

Einsatz des unterschätzten Werkstoffs Holz in der Technischen Logistik – Systematisches Screening der Branche

Domenik Kaever¹
Harald Steinkellner¹
Sven Eichhorn²

¹Technische Universität Graz, Institut für Technische Logistik

²Technische Universität Chemnitz, Institut für Fördertechnik und Kunststoffe, Professur Förder- und Materialflusstechnik

Holz und ausgewählte Holzwerkstoffe werden in der Technischen Logistik vorwiegend mit Ladungsträgern verbunden, obwohl etablierte Anwendungen und Forschungsarbeiten ein breiteres Einsatzgebiet zeigen. Ein einheitlich klassifizierter Überblick über dokumentierte Anwendungen und deren Umsetzungsstatus fehlt bislang. Der Beitrag adressiert diese Lücke durch ein strukturiertes Screening der Branche. Wissenschaftliche Veröffentlichungen, Forschungsberichte und Herstellerinformationen wurden anhand definierter Kriterien ausgewählt und nach Klasse, Anwendung und Umsetzungsstatus eingeordnet. Insgesamt wurden 31 Anwendungen in fünf Klassen erfasst. Damit wird die dokumentierte Einsatzbreite von Holz aufgezeigt, zudem werden deutliche Unterschiede im höchsten nachgewiesenen Umsetzungsstatus zwischen den Klassen sichtbar. Ergänzend werden praxisgeleitete werkstoffbezogene Vorbehalte eingeordnet. Pauschale Annahmen werden teils durch dokumentierte Anwendungen relativiert, andere bleiben offen. Die Ergebnisse zeigen, dass Holzwerkstoffe über klassische Ladungsträger hinaus auch tragende und bewegte Funktionen übernehmen und bilden eine Grundlage für weitere anwendungsspezifische Analysen.

[Schlüsselwörter: Holz im Maschinenbau, Holz in der Technischen Logistik, Fördertechnik, Lagertechnik, Ladungsträger]

1 EINLEITUNG

Holz und Holzwerkstoffe besitzen eine lange Tradition als Konstruktionswerkstoffe im Maschinen- und Anlagenbau. Im Zuge der Industrialisierung wurden sie jedoch weitgehend durch Metalle und Kunststoffe verdrängt [1]. In der Technischen Logistik entsteht somit der Eindruck, dass Holz nur eine untergeordnete Rolle spielt. Bekannt ist der Werkstoff dort vor allem durch Ladungsträger wie der Europalette [2]. Dazu sind weitere etablierte Anwendungen bekannt, etwa Tragschalen von Kippschalensortern, die in der Paket- und Gepäcksortierung eingesetzt werden [3].

Darüber hinaus belegen Forschungsarbeiten weitere Anwendungen in unterschiedlichen Bereichen. So wurden

Holzwerkstoffe für tragende Komponenten einer Förderanlage in der Automobilfertigung unter industriellen Bedingungen erprobt [4]. Weitere Arbeiten untersuchen modulare Kransysteme aus Holzwerkstoffen [5] sowie hochdynamisch beanspruchte Biegefedern aus Wood Veneer Composites (WVC) für Vibrationsförderanlagen [6]. Abbildung 1 führt bereits realisierte sowie perspektivische Ansätze in einer gemeinsamen Systemdarstellung zusammen und veranschaulicht, wie weit ein holzbasiertes Materialflusssystem bei konsequenter Übertragung auf unterschiedliche Komponenten reichen könnte.

Gleichzeitig wird die Bewertung potenzieller Anwendungen durch pauschale und teilweise erklärungsbedürftige Annahmen über Holz und Holzwerkstoffe erschwert. Diese behandeln Holz häufig als einen einheitlichen und für technische Aufgaben bedingt geeigneten Werkstoff. Dabei lassen sich industriell hergestellte Holzwerkstoffe gezielter an technische Anforderungen anpassen als unmodifiziertes Vollholz. Potenziale ergeben sich insbesondere aus geringer Dichte, günstigen massenbezogenen Eigenschaften, Dämpfungsvermögen und Bearbeitbarkeit. Zugleich sind Anisotropie, Eigenschaftsstreuung sowie Einflüsse von Feuchte, Temperatur und Brandbeanspruchung zu berücksichtigen [7]. Die Eignung ist deshalb stets für die konkrete Funktion, Belastung und Umgebung zu bewerten.

Trotz etablierter Anwendungen und vorliegender Forschungsarbeiten fehlt bislang ein einheitlich klassifizierter Überblick über den Einsatz von Holz und Holzwerkstoffen in der Technischen Logistik. Mit Eichhorn et al. [8] liegt bereits ein Überblick über ausgewählte Anwendungen und Entwicklungen technischer Holzbauweisen vor. Der Beitrag konzentriert sich jedoch auf Arbeiten der TU Chemnitz und ihrer Partner. Auch die übrige Literatur behandelt überwiegend einzelne Werkstoffe, Forschungsprojekte oder konkrete Anwendungen. Es fehlt daher eine strukturierte Bestandsaufnahme, die dokumentierte Fälle anhand eines einheitlichen Schemas ordnet. Damit bleibt offen, wie breit das dokumentierte Einsatzspektrum in der Technischen Logistik ist und in welchen Bereichen industrielle Anwendungen oder serienverfügbare Lösungen vorliegen.



Abbildung 1. Materialflusssystem mit realisierten und perspektivischen holzbasierten Komponenten (© Oliver Pec, OPTYGON)

Vor diesem Hintergrund untersucht der vorliegende Beitrag den Einsatz von Holz und Holzwerkstoffen in der Technischen Logistik anhand eines strukturierten Screenings der Branche. Die identifizierten Fälle werden anhand ihrer technischen Funktion einer Anwendung und der zugehörigen technischen Klasse zugeordnet und hinsichtlich ihres Umsetzungsstatus bewertet. Berücksichtigt werden Fälle, in denen Holz oder Holzwerkstoffe eine unmittelbare Funktion innerhalb eines Materialflusssystems oder der zugehörigen Arbeitsplatz- und Betriebsinfrastruktur übernehmen. Allgemeine Gebäudestrukturen und Arbeitsplatzmöbel ohne nachweisbaren materialflusstechnischen Bezug sind nicht Gegenstand der Untersuchung.

Der Beitrag beantwortet damit drei Forschungsfragen:

- F1: Wie verbreitet ist der Einsatz von Holz und Holzwerkstoffen in den Teildisziplinen der Technischen Logistik?
- F2: Lässt sich ein Zusammenhang zwischen den Teildisziplinen und dem Umsetzungsstatus der dokumentierten Anwendungen ableiten?
- F3: Inwieweit lassen sich werkstoffbezogene Vorbehalte gegenüber dem Einsatz von Holz anhand dokumentierter Anwendungen auflösen?

2 METHODISCHES VORGEHEN

Das Branchenscreening kombiniert eine datenbankgestützte Literaturrecherche mit einer ergänzenden Recherche dokumentierter Praxisanwendungen. Ziel ist eine

strukturierte Bestandsaufnahme anhand einheitlicher Auswahl-, Klassifikations- und Bewertungskriterien. Eine vollständige Erfassung einer statistischen Grundgesamtheit wird nicht angestrebt.

2.1 ABGRENZUNG DES UNTERSUCHUNGSFELDES

Die Technische Logistik umfasst die technischen Systeme für den Materialfluss und Personenfluss sowie die hierfür eingesetzten Arbeitsmittel. Im vorliegenden Beitrag steht der Materialfluss im Vordergrund; personenbezogene Aspekte werden berücksichtigt, soweit sie unmittelbar mit der Arbeitsplatz- und Betriebsinfrastruktur technischer Logistiksysteme verbunden sind.

Materialflusssysteme verändern den Zustand logistischer Objekte insbesondere hinsichtlich Zeit, Ort, Menge und Zusammensetzung. Zu ihren wesentlichen Funktionen zählen das Fördern, Lagern, Handhaben, Kommissionieren, Sortieren und Bilden von Ladeeinheiten. Diese Funktionen werden durch unterschiedliche technische Einrichtungen umgesetzt, darunter Förder- und Lagersysteme oder auch Verpackungstechniken und Ladungsträger [9].

Unter Holzeinsatz wird die Verwendung aus Vollholz und technisch hergestellten Holzwerkstoffen verstanden. Berücksichtigt werden insbesondere Vollholzwerkstoffe wie Brettschichtholz, Furnierwerkstoffe als Wood Veneer Composites (WVC) in Form von Sperrholz oder Furnierschichtholz als plattenförmige Holzwerkstoffe sowie Wood Polymer Composites (WPC) (z. B. per extrudiertem Profil). Eingeschlossen sind sowohl reine Holzbauweisen als auch hybride Konstruktionen, in denen Holz mit Stahl,

Aluminium, Kunststoffen oder weiteren Werkstoffen kombiniert wird. Ergänzend werden bambusbasierte Werkstoffe als „holzähnliche“ Werkstoffe berücksichtigt, obwohl Bambus botanisch kein Holz, sondern Gras ist.

Zum Untersuchungsfeld zählen Fälle, bei denen der Holzwerkstoff eine eigenständige funktionale Aufgabe übernimmt. Nicht dazu gehören Anwendungen, bei denen Holz lediglich als konventionelles austauschbares Flächen- oder Plattenelement eingesetzt wird, z. B. einfache Regalfachböden oder Werkbankplatten. Ebenfalls ausgeschlossen sind Fälle, in denen Holz oder Holzprodukte ausschließlich das zu fördernde, zu lagernde oder zu bearbeitende logistische Objekt darstellen, etwa Rundholz oder Schnittholz. Davon zu unterscheiden sind holzbasierte Ladungsträger und technische Komponenten, die selbst eine Funktion im Materialflusssystem übernehmen.

Gebäude, Hallen und allgemeine Möblierung werden nicht allein aufgrund ihrer Holzbauweise einbezogen. Berücksichtigt werden jedoch Elemente der Arbeitsplatz- und Betriebsinfrastruktur, wenn sie eine unmittelbare funktionale Rolle für den Betrieb technischer Logistiksysteme oder für die Gestaltung logistischer Arbeitsplätze übernehmen. Bei Grenzfällen entscheidet die unmittelbare Funktion: Das Tragwerk eines Hochregallagers wird berücksichtigt, wenn es Lagergüter aufnimmt; eine Logistikhalle aus Holz bleibt ausgeschlossen. Böden und Bühnen werden berücksichtigt, wenn sie unmittelbar für den Betrieb eines Materialflusssystems ausgelegt sind, beispielsweise als Fahrboden für Fahrerlose Transportfahrzeuge.

2.2 KLASSIFIKATION

Die fachsystematische Einordnung orientiert sich an den in der Materialflusstechnik üblichen Teildisziplinen (siehe Abschn. 2.1). Die dokumentierten Fälle bilden die Untersuchungseinheiten. Technisch gleichartige Fälle werden einer Anwendung zugeordnet; die Anwendungen werden entsprechend ihrer primären technischen Funktion einer

übergeordneten Klasse zugeordnet. Das Klassifikationschema umfasst damit die beiden aufeinander aufbauenden Ebenen Anwendung und Klasse (siehe Tabelle 1).

Für die Zuordnung ist die technische Funktion maßgeblich; der räumliche Einbauort ist nicht ausschlaggebend. Das hölzerne Tragwerk eines Hochregallagers wird beispielsweise der Lagertechnik zugeordnet, da es unmittelbar Lagergüter aufnimmt. Ein Kranbahnträger bleibt Bestandteil der Unstetigfördertechnik, da er eine integrale Funktion innerhalb des Kransystems erfüllt. Sortier- und Kommissionier-Systeme werden nicht als eigenständige Klassen geführt. Sie stellen funktionale Systeme dar, die sich aus Elementen der verschiedenen Klassen zusammensetzen können [9]. Ein Kippschalensorter wird daher der Stetigfördertechnik, ein Kommissionier-Wagen den Ladungsträgern zugeordnet.

Zur Trennung von Forschungslösungen und industriell eingesetzten Produkten wird eine mehrstufige Skala für den Umsetzungsstatus verwendet:

1. Konzept (K): Eine Idee ist beschrieben oder ausgearbeitet, jedoch nicht physisch umgesetzt.
2. Demonstrator oder Laborversuch (D): Ein Funktionsmuster oder Prototyp wurde unter kontrollierten Bedingungen aufgebaut und/oder untersucht.
3. Industrielle Einzelanwendung (E): Ein konkreter Einsatz bei einem Betreiber ist dokumentiert.
4. Serien- oder Standardprodukt (S): Die Lösung wird gegenwärtig als standardisiertes oder wiederholt verfügbares Produkt angeboten.

Jeder dokumentierte Fall wird anhand des belegbaren Umsetzungsstatus einer der vier Kategorien zugeordnet. Für die Auswertung der Anwendungen wird der höchste unter den zugehörigen Fällen sicher belegbare Umsetzungsstatus herangezogen. Fehlende Angaben werden nicht durch Annahmen ergänzt, bei widersprüchlichen Quellen wird die konservativste eindeutig belegbare Kategorie verwendet.

Tabelle 1. Verwendetes Klassifikationsschema

Klasse	Abgrenzung	Beispiele für Anwendungen
Arbeitsplatz- und Betriebsinfrastruktur	Arbeits- und Betriebseinrichtungen, die den unmittelbaren Betrieb technischer Logistiksysteme ermöglichen oder unterstützen	Bühnen, Fahrböden, Gestellsysteme
Ladungsträger	Mittel zur Aufnahme, Zusammenfassung, Bereitstellung oder zum Schutz logistischer Objekte	Palette, Kleinladungsträger, Tray
Lagertechnik	Trag- und Funktionsstrukturen, deren primäre Aufgabe im Lagern, Puffern oder Bereitstellen von Gütern besteht	Hochregallager
Stetigfördertechnik	Stationär angeordnete Fördermittel mit kontinuierlichem Fördergutstrom und festgelegtem Transportweg	Rollenförderer, Hängeförderer, Kippschalensorter
Unstetigfördertechnik	Fördermittel, deren Transport in einzelnen (diskontinuierlichen) Arbeitsspielen oder durch einzelne Fahrzeuge erfolgt	FTF, Kran

2.3 RECHERCHE- UND AUSWAHLPROZESS

Die Recherche kombinierte wissenschaftliche Publikationen mit Praxisquellen zu dokumentierten industriellen Lösungen. Die wissenschaftliche Recherche erfolgte in der Datenbank Scopus. Ergänzend wurden Herstellerunterlagen, Projektberichte, institutionelle Veröffentlichungen und andere technisch nachvollziehbare Quellen herangezogen. Den Ausgangspunkt bildeten bekannte Lösungen und Akteure sowie im Verlauf der Recherche identifizierte Hersteller, Projekte und Querverweise. Die Einbeziehung industrieller Quellen war erforderlich, da realisierte Anlagen und Fördermittel nicht zwingend Gegenstand wissenschaftlicher Publikationen sind.

Die Scopus-Recherche wurde entlang der fünf Untersuchungsfelder Arbeitsplatz- und Betriebsinfrastruktur, Ladungsträger, Lagertechnik, Stetigförderertechnik und Unstetigförderertechnik durchgeführt. Die Suchstrategie folgte einem modularen Aufbau. Ein für alle Teilrecherchen identischer Suchblock zu Holz und Holzwerkstoffen wurde jeweils mittels des Operators AND mit einem untersuchungsfeldspezifischen Suchblock kombiniert. Innerhalb der einzelnen Suchblöcke wurden die Suchbegriffe mit OR verknüpft. Die Suche erfolgte in Titel, Abstract und Schlüsselwörtern (TITLE-ABS-KEY). Tabelle 2 dokumentiert die verwendeten Suchbegriffe der einzelnen Blöcke. Eine untere zeitliche Begrenzung wurde nicht vorgenommen. Die fünf Teilrecherchen ergaben insgesamt 5.310 Treffer.

Zur fachlichen Eingrenzung wurden ausschließlich Publikationen aus den Scopus Subject Areas „Engineering“, „Materials Science“ und „Environmental Science“ berücksichtigt. Dadurch reduzierte sich die Treffermenge auf insgesamt 3.422 Datensätze. Nach Zusammenführung und Bereinigung der Duplikate verblieben 3.294 eindeutige Publikationen. Diese Datensätze wurden anhand von Titel, Abstract und Schlüsselwörtern auf einen funktionalen Einsatz von Holz oder Holzwerkstoffen in der Technischen Logistik geprüft, wodurch sich 255 Publikationen ergaben. Diese bildeten den Kandidatenpool für die vertiefte Prüfung anhand verfügbarer Volltexte und ergänzender Quellen.

Ein Fall wurde aufgenommen, wenn

- eine konkrete technische Ausführung beschrieben oder abgebildet war,
- die Funktion des Holzwerkstoffs nachvollzogen werden konnte,
- bei Ladungsträgern (inkl. Verpackungslösungen) eine wiederverwendbare Funktion vorlag,
- ein Bezug zur Technischen Logistik oder ihrer unmittelbaren Betriebsinfrastruktur bestand und
- der Umsetzungsstatus durch mindestens eine Quelle belegt werden konnte.

Tabelle 2. Für die Scopus-Recherche verwendete Suchblöcke

Suchblock	Verwendete Suchbegriffe
Holz und Holzwerkstoffe	wood*; timber*; plywood; "laminated veneer lumber"; LVL; "cross-laminated timber"; CLT; particleboard*; fibreboard*; fiberboard*; WVC; bamboo*; holz*; sperrholz*; brettsschichtholz*; furnier*; kunstharzpressholz
Arbeitsplatz- und Betriebsinfrastruktur	workstation*; workbench*; "assembly station*"; "assembly table*"; "work table*"; "packing station*"; "packing table*"; "picking station*"; "operator station*"; "handling station*"; arbeitsplatz*; werkbank*; montagetisch*; packtisch*; kommissionier-arbeitsplatz*; mezzanin*; "industrial platform*"; "working platform*"; "industrial floor*"; "warehouse floor*"; "logistics floor*"; "floor system*"; "raised floor*"; "intralogistics infrastructure"; "logistics infrastructure"; "material handling infrastructure"; bühne*; zwischenbühne*; industrieplattform*; industrieboden*
Ladungsträger	bin; bins; tote; totes; pallet*; "load carrier*"; "material carrier*"; "transport rack*"; "transport frame*"; "transport platform*"; "reusable container*"; "returnable container*"; "reusable crate*"; "returnable crate*"; "transport tray*"; "carrier tray*"; "picking cart*"; "transport trolley*"; ladungsträger*; ladungstraeger*; werkstückträger*; werkstuecktraeger*; kommissionierwagen*
Lagertechnik	rack*; "high-bay warehouse*"; "high bay warehouse*"; highbay*; "storage structure*"; "automated warehouse*"; "automated storage system*"; ASRS; "AS/RS"; "storage and retrieval system*"; lagertechnik; lagersystem*; hochregallager*; regalsystem*
Stetigförderertechnik	conveyor*; sorter*; "sortation system*"; "tilt tray*"; "tilt-tray*"; förderertechnik; foerdertechnik; förderer; foerderer; rollenförderer; rollenfoerderer; gurtförderer; gurtfoerderer; kettenförderer; kettenfoerderer; plattenbandförderer; plattenbandfoerderer; lamellenförderer; lamellenfoerderer; hängeförderer; haengefoerderer; stauförderer; staufoerderer; kippschalensorter*
Unstetigförderertechnik	crane*; "lifting equipment"; "lifting device*"; "lifting beam*"; AGV*; AMR*; "automated guided vehicle*"; "autonomous mobile robot*"; "driverless transport*"; "driverless vehicle*"; "industrial truck*"; forklift*; shuttle*; "transport vehicle*"; "transport cart*"; "material handling vehicle*"; "vertical lift"; "freight lift*"; kran*; fahrlos*; transportfahrzeug*

2.4 AUSWERTUNG

Zur Beantwortung von Forschungsfrage F1 wurden die identifizierten Anwendungen den fünf Klassen zugeordnet und deren Verteilung ausgewertet. Für F2 wurde für jede Anwendung der höchste anhand der dokumentierten Fälle

sicher belegbare Umsetzungsstatus bestimmt und dessen Verteilung innerhalb der Klassen untersucht. Die Auswertung ist deskriptiv und bezieht sich auf die identifizierte typologische Breite sowie den jeweils höchsten nachgewiesenen Umsetzungsstatus.

Ergänzend werden für die Beantwortung von F3 zwölf bewusst zugespitzte Aussagen zu Holz und Holzwerkstoffen als praxisgeleiteter heuristischer Bezugsrahmen verwendet. Die Aussagen bündeln Fragestellungen und pauschalisierende Annahmen, die aus langjährigen Erfahrungen der Autoren in Forschung, Entwicklung und Transfer technischer Holzanwendungen hervorgegangen sind. Sie stellen weder Ergebnisse einer repräsentativen Befragung noch Aussagen über Häufigkeit oder Verbreitung entsprechender Einstellungen in der Branche dar. Im vorliegenden Beitrag dienen sie ausschließlich dazu, zu prüfen, inwieweit die im Screening dokumentierten Anwendungen Gegenbeispiele oder Anhaltspunkte für eine differenziertere Einordnung liefern.

3 ERGEBNISSE DES BRANCHENSCREENINGS

Nach Anwendung der in Abschnitt 2.3 definierten Auswahlkriterien wurden 31 Anwendungen identifiziert, die den fünf in Abschnitt 2.2 festgelegten Klassen zugeordnet werden konnten. Die dokumentierten Einzelfälle bilden die Evidenzbasis für den Nachweis der Anwendungen und ihres Umsetzungsstatus. Eine quantitative Auswertung der Fallzahlen erfolgt nicht, da bei marktbreiten Produktgruppen wie Paletten und Behältern eine vollständige Erfassung einzelner Produkte und Ausführungsvarianten weder möglich noch Ziel des Screenings ist.

Die Ergebnisdarstellung erfolgt daher auf Ebene der Anwendungen. Tabelle 3 gibt eine Gesamtübersicht über die identifizierten Anwendungen und den jeweils höchsten anhand der dokumentierten Fälle sicher belegbaren Umsetzungsstatus. Die angegebenen Belegquellen dokumentieren den ausgewiesenen höchsten Status; sie stellen keine vollständige Auflistung aller zu einer Anwendung recherchierten Quellen oder Ausführungen dar.

3.1 VERTEILUNG NACH KLASSEN UND ANWENDUNG

Die 31 identifizierten Anwendungen verteilen sich auf alle fünf betrachteten Klassen. Die größte typologische Breite weist die Stetigfördertechnik mit elf Anwendungen auf. Das Spektrum reicht von Gurt-, Rollen-, Ketten- und Hängeförderern über Skid-, Stau- und Vibrationsförderer bis zu Kippschalensortern, Personenförderern und Sorter-Endstellen.

Den Ladungsträgern sind acht Anwendungen zugeordnet. Neben Paletten beziehungsweise Palettenzubehör wurden Kleinladungsträger, Mehrwegbehälter, Sonderladungsträger, Transportgestelle, Transportplattformen,

Transportwagen und Kommissionier-Wagen identifiziert. Die Zahl der dokumentierten Produkte und Ausführungsvarianten ist insbesondere in dieser Klasse wesentlich größer als die Zahl der Anwendungen.

Die Unstetigfördertechnik umfasst sechs Anwendungen. Hierzu gehören Shuttles, Vertikalförderer, Fahrerlose Transportfahrzeuge, Krane beziehungsweise Kranbahnen, Lastaufnahmemittel und sonstige Transportfahrzeuge. In der Arbeitsplatz- und Betriebsinfrastruktur wurden vier Anwendungen identifiziert: Handarbeits- bzw. Montageplätze, modulare Gestellsysteme, Fahrböden und Bühnen. Die Lagertechnik umfasst mit Hochregallagern und sonstigen Regalsystemen zwei Anwendungen. Damit konnten Anwendungen von Holz und Holzwerkstoffen in allen betrachteten Klassen sowie für ein breites Spektrum unterschiedlicher technischer Funktionen nachgewiesen werden. Abbildung 2 fasst diese Verteilung nochmals zusammen.

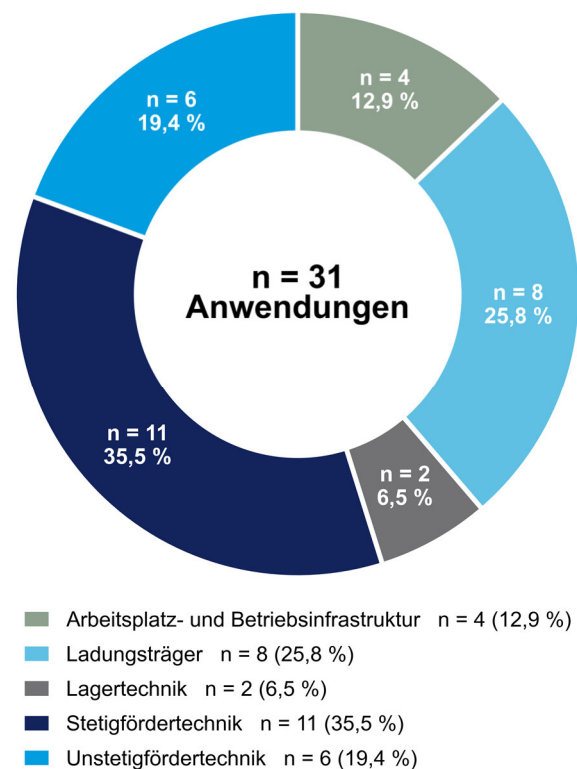


Abbildung 2. Verteilung der Anwendungen nach Klasse je Teildisziplin

Tabelle 3. Dokumentierte Anwendungen von Holz und Holzwerkstoffen in der Technischen Logistik

Klasse	Anwendung	Höchster nachgewiesener Umsetzungsstatus	Maßgebliche Quelle(n)
Arbeitsplatz- und Betriebsinfrastruktur	Handarbeits-/Montageplatz	S	[10]
	Modulares Gestellsystem	S	[11]
	Fahrboden	E	[12]
	Bühne	S	[13]; [14]
Ladungsträger	Kleinladungsträger	S	[15]
	Kommissionier-Wagen	S	[16]
	Mehrwegbehälter	S	[17]; [18]
	Palette bzw. Palettenzubehör	S	[2]; [19]
	Sonderladungsträger	E	[20]
	Transportgestell	S	[21]
	Transportplattform	D	[22]
	Transportwagen	S	[23]; [21]
Lagertechnik	Hochregallager	E	[24]; [25]
	Regalsystem	S	[10]; [26]
Stetigfördertechnik	Gurtförderer	D	[8]
	Hängeförderer	D	[27]
	Kettenförderer	D	[28]
	Kippschalensorter	S	[3]; [29]
	Personenförderer	E	[30]
	Plattenband-/Lamellenförderer	S	[31]; [32]
	Rollenförderer	E	[33]
	Skidförderer	E	[4]; [34]
	Sorter-Endstelle	S	[35]
	Stauförderer	K	[36]
Unstetigfördertechnik	Vibrationsförderer	D	[6]
	Fahrerloses Transportfahrzeug	D	[37]; [38]
	Kran bzw. Kranbahn	E	[39]; [40]
	Lastaufnahmemittel	D	[41]
	Shuttle	S	[42]
	Transportfahrzeug	D	[8]
	Vertikalförderer	D	[43]

3.2 HÖCHSTER NACHGEWIESENER UMSETZUNGSSTATUS

Zur Beurteilung des Umsetzungsstatus wird für jede Anwendung die höchste Stufe herangezogen, die anhand mindestens eines dokumentierten Falls sicher belegt werden konnte. Von den 31 identifizierten Anwendungen erreichen 14 als höchsten nachgewiesenen Umsetzungsstatus ein Serien- oder Standardprodukt. Für sieben Anwendungen ist eine industrielle Einzelanwendung die höchste belegte

Stufe, neun Anwendungen erreichen den Status eines Demonstrators beziehungsweise Laborversuchs und für eine Anwendung konnte ausschließlich ein Konzept nachgewiesen werden.

Zwischen den Klassen zeigen sich deutliche Unterschiede. Bei den Ladungsträgern ist für sechs der acht Anwendungen mindestens ein aktuelles Serien- oder Standardprodukt dokumentiert. Für Sonderladungsträger ist als höchste Stufe eine industrielle Einzelanwendung und für Transportplattformen ein Demonstrator nachgewiesen.

Auch in der Arbeitsplatz- und Betriebsinfrastruktur erreichen drei der vier Anwendungen Status „S“; für Fahrböden ist eine industrielle Einzelanwendung als höchste Stufe dokumentiert.

In der Lagertechnik erreicht das Regalsystem den Status „S“; für Hochregallager ist eine industrielle Einzelanwendung die höchste im Screening nachgewiesene Stufe. Die Stetigfördertechnik weist die breiteste Verteilung auf. Für drei der elf Anwendungen ist ein Serien- oder Standardprodukt nachgewiesen: Sorter-Endstellen, Kippschalensorter, Plattenband- bzw. Lamellenförderer. Personenförderer, Skidförderer und Rollenförderer erreichen als höchste Stufe eine industrielle Einzelanwendung. Gurt-, Hänge-, Ketten- und Vibrationsförderer sind durch Demonstratoren beziehungsweise Laborversuche belegt. Für den Stauförderer wurde im Screening ausschließlich ein Konzept identifiziert.

Bei der Unstetigfördertechnik befindet sich die Mehrzahl der Anwendungen auf Demonstrator-Level. Fahrerlose Transportfahrzeuge, Lastaufnahmemittel, Transportfahrzeuge und Vertikalförderer erreichen als höchste nachgewiesene Stufe den Status „D“. Für Krane beziehungsweise Kranbahnen sind industrielle Einzelanwendungen dokumentiert, während für Shuttles ein aktuelles Serienprodukt nachgewiesen werden konnte.

4 DISKUSSION

Die Ergebnisse zeigen eine breite, hinsichtlich des Umsetzungsstatus jedoch heterogene Nutzung von Holz und Holzwerkstoffen in der Technischen Logistik. Im Folgenden werden die Einsatzbreite, strukturelle Muster und die Grenzen der Untersuchung eingeordnet.

4.1 EINORDNUNG VON EINSATZBREITE UND UMSETZUNGSSTATUS

Die Ergebnisse beantworten F1 dahingehend, dass der dokumentierte Einsatz von Holz und Holzwerkstoffen nicht auf einzelne Bereiche der Technischen Logistik beschränkt ist. Für alle fünf betrachteten Klassen konnten Anwendungen nachgewiesen werden. Die 31 identifizierten Anwendungen umfassen dabei passive Ladungsträger und Tragsstrukturen ebenso wie bewegte, führende und dynamisch beanspruchte Komponenten. Besonders die Stetigfördertechnik weist mit elf Anwendungen eine große typologische Breite auf. Diese Verteilung ist jedoch nicht als Maß für die Marktverbreitung der einzelnen Klassen zu verstehen, sondern beschreibt die im Screening nachweisbare funktionale und konstruktive Vielfalt des Holzeinsatzes. Die praktische Bedeutung einzelner Anwendungen kann durch Skaleneffekte dennoch erheblich sein: Ladungsträger werden in großen Stückzahlen eingesetzt, während sich Stetigförderanlagen über große Anlagenlängen erstrecken können.

Auch hinsichtlich des Umsetzungsstatus zeigt sich, dass holzbasierte Lösungen nicht ausschließlich Gegenstand von Forschung und Entwicklung sind. Für 21 der 31 Anwendungen ist mindestens eine industrielle Einzelanwendung oder ein Serien- beziehungsweise Standardprodukt als höchste Stufe nachgewiesen. Zugleich unterscheiden sich die Klassen deutlich: Während bei Ladungsträgern sowie in der Arbeitsplatz- und Betriebsinfrastruktur überwiegend Serien- oder Standardprodukte als höchste Stufe dokumentiert sind, liegt diese bei der Mehrzahl der Anwendungen der Unstetigfördertechnik auf Demonstrator-Level. Die Stetigfördertechnik nimmt mit Anwendungen auf allen vier Umsetzungsstufen eine Zwischenstellung ein.

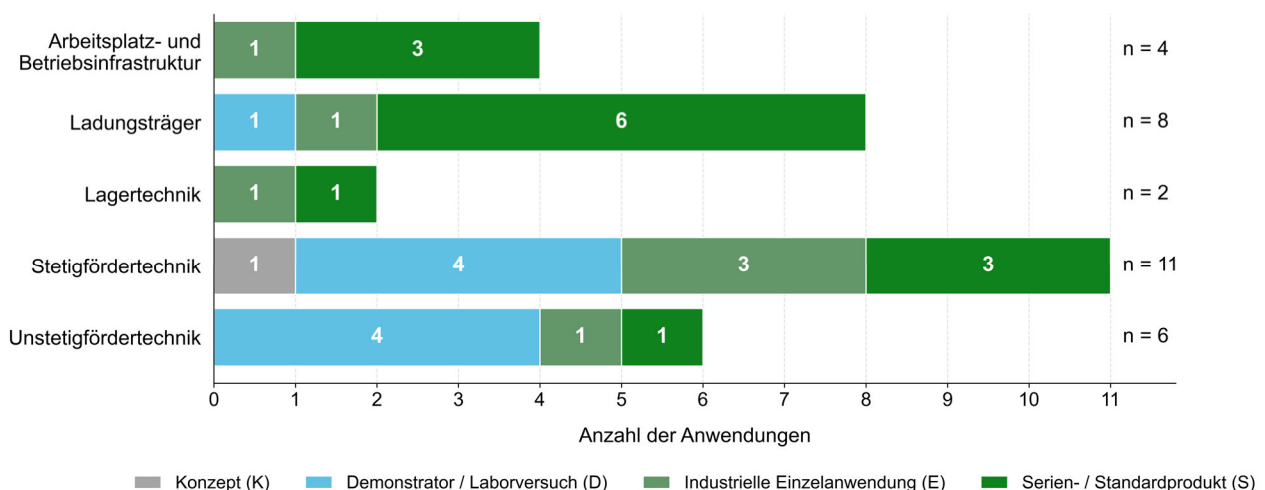


Abbildung 3. Verteilung des Umsetzungsstatus der jeweiligen Klassen

4.2 STRUKTURELLE MUSTER DES HOLZEINSATZES

Ein erstes Muster zeigt sich bei Anwendungen, deren Funktion wesentlich durch Flächen- oder Tragwirkung geprägt ist. Hierzu zählen insbesondere Ladungsträger, funktional integrierte Bühnen- und Fahrböden sowie Tragstrukturen von Lager- und Betriebseinrichtungen. Hier sind zahlreiche industrielle Einzelanwendungen oder aktuelle Serien- beziehungsweise Standardprodukte nachgewiesen.

Ein anderes Bild zeigt sich bei bewegten und dynamisch beanspruchten Anwendungen. Insbesondere in der Unstetigförderertechnik, aber auch bei mehreren Anwendungen der Stetigförderertechnik, liegt die höchste nachgewiesene Umsetzungsstufe häufiger im Bereich von Demonstrator oder Laborversuch. Dies betrifft beispielsweise Fahrerlose Transportfahrzeuge, Lastaufnahmemittel sowie verschiedene Förderkomponenten. Mögliche Erklärungsansätze liegen in den höheren Anforderungen an Ermüdungsfestigkeit, Verbindungstechnik, Maßhaltigkeit, Sicherheit und technische Nachweisführung. Aus der beobachteten Statusverteilung kann jedoch kein kausaler Zusammenhang abgeleitet werden. Vielmehr ergeben sich daraus Ansatzpunkte für gezielte Untersuchungen derjenigen Randbedingungen, die einen Übergang von Demonstrationslösungen zu industriellen Anwendungen ermöglichen.

Als weiteres Muster treten neben weitgehend holzbauierten Konstruktionen auch hybride Lösungen auf. Holz oder Holzwerkstoffe übernehmen dabei gezielt einzelne technische Funktionen innerhalb eines ansonsten aus anderen Werkstoffen aufgebauten Systems. Dies betrifft beispielsweise konstruktiv integrierte Elemente von Lager- und Betriebssystemen sowie tragende, führende oder dämpfende Komponenten in Förder- und Handhabungssystemen. Der Einsatz von Holz ist damit nicht zwingend als vollständige Substitution etablierter metallischer Konstruktionen zu verstehen. Vielmehr kann die Werkstoffwahl auf einzelne Bauteile oder Funktionen beschränkt werden, wenn deren Anforderungen mit den Eigenschaften des jeweiligen Holzwerkstoffs vereinbar sind. Hybride Bauweisen erweitern damit das mögliche Einsatzspektrum.

4.3 WERKSTOFFBEZOGENE VORBEHALTE UND WEITERER FORSCHUNGSBEDARF

Gegenüber Holz und Holzwerkstoffen bestehen eine Reihe wiederkehrender Vorbehalte und Vorurteile. In einer vereinfachenden fachlichen Zusammenstellung werden hierzu zwölf bewusst zugespitzte Aussagen als „Mythen“ formuliert. Sie bündeln das Spektrum typischer Vorurteile und „Pauschalargumente“ in einem „Dutzend Mythen über Holz“. Diese Aussagen stellen keine empirisch erhobenen Branchenmeinungen dar, sondern fassen Fragestellungen und Vorbehalte zur technischen Anwendung von Holz zusammen, die sich im Rahmen von Forschungstransfer und

Entwicklung über einen längeren Zeitraum bei unterschiedlichen Akteuren wiederholt gezeigt haben. Diese sind in Abbildung 4 dargestellt und betreffen inhaltlich insbesondere

- Werkstoffverständnis (Mythos 1, 2, 3 und 4),
- Auslegung und Sicherheit (Mythos 5, 6 und 7),
- Normung und Anwendungseignung (Mythos 8, 9, 10 und 11),
- sowie ökologische Aspekte (Mythos 12).

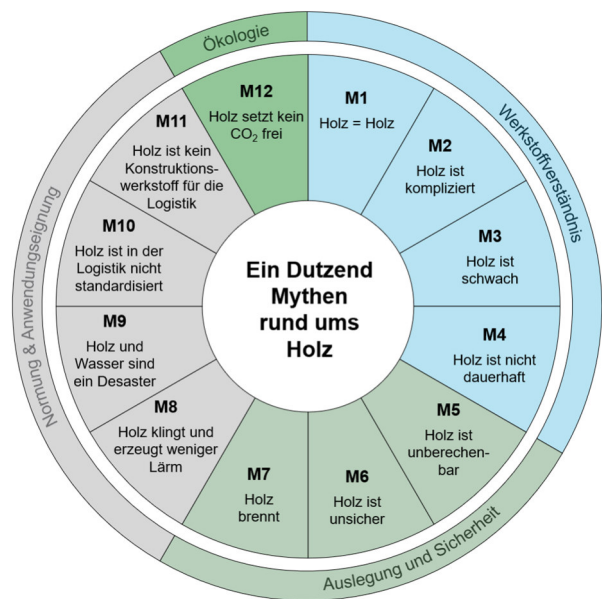


Abbildung 4. Werkstoffbezogene Vorbehalte gegenüber Holz und Holzwerkstoffen

Das Dutzend Mythen beinhaltet:

Mythos 1: Holz = Holz Trotz verschiedener Holzarten und daraus abgeleiteter Holzwerkstoffe wird oft sehr stark verallgemeinert.

Mythos 2: Holz ist kompliziert Viele Varianten des im Wald gewachsenen Basismaterials erzeugen eine hohe Komplexität bei den Veredelungs- und Anwendungsmöglichkeiten. Letztlich bauen alle anderen Mythen darauf auf.

Mythos 3: Holz ist schwach Zielt auf die vergleichsweise niedrigen absoluten mechanischen Kennwerte, z. B. Festigkeiten ab.

Mythos 4: Holz ist nicht dauerhaft Stellt die vergleichsweise schnelle Abbaubarkeit des gewachsenen Holzes in den Vordergrund.

Mythos 5: Holz ist unberechenbar Wird oft mit Mythos 2 verwendet, weil eine große Anzahl von Parametern zur Modellierung benötigt wird, welche nur „ungenau“ bestimmt werden können und viele Abhängigkeiten besitzen.

Mythos 6: Holz ist unsicher Bezieht sich meist auf eine konkrete Anwendung und das dafür fehlende, methodische Sicherheitskonzept.

Mythos 7: Holz brennt Zielt auf den reinen Fakt ab, ohne die technischen Details im Hintergrund beim Lastfall Brand zu beachten.

Mythos 8: Holz klingt und erzeugt wenig Lärm Bündelt die „verwirrenden“ akustischen Eigenschaften von Holzbauweisen, welche „wohlklingende Töne“ verstärken und unerwünschten „Lärm“ reduzieren können.

Mythos 9: Holz und Wasser sind ein Desaster Beschreibt das Quellen und Schwinden bzw. „Arbeiten des Holzes“ bei Änderung der Holzfeuchte im Material und der Interaktion mit Wasser.

Mythos 10: Holz ist in der Logistik nicht standardisiert Zielt vordergründig auf eine fehlende Normung ab.

Mythos 11: Holz ist kein Konstruktionswerkstoff für die Logistik Bündelt die Mythen ohne konkrete Reflexion und Analyse im Detail.

Mythos 12: Holz setzt kein CO₂ frei Verkürzt den Lebenszyklus und unterstellt eine permanente „Senkenwirkung“.

Das vorliegende Screening kann die Aussagen zu den Mythen nur teilweise einordnen. Am unmittelbarsten wird Mythos 11 adressiert: „Holz ist kein Konstruktionswerkstoff für die Logistik.“ Die dokumentierten Fälle in allen fünf Klassen und 31 Anwendungen zeigen, dass Holz und Holzwerkstoffe tragende, führende, bewegte und weitere konstruktive Funktionen übernehmen können. Die pauschale Aussage wird durch die dokumentierten Anwendungen deutlich relativiert.

Auch weitere Mythen werden durch die Ergebnisse zumindest relativiert. Die dokumentierte Vielfalt unterschiedlicher Holzwerkstoffe und hybrider Bauweisen widerspricht einer Gleichsetzung von „Holz“ als einheitlichem Werkstoff (Mythos 1). Berechnete, erprobte und industriell eingesetzte Trag- und Förderstrukturen stellen zudem Gegenbeispiele zu pauschalen Aussagen dar, Holz sei grundsätzlich unberechenbar, unsicher oder zu schwach (Mythen 3, 5 und 6). Für Mythos 10 zeigt insbesondere die Existenz standardisierter holzbasierter Produkte, dass eine Standardisierung grundsätzlich möglich ist; zugleich können für Maschinen und Anlagen werkstoffspezifische Bemessungs- und Nachweiswege fehlen oder nur eingeschränkt übertragbar sein.

Für die übrigen Aussagen liefert das Branchenscreening keine ausreichende Datengrundlage. Die zwölf Mythen markieren damit zugleich weiteren Forschungs- bzw. Erklärungsbedarf. Aufbauend auf der hier dokumentierten

Einsatzbreite sollten insbesondere die Anforderungen ausgewählter Anwendungen systematisch mit den Eigenschaften geeigneter Holzwerkstoffe abgeglichen und deren Einsatzpotenzial überprüft werden. Dies betrifft neben mechanischen Kennwerten auch Sicherheits- und Nachweiskonzepte, Betriebsbedingungen, Lebensdauer sowie wirtschaftliche und ökologische Aspekte einer vorteilhaften technischen Nutzung. Besonders relevant sind Anwendungen, die bislang überwiegend auf Demonstrator-Level nachgewiesen wurden, da hier die Bedingungen für den Übergang zu industriellen Anwendungen und Serienprodukten weiter zu untersuchen sind.

4.4 GRENZEN DER UNTERSUCHUNG

Das Branchenscreening erhebt keinen Anspruch auf eine vollständige Erfassung sämtlicher Anwendungen von Holz und Holzwerkstoffen in der Technischen Logistik. Die Recherche kombiniert wissenschaftliche Literatur, Forschungsberichte, Herstellerunterlagen, Referenzbeschreibungen und weitere öffentlich zugängliche Quellen. Dadurch unterscheiden sich Umfang, Aktualität und Nachvollziehbarkeit der verfügbaren Informationen erheblich. Wissenschaftlich untersuchte Demonstratoren sind häufig detaillierter dokumentiert als langjährig betriebene kundenspezifische Anlagen.

Eine weitere Einschränkung ergibt sich aus der unterschiedlichen Marktbreite der Anwendungen. Insbesondere bei Paletten, Behältern, Gestellen und vergleichbaren Produktgruppen existiert eine Vielzahl von Herstellern, Bauformen und Ausführungsvarianten, deren vollständige Erfassung weder möglich noch Ziel des Screenings ist. Die Anzahl dokumentierter Einzelfälle eignet sich deshalb nicht für einen quantitativen Vergleich der Klassen. Die Auswertung konzentriert sich stattdessen auf die identifizierten Anwendungen und deren höchsten sicher nachgewiesenen Umsetzungsstatus.

Aus der Aufnahme einer Anwendung und ihrem nachgewiesenen Umsetzungsstatus lässt sich schließlich keine generelle technische, wirtschaftliche oder ökologische Vorteilhaftigkeit von Holz gegenüber anderen Werkstoffen ableiten. Hersteller- und Produktdarstellungen enthalten zudem häufig keine unabhängig geprüften Angaben zu Stückzahlen, Wirtschaftlichkeit oder Umweltwirkungen. Die Ergebnisse sind daher als strukturierte Bestandsaufnahme des dokumentierten Einsatzspektrums und als Ausgangspunkt für weiterführende anwendungsspezifische Untersuchungen zu verstehen.

5 ZUSAMMENFASSUNG

Der Beitrag untersucht den dokumentierten Einsatz von Holz und Holzwerkstoffen in der Technischen Logistik anhand eines strukturierten Branchenscreenings. Hierzu wurden wissenschaftliche Publikationen mit Herstellerunterlagen, Projektberichten und weiteren technisch

nachvollziehbaren Praxisquellen kombiniert. Die identifizierten Fälle wurden nach technischer Klasse, Anwendung und Umsetzungsstatus klassifiziert. Da insbesondere bei marktbreiten Produktgruppen eine vollständige Erfassung einzelner Ausführungen nicht möglich ist, erfolgt die Auswertung auf Ebene der Anwendung und nicht anhand der Anzahl dokumentierter Einzelfälle.

Insgesamt wurden 31 Anwendungen in fünf Klassen identifiziert. Die größte typologische Breite weist die Steigfördertechnik mit elf Anwendungen auf, gefolgt von den Ladungsträgern mit acht und der Unstetigfördertechnik mit sechs Anwendungen. Arbeitsplatz- und Betriebsinfrastruktur sowie Lagertechnik ergänzen das Spektrum mit vier beziehungsweise zwei Anwendungen. Dadurch wird gezeigt, dass Holz und Holzwerkstoffe über klassische Paletten und Verpackungslösungen hinaus auch tragende, führende, bewegte und dynamisch beanspruchte Funktionen innerhalb technischer Logistiksysteme übernehmen.

Auch hinsichtlich des Umsetzungsstatus zeigt sich ein differenziertes Bild. Für 14 der 31 Anwendungen ist ein Serien- oder Standardprodukt als höchste Umsetzungsstufe nachgewiesen, für sieben eine industrielle Einzelanwendung. Neun Anwendungen erreichen als höchste Stufe einen Demonstrator oder Laborversuch und eine Anwendung verbleibt auf Konzeptebene. Serien- und Standardprodukte treten insbesondere bei Ladungsträgern sowie in der Arbeitsplatz- und Betriebsinfrastruktur auf, während bewegte und dynamisch beanspruchte Anwendungen häufiger auf Demonstrator-Level dokumentiert sind. Neben weitgehend holzbasierten Konstruktionen zeigen die Ergebnisse zudem hybride Lösungen, bei denen Holzwerkstoffe gezielt einzelne technische Funktionen innerhalb eines Gesamtsystems übernehmen.

Aus der dokumentierten Einsatzbreite lässt sich weder eine generelle technische, wirtschaftliche oder ökologische Vorteilhaftigkeit von Holz noch dessen tatsächliche Marktverbreitung ableiten. Die Ergebnisse zeigen jedoch, dass die pauschale Aussage, Holz sei kein Konstruktionswerkstoff für die Technische Logistik, relativiert werden kann. Weitere werkstoffbezogene Vorbehalte und Unklarheiten, sogenannte Mythen, können durch die identifizierten Anwendungen teilweise relativiert, mit der vorliegenden Datengrundlage jedoch nicht abschließend bewertet werden. Weiterführende Untersuchungen sollten deshalb die Anforderungen ausgewählter Anwendungen systematisch mit den Eigenschaften geeigneter Holzwerkstoffe vergleichen und insbesondere die Randbedingungen für den Übergang von Demonstrationslösungen zu industriellen Anwendungen untersuchen.

LITERATUR

- [1] S. Eichhorn, R. Eckardt und C. Müller, „Einblick in die Geschichte der Holzwerkstoffe im Maschinen- und Anlagenbau und aktuelle Möglichkeiten der angemessenen technischen Nutzung“, Langfassung zum Fachvortrag auf dem 8. Internationalen Symposium „Werkstoffe aus Nachwachsenden Rohstoffen“, Sektion 4 „Holzwerkstoffe“, 2010.
- [2] European Pallet Association e. V., „EPAL Europalette (EPAL 1)“, [Online]. Verfügbar unter: <https://www.epal-pallets.org/eu-de/ladungstrae-ger/epal-europalette>. Zugriff am: 7. Aug. 2026.
- [3] BEUMER Group GmbH & Co. KG, „What’s the best BHS technology choice for your airport?“, [Online]. Verfügbar unter: <https://www.beumergroup.com/knowledge/airport/whats-the-best-ics-choice-for-your-airport/>. Zugriff am: 7. Aug. 2026.
- [4] S. Eichhorn, R. Eckardt, C. Alt und K. Nendel, „Verwendung von Holzwerkstoffen in Fördertechnik der Automobilfertigung“, in Tagungsband des 17. Holztechnologischen Kolloquiums, Dresden, Deutschland, 2016.
- [5] E. Penno, S. Eichhorn, T. Schöneck und M. Golder, „Modulare Kransysteme aus Holzwerkstoffen“, Logistics Journal: Proceedings, Nr. 21, 2025, doi: 10.2195/lj_proc_penno_de_202510_01.
- [6] P. Kluge, N. Dallinger, C. Schubert, M. Geistert und S. Eichhorn, „Hochbelastbare Biegefedern aus Holzwerkstoffen“, Logistics Journal: Proceedings, Nr. 21, 2025, doi: 10.2195/lj_proc_kluge_de_202510_01.
- [7] R. J. Ross und J. R. Anderson, Hrsg., Wood Handbook: Wood as an Engineering Material, General Technical Report FPL-GTR-282. Madison, WI, USA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2021.
- [8] S. Eichhorn, M. Geistert, E. Penno, C. Schubert und P. Kluge, „Holz im Maschinenbau – Die Intralogistik als Forschungs- und Entwicklungsfeld für technische Holzbauweisen“, Logistics Journal: Proceedings, Nr. 21, 2025, doi: 10.2195/lj_proc_eichhorn_de_202510_01.
- [9] M. ten Hompel, T. Schmidt und J. Dregger, Materialflusssysteme: Förder- und Lagertechnik, 4. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg, 2018, doi: 10.1007/978-3-662-56181-2.
- [10] ligenium GmbH, „Lager & Handarbeitsplätze“, [Online]. Verfügbar unter: <https://www.ligenium.de/lager-handarbeitspl%C3%A4tze>. Zugriff am: 18. Aug. 2026.

- [11] ligenium GmbH, „Maschinenintegration & Robotik“, [Online]. Verfügbar unter: <https://www.ligenium.de/maschinenintegration-robotik>. Zugriff am: 18. Aug. 2026.
- [12] Cornerstone Specialty Wood Products, LLC (ResinDek), „Wholesale home & garden décor retailer Evergreen Enterprises installs ResinDek robotic flooring for AMRs“, [Online]. Verfügbar unter: <https://www.resindek.com/knowledge-hub/success-stories/wholesale-home-garden-decor-retailer-evergreen-enterprises-installs-resindek-robotic-flooring-for-amrs/>. Zugriff am: 18. Aug. 2026.
- [13] Cornerstone Specialty Wood Products, LLC (ResinDek), „Flooring Panels“, [Online]. Verfügbar unter: <https://www.resindek.com/products/flooring-panels/>. Zugriff am: 18. Aug. 2026.
- [14] Unilin Panels, „Zwischengeschossboden“, [Online]. Verfügbar unter: <https://unilinpanels.com/de/de/zwischengeschossboden>. Zugriff am: 18. Aug. 2026.
- [15] ligenium GmbH, „LigBox“, [Online]. Verfügbar unter: <https://www.ligenium.de/ligbox>. Zugriff am: 18. Aug. 2026.
- [16] ligenium GmbH, „Kommissionierwagen“, [Online]. Verfügbar unter: <https://www.ligenium.de/kommissionierwagen>. Zugriff am: 18. Aug. 2026.
- [17] F. Debeaufort, „Wood-based Packaging“, in Packaging Materials and Processing for Food, Pharmaceuticals and Cosmetics, F. Debeaufort, K. Galić, M. Kurek, N. Benbettaieb und M. Šcetar, Hrsg. London, UK/Hoboken, NJ, USA: ISTE Ltd/John Wiley & Sons, Inc., 2021, S. 1–18, doi: 10.1002/9781119825081.ch1.
- [18] No-Nail Boxes, „Wooden Pallet Box“, [Online]. Verfügbar unter: <https://no-nailboxes.com/en/wooden-pallet-box/>. Zugriff am: 18. Aug. 2026.
- [19] G. Dotelli, P. Gallo Stampino und E. Simonetti, „Pallet Use and Transport in Italy: Comparing the Carbon Footprints of Standard Exchange and Nopal’s Alternative Strategy“, Applied Sciences, Jg. 15, Nr. 4, Art. 2032, 2025, doi: 10.3390/app15042032.
- [20] M. Geistert, S. Eichhorn und M. Golder, „Funktionalisierte Strukturelemente für Transportsysteme in Holzleichtbauweise“, Logistics Journal: Proceedings, Nr. 20, 2024, doi: 10.2195/lj_proc_geistert_de_202410_01.
- [21] Deltarack BV, „Products“, [Online]. Verfügbar unter: <https://www.deltarack.com/de/products>. Zugriff am: 18. Aug. 2026.
- [22] Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), „U-Shift: Frischekapsel für das U-Shift-Konzept in holzintensiver Bauweise“, [Online]. Verfügbar unter: <https://www.dlr.de/de/khf/forschung-transfer/projekte/u-shift-frischekapsel-fuer-das-u-shift-konzept-in-holzintensiver-bauweise>. Zugriff am: 18. Aug. 2026.
- [23] ligenium GmbH, „Intralogistik & Materialfluss“, [Online]. Verfügbar unter: <https://www.ligenium.de/intralogistik-materialfluss>. Zugriff am: 18. Aug. 2026.
- [24] LTW Intralogistics, „Salinen Austria“, [Online]. Verfügbar unter: <https://www.ltw.at/referenzen/detail/salinen-austria>. Zugriff am: 18. Aug. 2026.
- [25] Swisslog, „Alnatura“, [Online]. Verfügbar unter: <https://www.swisslog.com/en-us/case-studies-and-resources/case-studies/2017/11/alnatura>. Zugriff am: 18. Aug. 2026.
- [26] C. Bernuzzi, C. Rottenbacher, M. Simoncelli und P. Venini, „Modal identification of storage racks for cheese wheels“, Structural Control and Health Monitoring, Jg. 29, Nr. 10, Art. e3052, 2022, doi: 10.1002/stc.3052.
- [27] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), „Nachhaltige Werkstoffe in der Intralogistik: Holzpolymer-Kunststoffe können Metall ersetzen“, [Online]. Verfügbar unter: <https://holz.fnr.de/forschung-und-bildung/themen-dossiers/holz-als-industriewerkstoff/details/nachhaltige-werkstoffe-in-der-intralogistik-holzpolymer-kunststoffe-koennen-metall-ersetzen>. Zugriff am: 18. Aug. 2026.
- [28] Technische Universität Chemnitz, Professur Förder- und Materialflusstechnik, „Anwendungstechnik Erneuerbarer Werkstoffe (AEW) – Forschung“, [Online]. Verfügbar unter: https://www.tu-chemnitz.de/mb/FoerdTech/aew/aew_forschung.php. Zugriff am: 18. Aug. 2026.
- [29] Vanderlande, „HELIXORTER“, [Online]. Verfügbar unter: <https://www.vanderlande.com/de/systeme/bag-sortation/helixorter/>. Zugriff am: 18. Aug. 2026.
- [30] MINDA Industrieanlagen GmbH, „Unser Werkermitfahrband aus Holz: Nachhaltige Bodenförder-technik“, [Online]. Verfügbar unter:

- <https://www.minda.com/de/success-stories/auto-mobilindustrie-nachhaltige-bodenfoerdertechnik>. Zugriff am: 18. Aug. 2026.
- [31] Webb-Stiles Company, „Slat Conveyors“, [Online]. Verfügbar unter: <https://webb-stiles.com/products/slat-conveyors/>. Zugriff am: 18. Aug. 2026.
- [32] Newland Engineering, „System Engineering“, [Online]. Verfügbar unter: <https://newland-engineering.com/systems/system-engineering/>. Zugriff am: 18. Aug. 2026.
- [33] Technische Universität Chemnitz, Professur Förder- und Materialflusstechnik, „Anwendungstechnik Erneuerbarer Werkstoffe (AEW)“, [Online]. Verfügbar unter: https://www.tu-chemnitz.de/mb/FoerdTech/aw/aw_start.php. Zugriff am: 18. Aug. 2026.
- [34] K. Feig und S. Eichhorn, „Vergleich der umweltrelevanten Faktoren von Holz furnierlagenverbundwerkstoffen (WVC – Wood Veneer Composite) und metallischen Werkstoffen am Praxisbeispiel eines Skidfördersystems“, Logistics Journal: Editorial-Reviewed, 2016, doi: 10.2195/lj_Not-Rev_feig_de_201605_01.
- [35] DIMARK S.A., „Belt conveyor chutes“, [Online]. Verfügbar unter: <https://www.aeroexpo.online/prod/dimark-sa/product-168616-80937.html>. Zugriff am: 18. Aug. 2026.
- [36] T. Wallrapp, E. G. Vogt, C. Meyer, M. Rössinger, M. Juraschek und C. Herrmann, „Substitution von energieintensiven Primärmaterialien: Als Beitrag zur umweltverträglicheren Produktionsgestaltung am Beispiel eines Stauförderers im automobilen Karosseriebau“, ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Jg. 119, Nr. 1–2, S. 58–64, 2024, doi: 10.1515/zwf-2024-1013.
- [37] ligenium GmbH, „BULLig“, [Online]. Verfügbar unter: <https://en.ligenium.de/produkte-%C3%B6sungen/bullig>. Zugriff am: 18. Aug. 2026.
- [38] VCÖ – Mobilität mit Zukunft, „CarryMeHome“, [Online]. Verfügbar unter: <https://mobilitaetsprojekte.vcoe.at/projekt/carrymehome-2025/>. Zugriff am: 18. Aug. 2026.
- [39] Pollmeier Massivholz GmbH & Co. KG, „Crane track girders in BauBuche“, [Online]. Verfügbar unter: <https://www.pollmeier.com/de/cases/crane-track-girders-in-baubuche/>. Zugriff am: 18. Aug. 2026.
- [40] N. Wehrkamp und C. Seeßelberg, „Kranbahnträger in Holzbauweise: Alternative zur Ausführung in Stahl?“, Stahlbau, Jg. 95, Nr. 7, S. 601–611, 2026, doi: 10.1002/stab.70156.
- [41] E. Penno, P. Kluge, S. Eichhorn und M. Golder, „Versuchsmuster Lastaufnahmemittel (LAM) – Krantraverse in Holzbauweise“, Logistics Journal: Proceedings, Nr. 18, 2022, doi: 10.2195/lj_proc_penno_de_202211_01.
- [42] TGW Logistics Group GmbH, „Generationswechsel in der Shuttle-Lagerhaltung: Stingray V4 geht in den Ruhestand, ein neues Shuttle übernimmt“, [Online]. Verfügbar unter: <https://www.tgw-group.com/de/news/detail/generationswechsel-in-der-shuttle-lagerhaltung-stingray-v4-geht-in-den-ruhestand-ein-neues-shuttle-uebernimmt>. Zugriff am: 18. Aug. 2026.
- [43] S. Eichhorn, P. Kluge, C. Müller, E. Penno, R. Eckardt, K. Feig, C. Alt und C. Schubert, „Substitution energieintensiver Stahl- und Aluminiumwerkstoffe durch nachwachsende Rohstoffe in der Fördertechnik – SubSTANCE“, Forschungsbericht, Technische Universität Chemnitz, Chemnitz, Deutschland, 2017. [Online]. Verfügbar unter: <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:ch1-qu-cosa-229785>. Zugriff am: 18. Aug. 2026.

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Domenik Kaefer, M. Sc., Universitätsprofessor für Technische Logistik und Leiter des Instituts für Technische Logistik (ITL) an der Technischen Universität Graz, E-Mail: domenik.kaefer@tugraz.at

Dipl.-Ing. Harald Steinkellner, Universitätsassistent am Institut für Technische Logistik an der Technischen Universität Graz, E-Mail: harald.steinkellner@tugraz.at

Adresse: Technische Universität Graz, Institut für Technische Logistik (ITL), Inffeldgasse 25e, 8010 Graz, Österreich. Homepage: <https://www.tugraz.at/institute/itl/home>

Dr.-Ing. Sven Eichhorn, Wissenschaftlicher Mitarbeiter der Professur Förder- und Materialflusstechnik an der Technischen Universität Chemnitz. Leiter der Forschungsgruppe Anwendungstechnik Erneuerbarer Werkstoffe (AEW)

www.holz-im-maschinenbau.de
 0049 371/531 35851 | sven.eichhorn@mb.tu-chemnitz.de
 Technische Universität Chemnitz
 Professur Förder- und Materialflusstechnik
 Reichenhainer Straße 70
 D-09126 Chemnitz