

Freileitungsmasten aus Holz

- Besser für die Umwelt
- Besser für die Wirtschaftlichkeit
- Besser für die Gesellschaft

Unser ökologischer CO₂-Fußabdruck und seine Auswirkungen auf die globale Erwärmung sind, zusammen mit anderen Umweltaspekten, von weltweit besorgniserregender Bedeutung für unsere Gesellschaft. Das Europäische Institut für Holzimprägnierung (WEI) repräsentiert die Holzimprägnierindustrie Europas und bewirbt die Vorteile und die Nachhaltigkeit von mit Holzschutzmitteln imprägniertem Holz.

Die Branche, deren Kernprodukt Holz zu den weltweit nachhaltigsten Baumaterialien zählt,

befasst sich schon seit langem mit der Bewertung und dem Nachweis der ökologischen Vorteile von imprägniertem Holz. Eine Forschungsstudie über Masten für Stromversorgung und Telekommunikation wurde jüngst durch eine Gruppe unabhängiger Experten vorgenommen. Darin wurden nach dem Prinzip „von der Wiege bis zur Bahre“ die Auswirkungen von Holz-masten im Vergleich zu Masten aus anderen Materialien in Form einer Lebenszyklus-analyse (Life Cycle Analysis, LCA) verglichen.





Holzleitungsmasten haben das geringste Potential globaler Erwärmung durch Treibhausgase im Vergleich zu Masten aus anderen Materialien.



Die Verwendung von Freileitungsmasten

Leitungsmasten zur Elektrizitätsversorgung und zur Telekommunikation sind ein elementarer Teil der Infrastruktur solcher Netze. Diese Industrien bauen traditionell auf oberirdische Freileitungen und neuerdings auf faseroptische Kabel über große Entfernungen, wenn Erdkabel bautechnisch oder wirtschaftlich nicht möglich oder aus Umweltschutzgründen nicht erwünscht sind. Holzmasten waren hierzu für viele Jahrzehnte das Material der Wahl. Inzwischen werden daneben auch Maste aus anderen Materialien verwendet, u.a. aus Guss-Beton, Schleuderbeton, Glasfaser und Stahl.

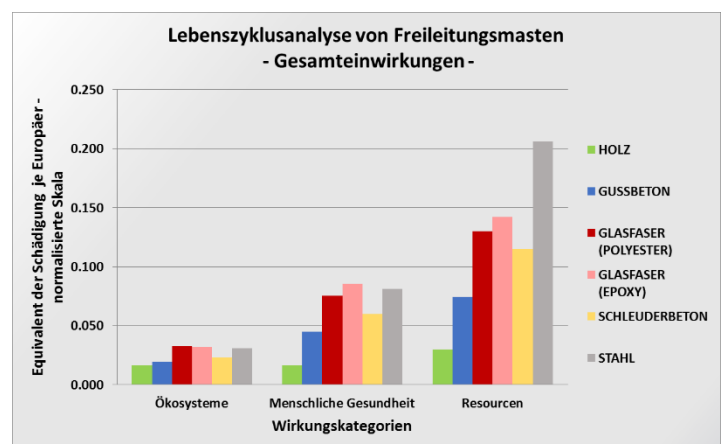
Die vorliegende Information ist eine kurze Zusammenfassung der LCA Studie¹ mit dem Fokus auf das Potential globaler Erwärmung durch Treibhausgase (Global Warming Potential, GWP) für Maste unterschiedlicher Ausgangsmaterialien.

Sie verdeutlicht, dass imprägniertes Holz das niedrigste Erwärmungspotential besitzt und zudem den geringsten, nachteiligen Einfluss innerhalb der drei Wirkungskategorien – **Ökosysteme**, **menschliche Gesundheit** und **Rohstoffe** – ausübt.

Lebenszyklusanalyse (LCA)

Eines der Schlüsselanliegen für Industrie, Verbraucher und Gesellschaft als Ganzes ist der beobachtete Klimawandel, hervorgerufen durch die Freisetzung von Treibhausgasen in die Atmosphäre, welche bei der Gewinnung, der Herstellung, der Nutzung und der Entsorgung von Materialien anfallen, also während des gesamten Lebenszyklus des Materials.

Die Analyse des Lebenszyklus (Life Cycle Analysis, LCA) ist ein anerkannter Prozess der Bewertung und des Vergleichs von Materialien hinsichtlich ihres Beitrages zum Klimawandel als auch anderen Auswirkungen auf die Umwelt. Der Beitrag zum Klimawandel ist allgemein als CO₂-Fußabdruck oder als Potential für globale Erwärmung (Global Warming Potential, GWP) bekannt. Holz und auf Holz basierende Bauprodukte sind bereits gut bezüglich ihres GWP charakterisiert.



Eine Anzahl von Studien beweisen, dass Holz als Baumaterial eine einzigartig niedrige Belastung beim Herstellungs- und Bearbeitungszyklus aufweist. Grundlagen dazu sind schon im Wald gelegt, wo Bäume in ihrem Stoffwechsel Sauerstoff freisetzen, das Treibhausgas CO₂ absorbieren und so für Generationen als Kohlenstoff im Holz speichern und binden. Zudem sind in Europa Baumpflanzungs- und Wiederaufforstungsstrategien entwickelt und umgesetzt, so dass die Waldflächen wachsen mit positiven Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft. Holz aus nachhaltig bewirtschafteten Wäldern weist daher von Natur aus eine niedrige Energiebilanz hinsichtlich Produktion, Verarbeitung, Transport und Anwendung² aus.

Die LCA-Studie des WEI für Maste wurde durchgeführt nach den internationalen Standards ISO 14040: 2006 und ISO 14044:2006. Kesseldruckimprägnierte Holzmasten wurden verglichen mit Masten gefertigt aus Guß- oder Schleuderbeton, glasfaserverstärkten Kunststoffen und Stahl. Bei den Holzmasten wurde vorgesehene Nutzungsdauer von 30 Jahren, bei den aus alternativen Materialien gefertigten Masten ein vorgesehene Verwendungsdauer von 60 Jahren zugrunde gelegt. Die LCA-Studie analysierte hierzu in folgenden drei Hauptwirkungskategorien:

- Schädigung des Ökosystems, inklusive der Auswirkungen auf den Klimawandel
- Schädigung der menschlichen Gesundheit, inklusive der Auswirkungen auf den Klimawandel
- Nutzung und Schädigung der Rohstoffressourcen



Im Einzelnen wurden in der LCA Studie die nachstehenden Wirkungskategorien betrachtet:

- **Klimawandel:** Ein Maß für die Freisetzung von Treibhausgasen in die Atmosphäre.
- **Ozon Abbau:** Indikator für die Zerstörung der Ozonschicht
- **Terrestrische Versauerung:** Indikator für die potentielle Versauerung (Absenkung des pH-Wertes) von Erde und Wasser durch Stick- und Schwefeloxide
- **Eutrophierung von Frisch- und Meereswasser:** Maß für die Nährstoffanreicherung in Gewässern durch Stick- und Schwefeloxide.
- **Menschliche Gesundheit:** Die Freisetzung von Emissionen in die Atmosphäre, welche toxisch sind für den menschlichen Organismus.
- **Bildung von photochemischen Oxidantien:** Diese ist auch bekannt als „Sommersmog“ oder Bildung von erdoberflächen nahem Ozon; Insbesondere in den Sommermonaten kann erdoberflächennahes Ozon die Bildung von Smog begünstigen, welcher bekanntermaßen ein grosses Problem für die menschliche Gesundheit darstellt.
- **Feinstaub:** Indikator für die Bildung von Feinstaubpartikeln (PM) mit einem Durchmesser von kleiner 10 Mikrometer (μm) (PM10).
- **Terrestrische Ökotoxizität:** Maß für die Freisetzung von Substanzen, wie z.B. toxische Schwermetalle (Cd, Pb, Hg), schwer abbaubaren organischen Verbindungen (Dioxine und Furane, PCDD-Fs, polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe, PCBs, etc.), sowie weiterer organischer Verbindungen (PVC, etc) in die Umwelt. Diese Substanzen können sich im Gewebe von Organismen anreichern und vielfältige Schäden verursachen.
- **Ionisierende Strahlung:** Maß für die Bildung ionisierender Strahlung (Emission von radioaktivem Material in die Umwelt), die die menschliche Gesundheit schädigen kann.
- **Ressourcennutzung, Metalle und Mineralien:** Indikator für die Erschöpfung mineralischer und metallischer Rohstoffe

- **Ressourcennutzung, fossil:** Indikator für die Erschöpfung fossiler Rohstoffe wie z.B. Erdöl, Kohle.
- **Landnutzung:** Maß für die Nutzung (Flächenbelegung) und Umwandlung (Transformation) von Landflächen durch z.B. land- oder forstwirtschaftliche Tätigkeiten oder Straßen- und Wohnungsbau.

Maste aus Beton, Stahl und Glasfaser haben den Vorteil weniger anfällig gegen den Angriff von Pilzen, Insekten, Vögeln und anderen Schädlingen zu sein und können eine längere Standdauer als Holzmasten aufweisen. Glasfaser und Stahl haben wie Holz den Vorteil eines vergleichsweise niedrigen Gewichts. Zudem hat Glasfaser, ebenso wie Holz, auch eine geringe elektrische Leitfähigkeit.

Masten aus Alternativmaterialien weisen jedoch hinsichtlich der Kosten, der Einfachheit des Einbaus und des Unterhalts deutliche Nachteile gegenüber Holzmasten aus. So haben Masten aus Beton einen deutlichen Nachteil durch ihr hohes Gewicht, welches sowohl Transport als auch den Einbau kompliziert.

Schlussfolgerungen der LCA Studie

Aus der Studie sind nachstehende Folgerungen zu ziehen:

- Imprägnierte Holzmasten weisen die geringsten schädigenden Auswirkungen aller Produktsysteme in den drei übergeordneten Wirkungskategorien Umwelt, menschliche Gesundheit und Nutzung und Schädigung von Rohstoffressourcen auf.
- Zusätzlich haben imprägnierte Holzmasten bei 9 von 15 Endpunkten der untersuchten Wirkungskategorien die geringsten schädlichen Auswirkungen aller miteinander verglichenen Produktsysteme.
- Holzmasten wird ein auffallend hoher Einfluß auf Landverbrauch zugeordnet. Dies ist zu erwarten, wenn lediglich die benötigte Forstfläche für die Holzproduktion berücksichtigt wird. Die Landnutzungskategorie ist erst jüngst in die LCAs aufgenommen worden und wird wie andere neuere Indikatoren noch nicht abschließend beschrieben. So werden z.B. aktuell die Vorteile einer nachhaltig betriebenen Forstwirtschaft noch nicht adäquat berücksichtigt.



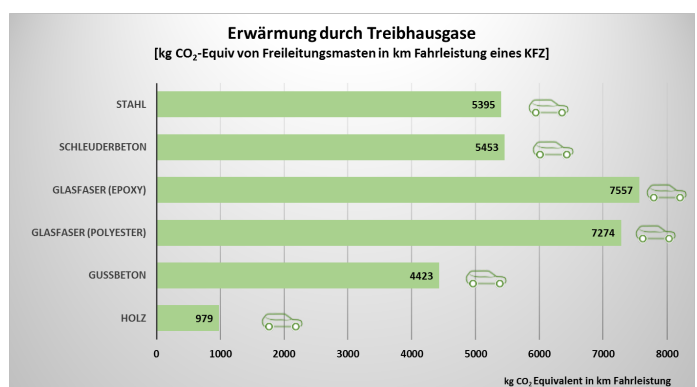
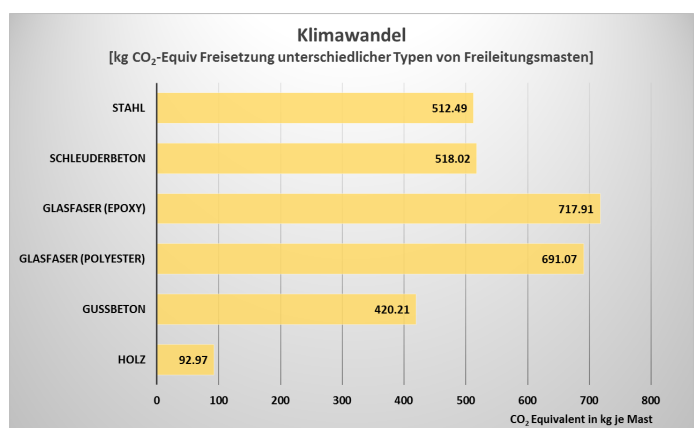
- Holzmasten haben eine sehr bemerkenswert niedrige Auswirkung in den Kategorien Klimawandel, Bildung von Feinstaub und Nutzung fossiler Rohstoffe.
- Alle Sensitivitätsstudien zeigten, dass Holz die geringste schädliche Wirkung in der Kategorie Gesundheit und Ressourcenverbrauch besitzt. Auch bei der Wirkung auf Ökosysteme war Holz in der überwiegenden Mehrzahl der untersuchten Kategorien das Material mit dem geringsten Einfluss. In einigen wenigen Kategorien wurde dies Masten aus Gussbeton zugeschrieben. Es bleibt aber festzuhalten, dass Holz durchweg die niedrigsten Werte bei den übergeordneten Kategorien Gesundheit und Ressourcen aufwies.
- In den Wirkungskategorien Klimawandel und fossile Ressourcennutzung waren insgesamt die stärksten schädlichen Auswirkungen je EU-Einwohner zu verzeichnen. In beiden Kategorien wiesen imprägnierte Holzmasten die jeweils die niedrigsten Werte auf.
- Die Aussagekraft der Schlußfolgerungen wurde einer Sensitivitäts- und Unsicherheitsanalyse unterzogen, ohne dass dies eine Änderung der beschriebenen Schlußfolgerungen erforderlich gemacht hätte.

Klimaerwärmung und CO₂ Emissionen

Das Potential globaler Klimaerwärmung (GWP) bedingt durch die Nutzung von Materialien und Rohstoffen ist unbestritten eine der größten Herausforderungen für unsere Gesellschaft. Zum besseren Verständnis wurden die in der LCA Mastenstudie des WEI analysierten GWP-Beitragspotentiale der Produktalternativen in äquivalente Kohlenstoffdioxid Freisetzungswerte (als kg CO₂-eq je Mast) umgerechnet und in Relation zur Kilometerleistung eines typischen Kleinwagens bei entsprechendem Schadstoffausstoß gesetzt. Eine ähnliche Betrachtung wurde in einer schwedischen Veröffentlichung zum GWP von imprägnierten Terrassenhölzern im Vergleich mit anderen dafür einsetzbaren Materialien gemacht.

Für die Fragestellung, mit welchen Aktivitäten aus dem regulären Tagesablauf der Menschen sich diese unterschiedlichen CO₂-eq Beiträge der verschiedenen Typen von Masten vergleichen lassen, wurde das Beispiel mit der Kilometerleistung bzw. dem daraus resultierenden Schadstoffausstoß verwendet. Der hierzu verwendete Wagentyp ist ein Kleinwagen mit Benzinmotor und einem durchschnittlichen CO₂-Ausstoß von 95 g je km.³

Die Ergebnisse des Vergleichs im nachstehenden Schaubild zeigen für den kompletten Lebenszyklus eines mit Holzschutzmittel behandelten Holzastes einen Beitrag von 93 kg CO₂-eq entsprechend einer Fahrleistung von 979 km. Das während des Lebenszyklus von Masten aus Alternativmaterial emittierte CO₂-eq ist vergleichbar mit einer Fahrleistung von 4423 km für Gussbeton-, 7274 km für Glasfaser (Polyester), 7557 km für Glasfaser (Epoxid), 5453 km für Schleuderbeton und 5395 km für Stahl.





Ein weiterer Vergleich zeigt das Potential an CO₂-Einsparung in Tonnen, welches sich bei der Verwendung von einer Million imprägnierter Holzmasten anstelle von Masten aus alternativen Materialien ergibt.

Nachhaltigkeit

Das Potential globaler Klimaerwärmung ist nicht die einzige Kategorie von Umwelteinflüssen, bei denen Holzmasten einen Vorteil gegenüber anderen Mastentypen aufweisen. Holz ist nachhaltig. Es ist Teil der Bioökonomie, es kann verantwortungsbewusst eingeschlagen werden, es ist ein flexibles und anpassungsfähiges Material, welches effizient nutzbar ist und in Übereinstimmung mit dem Konzept der Kreislaufwirtschaft steht.⁴ Am Ende seiner Gebrauchsdauer kann Holz zudem in weiteren Nutzungen wiederverwertet, in Recyclingprodukten wiederverwendet oder zur Nutzung thermischer Energie eingesetzt werden. Holz ist somit ein wahrhaft erneuerbares Material für viele Anwendungen, einschließlich der Verwendung als Material für Leitungsmaste.

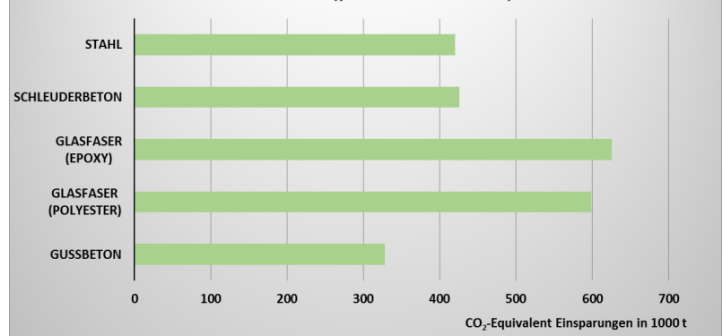
Soziales



Umwelt

Wirtschaft

CO₂-Equivalent Einsparungen
durch Verwendung von Holzmasten anstelle anderer
Materialien (per Million Masten)



Nachhaltigkeit ist oft so definiert, dass die Anforderungen der Gegenwart erfüllt werden, ohne die Leistungsfähigkeit zukünftiger Generationen zu gefährden. Für wahre Nachhaltigkeit ist es erforderlich die Ziele einer hohen Lebensqualität, Gesundheit und Wohlergehen, mit sozialer Gerechtigkeit und dem Erhalt der Fähigkeit der Erde das Leben in all seiner Diversität miteinander zu verbinden. Diese wirtschaftlichen, umweltbezogenen und sozialen Ziele sind sowohl voneinander abhängig als auch sich gegenseitig verstärkend und sind als die grundlegenden Aspekte der Nachhaltigkeit anerkannt: Wirtschaft, Umwelt und Soziales. Sie werden historisch oft als die „drei Säulen“ der Nachhaltigkeit bezeichnet, aber es hat sich die Erkenntnis durchgesetzt, dass Nachhaltigkeit nur dann erzielt werden kann, wenn alle drei Aspekte sich in einer ausgewogenen Balance befinden.

Wirtschaftliche Faktoren

Die Investition in Forschung und Entwicklung von Holzschutzmitteln in Kombination mit ihrer Herstellung, Verwendung und die nachfolgende Lieferkette für damit imprägniertes Holz bedeutet europaweit Arbeit und Sicherheit für etwa eine Viertel Million Beschäftigte und ihre Familien. Holzmasten werden durch Imprägnierung mit kupferbasierten Schutzmitteln seit mehr als 60 Jahren in vielen Ländern Europas geschützt. Die Verfügbarkeit von sicheren und wirksamen Schutzbehandlungen erstreckt sich auf viele weitere

Bereiche der Holzverarbeitenden Industrie. Dadurch war und ist es möglich den Markt für holzbasierte Produkte auf Bereiche zu erweitern, in denen ansonsten eine Verwendung ausschließlich auf Basis der natürlichen Dauerhaftigkeit nicht oder nur sehr eingeschränkt möglich wäre.

Imprägnierte Holzmasten genießen durch ihre über Jahrzehnte nachgewiesene Dauerhaftigkeit das Vertrauen von Mastenverwendern in Europa. Für Elektrizitäts- und Telekommunikationsunternehmen ergeben sich die wirtschaftlichen Vorteile durch zuverlässige Nutzungsdauer und die damit verbundene mögliche Planbarkeit kosteneffektiver Nachpflege- und Erneuerungsprogramme, welche letztendlich auch wieder der Gesellschaft als Ganzes zu Gute kommen.

Umweltfaktoren

Die Nachfrage nach Holz, die die andauernde Vitalität der europäischen Wälder sicherstellt, wird u.a. durch das Vertrauen in die Leistungsfähigkeit von Holz in allen Situationen aufrechterhalten. Wo Holz nicht verwendet werden kann, beispielsweise als Masten aufgrund seiner begrenzten natürlichen Haltbarkeit, behauptet imprägniertes Holz seine Position gegenüber der Konkurrenz aus weniger nachhaltigen Materialien. Die Ökobilanz zeigt, dass Masten aus imprägniertem Holz in allen Kategorien die geringsten Auswirkungen auf Ökosysteme, menschliche Gesundheit und Ressourcen aller verglichenen Produktsystemen haben.

Soziale Faktoren

Wälder, in denen Holz für Masten eingeschlagen wird, sind das Fundament sozialer Nachhaltigkeit, welches sich in der Lieferkette von unbehandeltem und behandeltem Holz fortsetzt. Zunehmend entwickeln Regierungen und Verwaltungen ihre Vorgaben für legale und nachhaltige Beschaffung fortlaufend weiter. Diese Regelungen beinhalten üblicherweise:

- Identifikation, Dokumentation und Beachtung der gesetzlichen, gewohnheitsrechtlichen und traditionellen Gebräuche und Nutzungsrechte für die Wälder;
- Mechanismen zur Lösung von Beschwerden und Streitigkeiten, welche sich aus unterschiedlicher Auffassung von Gebräuchen, Nutzungsrechten, Forstmanagementpraktiken und Arbeitsbedingungen ergeben;
- Wahrung des Arbeitsrechts, der Gesundheit und der Sicherheit von Forstarbeitern.

Kulturelle Aspekte der Forstwirtschaft und die Vielzahl unterschiedlichster Anwendungen von Holz sind ebenso wichtige Elemente der sozialen Betrachtung. Die Bereiche für den Einbau von Holzprodukten beinhalten Anwendungen im Baugewerbe von z.B. Brücken-, Straßen- und Freileitungsbau bis hin zu Garten- und Landschaftsbau, wobei in Letzterem auch viele Do-It-Yourself Projekte wiederzufinden sind.

Soziale Aspekte selbst sind oft auch immateriell und schwer zu charakterisieren und zu quantifizieren, sollten aber deswegen nicht aus der Betrachtung der Nachhaltigkeitsfaktoren herausgenommen werden.

Die sozialen Aspekte der Nachhaltigkeit lassen sich untergliedern in:

- Gesundheit und Wohlergehen
- Soziale Kontakte
- Stolz auf das persönlich Erreichte und eigenes Wissen
- Erziehung
- Inspiration
- Geistiges Wohlergehen
- Wirtschaftliche Vorteile (lokale Wirtschaft, Freizeit und Tourismus)

Einzig Holz fügt sich so nahtlos in die Umgebung ein, wo andere Materialien manchmal schroffe Kontraste bilden. Wo Holz die Harmonie der umgebenden Landschaft und der Umwelt stärkt, wird diese bei Verwendung alternativer Baumaterialien im Großen und Ganzen oft verringert.

Zertifizierungssysteme für Wälder wie das „Forest Stewardship Council (FSC)“ und das „Programme for Endorsement of Forest Certification (PEFC)“ unterstützen die sozialen Aspekte der Nachhaltigkeit und leisten gleichzeitig ihren Beitrag zu den umweltbezogenen und wirtschaftlichen Aspekten einer verantwortungsvollen Nutzung von Holz. Holz für Leitungsmasten unterliegen einer akkreditierten Zertifizierung und stehen somit im Einklang mit den Zielen zur Nachhaltigkeit.

Mastenverwender bevorzugen Masten aus Holz

Holzmasten sind durch ihr geringes Gewicht, die leichte Bearbeitbarkeit und die fehlende Notwendigkeit für ein Fundament besonders für den Einbau in Freileitungen geeignet, wenn unterschiedlichste Bodenverhältnisse vorliegen oder die Art der Befestigungselemente stark variiert.

Aufgrund des erhöhten Gewichts erfordert der Einbau oder der Austausch von Leitungsmasten aus Stahl oder Beton einen bedeutend höheren Aufwand an Ausrüstung und Maschinen. Desweiteren sind die Anschaffungskosten solcher Masten fast 4 mal höher als bei Holz und aufgrund der Notwendigkeit eines Fundamentes sind die reinen Einbaukosten 25 % teurer. Zudem sind die notwendigen Arbeitsschritte für den Einbau von nicht aus Holz gefertigten Masten nicht direkt übertragbar und der extensive Gebrauch von mobilen Hebebühnen macht beträchtlichen zukünftigen Investitionsaufwand wahrscheinlich.



Netzbetreiber bevorzugen Holzmasten für Telekommunikation und Elektrizitätsversorgung



Obwohl die Handhabung und der Einbau von Masten aus Faserverbundwerkstoffen vergleichbar der von Holzmasten sind, sind Erstere nicht wirtschaftlich rentabel im Vergleich zu Holzmasten. Zudem haben sie das höchste Klimaerwärmungspotential aller in der LCA verglichenen Mastentypen.

Für beide Arten der Netzbetreiber werden Holzmasten generell als die am einfachsten zu verarbeitende Lösung angesehen, insbesondere durch ihr geringes Gewicht und den einfachen Einbau, welcher kein Fundament benötigt. Der Gewichtsvorteil gegenüber Stahl und Betonmasten erlaubt den Einsatz in vielen unterschiedlichen Geländen. Holzmasten sind zudem kostengünstiger als ihre konkurrierende Mastentypen in Bezug auf Kosten für Material, Transport, Einbau, Anpassungen vor Ort, Unterhalt und weiterer anfallender Kosten über den gesamten Lebenszyklus. An vielen Stellen in unzugänglichem Gelände oder Gelände mit unzureichender Bodenbeschaffenheit ist es für Netzbetreiber auch unrentabel von Holzmasten auf eine unterirdische Verkabelung umzusteigen.

Die klaren Vorteile von Holzmasten sprechen für deren bevorzugte Wahl im Freileitungsbau der Netzbetreiber im Bereich Elektrizität und Telekommunikation.

Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

Masten im Freileitungsbau sind ein unverzichtbarer Bestandteil der Infrastruktur der Netzbetreiber im Bereich Telekommunikation- und Elektrizität. Wenn eine Erdverlegung der Kabel entweder physikalisch oder wirtschaftlich nicht möglich, und/oder aus Umweltschutzgründen unerwünscht ist. Die Lebenszyklusanalyse für imprägnierte Holzmasten im Vergleich mit anderen Mastentypen hat gezeigt, dass

- Imprägnierte Holzmasten, im Vergleich zu Masten aus Gussbeton, Glasfaser (Polyester, Epoxidharz), Spannbeton und Stahl, das niedrigste Klimaerwärmungspotential haben. Dies bedeutet eine enorme Einsparung von mehreren hundert Tonnen von CO₂ Äquivalenten, bezogen auf einen Bestand von 1 Million Masten,
- Imprägnierte Holzmasten in den übergeordneten Wirkungskategorien die geringsten Auswirkungen aller Mastensysteme hinsichtlich Schädigung der Umwelt, menschlicher Gesundheit und Recourcennutzung ausüben,
- Imprägnierte Holzmasten bei 9 von 15 Endpunkten der untersuchten Wirkungskategorien die geringsten Auswirkungen der verglichenen Mastensysteme aufwiesen,
- Imprägnierte Holzmasten mit ihrem ökonomischen, umwelt- gesellschaftsbezogenen Profil ein wahrhaft nachhaltiges Material sind, welches die Anforderungen an eine Kreislaufwirtschaft erfüllen,
- Imprägnierte Holzmasten die erste Wahl für die Nutzer von Leitungsmasten im Bereich Telekommunikation und Elektrizitätsversorgung sind.

Die Vorteile von Holzmasten gegenüber Masten aus anderen Materialien sollten ihre Verwendung für die Telekommunikation und Elektrizitätsversorgung in der EU und Großbritannien für viele weitere Jahre sicherstellen.

Referenzliteratur:

1. Life Cycle Assessment of Utility Poles (WEI 2020)
2. Wood – Building the bioeconomy (CeI-Bois 2019)
3. Regulation (EC) No 443/2009 of The European Parliament and of The Council
4. Treated wood- a sustainable choice (EWPM/WEI 2019)
5. Socioeconomic Analysis (SEA) Of Creosoted Wood Pole Applications (WEI 2016)