sich immer stärker auf diese Flächen aus. So werden durch monokulturelle Baumplantagen und Rodungen wertvolle Lebensräume zerstört. Die Notwendigkeit diesen Entwicklungen durch internationale Regelungen Einhalt zu gebieten, ist kein neues Phänomen. Aus dem wachsenden Bewusstsein für den hohen Stellenwert forstlicher Flächen und der Dringlichkeit nachhaltiger Waldbewirtschaftung entstand 1990 eine europaweite Kooperation, die Ministerkonferenz zum Schutz der Wälder in Europa (MCPFE, seit 2009: Forest Europe). 1993 wurde im Rahmen dieser Zusammenarbeit der Begriff „nachhaltige Waldbewirtschaftung“ grundlegend definiert, als *„die Betreuung und Nutzung von Wäldern und Waldflächen auf eine Weise und in einem Ausmaß, welche deren biologische Vielfalt, Produktivität, Regenerationsfähigkeit und Vitalität erhält und ihre Fähigkeit, gegenwärtig und in Zukunft wichtige ökologische, wirtschaftliche und soziale Funktionen auf lokaler, nationaler und globaler Ebene zu erfüllen, gewährleistet, ohne dass dies zu Schäden an anderen Ökosystemen führt“*.

Zudem wurden sechs Kriterien zur Verbesserung der europaweiten Forstwirtschaft erar-

beitet, welche bis heute die Grundlage vieler Zertifizierungssysteme und Umweltlabels bilden:

- Erhaltung und angemessene Verbesserung der forstlichen Ressourcen und Sicherung ihres Beitrags zu den globalen Kohlenstoffkreisläufen
- Erhaltung der Gesundheit und Vitalität von Waldökosystemen
- Erhaltung und Förderung der Produktionsfunktion der Wälder, sowohl für Holz als auch für Nicht-Holzprodukte
- Erhaltung, Schutz und adäquate Verbesserung der biologischen Vielfalt in Waldökosystemen
- Erhaltung, Schutz und angemessene Verbesserung der Schutzfunktion bei der Waldbewirtschaftung, vor allem in den Bereichen Boden und Wasser
- Erhaltung sonstiger sozio-ökonomischer Funktionen und Konditionen

5.2 Gesetzliche Regelungen – regional und international

EU-Aktionsplan FLEGT und die Holzverordnung EUTR

Die zunehmende Globalisierung des Holzmarktes erfordert verbindliche Rechtsstandards zum Schutz der internationalen Wälder. 2003 entwickelten die EU-Mitgliedsstaaten den Aktionsplan Forest Law Enforcement, Governance and Trade (FLEGT) mit dem Ziel, den illegalen Holzeinschlag weltweit zu reduzieren und die nachhaltige Waldbewirtschaftung zu fördern. Erreichen will die EU dies u. a. durch das Abschließen bilateraler Handelsabkommen. FLEGT bildet das Genehmigungssystem, das die Partnerländer zur Implementierung eines Kontrollsystems verpflichtet.

Während die Handelsabkommen durch FLEGT auf der freiwilligen Teilnahme der Länder basieren, ist die Europäische Holzhandelsverordnung European Timber Regulation

(EURT) zurzeit die einzig effektive und gesetzlich bindende Verordnung auf EU-Ebene. Sie trat anlässlich des Aktionsplans im Jahr 2013 in Kraft und dient vorrangig dazu, das In-Verkehr-Bringen von illegal geschlagenem Holz in die EU auf rechtlicher Ebene zu verhindern. Die einzelnen Mitgliedsstaaten müssen die Regelungen durch eigene Gesetzgebungen umsetzen. In Deutschland erfolgt dies durch das Holzhandels-Sicherungs-Gesetz (HolzSiG). In Brandenburg verhindert das Gesetz den Handel von Holz, das aus unerlaubten Kahlschlägen innerhalb des Landes stammt.

Brandenburgisches Waldgesetz

Das Bundeswaldgesetz ist der gesetzliche Rahmen für die spezifischen Waldgesetze der einzelnen Bundesländer. Das Land Brandenburg verabschiedete erstmalig sein Waldgesetz im Jahr 2004. Es strebt die Verbesserung des Waldschutzes, die Förderung einer nachhaltigen Bewirtschaftung und die Herbeiführung eines Ausgleiches zwischen dem allgemeinen Interesse und dem der Waldbesitzerinnen und Waldbesitzer an (siehe Kapitel 2). Darüber hinaus definiert es Kriterien und Mindestanforderungen an die nachhaltige Waldbewirtschaftung.

5.3 Zertifizierungen

Für eine stärkere Förderung der nachhaltigen Waldbewirtschaftung über die aktuelle Gesetzgebung hinaus, besteht die Möglichkeit, regionale, nationale und internationale Zertifizierungen heranzuziehen. Deren Richtlinien orientieren sich an den bestehenden gesetz-

lichen Regelungen und ergänzen sie durch strengere Kriterien. Die Teilnahme erfolgt für Waldbesitzerinnen und Waldbesitzer und Holzbetriebe zwar auf freiwilliger Basis, jedoch finden zertifizierte Unternehmen und Holzprodukte immer mehr Beachtung und Anerkennung. Bei einer Zertifizierung handelt es sich um den Nachweis der Einhaltung festgelegter Anforderungen, welche wiederum zwischen den einzelnen Organisationen und Verbänden stark variieren. Die bedeutendsten Zertifizierungssysteme in Brandenburg stammen von den Organisationen FSC, PEFC und Naturland. FSC und PEFC sind spezifisch auf Forst, Holzrohstoffe und -produkte auf globaler Ebene ausgerichtet und zählen zu den bekanntesten Waldzertifizierungsorganisationen.

Chain of Custody

Die Holzwirtschaft strukturiert sich entlang verschiedener Bereiche der Wertschöpfungskette, an denen eine Vielzahl von Akteurinnen und Akteuren beteiligt sind (siehe Kapitel 3). Einige Organisationen zertifizieren nicht nur den Rohstoff Holz, sondern darüber hinaus auch die soziale, ökonomische und ökologische Nachhaltigkeit im Prozess der Werkstoffproduktion.

Die daraus entstandenen Endprodukte werden mit dem „Chain-of-Custody“-Zertifikat (COC-Zertifikat) im Deutschen Produktkettenzertifikat gekennzeichnet. Es gewährleistet, dass diese Produkte bis auf ihren Ursprung zurückzuverfolgen sind und alle holzartigen Inhaltsstoffe den Standards der Zertifizierungsorganisationen entsprechen.

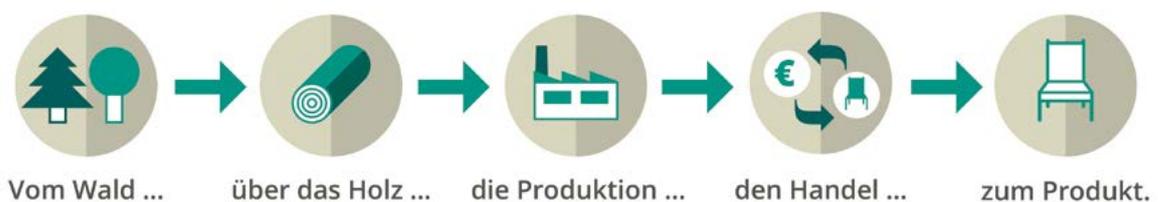


Abb. 5.1: Funktionsweise der Chain of Custody © Ulf Sonntag

5.4 Zertifizierungen in der Anwendung

FSC

Der *Forest Stewardship Council* (FSC) ist eine unabhängige, gemeinnützige Nicht-Regierungsorganisation, die seit ihrer Gründung im Jahr 1993 bereits in 80 Ländern vertreten ist und weltweit 190 Millionen Hektar Wald zertifiziert hat (Stand Januar 2019). In Brandenburg macht der FSC-zertifizierte Anteil 2,6 Prozent der Waldflächen aus, was 26.906 Hektar entspricht. Die Organisation verfolgt im Wesentlichen die Sicherung des Ökosystems, eine langfristige Bewirtschaftung und die Einhaltung sicherer und fairer Arbeitsweisen. Aufgrund seiner strengen Richtlinien wird der FSC von den deutschen Umweltverbänden BUND, NABU und WWF unterstützt. Aufgebaut ist er nach einem 3-Kammer-System: Vertreterinnen und Vertreter aus den Bereichen Umwelt, Sozialwesen und Wirtschaft sind gleichwertig in der Führungsebene vertreten und beteiligen sich ebenbürtig an der Formulierung und Umsetzung der angestrebten Ziele. Um eine Zertifizierung zu erhalten, müssen die sich bewerbenden Forstbetriebe zehn weltweit gültige Prinzipien und 56 Kriterien erfüllen. Diese Richtlinien werden zusätzlich durch regional angepasste Kriterien ergänzt. Die Beantragung und Fortschreibung einer FSC-Zertifizierung wird im Vergleich zu anderen Zertifizierungssystemen einer genaueren und intensiveren Prüfung unterzogen. Mit dem Erhalt der Zertifizierung gehen jährliche Kontrollen der einzelnen Betriebe, unabhängig von deren Größe, einher.

PEFC

Das *Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes* (PEFC) ist im Bereich Waldzertifizierung auf globaler Ebene am stärksten vertreten. Weltweit sind mehr als 300 Millionen Hektar und in Deutschland ca. zwei Drittel der Waldflächen PEFC-zertifiziert. In Brandenburg zertifiziert der PEFC über 30 Prozent des landesweiten Forstes,

was einer Größe von ca. 374.000 Hektar entspricht. PEFC ist eine Organisation, die sich nach eigenen Angaben aus einer Vielzahl von Interessensgruppen zusammensetzt. Die Mitglieder bestehen zu einem großen Teil aus Waldbesitzern. Die Ziele von PEFC orientieren sich an den sechs Kriterien der Ministerkonferenz zum Schutz der Wälder in Europa für die Nachhaltigkeit in der Waldwirtschaft. Des Weiteren engagiert sich die Organisation verstärkt im Bereich der COC-Zertifizierungen. PEFC-Zertifizierungen beziehen sich jeweils auf ganze Regionen, da nach eigenen Angaben viele Nachhaltigkeitskriterien nicht auf kleinerer Ebene überprüfbar sind. Das regionale Zertifikat wird von unabhängigen Zertifizierungsstellen ausgegeben und je nach Größe der Waldfläche stichprobenartig oder jährlich auf die Einhaltung der PEFC-Standards geprüft.

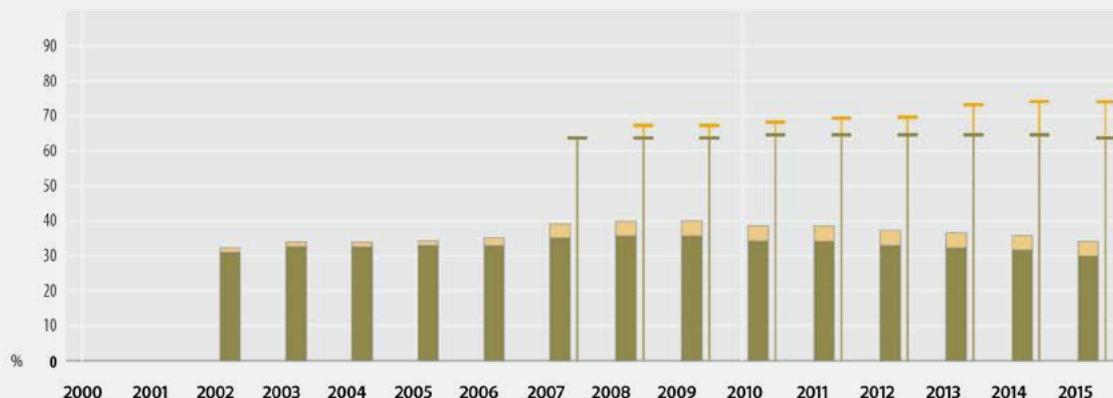
5.5 Zertifizierungen der Wälder in Brandenburg

Insgesamt sind in Brandenburg 34 Prozent der Waldflächen von verschiedenen Organisationen zertifiziert. Dabei besteht zwischen den Wäldern in privatem und öffentlichem Besitz ein großer Unterschied. Von den Privatwäldern, welche über 60 Prozent der brandenburgischen Waldflächen ausmachen, sind nur ca. 6 Prozent zertifiziert. Grund dafür ist vermutlich die nicht-kommerzielle Nutzung der Privatwälder, die oftmals auf die Jagd oder die Deckung des eigenen Brennholzbedarfs ausgelegt sind. Der Landeswald in Brandenburg beläuft sich auf etwa 25 Prozent des Gesamtbestands und ist dagegen vollständig PEFC- und teilweise zusätzlich FSC-zertifiziert.

Zertifizierte Waldflächen in Brandenburg

Das Diagramm zeigt, dass die PEFC-zertifizierten Wälder Brandenburgs in den letzten Jahren flächenmäßig leicht abgenommen haben, während der FSC- und Naturlandanteil weitestgehend konstant geblieben ist. Ins-

**Anteil zertifizierter Fläche
an der Waldfläche insgesamt**



	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Brandenburg 1000 ha	•	•	332	350	350	355	366	407	418	420	404	403	392	386	378	359
PEFC 1000 ha	•	•	320	338	338	343	343	367	375	375	358	358	347	340	334	316
FSC (einschl. Naturland Berlin) 1000 ha	•	•	12	12	12	12	23	40	44	45	45	45	45	45	44	44
Anteil zertifizierter Flächen an der Waldfläche insgesamt %	•	•	32,2	34,0	33,8	34,2	35,2	39,1	40,0	40,1	38,6	38,6	37,4	36,6	35,9	34,1
Anteil PEFC %	•	•	31,1	32,8	32,7	33,1	33,0	35,3	35,8	35,8	34,3	34,2	33,1	32,3	31,7	30,0
Anteil FSC (einschl. Naturland Berlin) %	•	•	1,2	1,2	1,2	1,2	2,2	3,8	4,2	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,2	4,1
Deutschland 1000 ha	•	•	•	•	•	•	•	7 300	7 710	7 710	7 810	7 944	7 979	8 379	8 476	8 475
PEFC 1000 ha	•	•	•	•	•	•	•	7 300	7 300	7 300	7 400	7 400	7 400	7 400	7 400	7 300
FSC 1000 ha	•	•	•	•	•	•	•	•	410	410	410	544	579	979	1 076	1 175
Anteil zertifizierter Flächen an der Waldfläche insgesamt %	•	•	•	•	•	•	•	64,0	67,6	67,6	68,5	69,7	70,0	73,5	74,4	74,3
Anteil PEFC %	•	•	•	•	•	•	•	64,0	64,0	64,0	64,9	64,9	64,9	64,9	64,9	64,0
Anteil FSC %	•	•	•	•	•	•	•	•	3,6	3,6	3,6	4,8	5,1	8,6	9,4	10,3

Die bis 2012 veröffentlichten Flächen waren die Buchflächen aus dem Grundbuch. Mit der Umstellung auf ALKIS (Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem) werden nunmehr die berechneten geometrischen Flächenangaben veröffentlicht.

Datenbasis

**Landesamt für Umwelt Brandenburg,
Indikator Nachhaltige Forstwirtschaft**

Abb. 5.2: FSC und PEFC (inklusive Naturland) zertifizierte Waldflächen in Brandenburg, © Amt für Statistik Berlin-Brandenburg + MLUK

gesamt hat der Anteil zertifizierter Flächen in Brandenburg in den Jahren 2008 – 2015 um mehr als 5 Prozent abgenommen. Diese Entwicklung ist gegensätzlich zum bundesweiten Trend, wo die Anzahl PEFC-zertifizierter Wälder kaum Veränderungen erkennen lässt, während die FSC- und Naturland-zertifizierten Flächen einen Zuwachs verzeichnen.

BAURECHTLICHE ASPEKTE DES BAUSTOFFES HOLZ 6.

6.1 Holzbau in der Brandenburgischen Bauordnung

Materielle Anforderungen an bauliche Anlagen werden im Bauordnungsrecht geregelt. Es soll sicherstellen, dass durch die Errichtung und Nutzung baulicher Anlagen keine Gefährdung für die Öffentlichkeit ausgeht. In Brandenburg gilt derzeit die Brandenburgische Bauordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 15. November 2018 zuletzt geändert durch Gesetz vom 9. Februar 2021 (BbgBO).

Ausschlaggebend für die Umsetzbarkeit von baulichen Anlagen aus Holz sind vor allem die in § 14 BbgBO definierten Schutzziele im Brandschutz: „Bauliche Anlagen sind so [...] zu errichten, [...], dass der Entstehung ei-

nes Brandes und der Ausbreitung von Feuer und Rauch (Brandausbreitung) vorgebeugt wird und bei einem Brand die Rettung von Menschen und Tieren sowie [...] wirksame Löscharbeiten möglich sind.“

Zur Umsetzung dieser Schutzziele werden in den Abschnitten 4 bis 7 des Teils 3 – Bauliche Anlagen – der BbgBO die materiellen Anforderungen definiert. Insbesondere gehören dazu die allgemeinen Anforderungen an das Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen. In § 26ff BbgBO werden Baustoffe und Bauteile nach Anforderungen an ihr Brandverhalten und ihre Feuerwiderstandsfähigkeit unterteilt und in Abhängigkeit von der Gebäudeklasse für tragende und aussteifende Bauteile festgesetzt. Unterschieden

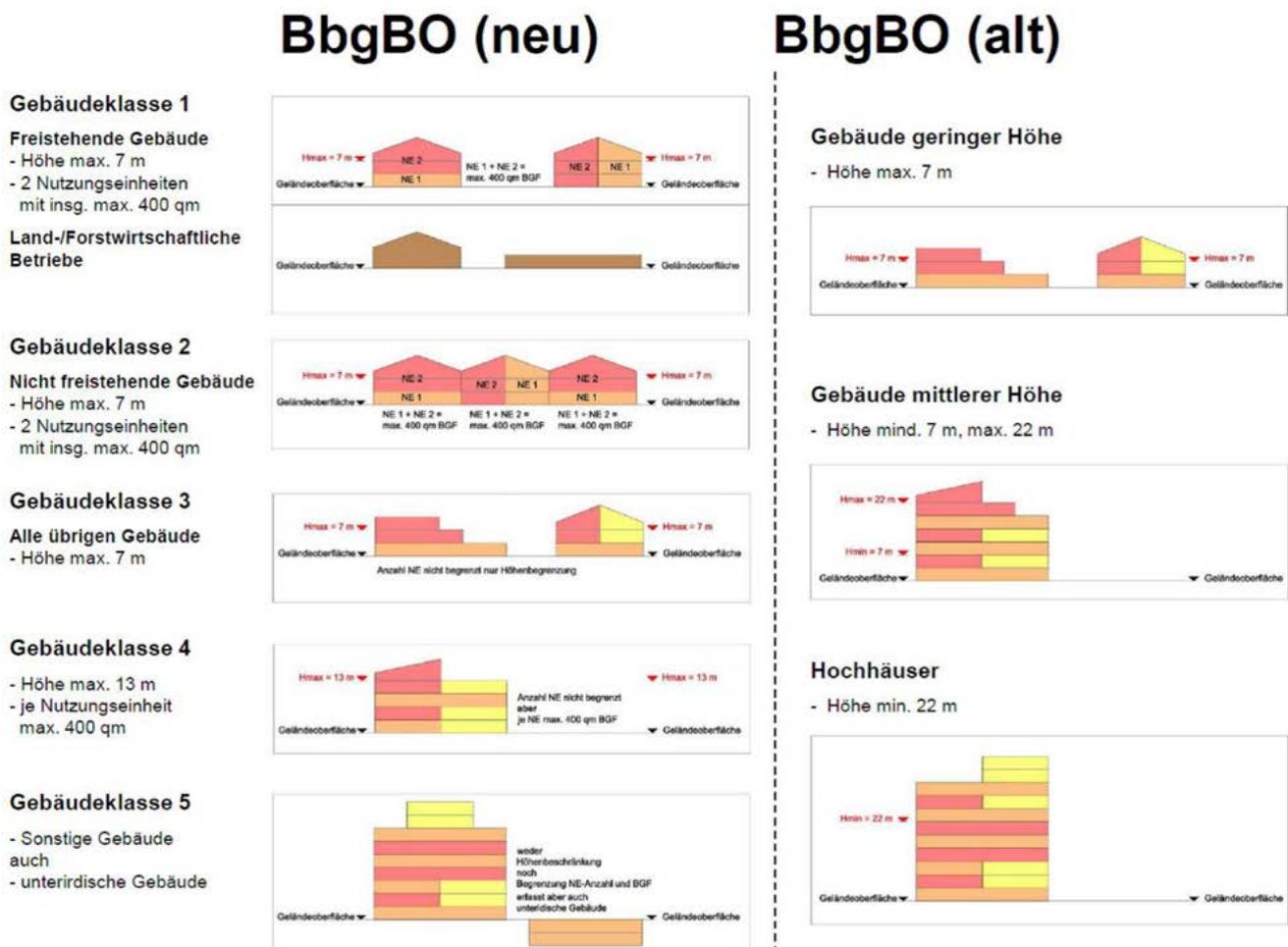


Abb. 6.1: Übersichten Gebäudeklassen BbgBO

werden nichtbrennbare, schwerentflammbar und normalentflammbar Baustoffe (Brandverhalten) sowie feuerbeständige, hochfeuerhemmende und feuerhemmende Bauteile (Feuerwiderstandsfähigkeit). Leichtentflammbar Baustoffe dürfen in der Regel nicht verwendet werden.

Die Einstufung in fünf Gebäudeklassen erfolgt nach folgenden Kriterien:

- freistehend / nicht freistehend
- Höhe des Fußbodens des höchstgelegenen Geschosses, in dem ein Aufenthaltsraum möglich ist
- Größe und Anzahl der Nutzungseinheiten
- oberirdische / unterirdische Gebäude

Demnach sind Einfamilienhäuser oftmals in die Gebäudeklasse 1 einzuordnen, während ein viergeschossiges Mehrfamilienhaus in den meisten Fällen der Gebäudeklasse 4 entspricht.

Holz ist ein brennbarer Baustoff und nach DIN 4102-4 (2016) der Baustoffklasse B2 – normalentflammbar zugeordnet. Die europäische Norm DIN EN 13501-1 (2016) ordnet die meisten Holzbaustoffe zusätzlich in die Rauchentwicklungsklasse 2 (s2) und als nicht brennend abtropfend (d0) ein.

Tragende Strukturen aus Holz

Gebäude können gemäß den Vorgaben der Brandenburgischen Bauordnung in den Gebäudeklassen 1 bis 3, worunter die meisten Gebäude mit bis zu drei Geschossen zählen, schon lange in Holzbauweise ohne das Erfordernis einer Abweichungsentscheidung errichtet werden.

Der Großteil der Gebäude mit bis zu vier bis fünf Geschossen werden der Gebäudeklasse 4 zugeordnet. Damit besteht die Möglichkeit der Verwendung von hochfeuerhemmenden Bauteilen, „*deren tragende und aussteifende*

Teile aus brennbaren Baustoffen bestehen und die allseitig eine brandschutztechnisch wirksame Bekleidung aus nicht brennbaren Baustoffen (Brandschutzbekleidung) und Dämmstoffe aus nicht brennbaren Baustoffen haben“. Tragende Gebäudestrukturen aus Holz sind somit auch in der Gebäudeklasse 4 möglich, jedoch mit der Einschränkung, dass eine allseitige Brandschutzbekleidung vorgesehen werden muss. Diese soll das dahinterliegende Holz vor Entzündung und Verkohlung über einen festgelegten Zeitraum schützen.

In der Gebäudeklasse 5 war die Errichtung von Gebäuden in Holzbauweise nach den materiellen Anforderungen bisher in der Brandenburgischen Bauordnung nicht vorgesehen. Hier sind feuerbeständige Bauteile, *deren tragende und aussteifende Teile aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen [...]*“ zu verwenden.

Mit der Änderung der Brandenburgischen Bauordnung in 2020/2021 wurden die Beschlüsse der Bauministerkonferenz zu Erweiterungsmöglichkeiten des Holzbaus bis zur Gebäudeklasse 5 auch ins Landesrecht überführt. Die Änderung in § 26 Abs. 2 BbgBO ermöglicht es, Bauteile, die feuerbeständig oder hochfeuerhemmend sein müssen, auch aus brennbaren Baustoffen herzustellen, sofern sie den Technischen Baubestimmungen entsprechen. Maßgeblich ist hier die „Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Bauteile und Außenwandbekleidungen in Holzbauweise“, kurz M-HolzBauRL genannt. Diese ermöglicht nach den neuen Regelungen, bei Standardgebäuden auch sichtbare Holzkonstruktionen, wie z. B. eine holzsichtige Decke oder eine holzsichtige Tragstruktur (Wände, Stützen oder Unterzüge) zu realisieren, ohne im Genehmigungsverfahren Abweichungen beantragen zu müssen.

Abweichungen von den materiellen Anforderungen gemäß § 67 BbgBO wurden bisher in

den Brandschutznachweisen dargestellt und unter Berücksichtigung der Schutzziele aus § 3 und § 14 BbgBO begründet. Mit der Einführung der oben genannten M-HolzBauRL wurden unter Beachtung der bauordnungsrechtlichen Schutzziele spezifisch Wege und definierte Anforderungen beschrieben, mit dessen Beachtung ein Holzbau in den Gebäudeklassen 4 und 5 auch ohne Abweichungen umgesetzt werden kann.

Nichttragende Außenwände

Für nichttragende Außenwände aus Holz gibt es in den Gebäudeklassen 4 und 5 Einschränkungen, welche bei der Planung zu berücksichtigen sind. Nach § 28 Abs 2 BbgBO müssen Außenwände aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen. Die Verwendung von brennbaren Baustoffen, worunter Holz zählt, ist nur zulässig, wenn die Außenwand insgesamt als raumabschließendes Bauteil (ausgenommen u. a. Fenster und Türen) feuerhemmend ist. Dieser Nachweis kann über eine Konstruktion gemäß der DIN 4102-4 (2016) oder über einen anderen Verwendbarkeitsnachweis erfolgen. In der DIN 4102-4 (2016) ist die Feuerwiderstandsdauer einiger bewährter Konstruktionen katalogisiert. Die dort aufgeführten Bauteile und Baustoffe können ohne einen Brandversuch eingesetzt und verwendet werden.

Oberflächen von Außenwänden, Außenwandbekleidungen und -konstruktionen

Für die Betrachtung der Fassaden muss gemäß der Brandenburgischen Bauordnung zwischen Außenwandbekleidung und Außenwandkonstruktion unterschieden werden.

Für die Oberflächen von Außenwänden und Außenwandbekleidungen (§ 28 Abs. 3 BbgBO) besteht für Gebäude der Gebäudeklassen 4 und 5 die Baustoffanforderung „schwerentflammbar“, wodurch einer selbständigen Ausbreitung des Brandes vorgebeugt werden soll. Für Außenwandkonstruktionen (§ 28 Abs.

4 BbgBO) mit geschossübergreifenden Hohl- und Lufträumen, wie bei hinterlüfteten Außenwandbekleidungen, die oft bei Holzfassaden verwendet werden, sind gegen die Brandausbreitung besondere Vorkehrungen, wie z. B. durch die Anordnung von Brandsperren zu treffen. So kann eine geschossweise Trennung der Hinterlüftungsebene durch Trennbleche mit einem festgelegten Überstand zur Vorbeugung der Brandausbreitung eingefügt werden. Da sich die Anforderung aus § 28 Abs. 3 BbgBO durch eine Holzbekleidung nicht erfüllen lässt, war bisher eine Abweichung mit Kompensationsmaßnahmen im Rahmen des Brandschutznachweises zu formulieren. Durch die Änderung der Brandenburgischen Bauordnung (§ 28 Abs. 5 BbgBO) werden nun für hinterlüftete Außenwandbekleidungen bei Gebäuden der Gebäudeklassen 4 und 5 abweichend normalentflammbare Baustoffe, mit Ausnahme der Dämmstoffe, als zulässig erklärt. Vorausgesetzt wird hier jedoch, dass die bauliche Ausführung und Umsetzung des Bauvorhabens den Technischen Baubestimmungen (M-HolzBauRL) entsprechen.

Haustechnik

Um das Risiko der Brandentstehung aus haustechnischen Installationen zu verringern, muss ein besonderes Augenmerk auf ihre Durchführung durch Wände oder Decken, welche Nutzungseinheiten oder auch Brandabschnitte trennen, gerichtet werden. Dafür gibt es auch für den Holzbau bereits Lösungen einiger Hersteller mit den erforderlichen Zulassungen.

Für eine bessere Übersichtlichkeit sollten die Leitungsführungen in Schächten konzentriert werden. Die Führung von Installationen in den Wänden ist zu vermeiden. Sie sollten besser in davor angeordneten Installationswänden vorgesehen werden.

6.2 Muster-Holzbaurichtlinie – Anwendung in Brandenburg

Die bisherige „Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an hochfeuerhemmende Bauteile in Holzbauweise“ (M-HFHolzR) diente lediglich der Spezifizierung von Anforderungen an hochfeuerhemmende Holzbauteile und deren Brandschutzbekleidungen und deckte nur die Holzrahmen-, Holztafel- und Fachwerkbauweise ab. Mit der Fortschreibung der Muster-Holzbaurichtlinie und ihrer Einführung als Technische Baubestimmung über die Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmung in der Fassung 2020/2 wird das Bauen mit Holz begünstigt und auch auf die feuerbeständige Bauweise (Gebäudeklasse 5) und die Massivholzbauweise ausgedehnt. Die Holztafel- und Holzrahmenbauweise mit der erforderlichen brandschutztechnisch wirksamen Bekleidung sieht zunächst den Anwendungsbereich nur bis zur Gebäudeklasse 4 (z. B. mehrgeschossiger Wohnungsbau bis zu 13 Meter Höhe des obersten Geschosses) vor. Die Massivholzbauweise dagegen, kann bis zur Gebäudeklasse 5 umgesetzt werden, soweit es sich nicht um Gebäude besonderer Art und Nutzung (Sonderbauten) sowie Mittel- und Großgaragen handelt.

Bei der Holztafel- und Holzrahmenbauweise soll durch die Brandschutzbekleidung eine Entzündung der tragenden und aussteifenden Holzkonstruktion über einen Zeitraum von mindestens 60 Minuten verhindert werden. Damit soll erreicht werden, dass sich die Tragkonstruktion in dieser Zeit nicht am Brandgeschehen beteiligt. Diese Brandschutzfunktion wird mit dem so genannten Kapselkriterium nach K260 nach DIN EN 13501-2 (2016) beschrieben. Durch die zweilagige Ausführung der Bekleidung mit versetzten Fugen soll ein Feuer- und Rauchdurchtritt vermieden werden. Bei der Massivholzbauweise wird ebenfalls eine Bekleidung der brennbaren Oberflä-

chen vorgesehen, um auch hier die aus der Gebäudekonstruktion sich ergebende Brandlast bei einem möglichen Brandszenario abzuschotten. Dadurch soll eine aktive Beteiligung am Brandgeschehen begrenzt und einer Brandausbreitung wirksam begegnet werden.

Grundsätzlich werden in der M-HolzBauRL auch die Themenfelder „Element- und Bauteilfugen“ sowie die Anschlussproblematik von Bauteilen behandelt. Dies dient aus brandschutztechnischer Sicht insbesondere der Sicherung des Raumabschlusses und der Erreichung bauordnungsrechtlicher Schutzziele, wozu u. a. die Vorbeugung der Ausbreitung von Feuer und Rauch (Brandausbreitung) gehört.

Neben den Anforderungen an die tragenden und aussteifenden sowie raumabschließenden Bauteile werden in der M-HolzBauRL auch Anforderungen an Außenwandbekleidungen aus brennbaren Baustoffen bei Gebäuden der Gebäudeklasse 4 und 5 definiert, um den Einsatz von Holz und Holzwerkstoffen zu ermöglichen. In einem weiteren Abschnitt werden auch Aussagen zu den gebäudespezifischen Installationen getätigt und dementsprechende Vorgaben getroffen.

Mit der Einführung der M-HolzBauRL in der aktuellen Fassung ist der Weg in Hinblick auf die Förderung des Holzbaus im Bauordnungsrecht noch nicht abgeschlossen. Es besteht das politische Ansinnen, die Entwicklung im Holzbau weiter voranzutreiben. Um dieses Ziel zu verfolgen, wird bereits jetzt schon an einer weiteren Fortentwicklung der M-HolzBauRL in den länderübergreifenden Gremien unter der Bauministerkonferenz gearbeitet. Das Land Brandenburg wirkt hier aktiv mit.

Die Entscheidung, ob ein Gebäude in Holzbauweise errichtet werden soll, hängt neben ästhetischen und ökologischen Aspekten auch von den bautechnischen Möglichkeiten ab. Bei der Errichtung eines Holzhauses beschäftigen die Bauherrin und den Bauherren oftmals Fragen zur Lebensdauer des Gebäudes, zum sommerlichen und winterlichen Wärmeschutz oder zum Schallschutz. Auch der Holzschutz und der Brandschutz (siehe Kapitel 6.2) sind Themenbereiche, die von Bedeutung sind.

7.1 Eigenschaften von Holz

Festigkeit

Holz ist ein cellulosefaserbewehrter Verbundbaustoff mit einem hohen Hohlraumanteil. Trotz seiner vergleichsweise geringen Dichte weist er eine hohe Steifigkeit und Festigkeit auf, womit der Rohstoff bei gleicher Tragfähigkeit leichter ist als andere, insbesondere massive Baustoffe. Noch vor etwa 60 Jahren war Holz deshalb ein wichtiges Material im Flugzeugbau. Durch die Röhrenbündelstruktur können Kräfte vor allem in Faserrichtung aufgenommen werden. Dadurch weist Holz eine ebenso hohe Druckfestigkeit wie Beton auf, kann aber im Gegensatz zum Massivbaustoff zusätzlich Zugkräfte aufnehmen. Diese Eigenschaft macht Holz für unterschiedlichste Tragsysteme flexibel einsetzbar. Die Zug- und Druckfestigkeiten sind quer zur Faserrichtung signifikant geringer.

Rohdichte

Die Rohdichte hat einen großen Einfluss auf die Eigenschaften von Holz. Sie hängt von dem Verhältnis des Zellwandanteils zum Porenraum im Holzkörper ab. Da sich Holzarten in Form und Größe ihrer Zellen und der Zellwanddicken differenzieren, zeichnen sie sich durch unterschiedliche Rohdichten und damit verbundenen durch individuelle Eigenschaften aus. So hat Nadelholz meist eine geringere Dichte als Laubholz und somit auch eine geringere Festigkeit.

Da der Porenraum und die Zellzwischenräume zudem aufgrund der Umgebungsfeuchte mit mehr oder weniger Wasser gefüllt sind, verändert sich die Rohdichte mit dem Feuchtegehalt des Holzes. Für Bauholz wird die sogenannte Normal-Rohdichte mit einer Holzfeuchte von 12 Prozent angegeben, welche sich bei langer Lagerung im sogenannten Normalklima mit 20 Grad Celsius und 65 Prozent relativer Luftfeuchtigkeit einstellt.

Wärmedämmeigenschaften

Aufgrund des hohen Hohlraumanteils hat Holz günstige Wärmedämmeigenschaften, wodurch „es [...] das tragfähigste aller wärmedämmenden Materialien“ darstellt. Durch die Verwendung von Holz werden Wärmebrücken reduziert, was das Planen und Bauen insbesondere von energieeffizienten Gebäuden vereinfacht.

Widerstand gegen Witterungseinflüsse

Wird Holz im Außenbereich verwendet, ist es Witterungseinflüssen wie Sonneneinstrahlung, Regen, häufigem Temperatur- und Feuchtwechsel und UV-Strahlen ausgesetzt. Bei Änderung der Temperatur und Feuchte quillt oder schwindet das Holz. Das bedeutet es verändert seine Form durch die Änderung der Holzfeuchte. Voraussetzung ist ein Feuchtigkeitsgefälle zwischen dem Holz und seiner Umgebung. Die Holzfeuchte passt sich der Luftfeuchtigkeit der Umgebung an. Nimmt es Feuchtigkeit aus der Luft auf, wird sein Volumen größer - es quillt, gibt es Feuchtigkeit an die Luft ab, verliert es an Volumen - es schwindet. Die Schwind- und Quellverformungen treten hauptsächlich quer zur Faserrichtung des Holzes auf. Dagegen kann der Verformungsanteil in Faserlängsrichtung vernachlässigt werden. Mögliche Formveränderungen müssen bei der Planung berücksichtigt werden. Der Baustoff sollte sich ungehindert verformen können, um Spannungen zu vermeiden. Tragwerke sind so auszubilden, dass sie möglichst keinen witterungsbedingten



Abbildungen 7.1 und 7.2: Schindelfassade Betriebsgebäude Artis | ZRS Architekten Ingenieure,
© Daniela Friebe

Feuchtewechseln ausgesetzt sind. Deshalb liegen sie meist innerhalb des Gebäudes und sind durch entsprechende Fassadenbekleidungen geschützt. Beim Einbau des Holzes ist auf die Holzfeuchte zu achten, welche unter anderem durch Vorgaben in der DIN EN 1995-1-1 definiert ist.

Ist Holz UV-Strahlung ausgesetzt, werden an der Oberfläche Holzbestandteile abgebaut und es kommt zu Verfärbungen. Da die Vergrauung stark von der Intensität der Sonneneinstrahlung und Wittereinwirkung abhängt, haben neben der Himmelsrichtung auch Dachüberstände oder Vor- und Rücksprünge in der Fassade einen Einfluss auf den Farbton. Soll eine einheitliche Verfärbung erreicht werden, besteht die Möglichkeit durch technische Verfahren das Vergrauen vorwegzunehmen.

Widerstand gegen chemische Substanzen
Abhängig von der Holzart ist der Baustoff widerstandsfähig gegenüber einer Vielzahl von

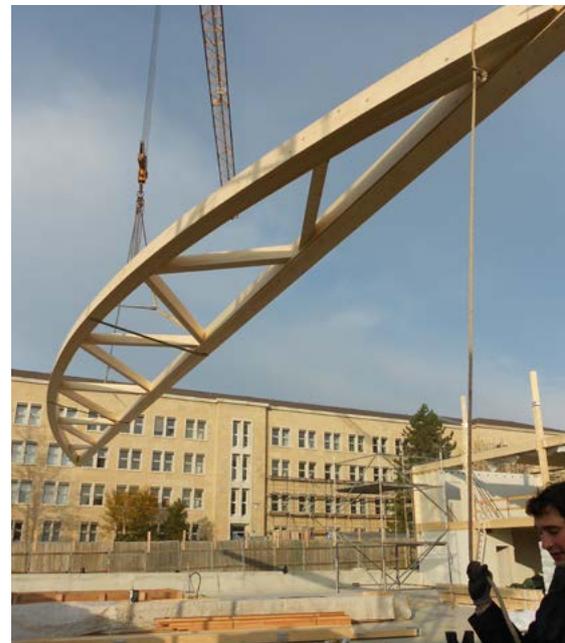
chemischen Verbindungen, weshalb er sich für den Bau von Lagerhallen mit korrosivem Klima, beispielsweise der chemischen Industrie oder für Salzlager für den Straßen-Winterdienst, eignet.

7.2 Holzprodukte

Neben der Verwendung von traditionellen, durch Auftrennen von Stämmen gewonnenen Querschnitten, wie Kanthölzern, Bohlen, Laten und Brettern, haben sich am Markt auch verschiedene industriell hergestellte Holzprodukte etabliert. Man unterscheidet dabei zwischen Vollholzprodukten und Holzwerkstoffen.

Konstruktive Vollholzprodukte

Vollholzprodukte für konstruktive Zwecke sind Holzerzeugnisse, die nicht oder nur wenig in ihrem natürlichen Gefüge geändert wurden. Sie werden unter anderem durch Sägen, Trocknen oder Hobeln bearbeitet und zu stab- oder plankenförmigen Verbundbauteilen mit optimierten mechanischen Eigenschaften



Abbildungen 7.3 und 7.4: Fischbauchträger Betriebsgebäudes Artis aus Konstruktionsvollholz, ZRS Architekten Ingenieure, © Daniela Friebe

weiterverarbeitet. Eine Verbesserung kann durch die Eliminierung von Fehlstellen wie beispielsweise Ästen erreicht werden. Über einen Verbund beispielsweise mittels Verklebung können vom ursprünglichen Stammdurchmesser unabhängige Querschnittsabmessungen und Längen hergestellt werden. Folgende Bauprodukte werden unterschieden:

- Bauschnittholz: aus Rundholz durch Sägen oder Spanen in Längsrichtung des Stammes hergestellt.
- Konstruktionsvollholz: ein hinsichtlich Maßhaltigkeit, Holzfeuchte und Optik veredeltes Bauschnittholz. Durch eine geringere Holzfeuchte wird eine größere Maßhaltigkeit erreicht.
- Balkenschichtholz: wird aus zwei bis fünf miteinander verklebten Einzelquerschnitten hergestellt, wodurch eine große Formstabilität erreicht und Rissbildungen minimiert werden.
- Brettschichtholz: besteht aus mindestens drei Brettlagen, die miteinander verleimt sind, wodurch größere Querschnitte und

verschiedenste Trägerformen möglich werden. Im Vergleich zum Brettsperrholz werden kleinere Einzelquerschnitte miteinander verleimt.

- Brettsperrholz: ist ein flächiges, massives Holzprodukt, welches aus drei bis sieben Vollholzlagen besteht, die kreuzweise miteinander verklebt sind. Die Elemente können als Dach-, Decken- oder Wandbauteile eingesetzt werden.

Plattenförmige Holzwerkstoffe

Plattenförmige Holzwerkstoffe werden aus Holzspänen oder -fasern, unter anderem aus Holzresten oder unbelasteten Gebrauchshölzern hergestellt, die unter Druck verpresst und verklebt werden. Unterschieden werden unter anderem:

- OSB-Platten (engl. „Oriented Strand Board“): bestehen aus Flach- oder Schälspänen, die vor der Verklebung ausgerichtet werden. OSB-Platten haben einen relativ hohen Wasserdampfdiffusionswiderstand und eine hohe Biegefestigkeit.



Abb. 7.5: Brettsperrholzdecken,
© ZRS Architekten Ingenieure



Abb. 7.6: Dreischichtplatten Betriebsgebäude Artis GmbH |
ZRS Architekten Ingenieure © Daniela Friebe

- Massivholzplatten: bestehen aus miteinander verklebten Brettern, Stäben oder Lamellen. Es werden einlagige oder mehrlagige Massivholzplatten unterschieden. Mehrlagige Massivholzplatten bestehen aus drei oder fünf Lagen, deren Faserrichtungen jeweils um 90 Grad versetzt zueinander angeordnet werden.
- Sperrholz: wird aus mindestens drei Lagen Holz hergestellt, die im Winkel von 90 Grad zueinander angeordnet und miteinander verklebt sind.
- Furnierschichtholz: wird aus bis zu 6 Millimeter dicken Furnieren hergestellt, die in der Regel faserparallel geschichtet und verklebt sind.
- Holzfaserverplatten: werden aus Holzfasern gefertigt. Die Rohstoffe werden zermahlen, gepresst und getrocknet. Auf die Zugabe von Bindemitteln kann weitestgehend verzichtet werden. Je nach Dichte wird zwischen Holzweichfaserplatten, Mitteldichten Faserplatten (MDF) und Hartfaserplatten unterschieden.

7.3 Holzbauweisen

Die ursprünglichen Bauweisen im traditionellen Holzbau bedienten sich in der Regel stabförmiger Querschnitte wie Balken, Latten, Leisten oder Dielen, deren Dimensionen durch den naturgewachsenen Baum beschränkt waren, was wiederum Auswirkungen auf Spannweiten und die Größe des Gesamtbauwerks hatte.

Den Ursprung des Holzbaus bilden der Fachwerk- und Blockbau. Diese Bauweisen weisen handwerkliche Prägungen mit regional unterschiedlichen Erscheinungsbildern auf und sind mit einem geringen Vorfertigungsgrad verbunden. Durch die Rationalisierung der Herstellung und eine zunehmende Standardisierung von Holzkonstruktionen wurde ein höherer Vorfertigungsgrad möglich und neue Bauweisen entwickelt. Basierend auf dem Fachwerkbau entstanden der Skelettbau und der Holzrahmen-/ Holztafelbau. Der Blockbau ist der Vorgänger der Massivbauweise. Die Bauweisen können auch kombiniert



Abbildungen 7.7 und 7.8: Fachwerkbau nach Sanierungsmaßnahmen, © ZRS Architekten Ingenieure

werden, so ist es beispielsweise möglich ein Gebäude mit Wänden in Holzrahmenbauweise und Decken in Massivbauweise zu konzipieren.

Auch die Kombination mit anderen Baustoffen ist üblich und wird häufig im Bestand aber auch im Neubau angewendet. Ein Beispiel dafür ist die Sanierung einer Fassade eines bestehenden Gebäudes mit einer Tragstruktur aus Stahlbeton, bei der hochgedämmt vorgefertigte Fassadenelemente in Holzrahmenbauweise vorgehängt werden.

Von vielen Herstellern werden heute produktspezifische Systeme angeboten, welche auf diesen Bauweisen basieren. Neue massive, flächige und raumbildende Systemelemente für Wände, Decken und Dächer, aber auch raumbildende Systeme ermöglichen die Erschließung neuer Anwendungsbereiche, wie den mehrgeschossigen Wohnungsbau, Büro- und Gewerbebau, sowie den Bau von Schulen und Kitas.

Alle Systeme haben eine möglichst weitreichende Vorfertigung zum Ziel. Die Herstellung in der Halle ermöglicht eine hohe Ausführungsqualität, kurze Montagezeiten und ist unabhängig von Witterungsbedingungen.

Fachwerkbau

Das Tragwerk des Fachwerkbau wird durch eine Ständerkonstruktion gebildet und durch Streben ausgesteift. Die Gefache sind mit unterschiedlichen Baumaterialien ausgefüllt. Flechtwerke aus Lehmwurf, Lehmwickel oder Mauerwerk aus Lehmsteinen, Ziegel und Bruchsteinen dienen als Verfüllung des Fachwerks. Dieses historische System kommt heute nur noch selten bei Neubauten zur Anwendung, während es im Bestand und in der Denkmalpflege einen großen Anteil ausmacht.

Blockbau

Der Blockbau ist eines der ältesten Bausysteme und existierte schon 1100-750 vor Christus. Ursprünglich wurden für die Herstellung der Wände Rundhölzer aufeinandergeschicht-



Abbildungen 7.9 und 7.10: Holzrahmenbau und Holztafelbau im Neubau, © ZRS Architekten Ingenieure

tet. Heute sind Blockbohlen mit einer Nut- und Federverbindung üblich. Durch die massiven Holzquerschnitte müssen bei der Planung die Setzungen, welche durch das Schwinden des Holzes bedingt sind, berücksichtigt und Details entsprechend ausgebildet werden.

Holzrahmen-/ Holztafelbau

Im Holzrahmen- bzw. Holztafelbau, werden tragende Rahmen aus stabförmigen Holzträgern wie zum Beispiel Vollholzprofilen, konstruiert, welche wiederum durch Beplankungen, beispielsweise aus Holzwerkstoffplatten oder Gipsbauplatten, ausgesteift werden. Die vertikale Lastabtragung erfolgt über die Holzständer. Sie haben ein festes Konstruktionsraster zwischen 625 und 1000 Millimeter, während der Zwischenraum der Hölzer vollständig ausgedämmt ist. Den Witterungsschutz bilden meist hinterlüftete Außenbekleidungen, beispielsweise aus Holz oder Wärmedämmverbundsysteme mit Putzoberflächen.

Der Holzrahmen- und der Holztafelbau zeichnen sich durch kurze Montagezeiten aus, da

die Elemente vorgefertigt werden. Der Holztafelbau hat im Vergleich zum Holzrahmenbau einen höheren Grad der Vorfertigung. Dennoch schaffen beide Systeme die Voraussetzung für das Errichten eines Gebäudes mit minimalem Zeitaufwand. Die Größe der Elemente ist durch die technischen Möglichkeiten in der Vorfertigung und die Begrenzungen aus dem Transport und der Montage bestimmt.

Holzskelettbau

Beim Holzskelettbau wird das Tragskelett aus senkrechten Stützen und waagerechten Trägern sowie einem gesonderten Aussteifungssystem gebildet. Dabei können Stützenabstände von fünf und mehr Metern erreicht werden. Die raumbildende Struktur ist vom Tragwerk getrennt.

In dieser Bauweise wirken im Gegensatz zum Holzrahmenbau die Beplankungen der Wände nicht aussteifend gegen horizontale Lasten. Die Aussteifung gegen Wind- und Stabilisierungslasten wird hierbei von Decken und gesonderten vertikalen

Aussteifungselementen, wie Scheiben oder Verbänden, übernommen. Da den Wänden keine Tragfunktion zuteil wird, lassen sich flexible Grundrisse realisieren und weisen zudem, durch die Möglichkeit der flexiblen Nutzung, einen langen Nutzungszeitraum auf.

Massivholzbau

Im Massivholzbau werden die massiven Decken- und Wandelemente aus Brettstapelelementen oder Brettlagen- bzw. Brettschichtholzelementen hergestellt, wobei die Dämmung entweder vollflächig an der Außenseite oder in Gefachen zwischen einer Sekundärträgerkonstruktion erfolgt. Dadurch erlaubt der Massivholzbau ebenfalls einen hohen Vorfertigungsgrad.

Raumbildende Systeme, Raummodule

Bei raumbildenden Systemen/Raummodulen handelt es sich um flexibel anpassbare Module, welche werkseitig für unterschiedliche Nutzungsarten vorgefertigt sind. Raummodule lassen sich schnell stapeln und montieren. Der Einsatz ist sowohl im privaten Bereich als An- oder Aufbauten bei bestehenden Häusern oder für gewerbliche Zwecke als Einzelbüro möglich. Auch im Bereich des Schulbaus und der Hotelanlagen finden raumbildende Systeme ihre Anwendung. Jedoch ist die Flexibilität der Grundrisse im Vergleich zu anderen Bauweisen eingeschränkter.

7.4 Wärmeschutz

Als Wärmeschutz gelten alle baulichen Maßnahmen, die den Energieverbrauch senken, die Konstruktion schützen und die Raumbehaglichkeit verbessern. Ein Faktor zur Energieeinsparung ist die Verringerung des Heizwärmebedarfs. Gemäß dem Gebäudeenergiegesetz (GEG) wird bei der Ermittlung des Verbrauchs sowohl die Wärmedämmung der Gebäudehülle als auch der gesamte Energiebedarf von fossilen Energien betrachtet. Neben dem Wärmeschutz sind auch die Anlagentechnik und der Energieträger mit dem

Energiebedarf für seine Erzeugung, Umwandlung und den Transport von Bedeutung.

Zur Raumbehaglichkeit gehören sowohl warme Raum- und Oberflächentemperaturen in der kalten Jahreszeit, als auch der Schutz vor Überhitzung an heißen Tagen. Unterschieden werden demnach der winterliche und der sommerliche Wärmeschutz. Beim winterlichen Wärmeschutz wird über die Verwendung von Dämmstoffen und die Vermeidung von Wärmebrücken der Wärmeverlust über die Gebäudehülle reduziert, während der sommerliche sich auf einen möglichst geringen Wärmeeintrag durch einen angemessenen Glasanteil, den Einsatz von Verschattungselementen und Sonnenschutzgläsern ausrichtet. Beide Arten der Temperaturregelung innerhalb eines Gebäudes sind in der DIN 4108 (2017) "Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden" geregelt.

Im zweiten Teil der DIN 4108 (2017) werden Anforderungen an einen Mindestwärmeschutz für beheizte oder niedrig beheizte Gebäude definiert, was bedeutet, dass ein geringerer Dämmstandard auch bei kleinen Flächen, Gebäuden oder Gebäudeerweiterungen nicht ausgeführt werden darf. Die energetische Bewertung von Nichtwohngebäuden ist in der DIN V 18599 (2018) festgelegt.

Die Regelungen innerhalb der DIN 4108 (2017) streben die Vermeidung von Gesundheitsschäden für die Gebäudenutzerinnen und Gebäudenutzer durch Feuchtigkeit bzw. Schimmel und in deren Folge Bauschäden an. Die Mindestanforderungen an energetische Standards dieser DIN-Normen liegen jedoch meist deutlich unter den Richtlinien des deutschlandweit geltenden GEG. Diese Gesetzgebung soll *„dazu beitragen, dass die energiepolitischen Ziele der Bundesregierung, insbesondere ein nahezu klimaneutraler Gebäudebestand bis zum Jahr 2050, erreicht werden“*, wobei sie mehrfach Bezug auf die DIN 4108 (2017) nimmt.

Energieeinsparrecht

Der Begriff Mindestwärmeschutz ist seit 1952 in der DIN 4108 (2017) Wärmeschutz im Hochbau (heute Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden) festgeschrieben. Zunächst wurde eine Wärmedämmung aus hygienischen Gründen bezüglich der Schimmelbildung gefordert, da ungedämmte Bauteile mit undichter Einscheibenverglasung und Ofenheizung zu damaliger Zeit den Standard ausmachten. Mit der Energiekrise in den 1970er-Jahren wurde auch die finanzielle Einsparung ein wichtiger Aspekt.

Das Energieeinsparungsgesetz (EnEG) von 1976 bildete die Grundlage für weitere gesetzliche Vorschriften, in denen die gesetzlichen Anforderungen an den Wärmeschutz kontinuierlich stiegen. Als erste Verordnung trat 1977 die „Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz bei Gebäuden“, die Wärmeschutzverordnung (WärmeschV) in Kraft.

2002 wurden die damals gültige Wärmeschutzverordnung und die Heizungsanlagenverordnung durch die Energieeinspar-

verordnung (EnEV) zusammengefasst und somit eine ganzheitliche Betrachtung der Wärmeverluste und Wärmegewinnung der Gebäudehülle und Anlagentechnik ermöglicht. Um die Klimaschutzpolitischen Ziele der Bundesregierung zu erreichen, wurden die Anforderungen an Neubauten und bauliche Veränderungen mit der EnEV 2009 um ca. 30 Prozent verschärft und im Mai 2014 mit der EnEV 2014 in Bezug auf die primärenergetischen Anforderungen im Jahr 2016 abermals um 25 Prozent gesteigert. 2020 ist das neue Gebäudeenergiegesetz (GEG) in Kraft getreten. Mit dem Gebäudeenergiegesetz wurden das Energieeinsparungsgesetz, die Energieeinsparverordnung und das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) in einem Gesetz zusammengeführt. Wie das bisherige Energieeinsparrecht für Gebäude enthält das Gebäudeenergiegesetz Anforderungen an Neubauten, an Bestandsgebäude und an den Einsatz erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteversorgung von Gebäuden, wobei die primärenergetischen Anforderungen zunächst nicht verschärft worden sind.

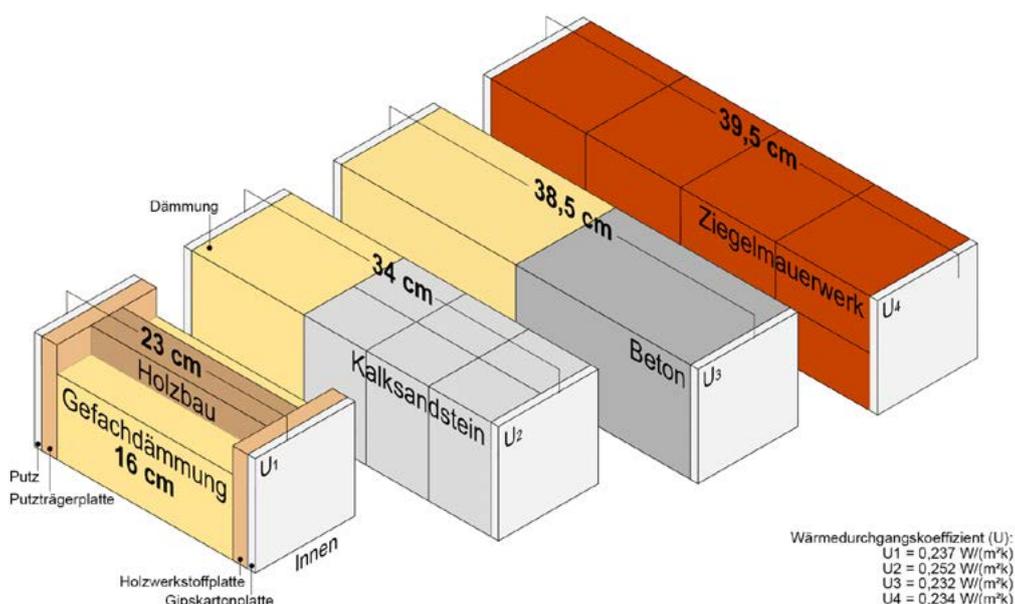


Abb. 7.11: Vergleich der Dicke von Wandaufbauten bei gleichem Dämmstandard nach Holzabsatzfond, © ZRS Architekten Ingenieure

Winterlicher Wärmeschutz

Bei winterlichen Außentemperaturen, soll die Wärme im Gebäude bleiben. Neben den Bedingungen des Mindestwärmeschutzes der DIN 4108 werden in den Anlagen zum Gebäudeenergiegesetz zur Begrenzung des Wärmeverlustes über die Gebäudehülle Grenzwerte für den Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) beschrieben. Der U-Wert gibt an, wieviel Wärme in Watt pro Quadratmeter Außenfläche des Gebäudes bei einer Temperaturdifferenz von einem Kelvin nach außen abgegeben wird. Er wird im Wesentlichen durch die Dicke und die Wärmeleitfähigkeit eines Bauteils bestimmt, wobei die Wärmeleitfähigkeit den Wärmestrom bei einem Temperaturunterschied von einem Kelvin durch eine 1 Quadratmeter große und 1 Meter dicke Schicht eines Stoffes angibt. Je niedriger der Wärmedurchgangskoeffizient, desto besser ist die Wärmedämmeigenschaft. Niedrige U-Werte von Bauteilen der wärmedämmenden Gebäudehülle wirken sich somit positiv auf den Heizenergiebedarf des Gebäudes aus.

Beim Holzrahmenbau ist die Wärmedämmung in den Gefachen zwischen der tragenden Holzkonstruktion angeordnet. Im Vergleich zu anderen Bausystemen können bei einer relativ dünnen Wand sehr gute Dämmstandards erzielt werden. Daraus resultiert ein geringer Flächenverbrauch, was sich positiv auf die Wirtschaftlichkeit eines Gebäudes auswirkt.

Sommerlicher Wärmeschutz

Der sommerliche Wärmeschutz soll auch bei hohen Außentemperaturen behagliche Temperaturen in den Innenräumen eines Gebäudes gewährleisten – die Außenwärme sollte nicht nach innen dringen und zur Überhitzung der Räume führen. Dies gewinnt gerade im Hinblick auf längere Hitzeperioden im Sommer und eine Zunahme von wärmeabgebenden Elektrogeräten und Computertechnik,

insbesondere in Bürogebäuden, an Bedeutung. In der Planung können wesentliche Einflussfaktoren auf das Raumklima reguliert werden. Dazu gehören die Wärmedämmung der Gebäudehülle, Größe, Qualität und Orientierung der Verglasung, Sonnenschutzeinrichtungen (Verschattung), die Möglichkeiten der Nachtauskühlung und die Speichermasse im Inneren des Gebäudes.

Der sommerliche Wärmeschutz wird an der Dauer der Überschreitung einer Raumtemperatur von 26 Grad Celsius im Jahr, den sogenannten Übertemperaturgradstunden, gemessen. Im Vergleich zu massiven Bauteilen reagieren Elemente in Leichtbauweise, wie gedämmte Holzständer- und Dachkonstruktionen direkter auf Hitzeeinwirkung. Die Verwendung von Dämmung mit einer hohen Rohdichte und hohen Wärmespeicherfähigkeit, welche bei Cellulose und Holzweichfaserdämmung gegeben, wirkt sich hingegen vorteilhaft auf den sommerlichen Wärmeschutz aus. Holzfaserdämmstoffe besitzen beispielsweise ein etwa siebenmal größeres Wärmespeichervermögen als Polystyrol. Zusätzlich kann eine Verbesserung durch eine hohe Speichermasse erzielt werden. Entscheidend dafür ist der Aufbau der Bauelemente. Neben einer ausreichend dimensionierten Wärmedämmung sollten die inneren Beplankungen und Bauteile möglichst aus wärmespeicherfähigen Materialien wie Lehm, Massivholz oder Gipsbauplatten bestehen. Um die Wärmespeicherfähigkeit zu aktivieren, sollten Abkofferungen, Hohlböden und Abhangdecken vermieden werden.

Eine wesentliche Ursache für die Überhitzung von Räumen ist eine übermäßige Sonneneinstrahlung. Dem kann durch einen angemessenen, nicht zu hohen Glasanteil und die Verschattung von verglasten Flächen nach Süden und Westen begegnet werden. Zusätzlich ist die Nachtlüftung eine effektive Maßnahme zur Kühlung des Gebäudes.

7.5 Feuchteschutz

Der Feuchteschutz umfasst die Vermeidung von Niederschlagsfeuchte und Feuchteeinwirkung aus der Nutzung innerhalb eines Gebäudes. Er ist für alle Bauweisen erforderlich, um Schäden an den Bauteilen durch Feuchteintrag oder Frosteinwirkung vorzubeugen. Aufgrund der hohen Feuchtigkeitsanfälligkeit sollten dem Witterungsschutz, den Anschlussdetails an Leibungen und Bauteilübergängen, dem Spitzwasserschutz im Sockelbereich der Fassade und in Bädern und der Luftdichtigkeit der Gebäudehülle eine besondere Aufmerksamkeit in Bezug auf den Feuchteschutz gewidmet werden.

Witterungsschutz

Der Witterungsschutz der Gebäudehülle wird bei Holzbauten meist durch hinterlüftete Fassaden oder durch Wärmedämmverbundsysteme hergestellt. Wärmedämmverbundsysteme benötigen eine bauaufsichtliche Zulassung, die konkrete Vorgaben zur Ausführung von Anschluss- und Eckdetails enthält.

Luftdichtheit

Die Luftdichtheit eines Gebäudes ist zur Vermeidung von Feuchteschäden im Bauteil und zur Vermeidung von Energieverlusten von großer Bedeutung und wird mit dem sogenannten Blower-Door-Verfahren (Differenzdruck-Messverfahren) gemessen. Im Holzbau stellt es ein wichtiges Instrument zur Qualitätssicherung dar. Kenngröße hierbei ist die Luftwechselrate, welche die Anzahl des Luftaustauschs des gesamten Gebäudevolumens je Stunde bei 50 Pascal Unter- oder Überdruck angibt. Durch die Messung können Leckagen in der Gebäudehülle erkannt und somit Bauschäden vermieden werden. Die hohen Anforderungen an die Luftdichtheit der Gebäudehülle erfordern zur Gewährleistung des hygienischen Mindestluftwechsels und zur Begrenzung der Raumluftfeuchte ein Lüftungskonzept.

Diffusionsoffene Bauweisen

Um die Bauteile gegen ungewollte Feuchteinwirkungen zu schützen, sollten diese in diffusionsoffener oder -hemmender Bauweise ausgeführt werden. Dabei sind die entsprechenden Bauteile zwar luftdicht, jedoch nicht dampfdicht und ermöglichen dadurch einen Wasserdampftransport durch das Bauteil. Aufgrund des Dampfdiffusionsgefälles von innen nach außen wird sichergestellt, dass Feuchtigkeit nach außen abgeführt wird. Aufgrund dessen erhalten die Bauteile ein hohes Austrocknungsvermögen, was sich positiv auf die Feuchtegehalte innerhalb der Elemente auswirkt.

Die Konstruktion wird meist mit innenliegender Aussteifung durch Holzwerkstoffplatten (meist OSB) und diffusionsoffenerer äußerer Bekleidung, oft auch als diffusionsoffenes, diffusionshemmendes Holzfaserverbundsystem, ausgeführt. Sie lässt sich laut Anhang A der neuen Norm zum baulichen Holzschutz (DIN 68800-2 (2012)) ohne besonderen feuchtetechnischen Nachweis in die Gebrauchsklasse 0 einstufen. Ein vorbeugender chemischer Holzschutz ist dadurch nicht erforderlich.

7.6 Holzschutz

Ziel des Holzschutzes ist es, die Lebensdauer von Holzhäusern zu verlängern, indem eine Minderung der Funktionstüchtigkeit von Holz und Holzwerkstoffen besonders durch Pilze und Insekten verhindert bzw. eingeschränkt wird. Unterschieden werden der bauliche und der chemische Holzschutz. Unter den baulichen Holzschutz fallen planerische, konstruktive, bauphysikalische und organisatorische Maßnahmen, die auf langjährig geübter Praxis basieren. Der konstruktive Holzschutz stellt in der aktuellen Fassung den Stand der Technik dar und gilt in den Kernaussagen als allgemein anerkannte Regel der Technik. Der kennzeichnungspflichtige, chemische

Holzschutz, der für die Gebrauchsklassen 1 – 3.1 nur Anwendung finden darf, wenn bauliche Maßnahmen keinen ausreichenden Schutz bieten, bezieht sich auf die Behandlung des Holzes mit Holzschutzmitteln.

Die DIN 68800 (2012) „Holzschutz“ stellt den baulich konstruktiven über den chemisch vorbeugenden Holzschutz. Die Norm enthält im zweiten Teil Regelungen für Konstruktionen, unter deren Einhaltung keine vorbeugende Behandlung mittels chemischer Stoffe notwendig ist. Diese Festlegungen basieren auf der Erkenntnis, dass eine kurzzeitige Befeuchtung von Holzbauteilen unschädlich ist, wenn eine rasche Austrocknung der Hölzer möglich ist. Dies wird durch den Einbau von trockenem Holz mit einer Feuchte von maximal 20 Prozent und der Möglichkeit diffusionsoffener Konstruktionen, welche die Voraussetzung der Austrocknung von unplanmäßig eingedrungener Feuchtigkeit erfüllen, erreicht.

Die aus einem Befall holzerstörender Pilze oder Insekten resultierenden Risiken werden in vier Gebrauchsklassen unterteilt. Diese werden durch eventuell notwendige chemische Holzschutzmaßnahmen definiert. In Abhängigkeit von der Einbausituation ermöglicht jedoch die Verwendung bestimmter Holzarten, die eine natürliche Dauerhaftigkeit (Resistenz) besitzen, die Vermeidung von chemischen Mitteln im Holzbau.

7.7 Auswirkung von Holz auf das Raumklima

Hygrothermische Aspekte

Holz ist ein **hygroskopisches Material**, das heißt es kann Feuchtigkeit aus der Umgebungsluft aufnehmen und an diese wieder abgeben. Diese Eigenschaft, auch als Sorptionsfähigkeit bezeichnet, besitzt Holz aufgrund seines materialspezifischen Kapillarsystems sowie seiner Porosität. Sie hängt von der im Material zur Verfügung stehenden

Oberfläche ab, an die sich Wasserdampf anlagern kann. Diese variiert in Abhängigkeit von der Holzart aber auch der Be- oder Verarbeitung des Holzes. Aufgrund der größeren Oberfläche sind Holzfaserprodukte feuchteaktiver als Vollholz oder vollholzbasierte Werkstoffe. Sägerauhes Holz kann wiederum mehr Feuchtigkeit aufnehmen als geschliffenes Holz. Lackierungen reduzieren durch den hohen Versiegelungsgrad der Poren die Sorptionsfähigkeit des Materials nahezu komplett.

Hygroskopische Materialien können Wasserdampf aus der Umgebungsluft aufnehmen aber auch wieder abgeben. Sie adsorbieren und desorbieren Feuchtigkeit. Solange diese Vorgänge im normalen Grenzbereich verlaufen, werden Baustoffe dadurch nicht geschädigt.

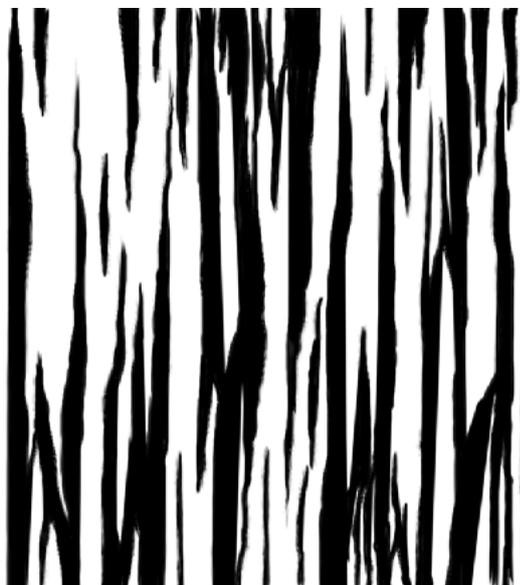


Abb. 7.12: Sorptionsfähigkeit Holz

Je höher die Speicherkapazität des Baustoffs und je schneller diese aktiviert wird, desto besser gleicht ein Bauteil Feuchteschwankungen der Raumluft aus, die beispielsweise durch Duschen, Kochen oder auch Wäschetrocknen entstehen. Holz und vor allem



Abb. 7.13: Wasserdampfsorption von Innenwänden, Vergleich Natur- und konventionelle Baustoffe [H] house project, © ZRS Architekten Ingenieure

Lehm als weiteres hygroskopisches Material sorgen daher für eine ausgeglichene Raumluftfeuchte. Man spricht in diesem Zusammenhang auch von einer feuchtesteuernenden Wirkung dieser Baustoffe. Für Planerinnen und Planer ist wichtig zu wissen, dass die Feuchteaktivität des Holzes bezüglich der Adaption an die Raumluftfeuchte kein relevantes Schwinden und Quellen verursacht. Die anfallende Feuchtemenge, die sorbiert wird, ist hierfür zu gering. Dies setzt voraus, dass diese Vorgänge im normalen Grenzbereich ablaufen.

Für das Raumklima in Gebäuden sind diese Sorptionseigenschaften von großer Bedeutung. Aufgrund der hohen Luftdichtigkeit energieeffizienter Gebäude kommen heute

in der Regel Lüftungsanlagen zum Einsatz. Diese sollen die Raumluftfeuchte regulieren, potenzielle Schadstoffe ablüften und für den notwendigen hygienischen Mindestluftwechsel sorgen. Gerade hier bieten Holz und Holzwerkstoffe in Kombination mit Lehm wenig genutztes Potenzial. In Kombination mit **dampf-diffusionsoffenen** Gebäudehüllen, die im modernen Holzbau Stand der Technik sind, kann durch die Verwendung hygroskopischer Materialien die Lüftungstechnik signifikant reduziert werden. Dies wirkt sich positiv auf das Raumklima aus. Vor allem im Winter trocknen Lüftungsanlagen Gebäude so stark aus, dass die Raumluftfeuchte unter 30 Prozent sinkt. Empirische Untersuchungen in Wohngebäuden in New York und Berlin haben dieses Phänomen bestätigt.

Dampfdiffusion beschreibt den Durchgang von Feuchtigkeit in Form von Wasserdampf durch ein Bauteil. Baustoffe die diffusionsfähig oder **diffusionsoffen** sind, setzen diesem Feuchtetransport weniger Widerstand entgegen.

Ein solches trockenes Raumklima ist als ungesund einzustufen, da die Aktivität von beispielsweise Grippeviren, Bakterien und Milben stark zunimmt. Wissenschaftliche Studien haben diesen Sachverhalt bereits in den 1980er Jahren nachgewiesen und die Wechselwirkung der Raumluftfeuchte auf die Aktivität von **Mikroben** aufgezeigt. Bei einer zu geringen oder zu hohen Luftfeuchtigkeit (< 40 Prozent und > 60 Prozent) nimmt diese Betriebsamkeit zu und beeinträchtigt das Wohlbefinden, die Produktivität und schlimmstenfalls die Gesundheit der Nutzerinnen und Nutzer. Raumluftfeuchten im Bereich von 40 Prozent bis 60 Prozent sorgen hingegen für ein gesundes und behagliches Raumklima. So wird beispielsweise die Aktivität von Grippeviren innerhalb einer Stunde um

80 Prozent reduziert, wenn die Luftfeuchtigkeit über 40 Prozent liegt.

Sichtbares, unlackiertes Holz im Tragwerk, in Holzböden oder Holzmöbeln aber auch Holzwerkstoffe wie beispielsweise Holzweichfaserplatten und -dämmungen innerhalb von Bauteilen tragen somit zu einem gesunden Raumklima bei. In der modernen Architektur findet dieser Aspekt jedoch nur wenig Beachtung, da das Thema bei Planerinnen und Planern kaum bekannt ist.

Mikroben sind mit dem Auge nicht sichtbare Mikroorganismen, die sich im Wasser, in der Erde und in der Luft befinden. Sie bevölkern millionenfach den menschlichen Körper. Manche machen krank, andere sind für die Gesundheit wichtig.

Flüchtige organische Verbindungen

Wird Holz entsprechend gewonnen und verarbeitet, verwendet man einen sehr umweltfreundlichen und nachhaltigen Baustoff. Holz-

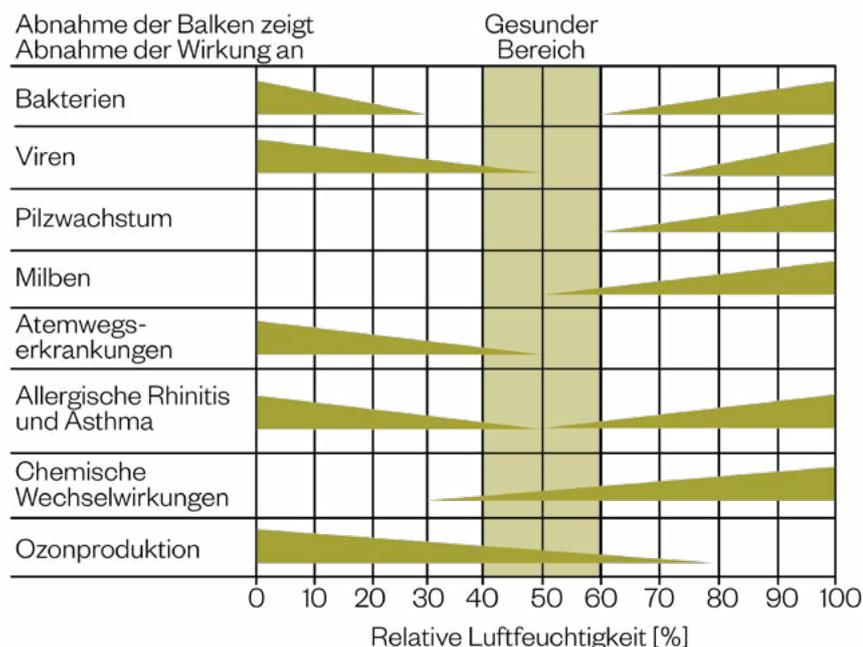


Abb. 7.14: Scofield und Sterling Diagramm (1985) Relevante Wechselwirkung von Mikroben bei unterschiedlichen Raumluftfeuchten, © Sterling (AHSRAE)

Werkstoffe und Rohhölzer emittieren jedoch unter Umständen so genannte flüchtige organische Verbindungen (VOC) wie z. B. Terpene und stehen deshalb immer häufiger in der Kritik, wenn es um ihren Einsatz im Innenraum geht.

Flüchtige organische Verbindungen (VOC) bezeichnen gas- und dampfförmige Stoffe organischen Ursprungs, die sowohl in der Außen- als auch in der Innenluft auftreten können. Konzentrationen in der Raumluft sind für gewöhnlich so niedrig, dass gesundheitliche Beeinträchtigungen nicht zu erwarten sind. Bei einer Überschreitung der Grenzwerte nach dem so genannten **AgBB-Schema** oder bei besonderer Empfindlichkeit der Gebäudenutzer reichen Symptome durch VOC-Exposition von der Beeinträchtigung des Wohlbefindens bis hin zu gesundheitlichen Beschwerden. Diese können in Form von Geruchsbelästigungen, leichten Reizerscheinungen der Schleimhäute, Atembeschwerden, Übelkeit, Müdigkeit, Reizbarkeit oder auch Konzentrationsschwäche auftreten.

Das **AgBB-Schema** ist ein Bewertungssystem für die gesundheitliche Bewertung von Bauprodukten. Für bestimmte Produkte wie beispielsweise Klebstoffe oder Oberflächenbeschichtungen sind verpflichtende Prüfungen nach diesem System vorgeschrieben.

In Innenräumen entweichen VOC, wenn Lösemittel oder Flüssigbrennstoffe verdunsten oder flüssige oder pastöse Produkte trocknen. Zu den VOC gehören unter anderem Aldehyde, Alkohole, Kohlenwasserstoffe aber auch organische Säuren. VOC können aus sehr unterschiedlichen Quellen entstehen, die von Bauprodukten oder Baumaterialien über Fußböden, Wand- und Deckenmaterialien bis hin zu Farben, Klebstoffen und Möbel reichen können. Aber auch Alltagsprodukte wie

Reinigungsmittel, Kinderspielzeug oder die Nahrungsmittelproduktion können zu VOC-Emissionen im Innenraum beitragen.

Bei Holz stehen die Menge und Art der Emissionen dabei in Zusammenhang mit der verwendeten Holzart, aber auch mit den zum Einsatz kommenden Produktionsverfahren. Rohholzproben emittieren vorrangig Terpene die unter anderem den typischen Holzgeruch erzeugen. Holzwerkstoffe setzen hingegen einen höheren Anteil an Aldehyden und kurzkettingen Karbonsäuren frei, die erst im Laufe der Zeit durch thermische, hydrolytische und oxidative Reaktionen als Sekundäremissionen aus den ursprünglichen Inhaltsstoffen gebildet werden.

Zur Vermeidung von erhöhten VOC-Emissionen in Innenräumen sollten emissionsarme, bestenfalls nach AgBB-Schema oder Blauem Engel zertifizierte Hölzer oder Holzprodukte zum Einsatz kommen. Emissionsprüfungen von Werkstoffen und Baumaterialien bekommen bei der Zulassung von Bauprodukten sowie der Vergabe von Prüfzeichen insofern eine immer höhere Bedeutung. Allerdings werden Emissionsprüfungen oftmals an Einzelmaterialien unter Laborbedingungen mit relativ kurzen Prüfzeiten durchgeführt. Die Ergebnisse solcher Untersuchungen lassen sich daher nicht unmittelbar auf die gebaute Realität übertragen.

Aus diesem Grund führen Nachhaltigkeitssysteme wie BNB und DGNB Messungen in fertig gestellten Gebäuden durch. Bei Gebäuden der öffentlichen Hand gelten für den Einsatz von Fußbodenbelägen und dekorativen Wandbekleidungen erhöhte Anforderungen in Form von Produktzertifizierungen, die den Einsatz von emissionsarmen Baustoffen zum Ziel haben. Generell kann der Bauherr durch intensives Lüften nach Beendigung der Bauarbeiten dafür Sorge tragen, dass erhöhte VOC-Konzentrationen in den ersten Monaten



Abb. 7.15: Foyer Firmengebäude Flexim,
© ZRS Architekten Ingenieure



Abb. 7.16: Holz-Beton-Verbundsystem-Decke,
Firmengebäude Flexim, © ZRS Architekten
Ingenieure

verringert werden. Weitführende Informationen zu diesem Thema sind in der Publikation ‚Der Weg zum gesunden Bauprodukt‘ des Ministeriums für Infrastruktur und Landesplanung (MIL) veröffentlicht.

7.8 Schallschutz

Der Schallschutz im Hochbau soll dessen Nutzer in Aufenthaltsräumen vor unzumutbaren Belästigungen durch Schallübertragung schützen. Drei Lärmquellen werden unterschieden: Geräusche aus anderen Räumen wie Sprache, Gehen, Stühlerücken oder Staubsaugerlärm; Geräusche aus haustechnischen Anlagen und Betrieben sowie der Außenlärm in Form von Verkehrslärm und Schall aus Gewerbe- und Industriebetrieben.

Grundlage für die Planung des Schallschutzes ist die DIN 4109-1 (2018). In ihr werden Anforderungen an die Schalldämmung und den zulässigen Schallpegel von Bauteilen schutzbedürftiger Räume festgelegt. Urteilen des Bundesgerichtshofs zufolge entspricht diese Norm jedoch nicht mehr der anerkannten technischen Umsetzung des Schallschutzes, weshalb das Beiblatt 2 zur DIN 4109 (1989) in diesem Themenbereich ausschlaggebend ist.

Es legt aktuelle und zeitgerechte Anforderungen im Bereich Schallschutz fest.

Der Schallschutz für Mehrfamilienhäuser kann sich an den Anforderungen des Beiblatt 2 zur DIN 4109 (1989) oder an der Schallschutzstufe II nach der VDI-Richtlinie 4100 (2012) orientieren.

Bei der Schallausbreitung und Schalldämmung sind zwischen Luftschall und Körperschall zu unterscheiden. Während Luftschall durch Druckschwingungen der Luft übertragen wird, wie es bei Sprachkommunikation der Fall ist, breitet sich Körperschall durch Schwingungen in festen Körpern aus, wie beim Einschlagen eines Nagels in eine Hauswand.

Deshalb erfordern Luft- und Körperschall unterschiedliche Schutzmaßnahmen: Die Erhöhung der Masse von den verwendeten Bauteilen, die zweischalige Ausführung von Wandelementen oder die direkte Minderung der Schallpegelquelle führen zur Reduzierung des Luftschalls. Die Übertragung des Körperschalls kann durch die Verwendung von weichen Materialien und Dämmstoffen, als auch durch die Verminderung der Schalleinleitung in die entsprechenden Bauelemente reduziert werden.

Decken

Zum Erreichen einer guten Tritt- und Luftschalldämmung von Holzdecken wird meist eine Kombination verschiedener Maßnahmen eingesetzt. Möglich sind beispielsweise die Erhöhung der Masse bestimmter Bauteile und die Entkopplung in den Auflagerbereichen.

Die Schallreduzierung in Zwischendecken wird durch einen Bodenaufbau mit Trittschalldämmung, die Verwendung von Nass- oder Trockenestrich, oder auch den Gebrauch einer zusätzlichen Schüttung zur Erhöhung der Masse erreicht. Eine an Federbügeln abgehängte Gipsplatten-Decke kann die Masse eines Bauteils ersetzen, da sie der Entkopplung der unterseitigen Bekleidung von der Tragkonstruktion dient. Allerdings ist hierbei die Sichtbarkeit der Holzdecke nicht gegeben.

Wohnungstrennwände

Wohnungstrennwände aus Holz sind in „leichter“ Bauweise, z. B. als Holzständer- oder als Massivholzkonstruktion in Form einer Brettsperrholzbauweise ausführbar.

Die Holzständerbauweise besteht aus zwei Ständerwerken, die keine Verbindungsstellen aufweisen dürfen, weshalb schallabsorbierende Dämmstoffe in den Zwischenräumen verbaut werden.

Massivholzkonstruktionen sind im Gegenteil dazu in der Dicke geschichtet. Hier ist besonders auf Maßnahmen zur Vermeidung der Körperschallweiterleitung an den Stoßstellen, wie beispielsweise durch elastische Lager oder Vorsatzschalen, zu achten.

7.9 Ökobilanzierung

Der Bau aber vor allem der Betrieb von Gebäuden belasten die Umwelt stärker als nötig und treiben den Klimawandel sowie den Ressourcenverbrauch weiter voran. Trotz hoher rechtlicher Vorgaben ist laut Umweltbundes-

amt (UBA) der Gebäudesektor nach wie vor für ca. 30 Prozent der gesamten CO₂ Emissionen und 35 Prozent des Endenergieverbrauchs in Deutschland verantwortlich. Dies ist nicht nur durch den Einsatz fossiler Energieträger wie Kohle, Öl und Gas während der Nutzungsphase bedingt. Auch der Abbau von Ressourcen wie beispielsweise Steinen, Erden, Metalle und Holz für die Errichtung spielen hierbei eine große Rolle.

Um die negativen Auswirkungen auf unsere Umwelt und unsere Gesundheit wirksam zu begrenzen, ist eine ganzheitliche Planung, die den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes betrachtet, sinnvoll. Damit lassen sich die ökonomischen und ökologischen Aufwendungen über die gesamte Lebensdauer des Gebäudes darstellen und die maßgeblichen Entscheidungen entsprechend treffen. **Ökobilanzierungen** erfassen und bewerten alle umweltrelevanten Auswirkungen eines Gebäudes. Sie stellen den Rohstoff-, Energieverbrauch aber auch die Emissionen in die Luft, Wasser und Boden dar. Anwendungsbereiche sind unter anderem die Betrachtung von einzelnen Bauteilen, ganzen Gebäuden oder auch der technischen Gebäudeausstattung. Für die Zertifizierung von Gebäuden nach BNB- oder DGNB-Standard ist eine Ökobilanzierung verpflichtend. Auch wenn solche Untersuchungen zunehmend an Bedeutung gewinnen, spielen in der aktuellen Planung von Gebäuden derzeit noch nach wie vor die Errichtungskosten die entscheidende Rolle.

Die **Ökobilanz** auch Lebenszyklusanalyse (Life Cycle Analysis - LCA) genannt ist eine Methode zur Erfassung und Bewertung umweltrelevanter Vorgänge bezogen auf ein Produkt oder einen Prozess. Die Ergebnisse dienen der transparenten Darstellung der Umweltfolgewirkungen. Sie werden auch als Entscheidungshilfe oder zur Prozessoptimierung genutzt.

HERSTELLUNGS- PHASE			ERRICHTUNGS- PHASE		NUTZUNGSPHASE							ENTSORGUNGSPHASE				GUTSCHRIFTEN UND LASTEN
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
Rohstoffbereitstellung	Transport ins Werk	Herstellung	Transport zur Baustelle	Bau/Einbau	Nutzung	Instandhaltung	Reparatur	Ersatz	Umbau, Erneuerung	betrieblicher Energieeinsatz	betrieblicher Wassereinsatz	Abbruch	Transport	Abfallbewirtschaftung	Entsorgung	Wiederverwendungs-, Rückgewinnungs-, Recyclingpotenzial

Abb. 7.17: Lebenszyklusphasen und Module nach DIN EN 15804

Für die Erstellung aussagekräftiger, vergleichbarer Ökobilanzierungen ist die Anwendung aktueller Normung (EN 15978 (2012), EN 15804 (2014), EN 16485 (2014)) unter Einbeziehung der Datenbank „ÖKOBAUDAT“ des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) maßgeblich. Aktuell publizierte Studien zu dem Thema basieren oftmals auf unterschiedlichen Rahmenbedingungen, die zu verzerrten Ergebnissen führen. Systemgrenzen, Betrachtungs- oder Instandsetzungszeiträume variieren beispielsweise, sodass Konstruktionen entweder begünstigt oder benachteiligt werden. Die Grundvoraussetzungen für eine Vergleichbarkeit sind damit nicht mehr gegeben.

Bisherige Ergebnisse

Eine im Jahr 2017 vom Bayerischen Landesamt für Umwelt in Auftrag gegebene Studie präsentiert eine nach aktuellen Normen umfangreiche Ökobilanz für ein Mustergebäude. Gegenstand der Untersuchung war ein zweigeschossiges Einfamilienhaus mit ca. 185 – 200 Quadratmeter BGF, ohne Keller. Ziel war es, für unterschiedlichste Varianten Ökobilanzen und Lebenszykluskosten zu berechnen. Der Fokus lag auf unterschiedlichen Konstruktionen wie Ziegel, Kalksandstein, Porenbeton, Hybridkonstruktionen, Holzrahmen, Massivholz, Energiestandards

sowie der technischen Gebäudeausstattung. Die differenzierten Untersuchungen der unterschiedlichen Umweltindikatoren ergaben, dass jede Lösung in Bezug auf den jeweiligen Betrachtungsaspekt Vor- und Nachteile aufweist.

Die Vorteile der Massivbauweisen lagen u. a. in einem höheren sommerlichen Wärmeschutz sowie in einem niedrigeren Heizenergiebedarf. Letzterer war unter anderem darin begründet, dass die solaren Gewinne im Winter besser gespeichert werden konnten und damit der Energiebilanz zugute kamen. Eine Erhöhung der thermischen Masse durch den Einsatz von schweren Lehmbaustoffen im Bereich der Innenwände würde den leichteren Holzbau in Bezug auf den sommerlichen Wärmeschutz aber auch den Energieverbrauch verbessern.

Bei der ökologischen Bewertung der verschiedenen Bauweisen zeigt der Holzbau jedoch Vorteile im Vergleich zu allen anderen Konstruktionsweisen. Der Primärenergieaufwand für nicht erneuerbare Primärenergie (PENR), erneuerbare Primärenergie (PER) sowie Primärenergie gesamt (PET) fiel für die Holzrahmen- und die Massivholzbauweise deutlich geringer aus, als für die Ziegel-, Kalksandstein- und Porenbetonbauweise. Die hybride



Mischbauweise markierte den Übergang zwischen den beiden Gruppen. Ferner zeichnen sich beide Holzbauweisen durch deutliche geringere Umwelteinwirkungen aus wie beispielsweise im Beitrag zum Treibhauseffekt, Versauerung von Böden und Gewässern, Überdüngungs- und Sommersmogpotenzial. Beide Holzbauweisen (Holzrahmen- und Massivholzbau) zeichnen sich durch weniger Umweltbelastungen in Bezug auf die Konstruktion im Vergleich zu allen Massivbauweisen aus.

8.1 Wirtschaftliches Bauen

Das Thema Baukosten von Holz- im Vergleich zu Massivbauten wird im Bauwesen aktuell sehr intensiv diskutiert. Während die Einen meinen, der Baukostenvergleich sei aufgrund der Unterschiedlichkeit der Konstruktionen schwierig bis unmöglich, verfolgen die Anderen mit gleicher Entschlossenheit den Versuch der Kostengegenüberstellung. Für eine ganzheitliche, wirtschaftliche Betrachtung spielen neben den Baukosten auch die Kosten während der Nutzung eine große Rolle. Sie setzen sich aus Betriebs-, Wartungs- und Instandsetzungskosten zusammen. Schließlich müssen auch die Rückbaukosten in die Betrachtung miteinbezogen werden.

Baukosten

Eine verlässliche Aussage zu Baukosten muss immer in Abhängigkeit zum Gebäudetyp und zu den Ausstattungsmerkmalen gesetzt werden. Während im Einfamilienhaussektor der Holzbau schon vielfältig umgesetzt wird, hat die Entwicklung im mehrgeschossigen Wohnungsbau oder mischgenutzten Gebäuden erst in den letzten Jahren stark zugenommen.

Verschiedene Studien zeigen, dass die Baukosten für Holzgebäude meist ähnlich sind wie die von Standardgebäuden. Unter Standardgebäuden werden Gebäude mit konventionellen Materialien wie Massivmauerwerk in Ziegel, Kalksandstein oder Porenbeton bzw. einer Tragkonstruktion aus Stahlbeton verstanden.

In dem Themenheft „*Nachwachsende Rohstoffe im Einkauf*“ veröffentlichte die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) im Jahr 2018 beispielsweise die Auswertung einer Vergleichsrechnung zu den Herstellungskosten und CO₂-Emissionen verschiedener Bauweisen. Untersucht wurden fünf öffentliche und private, realisierte Holzbauten (siehe Tabelle 7). Die mehrgeschossigen Sonderbauten wurden mit gleicher Fläche, Kubatur und Energiestandard modelliert und die Holzbauteile durch konventionelle Materialien ersetzt. Anschließend wurden die Herstellungskosten verglichen. Die Auswertung ergab, dass sie für die Holzbauten in den meisten Fällen gleich oder sogar auch etwas niedriger waren als bei den Vergleichsbauten in Standardbauweise und dabei teilweise eine negative CO₂-Bilanz aufwiesen.

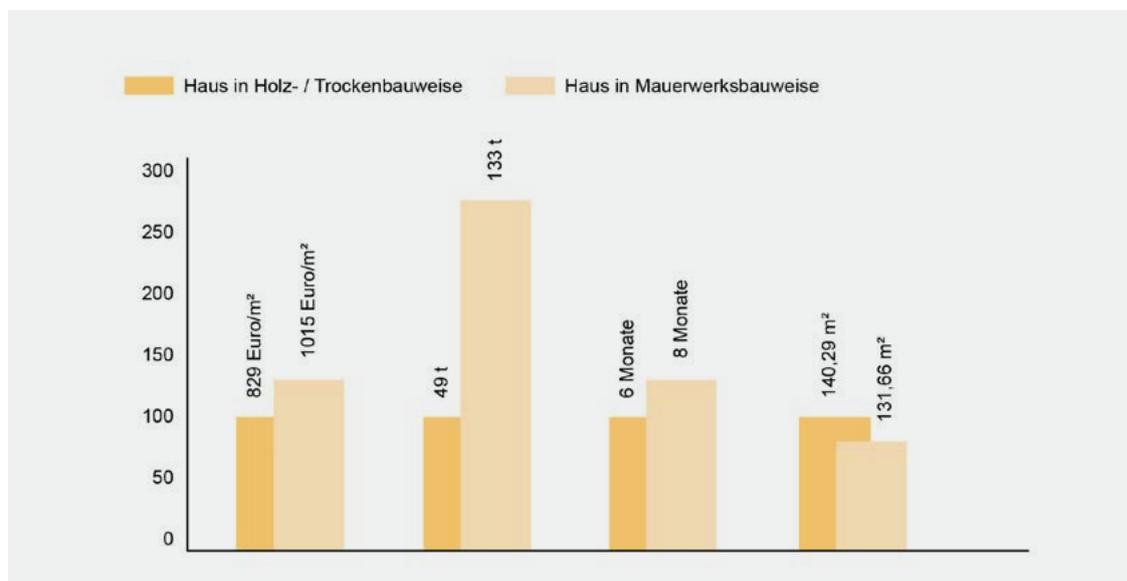


Abb. 8.1: Vergleich verschiedener Bauweisen

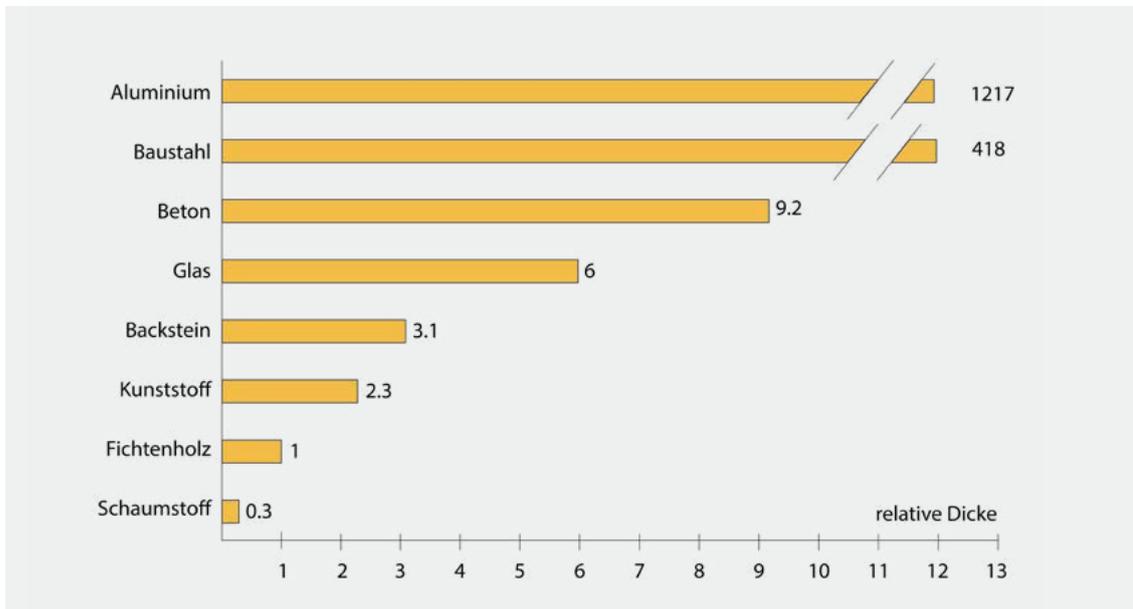


Abb. 8.2: Relative Schichtstärke von Baustoffen bei gleichem Dämmstandard Doppel,
© ZRS Architekten Ingenieure nach Dubbel

Im Zuge der Studie „Massiv- und Holzbau bei Wohngebäuden“ (2015) ermittelte die ARGE Kiel einen Medianwert für Einfamilien- und Mehrfamilienhäuser bezüglich der Baukosten des Rohbaus. Mit der Entwicklung von Typengebäuden in Holz, Beton und Mauerwerk wurden die Bauweisen vergleichbar gemacht. Die Medianwerte lagen bei der Holzbauweise um bis zu 6,0 Prozent höher. Jedoch ist in dieser Studie ebenfalls zu erkennen, dass die Spanne der Kosten beim Holzbau wesentlich größer ausfällt und der niedrigste Wert teilweise den des Mauerwerkbaus unterschreitet.

Im Rahmen eines industriell geförderten Forschungsvorhabens wurde 1996/1997 das Projekt Rigidom von der Fachagentur Nachhaltige Rohstoffe (FNR) durchgeführt, welches den zeitgleichen Bau zweier entwurflich übereinstimmender Einfamilienhäuser beinhaltete. Der Unterschied zwischen den Gebäuden bestand in der Bauweise. So wurde der Massivbau direkt mit dem Leichtbau aus dem Rohstoff Holz verglichen. Das Resultat

fiel in Bezug auf Bauzeit, Wohnfläche und Kosten bei diesem Projekt deutlich zu Gunsten des Holzhauses aus.

Flächeneffizienz

Der Holzrahmen-/ Holztafelbau überzeugt durch eine effiziente Flächenausnutzung. Im Vergleich zu konventionellen Bauweisen aus beispielsweise Kalksandstein mit Wärmedämmverbundsystem steht bei einer Ausführung in Holzbauweise durch dünnere Wandquerschnitte bei gleichem Dämmstandard und gleicher Gebäudegrundfläche mehr Wohnfläche zur Verfügung.

Während im Holzbau Wandstärken zum Außenraum von 23 Zentimeter zur Erreichung eines U-Wertes von $0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$ möglich sind, besteht eine Stahlbetonwand in der Regel aus 24 Zentimeter reiner Materialstärke und kann Verbindung mit der Dämmung eine Wandstärke von 38,5 Zentimeter erreichen. Auch die Außenwand aus Mauerwerk wird mit Dimensionen von bis zu 39,5 Zentimeter geplant und ausgeführt.

Der **U-Wert** steht bauphysikalisch für den Wärmestrom, der durch die Schichten eines Bauteils pro Quadratmeter stattfindet, bei einer Temperaturdifferenz von konstant 1 Kelvin zwischen Außen- und Innenfläche. Je kleiner der U-Wert, desto besser ist die Dämmeigenschaft des Bauteiles. Sie wird vorrangig von der Schichtstärke, den Materialien und deren Wärmeleitfähigkeit bestimmt.

Diesen wirtschaftlichen Vorteil machen sich bereits einige Wohnungsbaugesellschaften zunutze. Der Baustoff Holz gewinnt damit im urbanen Kontext an Bedeutung. Die Berliner Wohnungsbau-Gesellschaft HoWoGe gibt beispielsweise an, bei einem Holz-Hybridbau einen Flächengewinn von rund 2 Prozent der Gesamtfläche im Vergleich zu einem Gebäude in konventioneller Bauweise bei gleichen Außenmaßen zu erlangen. Bei 50 Wohnungen entspricht das der Fläche einer zusätzlichen Wohnung.

Einsparungen bei den Fundamenten

Die technischen Eigenschaften des Holzes (siehe Kapitel 7) haben auch Auswirkungen auf die Betrachtung der Wirtschaftlichkeit. Bauholz hat je nach Holzart unterschiedliche Rohdichten. Die meisten heimischen Hölzer weisen Werte von 400 bis 690 Kilogramm pro Kubikmeter auf. Im Vergleich entspricht das etwa einem Fünftel der Rohdichte von Stahlbeton. Eine niedrige Rohdichte bedingt ein

niedriges Eigengewicht. Holz hat trotz seines geringen Eigengewichtes eine hohe Festigkeit und kann somit große Belastungen aufnehmen. Beim Vergleich der spezifischen Festigkeiten verschiedener Baustoffe (siehe Tabelle 6) wird ersichtlich, dass Baustoffe aus Holz eine höhere spezifische Festigkeit als Mauerwerk und Stahlbeton aufweisen. Diese Eigenschaft kann sich im mehrstöckigen Hausbau vorteilhaft auf die Dimensionierung der Fundamente und die dadurch entstehenden Baukosten auswirken. Obendrein wirkt sich das geringe Eigengewicht von Holzbaustoffen vorteilhaft auf den Transport und die Montage aus.

Das geringe Gewicht von Bauteilen aus Holz ist besonders für Aufstockungen von Bestandsgebäuden von Bedeutung, da mit leichten Tragwerken aus Holz die bestehende Tragstruktur meist nicht ertüchtigt werden muss und somit sehr wirtschaftliche Lösungen gefunden werden können. Gerade in den wachsenden, urbanen Regionen mangelt es an bezahlbarem Wohnraum. Die Erschließung von Wohnraumpotenzialen durch Aufstockungen sind daher bedeutend. Das wurde 2015 in einer deutschlandweiten Studie der Technischen Universität Darmstadt und des Eduard Pestel Institut für Systemorschung e.V. (ISP) untersucht. Für Brandenburg wurde im Rahmen dieser Studie innerhalb von Regionen mit erhöhtem Wohnbedarf insgesamt 10.324 Gebäude mit Aufstockungspotenzial ermittelt. Betrachtet wurden Mehrfamilienhäuser mit 3-13 Wohnungen.

Tabelle 6.: Baustoffe und ihre Eigenschaften

Material	Rohdichte [kg/m ³]	Festigkeitskennwert [N/mm ²]	Spezifische Festigkeit 10-3 [N m ³ /kg mm ²]
Mauerwerk	550 – 2400	2 – 60	3 – 25
Stahlbeton	2000-2600	30 – 120	15 – 46
Bauholz	400 – 690	15 – 43	37 – 50

Kurze Bauzeiten verringern Baukosten

Ein weiterer Vorteil der Holzbauweise mit Auswirkung auf die Baukosten sind kurze Bauzeiten, die durch den hohen Vorfertigungsgrad bedingt sind. Professor Hermann Kaufmann der TU München gab in einem Interview Ende des Jahres 2018 an, dass durch die Verlagerung des Bauprozesses in die Werkhalle „nur ein Drittel oder Viertel der Bauzeit im Vergleich zum herkömmlichen Bauen“ aufgebracht werden muss. Feste Zeitabläufe garantieren eine höhere Kalkulationssicherheit, verbindliche Bauzeitenpläne geben den nachfolgenden Gewerken Planungssicherheit.

Unterschieden werden die industrielle und die handwerkliche Vorfertigung. Die industrielle Vorfertigung mit einer annähernd vollständigen Automatisierung in der Herstellung wird vor allem von der Fertighausindustrie genutzt, welche standardisierte Haustypen anbietet. Außerhalb des Einfamilienhausbaus werden in Europa vor allem Elemente wie Wände, Decken und Dächer industrialisiert vorgefertigt.

Vorfertigung bedeutet, dass die Elemente fertig auf die Baustelle transportiert und vor Ort zusammengesetzt werden. Unterschieden werden verschiedene Grade der Vorfertigung. Häufig werden Wandelemente ausgedämmt, beidseitig verschalt und mit bereits integrierten Fenstern zur Baustelle geliefert. Grenzen sind allein durch die Transportmaße gesetzt, während das Transportgewicht bei Holz weniger eine Rolle spielt. Witterungsschutz, Gerüste und Maschinen werden somit nur für einen verhältnismäßig kurzen Zeitraum benötigt, wodurch die Kosten für die Unterhaltung der Baustelle sinken. Zudem fallen keine Trocknungszeiten im Vergleich zu den Nassbautechniken an. Ein Einfamilienhaus kann so innerhalb weniger Tage fertiggestellt werden oder eine Brücke in kürzester Zeit entstehen und das unabhängig von der Außentemperatur. Dass Holzgebäude in der Regel schneller bezugsfertig sind, ist ein Kostenfaktor, der nicht zu vernachlässigen ist.

Für den öffentlichen Raum und die Anwohnerinnen und Anwohner bedeuten die kurzen Bauzeiten zudem weniger Störungen wie Lärm und Schmutz, Verkehrsstaus und Unfallgefahren, die durch die Baustelle verursacht werden. Im Rahmen der Montage einer Grünbrücke bei Luckenwalde (siehe Seite 84) war zum Beispiel nur eine 4-tägige Vollsperrung der Bundesstraße B 101 nötig, wodurch Umleitungen und Autostaus auf ein Minimum reduziert wurden.

Kostenreduzierung durch Verwendung regionaler Holzprodukte

Um die Vorteile des Holzbaus auszuschöpfen, ist eine konsequente Planung die Voraussetzung. Dazu gehören neben der Gebäudeplanung auch das Einbeziehen einer optimierten Zulieferkette und einer regionalen Holzverwendung, denn die lokale Verarbeitung kann die Kosten ebenfalls reduzieren.

Brandenburg ist mit seinem Waldbestand eine Quelle für hochwertiges Bauholz. Die hier vorherrschende „Märkische Kiefer“ ermöglicht eine langlebige, passgenaue Verarbeitung mit höchster Präzision.

8.2 Modulbauweise

Die Modulbauweise beschreibt in erster Linie das Bauen mit einzelnen Bauelementen in gleicher, standardisierter Bauweise. Die Einzelteile sind vorgefertigt und können unterschiedlich zusammengesetzt werden. Durch die Normierung der Fertigteile ist eine hohe Planungs-, Termin- und Kostensicherheit gewährleistet. Die Bauteile können dabei sowohl Wand-, als auch Decken- und Dachelemente sein, oder komplett vorgefertigte Raummodule.

Bausysteme

Derzeit werden Holzgebäude meist individuell geplant und umgesetzt, was mit einem relativ hohen Planungsaufwand und einer komplexen Bauabwicklung verbunden ist. Systembauweisen setzen auf Systematisierung und

Industrialisierung des Fertigungs- und Montageprozesses. Ausschlaggebend für eine wirtschaftliche Produktion sind dabei nicht notwendigerweise standardisierte Abmessungen von Bauteilen, ähnlich denen des Plattenbaus, sondern vielmehr eine standardisierte Systematik der Bauteil- und Materialfügungen. Die Entwicklung solcher Bausysteme kann auf einzelne Bautypen wie Wohnen oder Gewerbe abgestimmt sein oder universell für die verschiedensten Gebäudetypologien eingesetzt werden. Sie erfordert eine enge Abstimmung zwischen Architekten, Ingenieuren und ausführenden Firmen.

Raummodule

Raummodule sind vorgefertigte Räume, die als Einheiten in der Werkhalle produziert werden. Sie kommen mit den fertigen Oberflächen, der Haustechnikinstallation und den Nasszellen ausgestattet auf die Baustelle, wo sie durch Reihung und Stapelung zusammengefügt werden. Dabei ist ebenfalls eine Größenbeschränkung durch das Transportmaß gegeben.

Vor allem profitieren Gebäude mit einer hohen Anzahl von gleichen Räumen wie Hotels oder Wohnbauten für Studierende von dieser Baumethode. Durch die Serienproduktion und die schnelle Montage mit sich wiederholenden Abläufen können Kosten reduziert und sehr kurze Bauzeiten gewährleistet werden.

Neben den bereits genannten Aspekten ist ferner die Wiederverwendbarkeit vorgefertigter Bauteile ein großer Vorteil der Holzmodulbauweisen. Die Elemente sind, abhängig von der Fügetechnik, relativ leicht und zerstörungsfrei aus der Konstruktion rückzubauen.

8.3 Low-Tech Ansätze

Reduzierung der Nutzungskosten

Neben den Baukosten reduzieren sich bei einem Niedrigenergiehaus aus Holz auch die Kosten in der Phase der Nutzung. Belässt man beispielsweise die Holzfassade unbehandelt und bevorzugt die mit der Zeit einsetzende Vergrauung entsprechend der Bewitterung,

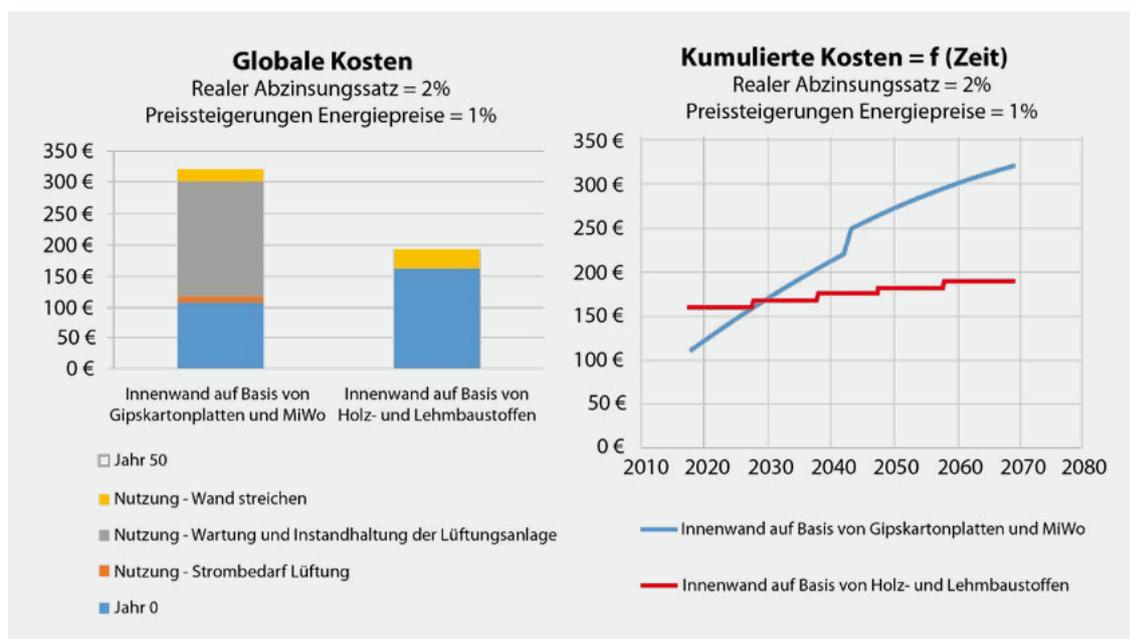


Abb. 8.3: LCC von zwei Gebäuden: hygroskopische Materialien, freie Lüftung und Abluft in innenliegenden Bädern sowie konventionelle Materialien, mechanische Belüftung und Wärmerückgewinnung | [H] house project, © Cycleco

ist die Fassade relativ wartungsarm. Es gibt aber auch andere Ansätze Kosten, die durch den Betrieb der Gebäude anfallen, zu reduzieren.

Reduktion von Lüftungstechnik

Aufgrund erhöhter Wärmeschutz- und technischer Anforderungen an die Luftdichtigkeit werden Wohngebäude heute überwiegend mit mechanischen Lüftungsanlagen ausgestattet. Über eine Wärmerückgewinnung soll die angestrebte Energieeffizienz gewährleistet werden. Mögliche Nachteile solcher Anlagen in Bezug auf Investitions- oder Wartungskosten sowie Platzbedarf bleiben oftmals unberücksichtigt. In Fachkreisen wird immer häufiger diskutiert, dass Betriebs- aber vornehmlich Wartungskosten die Planungsziele aufgrund von Fehleinstellungen und einem nicht angepassten Nutzerverhalten, wie das unregelmäßige Öffnen von Fenstern, erheblich überschreiten. Das Bewusstsein, dass Technikreduktion Gebäude kostengünstiger machen kann, setzt sich immer stärker durch.

Wie eingangs erläutert, können hygroskopische Naturbaustoffe wie Holz, Holzwerkstoffe, andere Naturfasern aber auch Lehm Feuchte steuern. In Kombination mit einer dampfdiffusionsoffenen Bauweise, wie sie im modernen Holzbau üblich ist, und einem ausgewogenen Glasanteil ermöglichen sie die Reduktion von Lüftungstechnik. Wissenschaftliche Untersuchungen haben den Nachweis erbracht, dass solche Low-Tech Konzepte technisch möglich und in einer ganzheitlichen Betrachtung auch wirtschaftlicher sind. Vergleichende Lebenszykluskosten-Berechnungen für ein mehrgeschossiges Wohngebäude in Holzbauweise sowie konventioneller Konstruktion zeigten deutlich, dass durch den Einsatz einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung die Gesamtkosten für das Projekt um 32 Prozent höher lagen als für eine Low-Tech Lösung. Dies war durch die deutlich erhöhten Wartungskosten begründet.

8.4 Holzbau im Lebenszyklus

Lebenszykluskosten (LCC)

Eine ganzheitliche Betrachtung von Projektkosten ist maßgeblich für die Errichtung zukunftsweisender, nachhaltiger Gebäude. Der Fokus auf die Reduzierung der Errichtungskosten während der Planungsphase führt nicht selten zu unvorhergesehenen Mehrkosten während der Nutzungsphase. So übersteigen oftmals die Unterhaltskosten nach nur kurzer Zeit die Herstellungskosten um ein Vielfaches.

Integrale Betrachtungen sollen es Planerinnen und Planern ermöglichen, detaillierte Berechnungen anzustellen, mittels derer Projektkosten relativ präzise über den gesamten Lebenszyklus dargestellt werden können. Über Variantenvergleiche in den frühen Leistungsphasen lassen sich Entwürfe optimieren und Unterhaltskosten und Ressourcen während des Betriebs sparen. Solche Berechnungen führen anfänglich zu höheren Planungskosten, steigern in der Gesamtbetrachtung aber die Wirtschaftlichkeit eines Projektes. Für den Holzbau weisen Lebenszyklusbetrachtungen allerdings noch Defizite auf, die in den nächsten Abschnitten kurz erläutert werden sollen.

Lebenszykluskosten (LCC Bilanzen)

betrachten ganzheitlich alle projektbezogenen Kosten wie die Errichtungskosten, Betriebskosten (Energie, Strom, Wasser), Unterhaltskosten (Reinigung, Wartung, Reparatur, Instandsetzung) sowie die Kosten für den Rückbau und die Entsorgung. Der Betrachtungszeitraum ist auf 50 Jahre festgelegt.

Ergebnisse Lebenszykluskosten Berechnung

In einer vom Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie in Auftrag gegebenen Studie zur Lebenszyklusanalyse von Wohngebäuden wurden

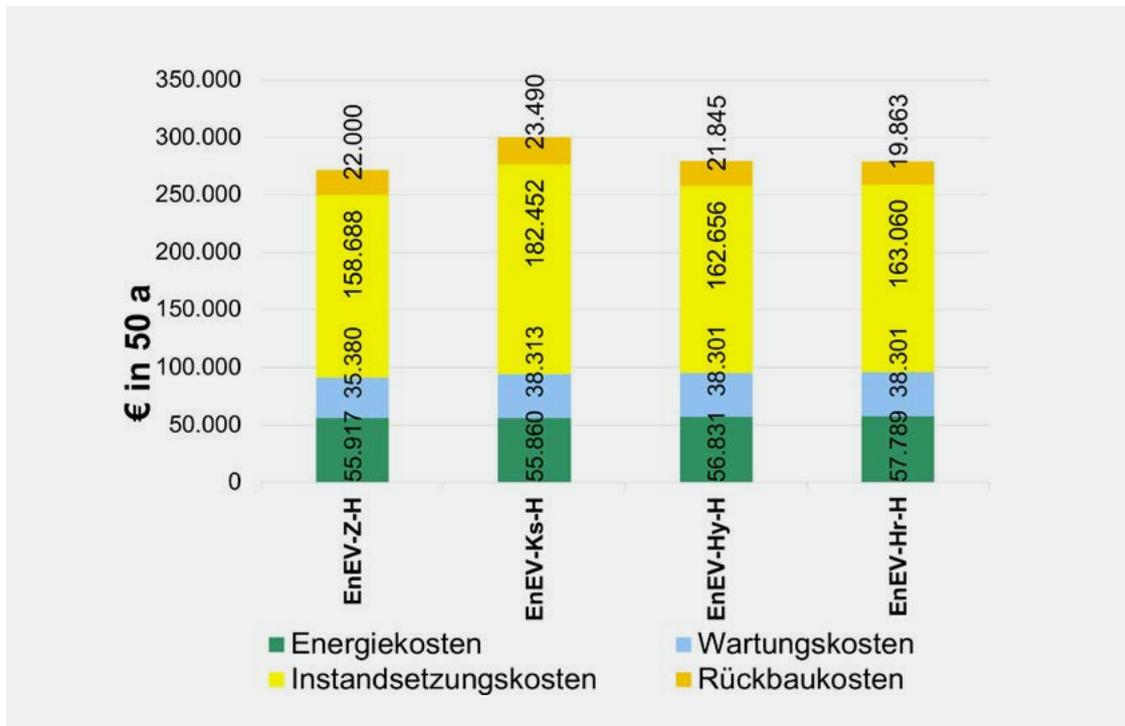


Abb. 8.4: Lebenszykluskosten in 50 Jahren (ohne Preissteigerungen) unterschiedlicher Bauweisen (Ziegelbauweise, Kalksandstein, Hybridbauweise, Holzrahmenbauweise) Ascona GbR, © Holger König

für ein zweigeschossiges Einfamilienhaus die Lebenszykluskosten untersucht. Gegenstand der detaillierten Betrachtung waren unter anderem unterschiedliche Konstruktionsweisen, Energiestandards sowie Heiztechnologien. Im Folgenden wird auf die Ergebnisse für Ziegel-, Kalksandstein-, Porenbeton-, Hybrid-, Holzrahmen- und Holzmassivbauweise in Kombination mit einer Holzpelletanlage mit einem Heizwärmebedarf von 15 kWh/m²a fokussiert. Folgende Szenarien wurden im Detail für einen Betrachtungszeitraum von 50 Jahren berechnet:

- Herstellungskosten
- Reinigungskosten
- Wartungskosten
- Instandsetzungskosten
- Rückbau- und Entsorgungskosten

Im Ergebnis gab es bei der Betrachtung der Herstellungskosten keine signifikanten Unterschiede. Diese variierten in der Kostengruppe

300 um maximal 8.000 Euro, was etwa einem Unterschied von 3,5 Prozent entsprach. Sie fielen bei der Ziegelbauweise am geringsten und bei der Holzrahmenbauweise am höchsten aus. Die Instandsetzungskosten für das Gebäude fielen am stärksten ins Gewicht. Diese fielen für die Kalksandsteinbauweise am höchsten und die Ziegelbauweise am niedrigsten aus. Die Hybrid- und die Holzrahmenbauweise zeigten annähernd gleich hohe Kosten und lagen damit knapp hinter der Ziegelbauweise. An zweiter Stelle standen die Energiekosten, gefolgt von den Wartungskosten und den Rückbau- und Entsorgungskosten. Insgesamt lässt sich feststellen, dass es kaum Unterschiede zwischen der Ziegel-, Hybrid- und Holzrahmenbauweise gab. Allein die Kalksandsteinbauweise wies höhere Lebenszykluskosten im Vergleich zu den anderen drei Bauweisen auf.

Die Ergebnisse weisen in Bezug auf das Rückbauszenario noch Optimierungspotenzial auf.

Für beide Holzbaukonstruktion war als Entsorgungsweg nur die thermische Verwertung vorgesehen. Die Vorteile des Holzbaus in Bezug auf das zirkuläre Bauen, die im nächsten Abschnitt näher erläutert werden, bleiben somit unberücksichtigt.

Grenzen bisheriger Studien

LCC-Bilanzierungen sind im Holzbau bislang nur Gegenstand weniger Untersuchungen. Die Potenziale des kostengünstigen Bauens mit Holz im Lebenszyklus sind demnach noch nicht hinreichend erörtert. Unterschiedliche Studien zeigen zwar erste, wichtige Erkenntnisse, doch sind die Studien für zweigeschossige Einfamilienhäuser durchgeführt worden. Eine Übertragung auf den mehrgeschossigen, urbanen Holzbau, ist daher nicht möglich. Gerade in diesem Segment bietet dieser im Vergleich zum Massivbau Kostenvorteile, da die diffusionsoffene Bauweise beispielsweise eine Reduktion von Lüftungstechnik ermöglicht.

Entsorgungsszenarien sind zudem in den Berechnungen noch nicht ausreichend differenziert. Im *End of Life Modul* wird beispielsweise für Holzbauteile nur die thermische Verwertung als Entsorgungsweg angeboten. Ferner wird in den meisten Studien das Szenario des Rückbaus, Recyclings und Wiederverwertung nicht betrachtet. Gerade hier weist der Holzbau große Vorteile auf, die somit vollkommen unberücksichtigt bleiben. Dieses wenig erforschte Potenzial des Holzbaus im Vergleich zum Massivbau erscheint gerade vor dem Hintergrund schwindender Ressourcen als immer richtungsweisender.

Das Rückbaupotenzial eines Gebäudes zeigt sich in erster Linie in der Qualität und Funktionalität der reversiblen Verbindungen. Diese ermöglichen eine zerstörungsfreie Demontage ganzer Bauteile und somit eine direkte Wieder- oder Weiterverwendung. Der Wert des Elements bleibt weitestgehend erhalten

und kommt einer neuen Nutzung zugute. An aussagekräftigen, quantitativen Bewertungen dieses Mehrwerts mangelt es bislang. Es ist aber abzusehen, dass sie durch die zunehmend geforderte Ressourceneffizienz an Bedeutung gewinnen.

Da es sich beim Holzbau um eine trockene Bauweise handelt, können die Verbindungen mittels metallischer, reversibler Befestigungsmitteln wie Schrauben und Bolzen hergestellt werden. Auch finden moderne Zimmermannsverbindungen immer häufiger Anwendung. Im Vergleich zur Massivbauweise können diese Verbindungen durch das geringe Eigengewicht des Baustoffes Holz schlanker und damit kostengünstiger ausgeführt werden. Auch hier ist eine quantitative Bewertung aufgrund weniger Ausführungsbeispiele bisher nicht möglich. Die Vorteile sind aber erkennbar. Im Bereich der reinen Holzverbindungen, die durch Abbundmaschinen sehr zeiteffizient hergestellt werden, entstehen deutliche Kostenvorteile für den Holzbau gegenüber beispielsweise dem Betonbau, der auf aufwendige Sonderlösungen angewiesen ist.

Zirkuläres Bauen

Rückbaubare, wiederverwendbare Konstruktionen waren bis Anfang des letzten Jahrhunderts Normalität. Historische Wohngebäude wie Fachwerkhäuser aber auch Nutzgebäude wie beispielsweise Lagergebäude, Speicher und Scheunen wurden teilweise mehrfach umgesetzt und zeigen eindrücklich die Möglichkeiten des zirkulären Bauens. Neuere Entwicklungen übertragen dieses Konzept auf heutige Bauaufgaben. So wurden z. B. bis zu dreigeschossig stapelbare Module in Holzbauweise zunächst von Gemeinden während der Sanierung von Schulen als temporäre Klassenräume genutzt und anschließend an anderer Stelle zum Einsatz gebracht (s. Abb. 8.5). Aufgrund der hohen Flexibilität kamen sie in Darmstadt als Bürogebäude der Technischen Universität zum Einsatz.



Abbildungen 8.5: Klassenraum der mobispace Schule, Abb. 8.6: Reversible Steckverbindung als Montagehilfe I mobispace, © Thomas Ott

Detaillierte Lebenszykluskostenbetrachtungen für das Projekt stehen noch aus. Erste Untersuchungen der Stadt Trier für die Errichtung einer 3-geschossigen Schule ergaben, dass die Anschaffung von 24 Klassenraummodulen bei einem zweiten Einsatz um 20 Prozent günstiger waren als angemietete Stahlcontainer. Die Zukunftsfähigkeit des Projekts spiegelt sich in den insgesamt 200 realisierten Gebäuden wieder. Drei davon wurden demontiert und an neuen Standorten wieder errichtet.

CO₂-Vermeidungskosten

Ein anderer für Planerinnen und Planer neuer Ansatz der Kostenbetrachtung ist die Ermittlung von sogenannten CO₂-Vermeidungskosten. Dabei wird davon ausgegangen, dass der Einsatz von nachwachsenden CO₂-speichernden Rohstoffen einen aktiven Beitrag zum Klimaschutz leistet. In einer ganzheitlichen Betrachtung bedeutet dies, dass beispielsweise die öffentliche Hand bei der Vermeidung von CO₂-Emissionen an anderer Stelle geringere Aufwendungen hat. In einer von der FNR in Auftrag gegebenen Studie wurde dieses Potenzial anhand von fünf öffentlichen und privaten, in Bayern realisierten Gebäuden, untersucht. Die Betrachtung stellt den Holzbau im Vergleich zur konventionellen Bauweise dar. Errichtungskosten sind in der Studie als reine Baukosten ermittelt

worden. Die Ergebnisse in Tabelle 7 zeigen deutlich, dass die in Holzbauweise errichteten Gebäude ein höheres CO₂-Vermeidungspotenzial aufweisen als die Vergleichsprojekte in Standardbauweise. Zwei der Holzgebäude erreichen in der Herstellungsphase sogar eine negative CO₂-Bilanz, was durch den Einbau großer Mengen an nachwachsenden Rohstoffen begründet ist. Bei drei Gebäuden verursacht ein etwas höherer Anteil nicht-hölzerner Bauteile, die jedes Holzhaus enthält, eine leicht positive CO₂-Bilanz. Generell ist zu erkennen, dass der Holzbau zu geringeren Folgekosten führt, die der Bausektor durch die beim Bauen entstehenden CO₂-Emissionen verursacht.

Die Stadt München gewährt seit 2013 einen CO₂-Bonus für den Einsatz von Holz und anderen nachwachsenden Rohstoffen in der Gebäudekonstruktion von „20 Cent je Kilogramm langfristig im Gebäude verbaute nachwachsendem, Kohlenstoff speicherndem Baustoff“.

Adaptionsfähigkeit

Die Lebensdauer von Nichtwohngebäuden ist in den letzten Jahren gesunken. Die Gründe dafür sind vielfältig, liegen aber oftmals in dem mangelnden Nach- oder Umnutzungspotenzial der Bestandsgebäude. Moderne Lebens- aber auch Arbeitswelten ändern sich immer schneller und fordern ein hohes Maß

Tabelle 7: CO₂-Vermeidungspotenzial von Gebäuden in Holz- und Standardbauweise

Projekt	Bauweise	Baukosten [€/m ²]	Differenz [€/m ²]	CO ₂ Bilanz [kg/m ²]	Differenz [kg/m ²]	CO ₂ Vermeidungskosten [€/t]
Lebenshilfe Lindenberg	Holz	1.054	- 55	+ 21	+ 328	-168
	Standard	1.109		+ 349		
Finanzamt Garmisch-Patenkirchen	Holz	1.419	- 238	+ 3	+ 444	-536
	Standard	1.657		+ 447		
Gemeindezentrum Ludesch	Holz	1.370	+ 30	- 47	+ 434	+ 69
	Standard	1.340		+ 387		
Mehrfamilienhaus Samer Mösl, Salzburg	Holz	963	- 147	+ 5	+ 433	-339
	Standard	1.110		+ 438		
Campus Kuchl, FH Slzberg	Holz	920	-19	-120	+432	-44
	Standard	939		+312		

an Flexibilität. Holzgebäude ermöglichen aufgrund ihrer leichten und modular strukturierten Bauweise multifunktionale Lösungen. Über eine Vielzahl von Typen und Profilen, die über den Einsatz modernster Abbundmaschinen einfach zu realisieren sind, lassen sich Gebäude relativ flexibel planen. Sind Gebäude zirkulär geplant, erleichtern reversible Verbindungen den Austausch einzelner Bauteile sowie die flexible Neuausrichtung von Gebäudegrundrissen. Durch die einfache Möglichkeit zum Um- und Weiterbauen erhöht sich die Lebensdauer nicht nur von einzelnen Elementen, sondern auch von ganzen Gebäuden. Die Verlängerung der Nutzungsphase ist ein ganz wesentlicher Beitrag zum nachhaltigen ressourcenschonenden Bauen.

8.5 Zukünftige Kostenreduktion durch technologische Weiterentwicklung

Während der moderne Holzbau zum Einen durch eine zunehmende Standardisierung geprägt ist, gibt es zum Anderen, hervorgerufen durch die elektronische Steuerung von Produktionsmaschinen, starke Tendenzen

zur Individualisierung. Durch die Einführung digitaler Planungswerkzeuge und computergesteuerter Fertigungstechnik haben sich die Möglichkeiten zur Umsetzung komplexer Geometrien erheblich erweitert.

Die Digitalisierung ist bei den Holzverarbeitenden Betrieben bereits weit vorangeschritten. Mehr als die Hälfte greifen mittlerweile auf 3D-Planungstools zurück. Betrachtet man alle Bauunternehmen, inklusive die für konventionelle Bauweisen, liegt der Anteil bei unter 6 Prozent. Die Ziele der Holzbaufirmen mit 3D-Technologie sind die Optimierung der Arbeitsabläufe, insbesondere durch Ausgabeschnittstellen an Abbundmaschinen und die Minimierung von Fehlerquellen.

Ein wichtiger Baustein der Digitalisierung ist das in anderen Ländern schon weit verbreitete Building Information Modeling (BIM). Mithilfe eines Programms wird dabei ein digitales 3D-Modell des geplanten Gebäudes erstellt und gleichzeitig mit allen relevanten, auch nicht-zeichnerisch darstellbaren Informationen versehen. Projektbeteiligte können simultan an

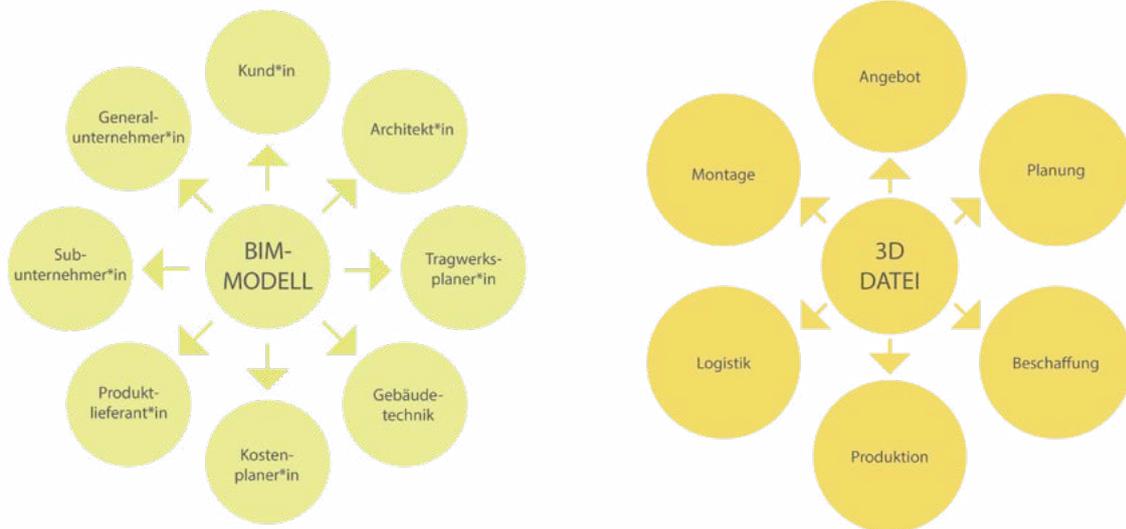


Abb. 8.7: Verbindung der Projektbeteiligten und der Arbeitsprozesse bei BIM- und 3D-Dateien
 Philipp Zumbrunnen, © ZZRS Architekten Ingenieure nach Zumbrunnen

dem gemeinsamen Datenmodell arbeiten. So werden nicht nur alle Projektbeteiligten innerhalb des Programms miteinander verbunden, sondern auch alle anfallenden Arbeitsprozesse. Die Möglichkeiten, welche die Nutzung von BIM bieten, müssen in Zukunft noch stärker genutzt und Schnittstellen optimiert werden.

Für den Holzbau schafft BIM ganz neue Perspektiven. Aufgrund des hohen Vorfertigungsgrades in der Werkhalle besteht die Möglichkeit BIM aktiv in die Arbeitsabläufe zu integrieren. So lassen sich beispielweise Maschinen direkt ansteuern. Das wiederum führt zu Optimierung und Verbesserung der Fertigung selbst, zur Senkung der Konstruktionszeit sowie zur Vermeidung möglicher Fehler.

9. WICHTIGE ASPEKTE DES BAUSTOFFES HOLZ

9.1 So nachhaltig ist Holz wirklich!

Ob als Baustoff oder als holzbasierte Cellulosefaser in der Bioökonomie, die Ressource Holz erfährt zurzeit eine ausgesprochene Renaissance. Die Neuauflage der Charta für Holz 2.0 durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) im November 2016 aber auch die aktuellen Entwicklungen im Bereich der bauordnungsrechtlichen Regelungen zeigen dies. Nachhaltig bewirtschaftete Wälder sind ein wichtiger Beitrag für den Klimaschutz. Sie speichern nicht nur klimaschädliches CO₂, sondern kühlen auch unseren Planeten. Damit leisten sie einen aktiven Beitrag zum Zwei-Grad-Ziel, das durch die Bundesregierung in 2010 beschlossen wurde. Durch die nachhaltige Verwertung des Rohstoffes Holz beispielsweise bei der Errichtung von Gebäuden, Brücken oder beim Bau von Holzmöbeln wird dieser CO₂-Speicher zur Kohlenstoffsenke. Das im Holz gespeicherte CO₂ wird langfristig gebunden und der Atmosphäre entzogen. Die stoffliche Nutzung von Holz schont zudem wertvolle, endliche Ressourcen. Dies gilt für den Bereich des Bauens sowie für die Energieerzeugung.

Als **Kohlenstoffsenke** bezeichnet man Speicher, die zeitweilig oder dauerhaft Kohlenstoff aufnehmen.

Die Energie für die Bereitstellung des Rohstoffes Holz ist außerdem sehr viel geringer als bei fossilen Grundstoffen, deren Gewinnung sich oftmals auch nachteilig auf die Landschaft beziehungsweise die Ökosysteme auswirkt. Auch beim Vergleich des Herstellungsenergiebedarfs, der sogenannten grauen Energie von Baustoffen, schneidet Holz überdurchschnittlich gut ab. Zement benötigt im Vergleich zu Holz das 133- bis 200-fache an Energie, Kunststoff das etwa 1.100- bis 4.000-fache und Aluminium das 9.600- bis 14.400-fache. Diese Werte geben Planerinnen und Planern eine grobe Orientierung für die Phasen A1 – A3 in der Ökobilanzierung. Am Ende sollte jedoch ein Vergleich auf Bauteilebene erfolgen, da die Ökobilanz unter anderem von der Materialmenge abhängt, für die jeweilige Anwendung benötigt wird.

Herstellungsenergiebedarf
in kWh/t

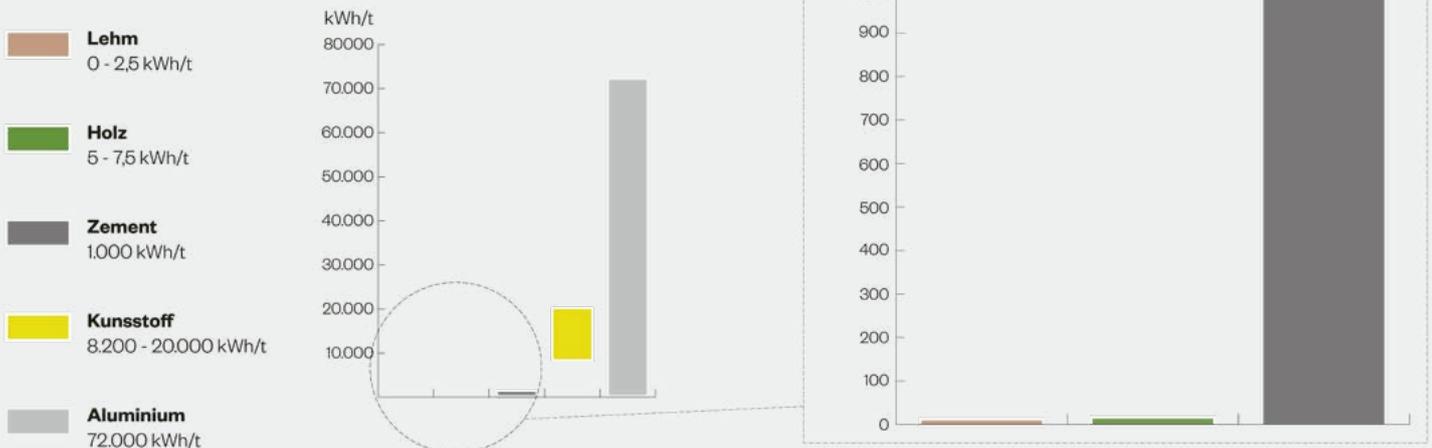


Abb. 9.1: Graue Energie von Baustoffen © ZRS Architekten Ingenieure

Tabelle 8. Graue Energie von Baustoffen

Graue Energie von Baustoffen [kWh/t]			
Lehm	0 - 2,5 kWh/t	Kunststoffe	8.200 - 20.000 kWh/t
Holz	5 - 7,5 kWh/t	Aluminium	72.000 kWh/t
Zement	1.000 kWh/t		

Doch wie nachhaltig ist Holz wirklich? Kann die Ressource die aktuellen Erwartungen erfüllen und ihnen standhalten? Die folgenden Abschnitte sollen wichtige Aspekte des Baustoffes Holz kritisch beleuchten.

9.2 Holzvorräte

Bei den aktuellen Bestrebungen, in den unterschiedlichsten Bereichen stärker auf nachwachsende Ressourcen und somit auf Holz zu setzen, drängt sich die Frage auf, ob die Rohholzvorkommen in Zukunft einen gesteigerten Bedarf decken können oder ob bei einer intensiveren Nutzung der Wälder die nachhaltige Bewirtschaftung nicht mehr gewährleistet werden kann. Auch wenn eine Bewertung nur eine Prognose ermöglicht, kommen die Zahlen der in den Jahren 2012 und 2013 auf

Landesebene durchgeführten Waldinventur, die durch die Bundeswaldagentur (2012) bestätigt wurden, zu einem eindeutigen Ergebnis. Nicht nur in Brandenburg, sondern auch deutschlandweit gibt es mehr nachwachsendes Holz als derzeit eingeschlagen und benötigt wird. In Brandenburgs Wäldern wurde 2013 im Durchschnitt ein Holzvorrat von 272 m³ pro Hektar verzeichnet. Diese Holzreserven wurden in den letzten 10 Jahren nur zur Hälfte genutzt.

Beide Bestandsaufnahmen belegen eine nachhaltige Bewirtschaftung des brandenburgischen sowie des deutschen Forstes, da die Wälder wieder naturnäher, vielfältiger und damit robuster gegen beispielsweise Schälflingsbefall werden. Die Vorräte stiegen bei allen Holzarten weiter an, aber auch die Menge



Abb. 9.2: Außenansicht Forstamt Jena cornelsen + seelinger architekten BDA | Pollmeier Massivholz GmbH & Co. KG © Thomas Eicken



Abb. 9.3: Dachtragwerk Forstamt Jena cornelsen + seelinger architekten BDA | Pollmeier Massivholz GmbH & Co. KG © Thomas Eicken



Abb. 9.4: Fensterdetail Forstamt Jena cornelsen + seelinger architekten BDA | Pollmeier Massivholz GmbH & Co. KG © Thomas Eicken

an Totholz, die eine wichtige Grundlage für die Biodiversität bildet, nahm zu (siehe Kapitel 1). Diese Bewertung ist vor dem Hintergrund, dass die „*Vorteile von nachwachsenden Rohstoffen zu einer gestiegenen Holznutzung geführt haben*“ ein wichtiges Ergebnis.

Wie sich wiederum der angestrebte, teilweise umgesetzte Waldumbau und das damit veränderte Rohstoffaufkommen auf die Bewältigung zukünftiger Bauaufgaben auswirken kann, wird eindrücklich beim Neubau des Forstamtes in Jena deutlich. Dort kam heimisches Buchensperrholz sowohl für das Tragskelett, die Holz-Beton-Verbunddecken und die Möblierung zum Einsatz. Das Land Thüringen hatte nicht nur Holz bei der Baustoffwahl gesetzt, sondern versucht lokale Wertschöpfung und Know-how in das Projekt mit einzubinden.

Gleichwohl sollen die vielversprechenden Zahlen aus den Waldinventuren dazu anregen, die Ressourceneffizienz bei der Nutzung von Holz im Sinne der Nachhaltigkeit zu erhöhen, sodass ein schonender und bewusster Umgang mit der Ressource weiterhin das Leitbild gesellschaftlichen Handels ist.

9.3 Import aus nicht zertifizierten Wäldern

Die weltweit gestiegene Nachfrage nach der Ressource Holz führt zu Holzexporten ins Ausland aber auch zu Importen nach Deutschland. Grund dafür sind mitunter die vorhandenen Lieferengpässe heimischer Unternehmen. Bei importierten Holz handelt es sich oftmals jedoch um nicht-zertifizierte Rohstoffe und Produkte. Die Einhaltung besonderer ökologischer Standards, die in Brandenburg gelten, und Grundsätze wie eine ökologische, wirtschaftliche und sozialverträgliche Nutzung zum Ziel haben, kann somit nicht zwangsläufig vorausgesetzt werden. Selbst beim Import von zertifiziertem Holz sollte geprüft werden, welche Kriterien bei der Holzgewinnung verfolgt wurden. In jedem Land sind andere

Zertifizierungsstandards gültig, welche nicht immer den in Deutschland festgelegten Maßstäben genügen.

Auch wenn die Einflussnahme auf ausländische Standards bei Zertifizierungen nicht möglich ist, so bieten Zertifizierungen und Umweltlabel nach wie vor die beste Möglichkeit die Abstammung des gekauften Holzes aus nachhaltig bewirtschafteten Wäldern zu gewährleisten.

9.4 Transportwege

Holz ist in Brandenburg ein regional verfügbarer Baustoff. Das macht es attraktiv für heimische Unternehmen, da weite Transportwege und damit verbundene Kosten gespart werden können. Die regionale Wertschöpfung kann dadurch eine Steigerung erlangen und auch aus ökologischen Gründen sollte der Einsatz von lokalem Holz favorisiert werden. Durch die regionale Holznutzung lassen sich für Mensch und Umwelt schädliche Emissionen wie Treibhausgase, Schadstoffe und Lärm in Bezug auf Transport minimieren. Außerdem wirkt sie auch der weiteren Flächeninanspruchnahme und der damit verbundenen Zersiedelung der Landschaft entgegen.

Für eine bevorzugte Verwendung heimischer Hölzer wäre ein erster Ansatz, auf Baumarten zurückzugreifen, die vor Ort wachsen. Wenn aus Gründen der Dauerhaftigkeit Lärche für Fassadenelemente eingeplant wird, sollte es sich um brandenburgisches und nicht sibirisches Lärchenholz handeln. Hier ist jedoch das EU-Vergaberecht zu beachten, welches ab einer gewissen Projektgröße EU-weite Ausschreibungen fordert.

Eine Möglichkeit zu prüfen, ob kurze Transportwege eingehalten werden, bieten ebenfalls Zertifizierungen von beispielsweise PEFC und FSC. Durch die Zertifizierung der „Chain-of-Custody“ lassen sich Transportwe-

ge von Holzprodukten und Rohstoffen zurückverfolgen (siehe Kapitel 5).

Zudem geben die meisten Umweltproduktdeklarationen (EPD), sofern es sich nicht um Branchen-EPDs handelt, Planerinnen und Planern Aufschluss über die Länge der Rohstofftransporte und die äquivalente Auswirkung in der Ökobilanz. An dieser Stelle sei auch auf die Qualitäten von heimischen Hölzern hingewiesen: Nach aktuellen Erkenntnissen weisen heimische Arten wie Eiche, Lärche, Robinie oder Edelkastanie eine gleichwertige oder bessere Dauerhaftigkeit auf als beispielsweise Tropenhölzer.

9.5 Technische Anforderungen

Auch wenn Holz seit Jahrtausenden zum Bauen verwendet wird, ist der Baustoff in Bezug auf heutige Anforderungen vergleichsweise wenig erforscht. Obwohl die Forschung in diesem Bereich seit etwa 70 Jahren betrieben wird, sind die Fördergelder eher gering. Die technischen Möglichkeiten, Holz als hochmodernen, vielseitigen Baustoff im Bauwesen einzusetzen, haben sich in den letzten Jahren dennoch deutlich verbessert. Moderne Füge-techniken wie zum Beispiel die Keilzinkenverbindung sowie die Verleimung von maschinell bearbeiteten, standardisierten Holzquerschnitten haben die Spannweiten und Querschnitte bei Tragwerken stark vergrößert. Das führte ebenfalls zu einer Steigerung des Vorfertigungsgrades. Hinzu kommen neue Produktentwicklungen wie beispielsweise Brettsper Holz oder Furnierschichtholz. Vor allem im Bereich des Brandschutzes wurden viele neue Einsatzmöglichkeiten entwickelt.

Trotzdem steht der Holzbau in der Kritik, dass im Vergleich zu anderen Bauweisen derselbe Standard nur mit einem technisch höheren Aufwand erreicht werden kann. Dieses Argument wird häufig für den winterlichen Wärmeschutz angeführt. Durch den Einsatz von

Holzfaserdämmstoffen sind teilweise höhere Dämmstoffdicken notwendig als bei konventionellen Dämmstoffen, da Holzweichfasern eine schlechtere Wärmeleitfähigkeit aufweisen. Jedoch sind bei der Auswahl des geeigneten Dämmstoffes in Abhängigkeit vom jeweiligen Anwendungsgebiet weitere bauphysikalische Eigenschaften von Relevanz:

- Dampfdiffusionsfähigkeit (Reduktion von Lüftungstechnik)
- Rohdichte (sommerlicher Wärmeschutz)
- Spezifische Wärmekapazität (sommerlicher Wärmeschutz)
- Ausgleichsfeuchte (gesundes Raumklima)
- dynamische Steifigkeit und längenbezogener Strömungswiderstand (Schallschutz)
- Baustoffklasse (Brandschutz)

Bei Betrachtung der oben genannten bauphysikalischen Eigenschaften zeichnen sich Holzfaserdämmstoffe beispielsweise durch eine erhöhte Feuchtesorption sowie eine günstige Dampfdiffusionsfähigkeit aus. Aufgrund ihrer Faserstruktur können sie deutlich mehr Feuchtigkeit aufnehmen als konventionelle Dämmstoffe ohne dabei ihre günstigen Wärmedämmeigenschaften zu verlieren. Unter klimatisch ungünstigen Bedingungen oder im Schadensfall sind sie dadurch sehr viel robuster und sind in der Lage weiterhin den Dämmstandard einzuhalten.

Zudem verfügen Holzfaserdämmungen nicht nur über eine hohe Rohdichte, sondern auch über eine hohe **spezifische Wärmekapazität**. Dadurch bieten sie einen verbesserten sommerlichen Wärmeschutz im Vergleich zu konventionellen Dämmstoffen. Verschiedene Forschungsergebnisse und Versuchsreihen des Fraunhofer Institut für Bauphysik aber auch hygrothermische Simulationen bestätigen, dass schwere Holzfaserdämmungen Temperaturspitzen deutlich abmildern. Somit sind Raumtemperaturen im Tagesverlauf gedämpfter als bei leichtem Polystyrol.

Die **spezifische Wärmekapazität** gibt an, wieviel Energie benötigt wird, um 1 Kilogramm eines Stoffes um 1 Grad Celsius zu erwärmen. Sie steht auch als Maß für die Fähigkeit eines Stoffes, thermische Energie zu speichern.

Auch ökologische Aspekte wie Rückbaubarkeit, Recyclierfähigkeit und Entsorgung sowie baubiologische Aspekte wie Schadstoffemissionen spielen eine wichtige Rolle (siehe Kapitel 6). In der Broschüre „Der Weg zum gesunden Bauprodukt“ des Ministeriums für Infrastruktur und Landesplanung (MIL) sind die Grundlagen für eine geeignete Baustoffauswahl detailliert beschrieben.

9.6 Holz in der Holzverbrennung

Wird Scheitholz in der Verbrennung genutzt, entstehen Rauchgase, die mehr Schadstoffe enthalten, als es bei modernen Gas- oder Ölkesseln der Fall ist. Die Verbrennung von minderwertigem Holz oder falschem Brennstoff sowie der Einsatz von alten oder nicht gewarteten Holzöfen können die Bildung von Schadstoffen fördern. Auch wenn diese Rauchgase gesamtökologisch als harmlos einzustufen sind und nur eine sehr begrenzte örtliche Wirkung haben, können sie bei konzentriertem Auftreten schädlich für die Gesundheit sein. Des Weiteren führt die Holzverbrennung zu einer höheren Feinstaubbelastung. Eine intensive Nutzung von handbeschickten Holzheizungen in Ballungsgebieten und großen Städten ist vor diesem Hintergrund nicht sinnvoll. Außerdem würde das dadurch gesteigerte Transportaufkommen aufgrund der Belieferung zusätzlich in mehrfacher Hinsicht zu einer Verschlechterung der Luftqualität führen.

10.1 Wichtigkeit von Holz in Forschung und Lehre

Forschung und Lehre zu Holz als Baustoff stellen einen wichtigen Beitrag für zukünftiges, nachhaltiges Bauen in Brandenburg dar. Sie bilden den Ausgangspunkt für die Weiterentwicklung der aktuellen Holzbautechniken und schaffen das notwendige Wissen um zukünftig das Potenzial des Bauens mit Holz besser nutzen zu können. Im Gutachten vom Jahr 2016 empfehlen der wissenschaftliche Beirat Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlicher Verbraucherschutz und der wissenschaftliche Beirat Waldpolitik des Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) die Förderung der Holzforschung durch „gezielte Initiativen von Bundesregierung und Universitäten“. So sollen die Bereiche Forstwirtschaft und Bauindustrie sowie deren Schnittstellen in Lehrpläne und Forschungsstrategien mit einbezogen werden.

10.2 Forschung und Lehre an den Brandenburgischen Universitäten und Hochschulen

Von den acht staatlichen Universitäten und Hochschulen in Brandenburg beschäftigen sich drei mit dem Thema Holz. Ein Hauptakteur ist die Hochschule für Nachhaltige Entwicklung in Eberswalde (HNEE). Die dort vermittelten Lehrinhalte und Forschungsvorhaben fördern aktiv den nachhaltigen Holzbau.

Hochschule für Nachhaltige Entwicklung Eberswalde

Die HNE Eberswalde kann auf eine lange Tradition in der Lehre und Forschung zu Holz und Holzprodukten zurückblicken. 1830 bis 1963 fanden in der Einrichtung Försterausbildungen statt, die 1992 im Rahmen der Neugründung als Hochschule Eberswalde als Studienfach übernommen wurden. Heute wird an der HNE Eberswalde alles vom Wald bis zum Pro-

dukt Holz gelehrt und geforscht. Die neueren Gebäude auf dem Campus entsprechen den eigenen Grundsätzen aus Forschung und Lehre. Im Jahr 2014 erlangte die Hochschule den Status der ersten klimaneutralen Hochschule Deutschlands und stellte im selbigen Jahr den Bau eines Hörsaalgebäudes in Holzbaweise fertig.

Die Lehre im Bereich Planen und Bauen mit Holz fällt unter den Fachbereich Holzingenieurwesen. Er steht in Kontakt zu den verarbeitenden Holzbetrieben und der Industrie in Brandenburg und bietet neben den klassischen Formen des Studiums auch duale Studiengänge an. So integriert beispielsweise der Studiengang Holztechnik eine handwerkliche Ausbildung zur/zum Tischler/in, Zimmerer/-in oder Holzbearbeitungsmechatroniker/in im Bachelorstudium.

Studiengänge:

- Studiengang Holztechnik (Dual / Bachelor / Master)
- Der Studiengang bietet zwei Vertiefungsrichtungen an: Verfahrens- / Fertigungstechnik und Holzbau, wobei sich zweiter intensiv mit dem Bauwesen auseinandersetzt.
- Dualer Studiengang Mechatronik im Holzingenieurwesen

Der Studiengang befasst sich mit der Verknüpfung von elektronischen und mechanischen Prozessen der Fertigungs- und Verfahrenstechnik in der Holzbranche.

Forschung:

Die Forschung der HNEE gliedert sich in drei Schwerpunkte:

- Nachhaltige Entwicklung des ländlichen Raums
- Nachhaltiges Management begrenzter Ressourcen
- Nachhaltige Produktion und Nutzung von Naturstoffen

Der letzte Punkt befasst sich gezielt mit dem Bereich Holz als Rohstoff. Dabei geht es um die nachhaltige Gewinnung, Verarbeitung und Gestaltung von natürlichen Werkstoffen, deren Verfahrenstechnologien der Be- und Verarbeitung sowie schlussendlich um die energetische Verwertung. Die ressourceneffiziente Nutzung des Rohstoffes bei reduziertem Werkstoffeinsatz und der Miteinbezug der Werkstoffeigenschaften stellen diesbezüglich wichtige Themenbereiche dar. Somit ist die HNE Eberswalde nach eigenen Angaben „die einzige Lehr- und Forschungseinrichtung Nordostbrandenburgs auf dem Gebiet der ingenieurwissenschaftlich fokussierten Materialforschung“.

Brandenburgische Universität Cottbus-Senftenberg

Die Studiengänge Architektur und Bauingenieurwesen der Brandenburgischen Universität Cottbus-Senftenberg (BTU) behandeln den Holzbau in dem studententypischen Umfang. Einen spezifischen Forschungsschwerpunkt im Holzbau oder ein Fachgebiet, das sich ausschließlich mit Holzbau auseinandersetzt, sind derzeit nicht an der BTU verfügbar. Wohl aber gibt es Forschungsvorhaben im Bereich Bauingenieurwesen der Fakultät 6 Architektur, Bauingenieurwesen und Stadtplanung, die den Baustoff Holz miteinbeziehen.

Forschung:

- Der Lehrstuhl Hybride Konstruktionen – Massivbau beschäftigt sich seit Beginn 2019 mit einem Forschungsprojekt, welches ein aktuelles Thema des Holzbaus aufgreift. Es setzt sich mit den Biegetragfähigkeiten von Holz-Beton-Verbundknoten aus Buchensperrholz auseinander, die zur Aussteifung von Hochbauten dienen sollen.
- Das Fachgebiet Statik und Dynamik arbeitet aktuell an einem Projekt, das die dynamische Bauwerksdiagnostik mit hybriden Verfahren thematisiert. Im Rahmen dieser Forschung werden neue Methoden und

Verfahren zur Beurteilung von Tragfähigkeit und Gebrauchsfähigkeit von Tragwerken, insbesondere Holzkonstruktionen, entwickelt.

Fachhochschule Potsdam, University of Applied Sciences

Die FH Potsdam hat keinen expliziten Schwerpunkt zum Bauen mit Holz. Jedoch lehrt sie das Thema als eines unter vielen im Bereich Bauwesen:

- Architektur und Städtebau (B.A. / M.A.)
- Bauingenieurwesen (B.Eng. / Diplom / Dual B.Eng.)
- Bauhaltung und Bauen im Bestand (M.Eng.)
- Konservierung und Restaurierung – Holz

Bei dem letztgenannten Studiengang werden Methoden und Materialien zur Restaurierung und Konservierung von Holzobjekten vermittelt. Über praktische Übungen von historischen Techniken und Werkstoffen erlernen die Studierenden die praktische Umsetzung zur Erhaltung von Holzgegenständen. Dabei wird auf die Eigenschaften und Bearbeitungsverfahren von Holz eingegangen.

Forschung:

Im Bereich der Konservierung und Restaurierung von Holz wurden bereits mehrere Forschungsprojekte durchgeführt. So befasst sich beispielsweise ein Projekt mit der historischen Verarbeitungsmethode des Beizens, während sich ein anderes mit der Erhaltung von Holzböden in der Stiftung Preußischer Schlösser und Gärten in Berlin und Brandenburg auseinandersetzt.

10.3 Forschung an weiteren Einrichtungen des Bundeslandes Brandenburg

Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde

Das Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE) setzt sich für die wissenschaft-

liche Beratung sowie den Wissenstransfer in der Forstpraxis ein. Seit dem Jahr 1871 wird in Eberswalde im Bereich Wald- und Forstwirtschaft geforscht. Darunter fallen Verfahrensentwicklungen und wissenschaftlich-technische Dienstleistungen für die Wald- und die Forstwirtschaft. Die Bewertung und der Umgang mit Risikofaktoren gewinnen zunehmend an Bedeutung in der Forschung. Das LFE publiziert seine Studien und Ergebnisse regelmäßig und macht sie so der Öffentlichkeit zugänglich.

10.4 Wissenstransfer

Wissenstransfer spielt eine zentrale Rolle im Bereich der Forschung. Im Rahmen des Strategiedialogs „Wachstumsmarkt Holz|Bau plus“ zu Beginn des Jahres 2019 richteten deutschlandweite Organisationen der Holzwirtschaft eine Koordinierungsstelle für Forschung und Entwicklung im Holzbau ein. Durch die Zusammenführung der Organisationen sollen Abstimmungen bezüglich der Forschungsinhalte entstehen und damit Doppelungen vermieden werden. Des Weiteren sollen die erforschten Erkenntnisse und Ergebnisse an Holzunternehmen, Planende, Ingenieurinnen und Ingenieure sowie Architektinnen und Architekten weitergegeben werden. Der Kontakt und Austausch von Informationen ist auch mit Bildungseinrichtungen über deren Lehrende, Studierende und Auszubildenden vorgesehen. Grund dafür ist der geringe Anteil an fachkundigen Architektinnen und Architekten und Ingenieurinnen und Ingenieuren in den Planungsbüros. Zur Schaffung besserer Bedingungen bei der Verwendung von Holz im Bauwesen, gilt es dieses Defizit gezielt durch Förderung zu verringern.

11. HOLZBAUTEN IN BRANDENBURG (GEPLANTE/REALISIERTE)

Wohnhäuser, Schulen und Labore – zeitgenössische Holzbauten oder sogenannte Hybridbauten, Mischkonstruktionen, mit einem überwiegenden Anteil Holz als Baustoff lassen sich in Brandenburg bereits in ansehnlicher Varietät finden. Einen Großteil moderner Holzbauten machen Einfamilienhäuser von privaten Bauherren aus – mehrgeschossige Wohnhäuser sind dagegen noch etwas seltener. Aber auch Sonderbauten und öffentliche

Einrichtungen, wie Bildungsstätten, Industriegebäude oder Tragwerkskonstruktionen stehen schon Modell für das Bauen mit Holz in der modernen Industriegesellschaft. Die folgenden Projektbeispiele geben einen Einblick in die geplanten und realisierten, richtungsweisenden Holzbauten in den Städten und Gemeinden Brandenburgs.

siehe folgende Seiten



Abb. 11.01: Feuerwehration Neuseddin © ZRS Architekten Ingenieure



Abb. 11.02: Bogenhalle © Elite Holzbau GmbH & Co. KG.



Abbildungen 11.1 und 11.2: Außenansicht und Saatguthalle LELF. ZRS Architekten Ingenieure, © Giacomo Morelli

LELF Paulinenaue

Verwaltungsgebäude mit zweigeschossiger Halle in Holzbauweise

Bauherr	Brandenburgischer Landesbetrieb für Liegenschaften und Bauen
Architektur	ZRS Architekten
Tragwerksplanung	ZRS Ingenieure
Standort	Paulinenaue, Brandenburg
Fertigstellung	2021
Baukosten	3,3 Mio (Baukonstruktion und technische Anlagen)
BGF	1.270 Quadratmeter
Bauweise	Holzrahmenbau mit Tragwerk aus Fachwerkträgern für die Halle + Massivholzdecken, Fassade aus unbehandeltem Lärchenholz

Sonstiges: Unterschreitung der EnEV 2016 - 65 Prozent, die Konstruktion speichert über 350t CO₂

Für das Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung (LELF) realisieren ZRS Architekten Ingenieure den Neubau eines Verwaltungs- und Forschungsgebäudes in reiner Holzbauweise. Der L-förmige Baukörper gliedert sich in zwei miteinander verbundene Teile: die große Werkhalle mit außermittigem Giebel und das rückwärtige Verwaltungsgebäude mit klassischem Satteldach in südöstlicher Ausrichtung. Die sichtbare Verwendung von natürlichen und ressourcensparenden Baumaterialien ist dabei von zentraler Bedeutung. Geplant als reiner Holzbau besteht der Bau fast ausschließlich aus nachwachsenden Rohstoffen. Die Wände werden als Holzrahmenbau mit aussteifenden Wandscheiben und Massivholzdecken umgesetzt. Die Brettstapeldecken und die Holz-Fachwerkbinder der Dachkonstruktion werden sichtbar ausgeführt. Durch die diffusionsoffene Bauweise werden die Raumlufffeuchte und Innenraumtemperatur gesteuert und es kann weitestgehend auf teure Technik wie Lüftungs- und Klimaanlage verzichtet werden. Durch die hochdämmende Holzbauweise werden zum einen die Unterhaltskosten um ein Vielfaches verringert, zum anderen werden in dem verbauten Holz (inkl. Holzbaustoffen wie Holzfaserdämmung) ca. 370 Tonnen CO₂ gespeichert. Weiterhin wurde die Menge an Stahlbeton reduziert, indem lediglich die frostsicher gegründeten, lastabtragenden Streifenfundamente in Stahlbeton ausgeführt wurden; die Bodengründung liegt auf recyceltem Schaumglasschotter. Dadurch konnte der CO₂-Ausstoß für die Herstellung der Gründung im Vergleich zu einer konventionellen Bauweise um etwa 140 Tonnen reduziert werden.



Abbildungen 11.3 und 11.4: Außenansichten Haus Müller Rutschke, © Roswag Jankowski Architekten

Haus Müller Rutschke

Zweistöckiges Einfamilienhaus aus Lehm und Holz

Bauherr	privat
Architektur	Roswag Jankowski Architekten
Tragwerksplanung	Ziegert Seiler Ingenieure
Standort	Reichenow, Brandenburg
Fertigstellung	2010
Netto-Baukosten	295.000 Euro (Baukonstruktion und technische Anlagen)
BGF	260 Quadratmeter
Bauweise	tragender Holzrahmenbau mit Cellulosefasern, Innenwände: Holzständer mit Lehmausfachung und Lehmputz
Sonstiges	Niedrigenergiehaus ohne Lüftungsanlage

Durch die konsequente Nutzung der Naturbaustoffe Lehm und Holz konnte dieses private Einfamilienhaus im märkischen Reichenow als Niedrigenergiehaus ohne Lüftungsanlage realisiert werden. Das Gebäude wurde in Holzrahmenbauweise mit einer hochgedämmten Hülle errichtet. Als Dämmstoff dient dabei im Bereich der Außenwände und des Daches eine Cellulose-Einblasdämmung. Unterhalb der Bodenplatte ist eine Dämmung aus Schaumglasschotter angeordnet. Die Außenwände mit hinterlüfteter Zedernholzfassade sind vollständig diffusionsoffen ausgeführt. Die Innenwände wurden als Holzständerkonstruktion errichtet, die mit Lehmsteinen ausgefacht und mit einem Lehmputz verputzt wurden, so dass innerhalb der relativ leichten Gebäudehülle ausreichend raumklimatisch wirksame Speichermasse bereitgestellt wird. Auf eine in diesem Haustyp übliche Lüftungsanlage konnte dadurch verzichtet werden. Das Gebäude funktioniert somit weitgehend ohne viel Technik. Das spart nicht nur Geld, sondern bietet auch ein angenehmes und gesundes Wohnklima zu jeder Jahreszeit.



Abbildungen 11.5 und 11.6: Außenansichten Reihenhausanlage Potsdam. Anne Lampen, © Sanny Wildemann

Reihenhausanlage

Mehrfamilienhäuser von vier Wohneinheiten – kostengünstig und ökologisch

Bauherr	verschiedene, privat
Architektur	Anne Lampen Architekten BDA
Tragwerksplanung	Dipl.-Ing. Peter Just
Standort	Potsdam - Babelsberg, Brandenburg
Fertigstellung	2001
Baukosten	700.000 Euro Gesamtbaukosten
Wohnfläche	508 Quadratmeter
Bauweise	Holzständerkonstruktion mit Cellulosedämmung und Holzbalkendecke

Im historischen Zentrum von Babelsberg staffelt sich diese Reihenhausanlage im grünen Innenbereich am Weberplatz. Vier Parteien mit unterschiedlichen Vorstellungen und Wohnbedürfnissen waren die Bauherren dieses Projekts. Gemeinsame Schnittstelle war der Wunsch, ökologisch und kostengünstig zu bauen. Um diesen scheinbaren Widerspruch zwischen Individualität und geringen Kosten zu vereinen, entwickelte die Architektin standardisierte Bauteile, die in unterschiedlichen Anordnungen zu einer Vielseitigkeit der Grundrisstypen führte. Das Tragwerk ist als Holzständerkonstruktion und Holzbalkendecken errichtet und mit einer Cellulosedämmung ausgestattet. Die Fassade wurde mit unbehandeltem Lärchenholz verschalt. Die Holzkonstruktion wird durch großzügige Stahlglasskonstruktionen durchbrochen. Mauerwerkswände trennen die einzelnen Wohneinheiten voneinander ab.



Abbildungen 11.7 und 11.8: Außenansicht und Innenraum. Scharabi Architekten, © Jan Bitter

HolzHaus am Waldpark

3-geschössiges Mehrfamilienhaus mit sichtbaren Holzoberflächen

Bauherr	Baugruppe
Architektur	Scharabi Architekten
Tragwerksplanung	ifb frohloff staffa kühl ecken
Standort	Potsdam (am Waldpark der BUGA), Brandenburg
Fertigstellung	2018
Baukosten	ca. 2,3 Millionen Euro (Baukonstruktion und technische Anlagen)
Gesamte Wohnfläche	982 Quadratmeter
Bauweise	Massivholzbau
Sonstiges	KfW-55-Projekt

Nicht weit vom BUGA-Park errichtete eine Baugruppe dieses dreigeschossige Mehrfamilienhaus. „Wir wollen mit Blick ins Grüne wohnen und durch den CO₂-freien Baustoff Holz auch ressourcenschonend bauen“, so die Bewohnerinnen und Bewohner, die in die Planung der Wohnungsgrößen und Grundrisse einbezogen wurden. So entstanden neun Eigentumswohnungen zwischen 50 Quadratmeter und 150 Quadratmeter. Die Holzkonstruktion erhielt an Wänden und Decken sichtbare Holzoberflächen, die die Atmosphäre des Hauses prägen.



Abbildungen 11.9 und 11.10: Außenansichten Erweiterung Alte Sielower Mühle. Keller Mayer Wittig Architekten
© Erik-Jan Quwerkerk

Erweiterungsbau der Alten Sielower Mühle

Zweigeschossige Wohnerweiterung aus scheibenartigen Massivholzelementen

Bauherr	privat
Architektur	Keller Mayer Wittig Architekten
Tragwerksplanung	Professor Pfeifer und Partner
Standort	Cottbus-Sielow, Brandenburg
Fertigstellung	2003
Baukosten	240.000 Euro Gesamtkosten
Nutzfläche	160 Quadratmeter
Bauweise	Massivbauweise: Brettsperrholzplatten als Innen- und Außenwände, Decken- und Dachbauteile
Sonstiges	Besondere Anforderungen an den Denkmalschutz

Als die alte Holländerwindmühle im kleinen Dorf Sielow 1970 aufhörte zu mahlen, bewohnte der Müller ein Gehöft nebenan und pflegte den Baubestand liebevoll weiter. So ist das dreigliedrige Ensemble gut erhalten und heute ein technisches Denkmal. Dem jetzigen Bauherrn, einem Professor am Lehrstuhl für Denkmalpflege der BTU Cottbus-Senftenberg, gelang es, die Behörden von einem Erweiterungsbau zu überzeugen. Mit seinem Satteldach nimmt der Neubau die Form der bestehenden Anbauten auf, er soll sich jedoch auch durch seine Skulpturalität und die Fenstersetzung zu seiner Neuzeitlichkeit bekennen. Dass dieses sensible Vorhaben gelungen ist, ist vor allem auf die konstruktiven Entscheidungen zurückzuführen: Die maßgenau vorgefertigten Elemente aus Brettsperrholz konnten vor Ort leicht montiert und wegen ihrer stabilen Eigenschaften sowohl für die Wände als auch für die Decken und Dach eingesetzt werden.



Abbildungen 11.11 und 11.12: Foyer und Außenansicht Freie Waldorfschule Kleinmachnow
© Freitag Hartmann Sinz Architekten

Freie Waldorfschule Kleinmachnow

Zweigeschossiges Schulgebäude kombiniert verschiedene Konstruktionsarten des Holzbaus

Bauherr	Freie Waldorfschule Kleinmachnow
Architektur	Freitag Hartmann Architekten
Tragwerksplanung	ifb frohloff staffa kühl ecker Beratende Ingenieure
Standort	Kleinmachnow, Brandenburg
Fertigstellung	2016
Baukosten	2,2 Millionen Euro
BGF	1.085 Quadratmeter
Bauweise	Holzrahmenbauweise (Außenwände) + Massivholzkonstruktion (Decken) + Sparrendach + unterstützende Stahlbauteile
Sonstiges	Unterschreitung der EnEV 2013 - 20 Prozent

Die freie Waldorfschule steht mitten im Wald von Kleinmachnow. Der Holzbau wurde in nur neun Monaten Bauzeit errichtet. Die verschiedenen Konstruktionsprinzipien des Holzbaus kommen in Kombination zum Einsatz. So bestehen die Wände aus vorgefertigten Holzständerelementen. Die Decken wurden als Massivholzkonstruktion und die Dächer als klassische Sparrendächer ausgeführt. Einzelne Stahlbauteile unterstützen die Gesamtkonstruktion. Durch lamellierte Holzelement-Decken verbessert sich die Raumakustik. Verkleidet sind die Gebäude mit einer vertikalen Schalung aus Lärchenholz. Eine Vergrauungslasur sorgt für eine gleichmäßige Alterung und eine gute Witterungsbeständigkeit. Das Projekt zeichnet sich durch geringe Unterhaltskosten aus, die aus einem durchdachten Energiekonzept und dem Einsatz des wartungsarmen Materials Holz resultieren.



Abbildung 11.13: Außenansicht Mensa HNEE. andreas gehrke architekten, © Ulrich Schwarz

Mensa der Hochschule Eberswalde

Zweigeschossiger Flachbau aus heimischer Fichte mit Cellulosedämmung und Lärchenschalung

Bauherr	Brandenburgischer Landesbetrieb für Liegenschaften und Bauen, RB SO
Architektur	andreas gehrke architekten
Tragwerksplaner	Niehues Winkler Ingenieure
Standort	Eberswalde, Brandenburg
Fertigstellung	2013
Baukosten	3,9 Millionen Euro
BGF	1.710 Quadratmeter
Bauweise	Massivholzdecken, Holzrahmenwände, geschosshoher Fachwerkträger
Sonstiges	Teil des Campus der Hochschule für nachhaltige Entwicklung

Dem Waldcampus der Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde, fehlte bis vor ein paar Jahren ein Treffpunkt, ein zentraler Ort, an dem sich Studierende und Dozenten in angenehmer Atmosphäre treffen können. Der Neubau des kombinierten Mensa- und Lehrgebäudes mit integrierter Kita wurde schnell das Herzstück der Hochschule. Der Entwurf verbessert zudem die Abläufe und Wegeführungen auf dem Campus. Höchster Punkt ist eine Loggia, von der man bei Wind und Wetter die Aussicht auf den Barnimer Wald genießen kann. Die Materialität ist für alle Campus-Gebäude vorgegeben: Holz. Die Wände und die Decken sind in Massivbauweise aus Fichtenholz ausgeführt. Es wurde auch für die Fenster, Türen, Bodenbeläge und Einbaumöbel verwendet. Die Brettstapeldecken erhielten eine helle Lasur, sodass die Holzstruktur sichtbar bleibt. Außen ist das Gebäude mit vertikalen Holzlatten aus unbehandelter Lärche verschalt, die im Laufe der Jahre einen silbernen Glanz erhalten werden. Selbst der Sonnenschutz besteht aus Holzlamellen, die man auf Knopfdruck drehen kann. Ein Highlight ist der geschosshohe Fachwerkträger, der den kompletten Speisesaal überspannt und wie schräge Stützen für den Nutzer wahrnehmbar ist.



Abbildung 11.14: Außenansicht Feuerwehr Neuseddin. Roswag Jankowski Architekten. © Torsten Seidel

Feuerwehr Neuseddin

Erstes Feuerwehrgebäude in Brandenburg in Holzbauweise

Bauherr	Gemeinde Seddiner See
Architektur	Roswag & Jankowski Architekten
Tragwerksplaner	Ziegert Seiler Ingenieure
Standort	Neuseddin, Brandenburg
Fertigstellung	2008
Baukosten	860.000 Euro (Baukonstruktion, technische Anlagen und Außenanlagen)
BGF	770 Quadratmeter
Bauweise	Holzrahmenbauweise
Sonstiges	80 Prozent der Handwerker und Baustoffe aus einem Umkreis von 100 km

Das neue Gerätehaus der Freiwilligen Feuerwehr Neuseddin ist das erste moderne Feuerwehrgebäude Brandenburgs, das komplett in Holzbauweise errichtet wurde. Durch die Vorfertigung ganzer Wand- und Deckenelemente erhöhte sich die Qualität der Konstruktion. Darüber hinaus wurde das Gebäude in nur sieben Monaten Bauzeit fertig gestellt. Durch eine hochwärmedämmende Gebäudehülle und eine auf den Feuerwehrbetrieb abgestimmte Gebäudetechnik reduziert sich der Jahresprimärenergiebedarf für das Gerätehaus stark. Die Verwendung von natürlichen Baustoffen wie Holz und Cellulose führt unabhängig vom Betrieb bereits bei der Herstellung und Errichtung des Gebäudes zu einer erheblichen Verminderung des Ressourcenverbrauchs. Besonderheit: 80 Prozent der verwendeten Baustoffe und der Handwerker kommen aus einem Umkreis von nicht mehr als 100 Kilometern.



Abbildung 11.15: Außenansicht Gläserne Molkerei. LKK Architekten, © Ursula Böhmer

Gläserne Molkerei

Zweigeschossiger Riegel mit naturbelassener Lärchenholzschalung

Bauherr	Gläserne Molkerei GmbH
Architektur	LKK Lehrecke Kammerer Keiß Architekten GmbH BDA
Tragwerksplanung	Gerd-Walter Miske
Standort	Münchehofe, Brandenburg
Fertigstellung	2009
Baukosten	12,5 Millionen Euro
BGF	5.800 Quadratmeter
Bauweise	Hybridbauweise aus Stahlbeton und Konstruktionsvollholz + Holzrahmenelemente
Sonstiges	Hauseigener Brunnen und Kläranlage

„*Transparenz und Glaubwürdigkeit*“ sind die Leitprinzipien der Molkerei und dem Unternehmens in Münchehofe ein besonderes Anliegen. Daher der Name Gläserne Molkerei – denn eigentlich handelt es sich bei dem Entwurf um einen Holzbau, der mit seiner kompakten Form für kurze Wege sorgt. Im Erdgeschoss liegen Milchtanks, Geräte und Reifekeller dicht an dicht, während das Obergeschoss die Verwaltung, aber auch Besucher aufnimmt, die von einer verglasten Galerie einen Blick in die Produktion nach unten werfen dürfen. Fundamente und aussteifende Wände aus Beton sind mit Stützen und Dachbindern aus Konstruktionsvollholz ergänzt. Die Außenwände sind als Holzrahmenelemente konstruiert und mit einer naturbelassenen, offenen Lärchenholzschalung horizontal verkleidet.



Abb. 11.16 und 11.17: Bogentragwerk aus Brettschichtholz Grünbrücke Luckenwalde. Schwesig + Lindschulte, © René Legrand

Grünbrücke Luckenwalde

Holzkonstruktion für Wildtiere

Bauherr	DEGES (Deutsche Einheit Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH) im Auftrag des Bundes und des Landes Brandenburg
Architektur	-
Tragwerksplanung	Schwesig + Lindschulte GmbH
Standort	B101 bei Luckenwalde, Brandenburg
Fertigstellung	2012
Baukosten	3 Millionen Euro
Maße	Spannweite 32 Meter, Höhe 5,00 Meter - 6,60 Meter, Länge Fußpunkt 56 Meter, Länge Scheitelpunkt 40 m
Bauweise	Bogentragwerk aus Lärchen-Brettschichtholz mit Brettsperrholzdecke
Sonstiges	Anerkennung engere Wahl Holzbrückenbaupreis 2014

Grünbrücken sind erdüberschüttete und bepflanzte Querungskonstruktionen, die Wildschweinen, Rehen und Hasen einen gefahrlosen Übergang über Schnellstraßen zwischen zwei Waldteilen ermöglichen. Die Luckenwalder Brücke ist deutschlandweit die zweite ihrer Art, die aus Holz konstruiert wurde. Der Wunsch kam ursprünglich aus dem Landkreis Teltow-Fläming. Eine Variantenuntersuchung ergab schließlich, dass eine Holzkonstruktion aus „technischen, funktionalen und wirtschaftlichen Gründen“ einer Stahlbetonbauweise vorzuziehen sei. Vor allem die kurze Montagezeit von vier Tagen über den fließenden Verkehr überzeugte die Projektbeteiligten. Aber auch die natürliche und landschaftsgestaltende Wirkung spielte eine Rolle. 32 Meter weit spannt das Dreigelenk-Bogentragwerk aus Lärchenbrettschichtholz über eine Länge von ca. 50 Metern. Gekrümmte Brettsperrholzplatten formen das Sekundärtragwerk. Mit ihrer Scheibenwirkung steifen sie die Gesamtkonstruktion aus.

Institutionen und Organisationen

ARGE Kiel	Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V.
BBSR	Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung beim Bundesamt für Bauwesen und Raumforschung (BBR)
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
BUND	Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V.
DBU	Deutsche Bundesstiftung Umwelt
DGNB	Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen
DIBt	Deutsches Institut für Bautechnik
DIW	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung
FNR	Fachagentur Nachhaltige Rohstoffe e.V.
FSC	Engl. „Forest Stewardship Council“ Waldzertifizierungsorganisation
ISP	Eduard Pestel Institut für Systemforschung e.V
LFE	Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde; Abteilung 4 in der Betriebszentrale des Landesbetriebes Forst Brandenburg
MCPFE	(seit 2009: engl. „Forest Europe“) Ministerkonferenz zum Schutz der Wälder in Europa (1990)
NABU	Naturschutzbund Deutschland e.V.
PEFC	Engl. „Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes“ Waldzertifizierungsorganisation
PIK	Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung
UBA	Umweltbundesamt
WWF	Engl. „World Wide Fund For Nature“ Naturschutzorganisation

Gesetze, Verordnungen und Richtlinien

BbgBO	Brandenburgische Bauordnung (2018 / letzte Änderung: 2021)
EnEV	Energieeinsparverordnung (2002 / letzte Änderung 2016)
EURT	Engl. „European Timber Regulation“; Europäische Holzhandelsverordnung (2013)
FLEGT	Engl. „Forest Law Enforcement, Governance and Trade“; Aktionsplan der EU (2003)
GEG	Gebäudeenergiegesetz (2020)
HolzSiG	Holzhandels-Sicherungs-Gesetz (2011 / letzte Änderung 2015)
M-HFHolzR	Muster-Holzbaurichtlinie (2004)
M-HolzBauRL	Muster-Holzbaurichtlinie (2021)
WärmeschV	Wärmeschutzverordnung (1995)

Technische Regeln

BNB	Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude des Bundesbauministeriums
DGNB	Bewertungssystem der Deutschen Gesellschaft für nachhaltiges Bauen
DIN	Deutsche Industrienorm / Deutsches Institut für Normung e.V.
EPD	Engl. „Environmental Product Declaration“; Umweltproduktdeklaration
ISO	Engl. „International Organization for Standardization“; Vereinigung von Normungsorganisationen
VDI-Richtlinie	Technische Regeln des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI)

Fachbegriffe

AgBB-Schema	Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten
Beizen	Technik zur Oberflächenbehandlung von Holz
BGF	Bruttogeschossfläche
BIM	Engl. „Building Information Modeling“; Bauwerksdatenmodellierung
CO ₂ -Bilanz	Maß für den Betrag von Kohlenstoffdioxid-Emissionen
COC-Zertifizierung	Engl. „Chain-of-Custody“-Zertifizierung, Produktkettenzertifizierung
Dampfdiffusionsfähigkeit	Durchdringung von gasförmigen Dampf durch feste Körper aufgrund von Konzentrationsunterschieden
Energetische Verwertung	Verfahren zur Energiegewinnung aus der Verbrennung
Energiestandard	Festlegung der Obergrenze des Energiebedarfs eines Gebäudes
Faserplatten	Platte aus Fasern (Holz- oder holzfaserhaltigen Pflanzen) und Bindemitteln
Gefach	Durch Balken begrenztes Feld eines Fachwerks
Graue Energie	Energiemenge, die für die Herstellung und Bereitstellung eines Produktes benötigt wird
HDF	Engl. „High Density Fiberboard“; Hochdichte Faserplatte
Heizenergiebedarf	Dem Heizungssystem zugeführte Energiemenge zur Deckung des Heizwärmebedarfs eines Gebäudes
Holzrahmenbau	auch als „Holzständerbau“ bezeichnet
Holzproduktspeicher	Speicherung von CO ₂ in Holzprodukten
Hybridbau	Bausystem mit Einsatz unterschiedlicher Baumaterialien, wie Holz, Beton und Stahl
Hydrolyse	Spaltung chemischer Verbindungen durch die Reaktion mit Wasser
Kapselkriterium	Nichtbrennbare Brandschutzbekleidung als Ummantelung einer brennbaren Tragkonstruktion
Klimaneutralität	Keine Einflussnahme auf den CO ₂ -Gehalt der Atmosphäre
LCA	Engl. „Life Cycle Assessment“; Lebenszyklusanalysen; Analyse der Umweltauswirkungen von Produkten über die gesamte Lebensdauer
LCC	Engl. „Life Cycle Costing“; Lebenszykluskostenrechnung; Verfahren zur Bewertung von negativen Zahlungsströmen eines Produkts während der gesamten Lebensdauer
MDF	Engl. „Medium Density Fiberboard“; Mitteldichte Faserplatte

ÖKOBAUDAT	Plattform des Bundesministeriums des Innern, für Bau und Heimat (BMI) zur Verfügungsstellung der Ökobilanzierung von Bauwerken
Ökobilanz	Verfahren zur Untersuchung auf Umweltverträglichkeit
OSB	Engl. „Oriented Strand Board“; Holzplatte aus drei Schichten aufgeschütteter Flachspänen
PENR	Nicht erneuerbare Primärenergie
PER	Erneuerbare Primärenergie
PET	Gesamte Primärenergie
Porenbeton	Leichter, hochporöser Beton mit Aluminiumpulver als Porenbildner
Primärenergie	Eingesetzte Energie zur Gewinnung, Umwandlung und Verteilung des eigentlichen Energieträgers in vorgelagerten Prozessketten
Primärrohstoffe	unbearbeiteter Rohstoff
Quellen	Biologischer Prozess der Feuchtigkeitsaufnahme von Holz
Rohdichte	Dichte eines Feststoffes unter Beachtung seiner Zwischenräume
Sägefurnier	Blattartige Holzschicht von 0,5 bis 8 mm Dicke
Schnittholz	Holzerzeugnis mit einer Dicke von mehr als 6 mm, beispielsweise Balken, Kantholz, Bretter, etc.
Schwinden	Biologischer Prozess der Feuchtigkeitsabgabe von Holz
Sekundärstoffe	Werkstoff aus stofflichen Rückständen des Primärstoffs
Setzungen	Langsame Senkung eines Bauwerkes oder einzelner Bauteile
Sorptionsfähigkeit	Aufnahmefähigkeit von Wasserdampf
Stoffliche Nutzung	Biomasse dient als Rohstoff für die Herstellung von Produkten
Substitution	Ersetzung eines Produkts durch ein Holzprodukt zur Senkung des CO ₂ -Ausstoß während der Herstellung
U-Wert	Wärmedurchgangskoeffizient; Maß der Wärmedurchlässigkeit aufgrund von Wärmeleitung verschiedener Stoffe Vergrauung natürlicher Alterungsprozess von unbehandeltem Holz bei Bewitterung
VOC	Flüchtige organische Verbindungen (engl. „volatile organic compounds“)
Waldspeicher	Ganzheitliche Speicherung von CO ₂ eines Waldes
Wärmespeicherfähigkeit	Materialspezifische Größe zur Angabe der gespeicherten Wärme eines Stoffes bei Erwärmung um 1 K
Zirkuläre Wirtschaft	Regeneratives System, das den Ressourceneinsatz durch das Schließen von Material- und Energiekreisläufen verringert

REFERENZEN

Allgemeine Quellen:

- Land Brandenburg MLUL. <https://mlul.brandenburg.de> [abgerufen am 06.03.19]
- Land Brandenburg. <https://mlul.brandenburg.de/cms/detail.php/bb1.c.202663.de> [abgerufen am 04.03.19]
- Landesbetrieb Forst Brandenburg. <https://forst.brandenburg.de> [abgerufen am 01.02.19]
- Umweltbundesamt. <https://www.umweltbundesamt.de> [abgerufen am 20.02.19]

Kapitel 1:

- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2018). Charta für Holz 2.0. Bonn. BMEL. 3. Auflage
- Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz (2017). Klimawandel im Land Brandenburg: Was Unternehmen tun können. Potsdam. MLUL
- NABU Brandenburg. <https://brandenburg.nabu.de/tiere-und-pflanzen/index.html> [abgerufen am 05.03.19]
- Umweltbundesamt Wien (2014). Effiziente Holznutzung: Kaskade Versus Verbrennung. Wien. ISBN 978-3-99004-303-5

Bilder:

1. Multitalent Wald. Pixabay Lizenzfreie Bilder
2. Multitalent Wald. Pixabay Lizenzfreie Bilder
3. CO₂-Speicherkapazität. pro:Holz Austria © ZRS Architekten Ingenieure
4. CO₂-Emissionen. © ZRS Architekten Ingenieure
5. Substitution von Produkten durch Holz. © FNR Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe

Kapitel 2:

- Bundesamt für Naturschutz. <https://www.bfn.de/infothek/daten-fakten/schutz-der-natur/nationaler-gebietsschutz/ii-23-2-4-naturschutzgebiete-in-dl.html> [abgerufen am 17.03.19]
- Landesbetrieb Forst Brandenburg (2014). Von Heidereitern, Waldfrauen und Zapfenpflückern - Historische Wald- und Holzberufe im Wandel der Zeit. Potsdam. LFB. 2. Erweiterte Auflage
- Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft (2013). Daten zu Wald und Forstwirtschaft in Brandenburg. Potsdam. MIL
- Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft (2015). Wälder Brandenburgs Ergebnisse der ersten landesweiten Waldinventur. Potsdam. MLUL

Bilder:

1. Waldflächen und Laubbäume. © Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg
2. Wachstumsraten von Holz. ZRS Architekten Ingenieure © Giacomo Morelli
3. Verteilung Nadelbäume und Laubbäume. MLUL © ZRS Architekten Ingenieure

Tabellen:

- Tab. 01 Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg

Kapitel 3:

- Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. <https://www.lwf.bayern.de/forsttechnik-holz/holzverwendung/134351/index.php> [abgerufen am 12.03.19]
- Ministeriums für Wirtschaft und Energie des Landes Brandenburg (2017). Forts- und Holzwirtschaft in der Hauptstadtregion Berlin-Brandenburg. Potsdam. MWE
- Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Familie (Mai). berlinbaut neue Schulen – Schulbauoffensive. Newsletter Mai 2018. Sen BfJ
- Statistik Berlin Brandenburg. <https://www.statistik-berlin-brandenburg.de> [abgerufen am 15.03.19]
- Thünen Institut. <https://www.thuenen.de/de/wf/zahlen-fakten/holzhandel/aussenhandelsbilanz/> [abgerufen am 11.03.19]
- Umweltbundesamt Wien (2014). Effiziente Holznutzung: Kaskade Versus Verbrennung. Wien. ISBN 978-3-99004-303-5
- Wirtschaftsförderung Brandenburg. <https://www.wfbb.de/de/ClusterBranchen/Weitere-Bran-chen/Holz> [abgerufen am 14.03.19]

Bilder:

1. Flößen nach traditionellem Vorbild. © Otto Schinle
2. Wertschöpfungskette Holz. © pro-Holz Tirol
3. Beispielhafte Holzkaskade. © ZRS Architekten Ingenieure
4. Umsatz- und Beschäftigtenentwicklung. © Amt für Statistik Berlin-Brandenburg
5. Innovativer Ingenieurbau Alnatura Hochregallager. BFK Architekten © Marc Doradzillo

Kapitel 4:

- Bundesanzeiger. <https://www.bundesanzeiger-verlag.de/vergabe/aktuelles-news-termine-etc/nachrichten/nachrichten/nachrichten-detail/artikel/diw-studie-gruene-kriterien-kommen-bei-der-vergabe-oeffentlicher-auftraege-noch-zu-kurz-24045.html> [abgerufen am 16.03.19]
- Informationsdienst Holz. Einheimische Hölzer und ihre Verwendung (1989). Nachdruck 2000
- Informationsdienst Holz. <https://informationsdienst-holz.de/urbaner-holzbau/kapitel-3-zu-kunftsfaehiger-baustoff/nachhaltiges-planen-bauen-und-betreiben/> [abgerufen am 16.03.19]
- Kaufmann, Bauen mit Holz – Wege in die Zukunft (2017) Prestel
- Land Brandenburg, Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung. Dorferwicklung in Brandenburg. 1. Auflage 2002
- Mikado plus. TES EnergyFacade – Modernisieren mit Holzbaulösungen (März – April 2010)
- Pro:Holz Oberösterreich. 12 Prozent mehr Reputation durch Holzbau bei Gewerbe- und Industriebauten (2018)
- Zentrale Archäologische Orte. http://www.zao-niederlausitz.de/burgen_mittelalter/ [abgerufen am 15.03.19]

Bilder:

1. Einsteins Sommerhaus Caputh. Konrad Wachsmann | Einstein Forum @ Hans Bach
2. Haus Vilmar Kleinmachnow. Werner Schenk | Müller-Stüler und Höll Architekten © Florian Höll
3. Wanderungssaldo in Brandenburg. Bestandsaufnahme zu möglichen Nachhaltigkeitsindikatoren Brandenburg. Bericht 2016 © Amt für Statistik Berlin-Brandenburg
4. Ziele für nachhaltiges Bauen und Wohnen (Bonn, 1998) © BMI

Tabellen:

Tab. 02 Amt für Statistik Brandenburg-Berlin

Tab. 03 <https://ergebnisse.zensus2011.de>

Tab. 04 Amt für Statistik Brandenburg-Berlin

Tab. 05 Amt für Statistik Brandenburg-Berlin

Kapitel 5:

- BPB Bundeszentrale für politische Bildung. <https://sicherheitspolitik.bpb.de/m4/articles/the-forest-law-enforcement-governance-and-trade> [abgerufen am 20.02.19]
- FSC. <https://www.fsc-deutschland.de> [abgerufen am 11.02.19]
- Landesbetrieb Forst Brandenburg. Waldgesetz des Landes Brandenburg. 4. Auflage im August 2014
- PEFC. <https://pefc.de> [abgerufen am 06.03.19]
- Testbetriebsnetz für die Forstwirtschaftlichen Zusammenschlüsse und den Kleinprivatwald (TBN Forst – BB), Ergebnisse Einzelwaldbesitz (EWB) zum Berichtsjahr 2017

Bilder:

1. Chain of Custody. © Ulf Sonntag

2. FSC und PEFC zertifizierte Waldflächen. Bestandsaufnahme zu möglichen Nachhaltigkeitsindikatoren Brandenburg. Bericht 2016 © Amt für Statistik Berlin-Brandenburg + MLUL (MLUK)

Kapitel 6:

- Brandenburgische Bauordnung (BbgBO) (Mai 2016). §14 Brandschutz
- Reinhard Eberl-Pacan (2018), Pro Holzbau, Deutsches Architektenblatt, <https://www.dabonline.de/2018/10/30/holzbau-brandschutz-bauordnungen/> [abgerufen am 03.04.19]

Bilder:

1. Gebäudeklassen BbgBO. © MIL

Kapitel 7:

- Bauwerk Verlag (2010). Lehmbau Praxis. Berlin. ISBN 978-3-89932-125-8
- Bayrisches Landesamt für Umwelt (2017). Projekt: Lebenszyklusanalyse von Wohngebäuden, 2017. Gröbenzell: Endbericht
- Fachprotal Innenraumlufte NRW. http://www.innenraumlufte.nrw.de/4_schadstoffe/voc.php [abgerufen am 04.03.19]
- Holzabsatzfonds (2002). Holzhäuser – Wertigkeit und Lebensdauer. Holzbau Handbuch Reihe 0. Teil 5. Folge 1
- Holzabsatzfonds (2008). Holz als konstruktiver Baustoff. Holzbau Handbuch Reihe 4. Teil 1. Folge 1
- <http://www.haraldludwig.de/downloads/blockbau-im-grundwissen-moderner-holzbau.pdf>, 05.04.2019
- ift Rosenheim (2013), Neue DIN 4108-2 – „Mindestanforderungen an den Wärmeschutz“
- Informationsdienst Holz (2002). Holzhäuser – Werthaltigkeit und Lebensdauer. Holzbauhandbuch Reihe 0. Teil 5. Folge 1
- Informationsdienst Holz. <https://informationsdienst-holz.de/urbaner-holzbau/kapitel-4-derzeitgenoessische-holzbau/waermeschutz-im-holzbau/>, [abgerufen am 26.02.19]
- Institut für Qualität und Wirtschaftlichkeit im Gesundheitswesen (IQWiG). <https://www.gesund->

- heitsinformation.de/was-sind-mikroben.2243.de.html [abgerufen am 04.03.19]
- Institut für Werkstoffe des Bauwesens (2016). Holz, Bauchemie und Werkstoffe des Bauwesens
 - Internationales Holzbau-Forum 08. Sommerlicher Wärmeschutz im Holzbau: Weniger Masse und doch Klasse
 - Klinge et al (2016) Reduktion von Lüftungstechnik durch den Einsatz klimasteuernder Naturbaustoffe – Ergebnisse aus dem EU Forschungsvorhaben H-House und der Baupraxis. al, Dachverband Lehm, Tagungsband 2016, Weimar
 - Minke (2012). Handbuch Lehmbau. Stufen bei Freiburg. 8. Verbesserte Auflage (2012)
 - Peter Cheret, Kurt Schwaner, (2013), Holzbausysteme – eine Übersicht, Handbuch und Planungshilfe Urbaner Holzbau, Kapitel 3, DOM publishers: Herausgeber Peter Cheret, Kurt Schwaner, Arnim Seidel
 - Pro:Holz. <http://www.proholz.at> [abgerufen am 04.03.19]
 - Sterling et al (1985). Criteria for Human Exposure to Humidity in Occupied Buildings, ASHRAE Transactions. Vol. 91. Part 1
 - Umweltbundesamt. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/energiesparen/energiesparende-gebaeude#textpart-1> [zuletzt besucht am 01.03.2019 um 9:20]
 - Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV), §1 Zweck und Anwendungsbereich

Bilder:

1. Schindelfassade Betriebsgebäude Artis. ZRS Architekten Ingenieure © Daniela Friebel
2. Schindelfassade Betriebsgebäude Artis. ZRS Architekten Ingenieure © Daniela Friebel
3. Fischbauchträger Betriebsgebäude Artis. ZRS Architekten Ingenieure © Daniela Friebel
4. Fischbauchträger Betriebsgebäude Artis. ZRS Architekten Ingenieure © Daniela Friebel
5. Brettsperrholzdecken Ellener Hof. © ZRS Architekten Ingenieure
6. Dreischichtplatten Artis. ZRS Architekten Ingenieure © Daniela Friebel
7. Fachwerkbau Kassel. © ZRS Architekten Ingenieure
8. Fachwerkbau Kassel. © ZRS Architekten Ingenieure
9. Holzrahmenbau. © ZRS Architekten Ingenieure
10. Holztafelbau. © ZRS Architekten Ingenieure
11. Dämmstandard Wandaufbauten. Holzabsatzfond © ZRS Architekten Ingenieure
12. Sorptionsfähigkeit Holz. © ZRS Architekten Ingenieure
13. Wasserdampfsorption Innenwände. [H]house EU Forschungsvorhaben [H]house Healthier life with eco-innovative components for housing construction © ZRS Architekten Ingenieure
14. Scofield und Sterling Diagramm © Sterling (ASHRAE)
15. Foyer Firmengebäude Flexim. © ZRS Architekten Ingenieure
16. HBV Decke Firmengebäude Flexim. © ZRS Architekten Ingenieure
17. Lebenszyklusphasen DIN EN 15804

Kapitel 8:

- Bayrisches Landesamt für Umwelt (2017). Projekt: Lebenszyklusanalyse von Wohngebäuden. München. Endbericht
- Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung. https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/FP/ZB/Auftragsforschung/2NachhaltigesBauenBauqualitaet/2015/Bauteile/01_start.html?nn=436654¬First=true&docId=1180088 [abgerufen am 17.03.19] Informationsdienst Holz. Holz Häuser – Wertigkeit und Lebensdauer (2002). Überarbeitete Fassung: 2008

- Initiative kostengünstig qualitätsbewusst Bauen, umweltgerecht, innovativ, bezahlbar. Bauen im Lebenszyklus. Info – Blatt Nr. 3.2
- Klinge et al (2016) Reduktion von Lüftungstechnik durch den Einsatz klimasteuernder Naturbaustoffe – Ergebnisse aus dem EU-Forschungsvorhaben H-House und der Baupraxis., In: Dachverband Lehm, Tagungsband 2016, Weimar
- Land Brandenburg. Ministerium für Infrastruktur und Landesplanung. Nachhaltiges Planen und Bauen in Brandenburg (2014)
- Prestel. Publikation zur Ausstellung in Martin-Gropius-Bau Berlin. Bauen mit Holz - Wege in die Zukunft (2016 / 2017)
- Technische Universität Darmstadt. Wohnraumpotentiale durch Aufstockung (2016)
- Technische Universität München. Bauen mit Holz – Wege in die Zukunft Abschlussbericht (2011). München
- Timber Construction Europe. <https://www.timber-construction.eu> [abgerufen am 26.03.19]
- Winter et al (2017) Mobi-Space – ein modulares, wiederverwendbares Bausystem aus Holz, Bautechnik 94 (2017), Heft 3, S. 174 – 180.

Bilder:

1. Vergleich verschiedener Bauweisen © ZRS Architekten Ingenieure
2. Relative Schichtstärke von Baustoffen. Dubbel © ZRS Architekten Ingenieure
3. LCC Innenwände. EU Forschungsvorhaben [H]house Healthier life with eco-innovative components for housing construction © Cycleco
4. Lebenszykluskosten unterschiedlicher Bauweisen. Ascona GbR © Holger König
5. Klassenraum Mobispace. I mobispace GmbH & Co. KG © Thomas Ott
6. Reversible Steckverbindung. I mobispace GmbH & Co. KG © Thomas Ott
7. Arbeitsprozesse BIM und 3D Dateien. Philipp Zumbrunnen © ZRS Architekten Ingenieure

Tabellen:

Tab. 06 Baustoffeigenschaften gemäß DIN

Tab. 07 CO₂-Vermeidungspotenzial

Kapitel 9:

- Amt für Statistik Berlin Brandenburg (2017). Bestandsaufnahme zu möglichen Nachhaltigkeitsindikatoren Brandenburg – Bericht 2016. Potsdam
- Bauzentrum München (2017). Leitfaden Naturdämmstoffe 3.0. München. 3. Auflage (2017)
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2014). Der Wald in Deutschland. Berlin. 3. korrigierte Auflage (2018)
- Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser IBH (2014) Das sommerliche Wärmeverhalten eines Gebäudes bei Verwendung von Holzfaserdämmstoffen im Vergleich zu mineralischen Dämmstoffen, 2014, Gutachten, Kassel, Verband Holzfaser Dämmstoffe e.V., Gutachten Projekt-Nr.: IBH 906-14
- LfU Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (2000). Wald in der Lokalen Agenda 21. Karlsruhe. Arbeitsmaterialie 13
- Ministerium für ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft (2015). Wälder Brandenburgs, Ergebnisse der ersten landesweiten Waldinventur. Potsdam. 1. Auflage (2015)
- Regionale PEFC- Arbeitsgruppe Brandenburg e.V. (2016). Regionaler Waldbericht Brandenburg 2016. Potsdam
- Schmidt (2010): A new Paradigm in Sustainable Land Use. Topos 70, Callewey Verlag

- Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen DIN. DIN EN ISO 14040 (2006)
- Wärme und Solar GmbH http://www.oekowaerme.de/holz_pro_contra.htm [abgerufen am 09.02.19]

Bilder:

1. Graue Energie Baustoffe © ZRS Architekten Ingenieure
2. Außenansicht Forstamt Jena. cornelsen + seelinger architekten BDA | Pollmeier Massivholz GmbH & Co. KG, © Thomas Eicken
3. Dachtragwerk Forstamt Jena. cornelsen + seelinger architekten BDA | Pollmeier Massivholz GmbH & Co. KG, © Thomas Eicken
4. Fensterdetail Forstamt Jena. cornelsen + seelinger architekten BDA | Pollmeier Massivholz GmbH & Co. KGA, © Thomas Eicken

Tabellen:

Tab. 08 Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg LfU

Kapitel 10:

- BTU Cottbus-Senftenberg. <https://www.b-tu.de> [abgerufen am 26.02.19]
- FH Potsdam. <https://www.fh-potsdam.de> [abgerufen am 26.02.19]
- HNE Eberswalde. <https://www.hnee.de> [abgerufen am 26.02.19]
- Holzbau Deutschland. https://www.holzbau-deutschland.de/aktuelles/presseinformation/ansicht/detail/koordinierungsstelle_fuer_forschung_und_entwicklung_im_holzbau_eingerichtet/ [abgerufen am 20.03.19]
- Birkhäuser Basel. Neues Bauen mit Holz (2016).ISBN 978-3-0356-0455-9

Kapitel 11:

01. Feuerwahrstation Neuseddin, (c) ZRS Architekten Ingenieure
02. Bogenhalle, (c) Elite Holzbau GmbH & Co. KG
 1. Außenansicht LELF. ZRS Architekten Ingenieure © Giacomo Morelli
 2. Saatguthalle LELF. ZRS Architekten Ingenieure © Giacomo Morelli
 3. Terrasse Haus Müller Rutschke © Roswag Jankowski Architekten
 4. Außenansicht Haus Müller Rutschke © Roswag Jankowski Architekten
 5. Außenansicht Reihenhausanlage Potsdam. Anne Lampen © Sanny Wildemann
 6. Außenansichten Reihenhausanlage Potsdam. Anne Lampen © Sanny Wildemann
 7. Außenansicht Mehrfamilienhaus Potsdam. Scharabi Architekten © Jan Bitter
 8. Innenraum Mehrfamilienhaus Potsdam. Scharabi Architekten © Jan Bitter
 9. Außenansicht Erweiterung Alte Sielower Mühle. Keller Mayer Wittig Architekten © Erik-Jan Quwerkerk
 10. Außenansicht Erweiterung Alte Sielower Mühle. Keller Mayer Wittig Architekten © Erik-Jan Quwerkerk
 11. Foyer Freie Waldorfschule Kleinmachnow © Freitag Hartmann Sinz Architekten
 12. Außenansicht Freie Waldorfschule Kleinmachnow © Freitag Hartmann Sinz Architekten
 13. Außenansicht Mensa HNEE. andreas gehrke architekten © Ulrich Schwarz
 14. Außenansicht Feuerwehr Neuseddin. Roswag Jankowski Architekten © Torsten Seidel
 15. Außenansicht Gläserne Molkerei. LKK Architekten © Ursula Böhmer
 16. Bogentragwerk aus Brettschichtholz Grünbrücke Luckenwalde. Schwesig + Lindschulte © René Legrand

Ministerium für Infrastruktur und Landesplanung

Referat Presse, Öffentlichkeitsarbeit

Henning-von-Tresckow-Straße 2–8

14467 Potsdam

oeffentlichkeitsarbeit@mil.brandenburg.de

<https://mil.brandenburg.de>

