

# Ökobilanz von Konstruktionen im Garten- und Landschaftsbau

Tina Künniger und Klaus Richter  
Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA)  
Abteilung Holz

## Zusammenfassung

Es werden die Ergebnisse einer ökologischen Untersuchung über ausgewählte Konstruktionen des Garten- und Landschaftsbaus, wie sie in Deutschland und der Schweiz eingesetzt werden, vorgestellt. Hierzu wurden die Stoff- und Energieströme für die Herstellung der Produkte Kinderschaukel, Palisade, Sichtschutzwand und Reb- und Obstpfähle in drei holzverarbeitenden Werken, einem Betonwerk und einer stahlverarbeitenden Firma erfasst. Die Stoff- und Energieströme der mitbilanzierten Holzschutzmittel wurden in Zusammenarbeit mit vier deutschen Herstellerfirmen erarbeitet. Zur Abschätzung der Verlustmenge von Holzschutzmittelbestandteilen aus den imprägnierten Hölzern während der Nutzung wurden für alle untersuchten Produkte Auslaugversuche durchgeführt.

Ziel der Studie war es, mit Hilfe einer Ökobilanz alle Entnahmen aus und Einträge in die Umwelt zu inventarisieren und zu bewerten, die mit der Herstellung, Nutzung und Entsorgung der oben genannten Produktgruppen verbunden sind.

Es wurden verschiedene funktionelle Einheiten inklusive Standdauern definiert, mit deren Hilfe auch der materialübergreifende Vergleich innerhalb der Produktgruppen möglich war.

Die Abschätzung der Umweltwirkungen erfolgte anhand von acht ökologischen Wirkungskategorien der CML-Methode sowie dem Summenparameter Primärenergiebedarf.

## Résumé

Cette étude résume les résultats des bilans écologiques de constructions couramment utilisées en Allemagne et en Suisse dans l'aménagement des jardins et du paysage. Pour cela on a procédé à la détermination des flux de matière et d'énergie de balançoires, de palissades, d'écrans de séparation visuelle et de poteaux pour la vigne et les vergers produits par trois entreprises de menuiserie, une usine de béton préfabriqué et une entreprise de construction métallique. Les flux de matière et d'énergie provoqués par les produits de conservation du bois, eux aussi pris en considération dans ces bilans, ont été établis en collaboration avec trois entreprises de production allemandes. Les pertes en produit de conservation du bois dans les bois imprégnés ont été estimées sur la base d'essais de lessivage effectués.

Le but de cette étude était d'inventorier et d'apprécier tous les prélèvements et tous les apports dans l'environnement en relation avec la fabrication, l'utilisation et l'élimination de ces produits. Les différentes unités fonctionnelles, comprenant aussi la durée de vie, qui ont été définies permettent de procéder aussi à une comparaison des différents matériaux entre eux à l'intérieur des différents groupes de produits.

L'estimation des impacts sur l'environnement a été réalisée sur la base des huit catégories d'effets sur l'environnement de la méthode CML ainsi que du paramètre consommation d'énergie primaire.

## Hintergrund

Der chemische Schutz des Holzes gegen einen unerwünschten Abbau durch Organismen – Insekten, Pilze, Bakterien – ist die Voraussetzung für eine langfristige Funktionstüchtigkeit von vielen wetterbeanspruchten Holzprodukten, vor allem bei Produkten mit Erdkontakt.

Lediglich Holzarten mit sehr grosser natürlicher Resistenz gegen holzabbauende Organismen, wie das Kernholz von Robinie, Eiche und Kastanie sowie einige Tropenhölzer, bedürfen in bestimmten Gefährdungsklassen keiner chemischen Schutzbehandlung.

Im Garten- und Landschaftsbau werden jedoch vor allem einheimische Hölzer wie Kiefer, Fichte und Weisstanne verwendet, welche nicht ausreichend biologisch resistent sind und somit zumeist mit einer Salzimprägnierung geschützt werden müssen, um den Anforderungen an die Dauerhaftigkeit zu genügen.

In den letzten Jahren werden, hauptsächlich aufgrund eines gewachsenen Umweltbewusstseins in der Bevölkerung, zunehmende Bedenken gegen den Einsatz von Holzschutzmitteln, vor allem im privaten Anwendungsbereich, laut. Auch im Bereich Garten- und Landschaftsbau spricht man von Bodenbelastungen durch Schutzmittel, sowohl bei Holz als auch beispielsweise bei Konstruktionen aus verzinktem Stahl. Ebenfalls steht nach wie vor die generelle Problematik der Entsorgung von Holz mit fungizider und insektizider Imprägnierung zur Diskussion.

Um tatsächlich vergleichende Aussagen zu den verschiedenen im Garten- und Landschaftsbau verwendeten Materialgruppen machen zu können, waren solide Datengrundlagen, erhoben über den gesamten Lebenszyklus, notwendig, die jedoch zumeist fehlten. Daher wurden häufig nur Teilbereiche wie zum Beispiel die Nutzungsphase miteinander verglichen, was jedoch zu einseitigen Aussagen und Fehlinterpretationen führen kann.

Ziel der Studie war es, diese fehlenden Daten über Energie- und Stoffströme zu erheben und mit ausgewählten Bewertungsmodellen zu beurteilen. Darauf basierend wurden die wesentlichen Einflussgrössen auf die ausgewiesenen Umweltwirkungen quantifiziert, um ökologische Optimierungspotentiale zu erkennen. Durch Sensitivitäts- und Szenarienbetrachtungen wurden technisch bzw. logistisch realisierbare ökologische Optimierungspotentiale für die Konstruktionen geprüft und hinsichtlich ihrer Umweltwirkungen beschrieben.

## Randbedingungen, Abgrenzungen

Stellvertretend für eine Vielzahl von Anwendungen und Produkten, die ähnlichen Beanspruchungen unterliegen, wurden 4 Produkte ausgewählt:

- Kinderschaukel
- Palisaden
- Sichtschutzwände sowie
- Reb- und Obstpfähle

Folgende funktionelle Einheiten wurden betrachtet:

Bezeichnung der Funktionellen Einheit	[Einheit]	Beschreibung
Kinderschaukel 2-teilig feuerverzinkter Stahl	Stck	Stahlgerüst 2.35 m hoch, 3.50 m lang inkl. Blockfundament aus Beton
Kinderschaukel 2-teilig Holz imprägniert	Stck	Holzgerüst 2.35 m hoch, 3.50 m lang inkl. Blockfundament aus Beton bzw. Erdanker
Palisadenwand Beton	10 m <sup>2</sup>	Betonpalisaden mit Bewehrung 2 m hoch
Palisadenwand Holz imprägniert	10 m <sup>2</sup>	Holzpalisaden 2 m hoch
Obstpfähle (Baum-, Zwischen- und Endpfähle) Beton mit Bewehrung	1 ha	Betonpfähle unterschiedlicher Abmessung zur Erstellung von 1 ha Obst (Apfel) Plantage
Obstpfähle (Baum-, Zwischen- und Endpfähle) Stahl feuerverzinkt	1 ha	Stahlpfähle unterschiedlicher Abmessung zur Erstellung von 1 ha Obst (Apfel) Plantage
Obstpfähle (Baum-, Zwischen- und Endpfähle) Holz imprägniert	1 ha	Holzpfähle unterschiedlicher Abmessung zur Erstellung von 1 ha Obst (Apfel) Plantage
Rebpfähle (Pflanz-, Zwischen- und Endpfähle) Kunststoff	1 ha	PVC-pfähle unterschiedlicher Abmessung zur Erstellung von 1 ha Weinanbau
Rebpfähle (Pflanz-, Zwischen- und Endpfähle) Stahl feuerverzinkt	1 ha	Stahlpfähle unterschiedlicher Abmessung zur Erstellung von 1 ha Weinanbau
Rebpfähle (Pflanz-, Zwischen- und Endpfähle) Holz imprägniert	1 ha	Holzpfähle unterschiedlicher Abmessung zur Erstellung von 1 ha Weinanbau
Sichtschutzwand Kalksandstein mit Alu-Abdeckung	3.24 m <sup>2</sup>	Kalksandstein-Wand mit Aluminiumblechabdeckung, Wanddicke 17.5 cm, inkl. Streifenfundament
Sichtschutzwand Klinker mit Kupfer-Abdeckung	3.24 m <sup>2</sup>	Klinkerwand mit Kupferblechabdeckung, Wanddicke 17.5 cm, inkl. Streifenfundament
Sichtschutzwand Sichtbeton	3.24 m <sup>2</sup>	Betonwand, Wanddicke 17.5 cm, inkl. Streifenfundament
Sichtschutzwand Holz imprägniert (2 verschiedene Konstruktionen)	3.24 m <sup>2</sup>	Holzelementewand mit vertikaler Überdeckung inkl. Kantpfosten auf H-Betonanker Holzelementewand mit geschlossener diagonaler Füllung inkl. Kantpfosten auf H-Betonanker

Tabelle 1 Beschreibung der funktionellen Einheiten dieser Studie

Deren Stoff- und Energieströme wurden in drei holzverarbeitenden Betrieben, einem Betonwerk und einer stahlverarbeitenden Firma erfasst. Die Daten bezüglich Stoff- und Energieströme der mitbilanzierten Holzschutzmittel wurden in Zusammenarbeit mit vier deutschen Herstellerfirmen erarbeitet und durch eigene Untersuchungen der EMPA ergänzt.

Die Umweltwirkungen der eingesetzten Energieträger wurden über entsprechende Literaturdaten (Frischknecht et al., 1994), beginnend bei der Ressourcenentnahme, erfasst. Für die Berechnung der Sachbilanzen wurde der Strommix UCPTTE verwendet. Bei den vorgelagerten Prozessen wurde der in der Software EMIS veranschlagte Strommix übernommen. Dies ist in den meisten Fällen ebenfalls der europäische Strommix UCPTTE.

Alle Zuliefertransporte von den Vorlieferanten zu den Herstellern der in dieser Studie betrachteten Produkte wurden ermittelt und bewertet. Ebenfalls sind die Transporte der Ressourcen sowie die Transporte der Abfälle zum Entsorgungsort (Deponie oder Recycling) in den Dateninventaren enthalten. Wo keine Daten ermittelt werden konnten, wurden Annahmen getroffen.

Die Umweltwirkungen der Transporte wurden über aktuelle Literaturdaten (Infras, 1995) erfasst. Bei sämtlichen Transporten wird von einer 50%igen Auslastung der Fahrzeuge ausgegangen.

Die Infrastrukturaufwendungen (Produktion von Maschinen und Gebäuden usw.), wie auch der Wasserverbrauch für Sanitär sowie die dabei anfallenden Abwässer usw. sind in den Betriebsdaten nicht enthalten. Es ist jedoch zu beachten, dass in einem Grossteil der Vorketten-Module

(Strom, Brennstoffe, Transporte usw.) die dort anfallenden Infrastrukturleistungen erster Ordnung grob mitbilanziert wurden.

Verschleissteile der Anlagen sowie der Verbrauch an Hilfsstoffen wie z.B. Schmierfette und Hydrauliköl, Reinigungsmittel und Verpackungen werden nicht betrachtet.

Abfälle jeglicher Art zur Weiterverwertung (Recycling, Downcycling) verlassen den Bilanzraum ohne eine Gutschrift oder Belastung für das betrachtete Produkt. Es werden lediglich die Abtransporte berücksichtigt. Bei Sekundärmaterialien wie z.B. recyceltes PE werden gewisse Vorketten über Allokationen mitbilanziert. Zudem wird die notwendige Aufbereitung zur Weiterverarbeitung in die Bilanzierung einbezogen.

Die Bilanzierung der Produktgruppen erfolgt über den gesamten Lebenszyklus der Produkte, das heisst die Herstellung, Nutzung und die Entsorgung der Produkte wurde betrachtet.

## **Ergebnisse**

### **Kinderschaukel**

Die Holzschaukel zeigt im Vergleich mit der Stahlschaukel ein wesentlich vorteilhafteres ökologisches Profil (Abb. 1). Bei der Stahlschaukel wirken sich vor allem die Zinkemissionen, die durch die Korrosion der aufgetragenen Zinkschicht entstehen, besonders kritisch auf die Bewertungskategorie ‚Ökotoxizität Boden‘ aus. Dagegen sind die Einträge von Holzschutzmittelbestandteilen aus der Holzschaukel in den Boden für die Umwelt unbedeutend. Die Umweltbelastungen bei der Schaukel aus imprägniertem Holz konzentrieren sich vielmehr auf den Zeitraum nach der Nutzung. Ausserdem ist der Energieverbrauch einer Holzschaukel derzeit wesentlich höher als nötig. Dieser lässt sich jedoch bereits durch eine konsequente energetische Verwertung der Hölzer in speziellen Holzverbrennungsanlagen um knapp 30% senken.

Die Studie zeigt zudem, dass der Verzicht auf Stahlanker- und Blockfundamente zu einer weiteren Verbesserung des Ökoprofiles führen würde.

### **Palisaden**

Die Herstellung von Betonpalisaden (bestehend aus Zement und Stahlarmierung) benötigt einen hohen Anteil fossiler Brennstoffe (Abb. 3). Der nachwachsende Rohstoff Holz dagegen schont die vorhandenen Energiequellen. Die Materialvariante aus imprägniertem Holz wird dann ökologisch vorteilhafter, wenn die Umweltwirkungen im Zeitraum nach der Nutzung weiter reduziert werden (energetische Verwertung). Die Studie kommt weiter zu dem Ergebnis, dass sich das Ökoprofil der Holzpalisaden durch den Einsatz von chromfreien Salzen nochmals erheblich verbessern würde. Allerdings stehen diesen Erkenntnissen die noch fehlenden Langzeiterfahrungen mit der relativ neuen Generation von chromfreien Holzschutzmitteln gegenüber.

### **Sichtschutzwände**

Sichtschutzwände aus imprägniertem Holz weisen gegenüber den mineralischen Varianten aus Kalksandstein, Mauerziegel oder Sichtbeton ökologische Vorteile auf (Abb. 4). Dies ist vor allem dadurch begründet, dass bei allen mineralischen Materialvarianten - im Vergleich zum Holz - der Anteil an fossilen Energieträgern am Gesamtenergieverbrauch sehr hoch ist. Dieser Vorteil der Sichtschutzwände aus Holz bleibt auch trotz der zugrunde gelegten unvorteilhaften Einbauart erhalten, denn sowohl an der Höhe des Energieverbrauchs als auch an den Auswirkungen auf Treibhauseffekt, Ozonabbau, Versäuerung, Überdüngung und Ozonbildung sind die H- Betonanker und die Blockfundamente massgeblich beteiligt. So wirken sich beispielsweise die Einträge von Holzschutzmittelbestandteilen aus den Sichtschutzwänden in den Boden weit weniger stark aus als die Emissionen des von den feuerverzinkten Stahlankern abkorrodierten Zinks. Die Höhe der ‚Ökotoxizität Boden‘ wird daher zu 95% durch die Zinkemissionen und nur zu 5% durch die ausgewaschenen Holzschutzmittelbestandteile verursacht.

Die Studie zeigt: Eine Einbauart, bei der die Holzpfosten mit einem entsprechenden, auch bei Erdkontakt wirksamen Holzschutz versehen und direkt im Boden verbaut werden, ist ökologisch wesentlich günstiger zu bewerten als der Einbau mit verzinkten Stahlankern.

## Reb- und Obstpfähle

Sowohl bei den Reb- als auch bei den Obstanlagen sind imprägnierte Holzpfähle alternativen Materialien wie Stahl und Beton ökologisch überlegen. Besonders kritisch wirken sich bei der Variante Stahl die Zinkemissionen aus, welche durch die Korrosion der aufgetragenen Zinkschicht entstehen und in der Folge den Boden ökotoxisch belasten. Dagegen fallen die nur geringen Emissionen von Holzschutzmittelbestandteilen bei den imprägnierten Holzpfählen kaum ins Gewicht.

Die bei den Obstanlagen (Abb. 5) ebenfalls untersuchte Materialvariante Beton wurde vor allem aufgrund der langen Transportwege (Produktion in Italien, Nutzung in Süddeutschland und der Schweiz) als ökologisch schlechter bewertet. Bei den imprägnierten Holzpfählen dagegen wirkt sich die konsequente Nutzung einheimischer, lokal bereitgestellter Hölzer positiv aus.

Bei den Rebanlagen (Abb. 6) wurde zusätzlich die Materialvarianten PVC untersucht, die unter derzeitigen Bedingungen ökologisch mit der Holzvariante vergleichbar ist. Ihre ökologische Beurteilung hängt zukünftig vor allem davon ab, ob es gelingt, die mit dem notwendigen Recycling zusammenhängenden Probleme zu lösen. Abgeklärt werden muss noch, ob sich die über viele Jahre bewitterten PVC-Pfähle tatsächlich für ein Recycling eignen.

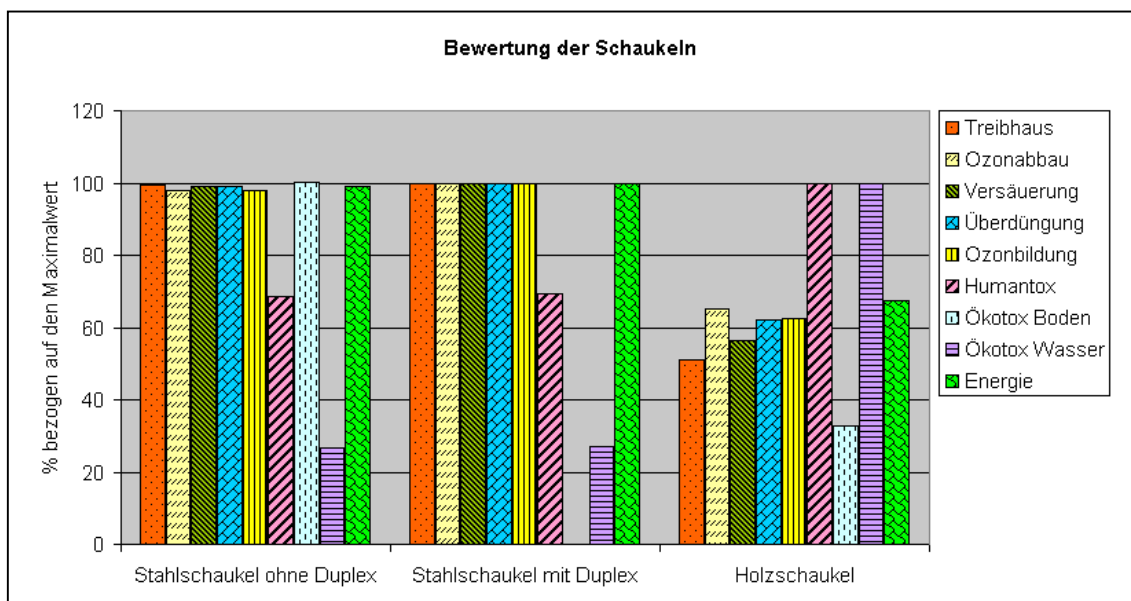


Abbildung 1 Wirkungskategorien und Primärenergieverbrauch pro Schaukel

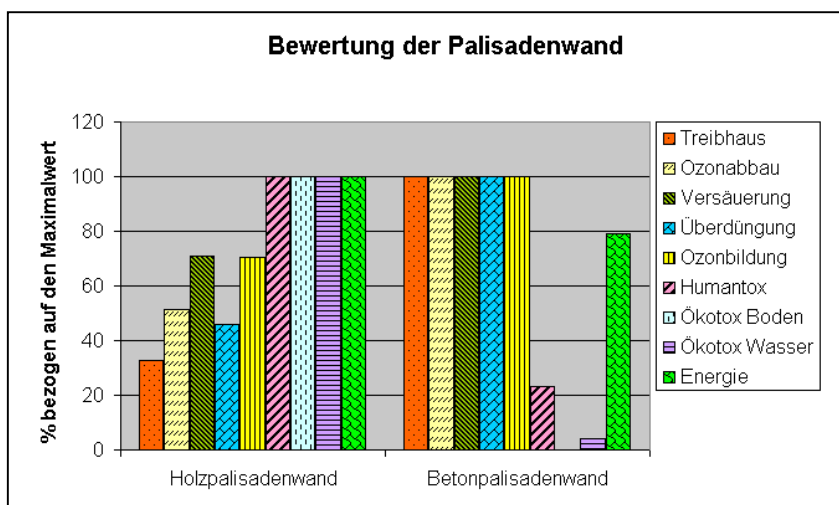


Abbildung 2 Wirkungskategorien und Primärenergieverbrauch pro Palisadenwand

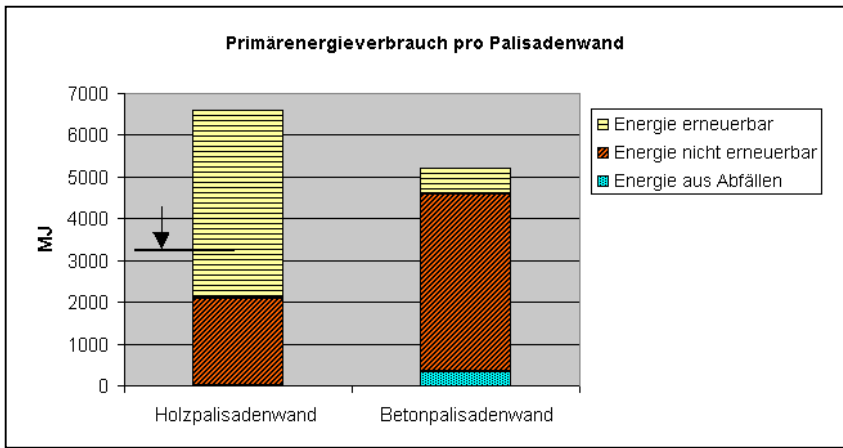


Abbildung 3 Primärenergieverbrauch pro Palisadenwand (Grundvarianten), Aufteilung nach Art der Energieträger

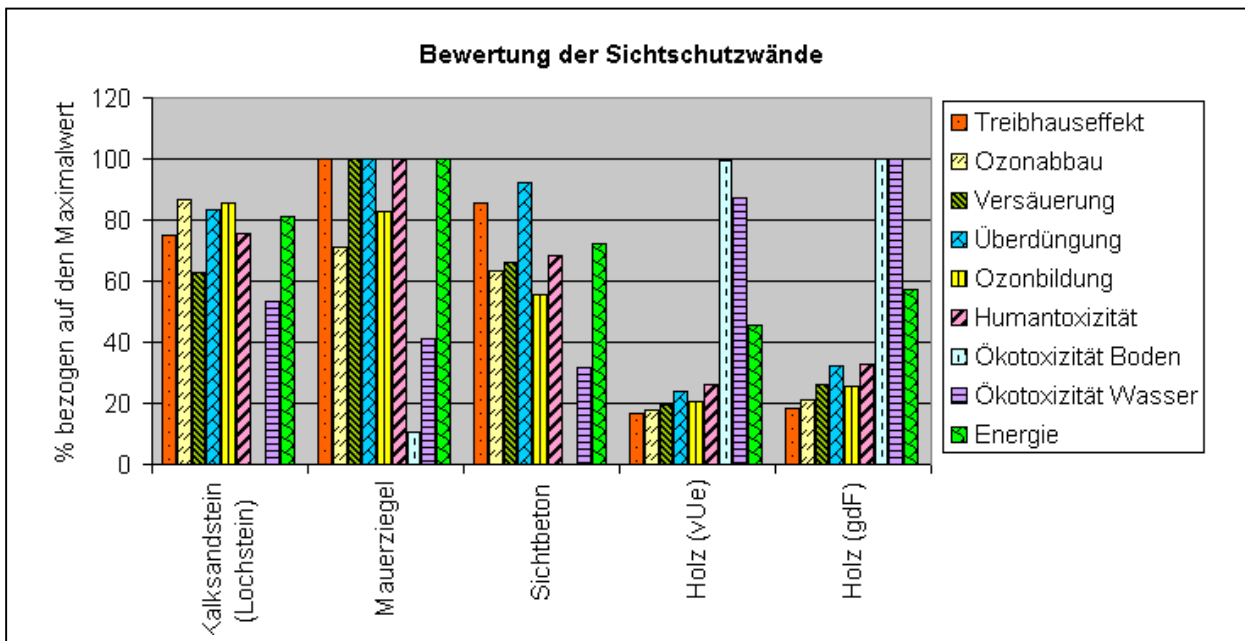


Abbildung 4 Wirkungskategorien und Primärenergieverbrauch pro Sichtschutzwand

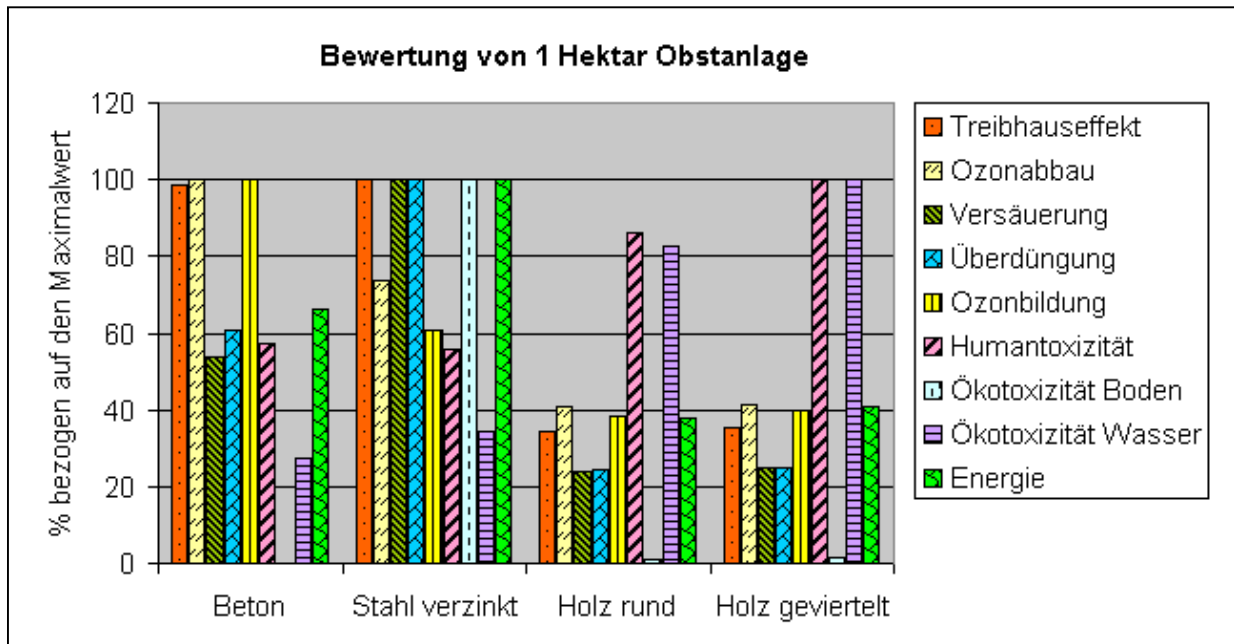


Abbildung 5 Wirkungskategorien und Primärenergieverbrauch pro Hektar Obstanlage

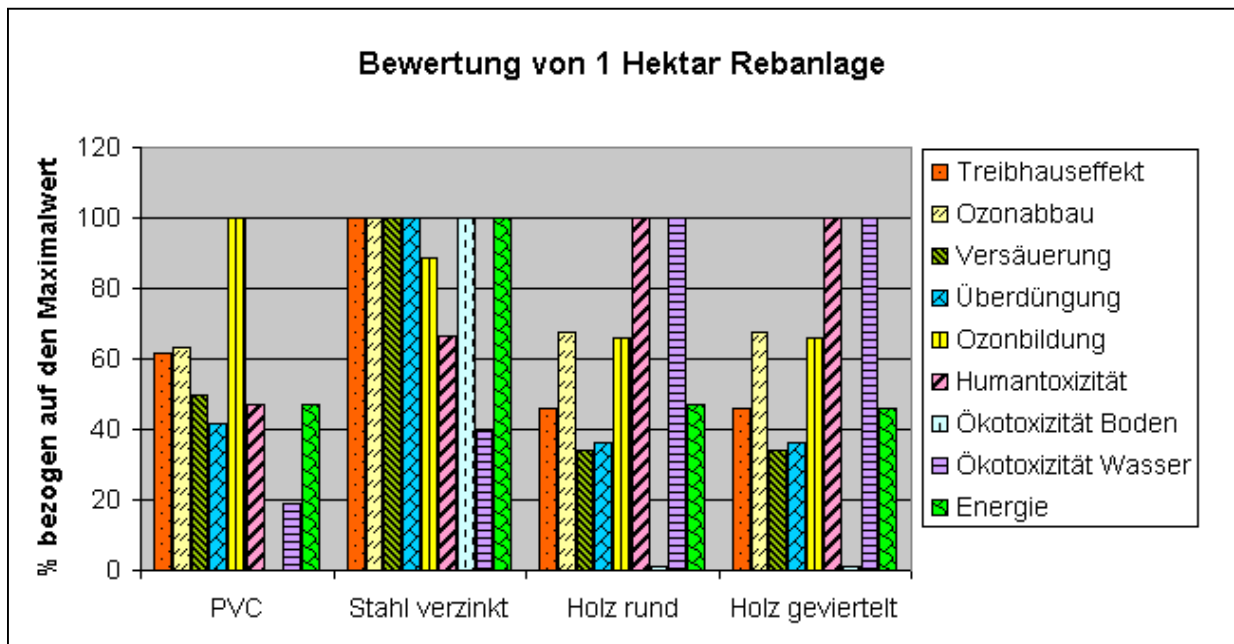


Abbildung 6 Wirkungskategorien und Primärenergieverbrauch pro Hektar Rebanlage

## Erkenntnisse

Der Primärenergiebedarf der Holzprodukte kann durch eine konsequente thermische Entsorgung in speziell dafür vorgesehenen Holzfeuerungen mit Energierückgewinnung massiv reduziert werden, was zu einer wesentlichen Verbesserung der Ökobilanz führen würde.

Die schwermetallhaltigen Holzschutzmittel erwiesen sich vor allem in der Entsorgung als umwelt-relevant.

Die als Luftemissionen entweichenden Schwermetalle werden, trotz der sehr geringen Mengen, als humantoxisch eingestuft. Die aus den deponierten Schlacken ausgewaschenen sehr kleinen Mengen an Schwermetallen belasten das Grundwasser und beinhalten theoretisch ein, wenn auch geringes, toxisches Potential für Organismen im Wasser.

Sowohl bei den Luft- als auch bei den Wasseremissionen werden die gesetzlich vorgeschriebenen Grenzwerte eingehalten.

Die Gefährdung der Umwelt durch ausgewaschene Holzschutzmittelbestandteile konnte dagegen relativiert werden. Die verursachte Ökotoxizität Boden ist im Vergleich zu anderen Emissionen (z.B. Korrosion verzinkter Stahlteile, Korrosion von Kupferblechen) gering.

Generell zeigen die chromfreien Holzschutzsalze ökologische Vorteile gegenüber den chromhaltigen Salzen.

Berücksichtigt man, dass heute in vielen ökologischen Bewertungsmethoden die Schwermetallbelastung (insbesondere auch Chrom) zu einer starken negativen ökologischen Bewertung führt, wäre bei den Holzpfählen eine ökologisch sinnvolle Alternative zu den chromhaltigen Imprägnierungen die Imprägnierung mit chromfreien Mitteln plus Teerölfuss.

Bei Konstruktionen ohne Erdkontakt sollte aus dem selben Grund nur noch mit chromfreien Mitteln imprägniert werden.

Geringe Transportdistanzen wirken sich erwartungsgemäss positiv auf das Ökopprofil eines Produktes aus. Dies kann bei den Holzprodukten durch die konsequente Nutzung einheimischer, lokal bereitgestellter Hölzer erreicht werden.

Besonders kritisch wirken sich die Zinkemissionen aus, welche durch die Korrosion der auf Stahlteile aufgetragenen Zinkschicht entstehen. Hier kann durch eine einfache Massnahme (zusätzlicher Farbanstrich; Duplex-Verfahren) eine enorme Einsparung an Umweltbelastung erreicht werden, indem die Korrosion der Zinkschicht längerfristig verhindert wird.

Generell ist eine bestmögliche stoffliche und/oder thermische Verwertung der Produkte nach der Nutzung anzustreben. Besonders bei Produkten aus PVC ist durch konsequentes Recycling ein grosses ökologisches Optimierungspotential vorhanden.

## **Literatur**

Künniger T., Richter K., 2001: Ökobilanz von Konstruktionen im Garten- und Landschaftsbau, EMPA Bericht 115/43, EMPA Dübendorf Schweiz

Anonymus, 2001: Ökobilanz von Konstruktionen im Garten- und Landschaftsbau, Broschüre der EMPA Dübendorf und des DHV Deutschland in Bingen