

Ekkehard von Bodelschwingh

# Das System VALMETrailer

*Seit über einem Jahr ist das System VALMETrailer bei einem Forstunternehmen im Saarland im Einsatz. Mit einer austauschbaren Sattelplatte kann ein Forwarder einen Rundholzaufleger verziehen, können Transporte vereinfacht und der Einsatzbereich der Direktverladung deutlich ausgeweitet werden. In einer von der rheinland-pfälzischen Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft geförderten Studie wurde dieses Verfahren im Praxiseinsatz vom Lehrstuhl für Forstliche Arbeitswissenschaft der TU München wissenschaftlich begleitet.*

**B**ei dem Forwarder handelt es sich um eine Valmet-Serienmaschine, die durch die von Komatsu Forest patentierte höhenverstellbare Sattelplatte modifiziert wurde. Die Idee dazu stammt vom Forstunternehmer Gerald Wagner aus Bexbach, der mehr Flexibilität bei der Trailerverladung erreichen und die Vorteile dieses Transportverfahrens auch bei ungünstigen Bedingungen erschließen wollte. Seit Februar 2003 ist das System in seinem Betrieb erfolgreich im Einsatz. In Zusammenarbeit mit dem Transportunternehmen Gbr. Meyer aus Weiskirchen können neben der Rückung von Sägeabschnitten pro Monat zwischen 1 500 und 2 000 t frisches Industrieholz mit dem Trailersystem ins Werk geliefert werden.

Der Forwarder Valmet 860.1 wird mit einem 6-Zylinder-Turbo-Motor mit einer

Leistung von 130 kW angetrieben. Der Kran Cranab CRF 8 hat eine Reichweite von 7,5 m, die Nutzlast beträgt 14 t, womit die Maschine der oberen Leistungs-kategorie der Forwarder zuzuordnen ist. Die Verankerung des Rungenkorbes kann von der Kabine aus vom Fahrer hydraulisch entriegelt und der komplette Rungenkorb mit dem Kran abgehoben und im Austausch die Sattelplatte auf den Hinterwagen aufgesetzt werden. Über eine Schnellwechselkupplung wird die Versorgung der Hydraulik für den Hubzylinder der Sattelplatte und des Öffnungsmechanismus hergestellt.

Durch Einsatz standardisierter Fahrzeugtechnik kann nun jeder Trailer, der von einem Lkw abgestellt wurde, auf den Forwarder aufgesattelt werden (Abb. 1). Dank der Zweikreis-Bremsanlage kann das Gespann auch bei Voll-

last jederzeit sicher abgebremst werden. Dennoch ist das Fahren auf öffentlichen Straßen mit angehängtem Trailer nicht zulässig.

## Datenerhebung

Zur Erhebung wichtiger Einflussgrößen auf die Produktivität wurde ein kombiniertes Verfahren aus zyklenweisen Zeitstudien und fuhrweisen Eigenaufzeichnungen durch den Fahrer angewandt. Für letztere wurde ein handelsüblicher Palm Pocketcomputer in der Maschine angebracht und über eine Software die Dauer einzelner Ablaufabschnitte und Bezüge dokumentiert. Die verschiedenen Entladevorgänge am Polter bzw. direkt auf den Trailer waren Schwerpunkt der Erhebung. Um weitere Bezugsgrößen zu einzelnen Fahren zu er-



halten, wurde zusätzlich nach Sortiment, Stärkeklasse und dem geschätzten Ladevolumen unterschieden. Insgesamt konnten 202 Fuhren mit fünf unterschiedlichen Sortimenten ausgewertet werden, was einem Holzvolumen von rund 1700 Fm entspricht. 121 Fuhren wurden dabei auf Polter neben der Waldstraße abgeladen und 81 direkt auf Trailer verladen.

Im Rahmen der Zeitstudien wurden neben den Entladevorgängen insbesondere die Arbeitsablaufabschnitte des Forwarders im Trailerbetrieb beobachtet.

Um ferner Vergleichsdaten zu dem üblichen Transportverfahren mittels Kurzholzzug zu erhalten, wurden parallel in einer weiteren Zeitstudie detaillierte Leistungsdaten über Fahrgeschwindigkeiten und das Be- und Entladen mit eigenem Kran erhoben.

Dabei wurden die Varianten **Kurzholz-zug** und der kombinierte Transport mit

Sattelzug (Beladung durch Kurzholzzug im **Shuttleverfahren**) beobachtet.

## Erhöhte Flexibilität

Die Direktverladung auf Trailer durch den Forwarder ist kein neues Verfahren, es wird von einigen Betrieben bereits seit längerer Zeit erfolgreich praktiziert. Dabei wird das Holz auf einen parallel zum Forwarder stehenden Trailer verladen und nicht mehr an der Waldstraße zwischengelagert (Abb. 2). Im Vergleich zum Poltern an der Waldstraße kann zwar auf eine möglichst bündige Lagerung an den Stirnflächen verzichtet werden, dafür erfordert das Laden der äußeren Stämme höchste Sorgfalt, damit die Ladung sicher zwischen den Rungen des Trailers fixiert ist.

Bei gut ausgebauten Forststraßen kann der beladene Trailer direkt von einer Zugmaschine aufgesattelt und ins Werk

transportiert werden. Das in **Abb. 3** dargestellte Rangieren des Trailers durch den Forwarder kann also entfallen. Allerdings können in Folge der ungleichmäßigen Lastverteilung und ungenügenden Traktion des Sattelzuges beispielsweise „schmierige“ Straßenkörper oder geringe Steigungen das Anfahren erschweren bzw. verhindern.

Bei derartigen Verhältnissen kann der Einsatzbereichs des Trailerverfahrens durch das System VALMETrailer erweitert werden. Wird beispielsweise eine Straßenkreuzung als Verladestelle genutzt, kann der volle Trailer mit dem Forwarder so rangiert werden, dass ein Lkw mit leerem Trailer passieren und auch bei geringem Platzangebot der Austausch der Trailer problemlos vorgenommen werden kann (Abb. 3).

Ein anderes Beispiel sind Wälder mit wenig Lkw-befahrten Wegen, die in der Regel überdurchschnittlich weite Fahrstrecken des Forwarders zum Lagerplatz zur Folge haben. Beim System ValmetTrailer kann der Sattelaufleger unmittelbar in der Nähe des Einschlagortes abgestellt und dort direkt vom Forwarder beladen werden. Anschließend wird der volle Aufleger mit dem Forwarder zu einem geeigneten Austauschplatz gezogen und im Idealfall ein leerer Trailer zum Hiebsort mitgenommen. Bei derartigen Bedingungen, wie sie des öfteren im Kleinprivatwald oder Körperschaftswald anzutreffen sind, können einerseits Fahrstrecken des Forwarders deutlich reduziert, andererseits Kostenvorteile beim Ferntransport erschlossen werden.

Bei einer jährlichen Auslastung von 2000 Stunden lässt sich für den Forwarder nach dem von FAO und KWF empfohlenen Schema ein Kostensatz von 77 €/MAS ableiten. Darin sind die Zusatzkosten für die Sattelplatte berücksichtigt, die sich auf 3 €/MAS belaufen.

## Anforderungen

Unter logistischen Aspekten stellen integrierte Holzernteverfahren hohe Anforderungen an effiziente und zeitnahe

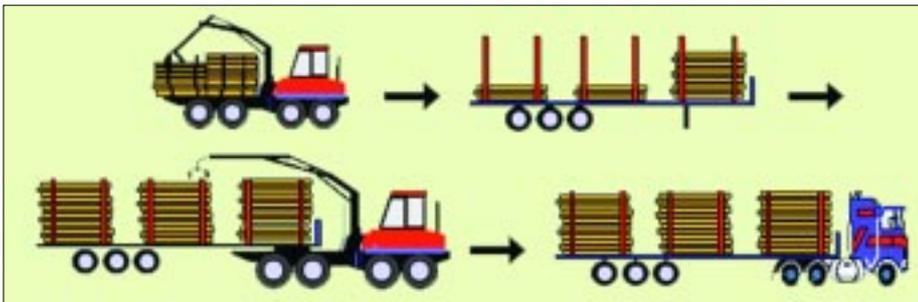


Abb. 3: VALMETrailer, schematische Darstellung



Abb. 1 (S. 10): Valmet 860 fährt mit dem aufgesatteltem Trailer an den Hiebsort im Wald

Abb. 2: Direktbeadung des Trailers durch den Rückezug Fotos: O. Gabriel

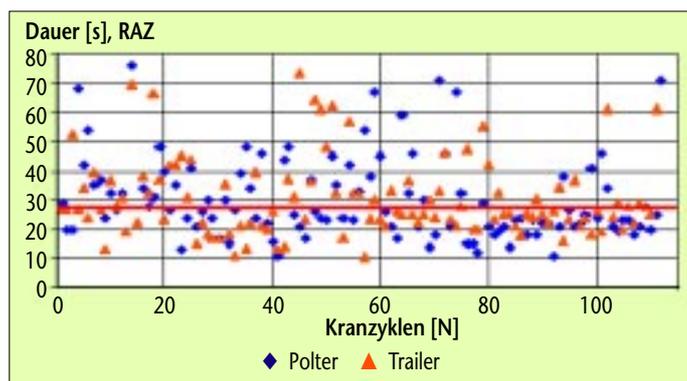


Abb. 4: Entladedauer pro Kran

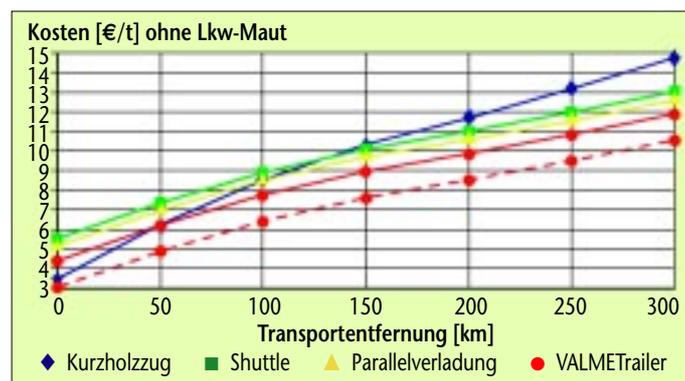


Abb. 5: Kostenvergleich einzelner Transportverfahren

Informationsflüsse, um eine bestmögliche Koordination zwischen Rücken und Transport zu erreichen. Der Mitarbeit des Forwarderfahrers ist hierbei große Bedeutung beizumessen, da er die Situation vor Ort jeweils am besten beurteilen kann. Das Trailerverfahren bedingt zudem eine unentgeltliche werkseitige Entladung der kranlosen Sattelzüge.

Beim System VALMETrailer sind zwei weitere Voraussetzungen zu beachten: Zum einen müssen die Verladeplätze so groß sein, dass die Trailer durch den parallel stehenden Forwarder von einer Seite beladen werden können. Zum anderen müssen diese Plätze ausreichend befestigt sein, um auch bei ungünstiger Witterung eine feste Standfläche für einen vollen Sattelaufleger sowie den Forwarder zu gewährleisten.

Des Weiteren ist zu berücksichtigen, dass die Bereifung der Trailierzüge eher schmaler dimensioniert ist als jene von Rundholz-Lkw, die teilweise sogar mit Zwillingsbereifung ausgerüstet sind. Dadurch ist bei unzureichender Tragfähigkeit der Forstwege eine größere Beschädigung des Straßenkörpers nicht auszuschließen. In diesem Zusammenhang sollte auf ein Verziehen der Trailer auf Forststraßen durch einen Forwarder mit aufgezogenen Bändern generell verzichtet werden.

Wie es sich gezeigt hat, eignen sich insbesondere Abschnitte mit einer Länge von 4 m für das Trailerverfahren. Im Vergleich zu 3- bzw. 5-m-Abschnitten wird dabei sowohl die optimale Ladeleistung des Forwarders erreicht als auch der Laderaum der Trailer bestmöglich ausgenutzt. Prinzipiell sollte aus Auslastungsgründen der Trailertransport

auf ein bis zwei Hauptsortimente beschränkt bleiben.

### Kurzholzzug vs. Trailer

Ein wesentliches Kriterium für die Transportkosten stellen Nutzlast und Kosten eines Fahrzeuges dar. Derzeit schreibt die Straßenverkehrsordnung (StVO) in Deutschland für Lastwagen ein maximales Gesamtgewicht von 40 t vor, wobei bei Kontrollen eine Toleranz von 2% eingeräumt wird. Obwohl Kurzholzzüge in Leichtbauweise mit einem Leergewicht zwischen 14 und 16 t inklusive Kran auf dem Markt angeboten werden, liegen die Leergewichte für derartige Fahrzeuge, die derzeit in der Praxis eingesetzt werden, zwischen 18 und 22 t. Belegt ist dies in zwei Fallstudien, die als Diplomarbeiten an der TU München bearbeitet wurden und Daten von über 260 Lkw von 93 Fuhrunternehmen beinhalten.

Bei **Trailierzügen** wird sowohl auf einen eigenen Kran als auch auf Allradantrieb verzichtet, was eine Reduktion des Eigengewichtes um 3 bis 5 t ermöglicht. Bei Leergewichten der Zugmaschinen zwischen 7,3 und 8,0 t und zusätzlichen 5,4 bis 7,5 t für einen Trailer können geringe Leergewichte erreicht werden. Je nach Fahrzeugkonfiguration kann im Vergleich zu Kurzholzzügen eine höhere Nutzlast um 4 bis 5 t erreicht werden.

Dagegen bietet ein **Kurzholzfahrzeug** im Vergleich zum Trailierzug eine deutlich höhere Flexibilität. Zum einen kann durch den eigenen Ladekran sowohl die Beladung als auch das Entladen ohne fremde Hilfe erfolgen, zum anderen können durch eine bessere Lastverteilung und Allradantrieb auch Wege mit

schlechterem Ausbaustandard, engeren Kurven und größeren Steigungen befahren werden. Bei Bedarf kann der Hänger abgehängt werden, um einzelne Polter lediglich mit dem Maschinenwagen anzufahren. In der Praxis werden derzeit für eine Zugmaschine inklusive Trailer Preise zwischen 43 und 48 €/h kalkuliert, für einen Kurzholzzug dagegen 60 bis 65 €/h.

### Ergebnisse

Betrachtet man zunächst den Forwarder im Trailerbetrieb, so lassen sich nachfolgende Arbeitsschritte identifizieren: Das bereits beschriebene Umrüsten von Forwarder- auf Trailerbetrieb bzw. andersherum dauert knapp zwei Minuten und ist wesentlich vom Feingefühl des Kranführers abhängig.

Für das Anhängen bzw. Abhängen eines Trailers an den Forwarder muss der Fahrer von der Maschine absteigen, um die Stützen des Trailers ein- oder auszufahren und um die Druckluftbremsen anzuschließen. Im Mittel dauert dies 3:28 Minuten [min:s], das Abhängen des Trailers mit 4:13 Minuten [min:s] knapp eine Minute länger.

Mit beladenem Trailer fährt der Forwarder im langsamen Gruppengang, wobei eine mittlere Fahrgeschwindigkeit von 5,6 km/h beobachtet wurde. Dagegen kann je nach Waldweg bei einem leeren Trailer auch der schnelle Gruppengang des Forwarders genutzt werden. Während der Zeitstudien wurde eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 14,7 km/h ermittelt.

Bisherige Veröffentlichungen berichten bei der Direktverladung vom Forwarder auf Trailer von einem höheren Zeitauf-

wand als beim Poltern am Waldweg. Bei der vorliegenden Untersuchung wurde dieser Effekt lediglich bei geringen Stückmassen (bis 0,1 Fm) und einer Länge unterhalb 3 m beobachtet, ansonsten konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Varianten nachgewiesen werden. In **Abb. 4**, welche die Dauer der einzelnen Kranzyklen zeigt, ergibt sich trotz der teilweise hohen Streuung zwischen 10 und 70 s ein für beide Varianten einheitlicher Durchschnittswert von 26 s pro Kranzyklus.

Da die Zeitstudien und die Eigenaufzeichnung der Fahrer gut übereinstimmen, konnte ein Modell entwickelt werden, welches die Entladeleistung und die Verteilung der einzelnen Kollektive nach Stückmasse darstellt (**Abb. 6**). Die fehlenden Werte für die Trailerverladung bei höherer Stückmasse sind dadurch zu erklären, dass im Beobachtungszeitraum Stammholzabschnitte ausschließlich auf Polter entladen und lediglich das Industrieholz direkt auf Trailer verladen wurden. Mit zunehmender Stückmasse ist eine deutliche Steigerung der Entladeleistung zu erkennen.

Für den Kurzholzzug wurde eine vergleichbare Ladedauer festgestellt, die einer Leistung von rund 90 Fm/h entspricht. Für das Fahren auf Waldwegen wurde eine durchschnittliche Geschwindigkeit von 19 km/h, auf Landstraßen 46 km/h und auf Autobahnen 75,5 km/h ermittelt.

## Frei Werk-Lieferung

Bisherige Veröffentlichungen zur Direktverladung vom Forwarder auf Trailer basieren vorwiegend auf Erfahrungswerten ohne empirische Datenbasis bzw. fokussieren das Hauptaugenmerk auf ein Glied der Erntekette, weg von einer gesamtheitlichen Betrachtung.

Anhand der aus den Zeitstudien ermittelten Zeitbedarfswerten kann sowohl für den Forwarder als auch für die verschiedenen Lkw-Varianten ein Modell erstellt werden, welches basierend auf den vorgestellten Kostensätzen eine Vergleichskalkulation unter Berücksichtigung variierender Einflussgrößen erlaubt. **Abb. 5** zeigt einen Kostenvergleich für die einzelnen Verfahren, wobei sowohl die Beladung der Fahrzeuge als auch eine Anfahrtentfernung der Lkw in den Wald mit 50 km beinhaltet sind. Die Variante Shuttle beinhaltet fer-

ner den Austausch der Trailer, bei der Parallelverladung ist die Standzeit der Zugmaschine während der Beladung durch den Kurzholzzug einkalkuliert.

Dadurch ist für alle Varianten zunächst ein Fixkostenanteil zwischen 3 und 5,5 €/t feststellbar. Die gestrichelte Linie repräsentiert dabei die Direktverladung unter idealen Verhältnissen, bei denen der Trailer unmittelbar am Einschlagsort verladen und von dort problemlos von einer Zugmaschine übernommen werden kann.

Der Zeitbedarf für das zweimalige Umrüsten des Forwarders sowie das An- und Abhängen des Trailers bewirkt bei dem System VALMETrailer einen sprunghaften Anstieg der Fixkosten um 0,5 €/t. Zusätzlich ist in Abhängigkeit der Fahrdistanz eine weitere Verschiebung der Kostenlinie nach oben zu beobachten. Die durchgezogene rote Linie in **Abb. 5** stellt ein Verziehen des Trailers um 1000 m dar und nähert sich langsam den Kosten der Variante Parallelverladung am Polter an.

Legt man die Durchschnittswerte gegenwärtiger Fahrzeugkonfigurationen bezüglich Nutzlast und Kosten zugrunde, so scheint sich bei einer Transportentfernung zwischen 100 und 150 km ein gewisser Übergangsbereich zwischen dem Vorteil der Flexibilität des Rundholzzuges und dem Kostenvorteil des Trailerzuges abzuzeichnen.

## Fazit

Die hohe Leistungsfähigkeit des Krans der Testmaschine ermöglicht eine effiziente Direktbeladung von Trailern. Im Vergleich zur Polterung an der Wald-

straße wurde dabei keine signifikante Leistungsminderung festgestellt.

Dank der guten Traktion und ausreichenden Motorleistung stellt das Verziehen voller Trailer für den Forwarder auch unter schwierigen Wegeverhältnissen kein Problem dar. Durch diese Möglichkeit der räumlichen und zeitlichen Entkoppelung der Arbeitsprozesse erhöht sich die Flexibilität gleichermaßen für den Spediteur und den Rückeunternehmer. Ausschlaggebend für das System ist im Vergleich zur Polterung an der Waldstraße in erster Linie eine Vermeidung zusätzlicher Fahrstrecken des Forwarders zum Trailer. Bezogen auf eine Trailerladung hat bereits ein Zusatzaufwand von 20 min, was etwa einer Fahrstrecke von 350 m zwischen Gasse und Trailer entspricht, eine Kostenerhöhung um 1 €/t zur Folge.

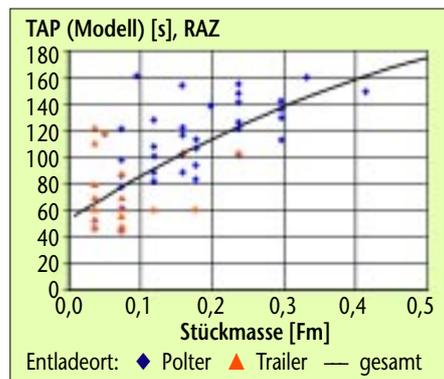
Aus Sicht des Forstbetriebes muss bei der Direktverladung von Trailern dem Forst- und Transportunternehmen ein hohes Maß an Vertrauen entgegengebracht werden, da etwaige Kontrollmessungen im Wald kaum möglich sind. Im Vergleich zur Zwischenlagerung an der Waldstraße stellt auf Trailer verladenes Holz eine Art Termingut dar, wodurch sehr kurze Durchlaufzeiten, hohe Holzqualitäten und günstige Frei-Werk-Kosten realisiert werden können.

Für den Forstunternehmer stellen die Zusatzkosten für die Sattelplatte mit knapp 27000 € zunächst eine nicht unbedeutende Investition dar. Daher ist es für ihn zwingend notwendig, diese Kosten z. B. durch Gewichtsvorteile bei Verwiegung nach lutro-Verfahren, kürzere Abrechnungszeiträume in Folge schnellerer Durchlaufzeiten oder einem Bonus für Frischholz-Lieferungen zu kompensieren.

Das System VALMETrailer stellt nicht nur ein innovatives Konzept zur Rationalisierung der Holzernte dar, sondern auch eine leistungsfähige Technologie, welche eine Ausweitung des Einsatzbereichs standardisierter Transportverfahren ermöglicht.

*Eine Literaturliste sowie weitere Modellkalkulationen können über die Internetadresse [www.forumwup.de](http://www.forumwup.de) abgerufen werden.*

**Diplom-Forstwirt Ekkehard von Bodelschwingh** ist Mitarbeiter am Lehrstuhl für Forstliche Arbeitswissenschaft und Angewandte Informatik der Technischen Universität München in Freising/Weihenstephan.



**Abb. 6: Entladeleistung in Abhängigkeit der Stückmasse**

# Reduktion der Anfahrtse Entfernung auf 25 Kilometer

## Eingangsdaten

### Fahrzeugdaten

#### Rundholz LKW

Nutzlast [t]	22
Kosten [€/Std]	60
Geschwindigkeit Forststraße [km/h]	19,5
Geschwindigkeit Landstraße [km/h]	45,5
Geschwindigkeit Autobahn [km/h]	75
Beladeleistung [fm/Std]*	90
Dauer Vorbereitung Stützen und Kran [min]	2,5
Dauer Ladungssicherung [min]	5,5

#### Trailerzug

Nutzlast [t]	26
Kosten [€/Std]	47
Dauer Ladungssicherung [min]	5,5
Dauer Trailerwechsel [min]	15

#### Forwarder VALMETrailer

Kosten €/Std	77
Beladeleistung [fm/Std]*	90
Dauer Umrüsten & Traileraustausch [min]	18,5
<input type="checkbox"/> ohne Traileraustausch, abzüglich [min]	7,7
Geschwindigkeit Trailer ( <b>voll</b> ) verziehen [km/h]	5,67
Geschwindigkeit Trailer ( <b>leer</b> ) verziehen [km/h]	14,76
Zusatzaufwand pro Trailerfuhre [min]	0
Verzieldistanz [m]	0

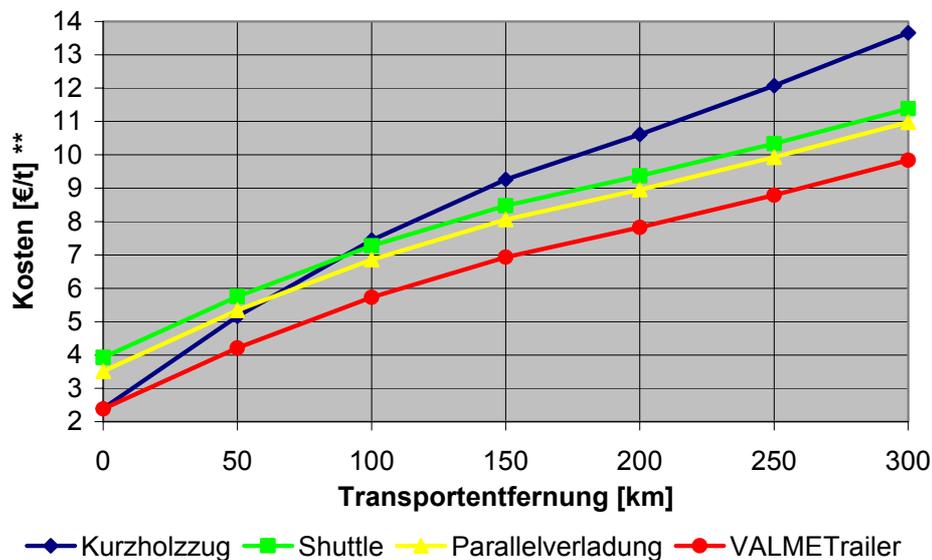
### Streckendaten

Anfahrt	Entfernung [km]	Dauer [Std]
	25	0,40
Anteil Autobahn [%]	70	0,23
Anteil Lanstraße [%]	30	0,16
Waldstraße [km]	2	

### Transportentfernung

Entfernung km	% Autobahn	%Landstraße
0	0	0
50	20	80
100	40	60
150	60	40
200	80	20
250	90	10
300	95	5

## Variantenvergleich



\* Verladung von Laubholz, 1fm=1t    \*\* ohne LKW-Maut

## Erhöhung der Nutzlast des Rundholz LKW auf 25 t (= 15 t Leergewicht)

# Modellkalkulation

### Eingangsdaten

#### Fahrzeugdaten

##### Rundholz LKW

Nutzlast [t]	25
Kosten [€/Std]	60
Geschwindigkeit Forststraße [km/h]	19,5
Geschwindigkeit Landstraße [km/h]	45,5
Geschwindigkeit Autobahn [km/h]	75
Beladeleistung [fm/Std]*	90
Dauer Vorbereitung Stützen und Kran [min]	2,5
Dauer Ladungssicherung [min]	5,5

##### Trailerzug

Nutzlast [t]	26
Kosten [€/Std]	47
Dauer Ladungssicherung [min]	5,5
Dauer Trailerwechsel [min]	15

##### Forwarder VALMETrailer

Kosten €/Std	77
Beladeleistung [fm/Std]*	90
Dauer Umrüsten & Traileraustausch [min]	18,5
<input type="checkbox"/> ohne Traileraustausch, abzüglich [min]	7,7
Geschwindigkeit Trailer ( <b>voll</b> ) verziehen [km/h]	5,67
Geschwindigkeit Trailer ( <b>leer</b> ) verziehen [km/h]	14,76
Zusatzaufwand pro Trailerfuhre [min]	0
Verzieldistanz [m]	0

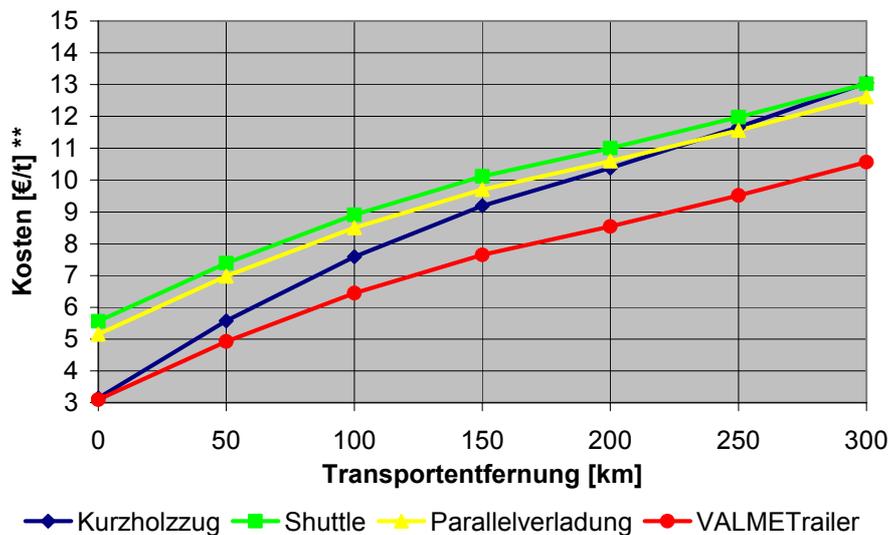
#### Streckendaten

Anfahrt	Entfernung [km]	Dauer [Std]
	50	0,80
Anteil Autobahn [%]	70	0,47
Anteil Lanstraße [%]	30	0,33
Waldstraße [km]	2	

#### Transportentfernung

Entfernung km	% Autobahn	%Landstraße
0	0	0
50	20	80
100	40	60
150	60	40
200	80	20
250	90	10
300	95	5

### Variantenvergleich



\* Verladung von Laubholz, 1fm=1t    \*\* ohne LKW-Maut

**Verziehen von vollem Trailer mit Forwarder (1000m)**  
**Kein Traileraustausch, leerer Trailer wird von LKW am Einschlagsort abgestellt**

## Modellkalkulation

### Eingangsdaten

#### Fahrzeugdaten

##### Rundholz LKW

Nutzlast [t]	22
Kosten [€/Std]	60
Geschwindigkeit Forststraße [km/h]	19,5
Geschwindigkeit Landstraße [km/h]	45,5
Geschwindigkeit Autobahn [km/h]	75
Beladeleistung [fm/Std]*	90
Dauer Vorbereitung Stützen und Kran [min]	2,5
Dauer Ladungssicherung [min]	5,5

##### Trailerzug

Nutzlast [t]	26
Kosten [€/Std]	47
Dauer Ladungssicherung [min]	5,5
Dauer Trailerwechsel [min]	15

##### Forwarder VALMETrailer

Kosten €/Std	77
Beladeleistung [fm/Std]*	90
Dauer Umrüsten & Traileraustausch [min]	18,5
<input checked="" type="checkbox"/> ohne Traileraustausch, abzüglich [min]	7,7
Geschwindigkeit Trailer ( <b>voll</b> ) verziehen [km/h]	5,67
Geschwindigkeit Trailer ( <b>leer</b> ) verziehen [km/h]	14,76
Zusatzaufwand pro Trailerfuhre [min]	0
Verziehdistanz [m]	1000

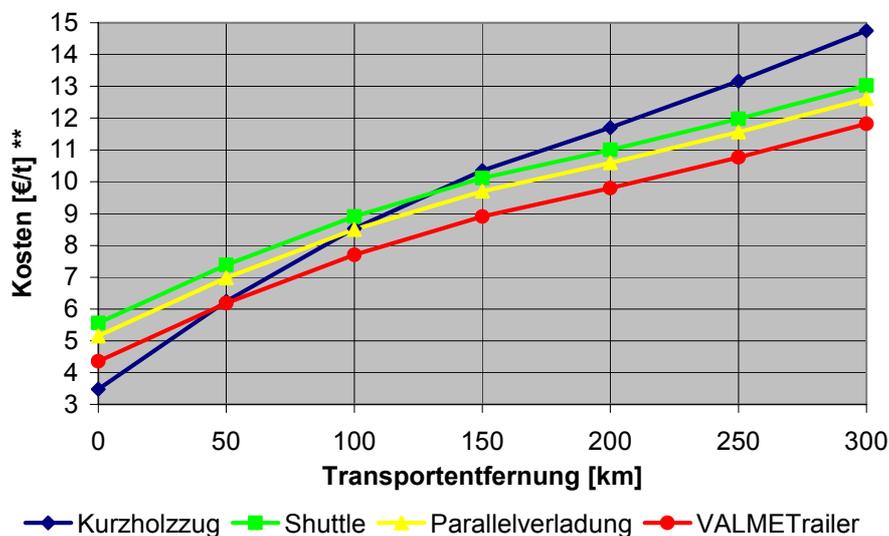
#### Streckendaten

Anfahrt	Entfernung [km]	Dauer [Std]
	50	0,80
Anteil Autobahn [%]	70	0,47
Anteil Lanstraße [%]	30	0,33
Waldstraße [km]	2	

#### Transportentfernung

Entfernung km	% Autobahn	%Landstraße
0	0	0
50	20	80
100	40	60
150	60	40
200	80	20
250	90	10
300	95	5

### Variantenvergleich



\* Verladung von Laubholz, 1fm=1t    \*\* ohne LKW-Maut

## Verziehen von vollem Trailer mit Forwarder (500m) inkl. Traileraustausch, Zusatzaufwand für Trailerbeladung durch Forwarder 20 min

### Modellkalkulation

#### Eingangsdaten

##### Fahrzeugdaten

###### Rundholz LKW

Nutzlast [t]	22
Kosten [€/Std]	60
Geschwindigkeit Forststraße [km/h]	19,5
Geschwindigkeit Landstraße [km/h]	45,5
Geschwindigkeit Autobahn [km/h]	75
Beladeleistung [fm/Std]*	90
Dauer Vorbereitung Stützen und Kran [min]	2,5
Dauer Ladungssicherung [min]	5,5

###### Trailerzug

Nutzlast [t]	26
Kosten [€/Std]	47
Dauer Ladungssicherung [min]	5,5
Dauer Trailerwechsel [min]	15

###### Forwarder VALMETrailer

Kosten €/Std	77
Beladeleistung [fm/Std]*	90
Dauer Umrüsten & Traileraustausch [min]	18,5
<input type="checkbox"/> ohne Traileraustausch, abzüglich [min]	7,7
Geschwindigkeit Trailer ( <b>voll</b> ) verziehen [km/h]	5,67
Geschwindigkeit Trailer ( <b>leer</b> ) verziehen [km/h]	14,76
Zusatzaufwand pro Trailerfuhre [min]	20
Verziehdistanz [m]	500

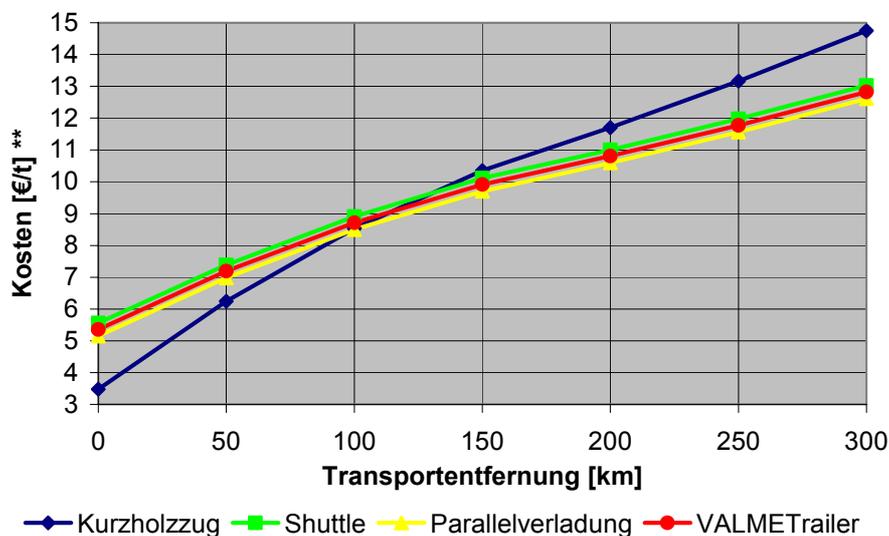
##### Streckendaten

Anfahrt	Entfernung [km]	Dauer [Std]
	50	0,80
Anteil Autobahn [%]	70	0,47
Anteil Lanstraße [%]	30	0,33
Waldstraße [km]	2	

##### Transportentfernung

Entfernung km	% Autobahn	%Landstraße
0	0	0
50	20	80
100	40	60
150	60	40
200	80	20
250	90	10
300	95	5

#### Variantenvergleich



\* Verladung von Laubholz, 1fm=1t    \*\* ohne LKW-Maut

### **Zitierte Literaturquellen:**

- Borcherding, C. (2004): Technische Daten zu Sattelaufliegern und Zugmaschinen, mündliche Mitteilung
- Eberhardinger, A. (2004): Schleifholzanlieferung in der Papierindustrie, Situationsanalyse und logistische Verbesserungen, Diplomarbeit am Lehrstuhl für Forstliche Arbeitswissenschaft und Angewandte Informatik, TU-München
- Huttner, N. (2004): Technische Daten zu Sattelaufliegern und Zugmaschinen, mündliche Mitteilung
- Löffler, H.(1992):Arbeitswissenschaft für Studierende der Forstwissenschaft. Manuskript zu den Lehrveranstaltungen am Lehrstuhl für forstliche Arbeitswissenschaften und Informatik, Freising/ Weihenstephan
- Thieme, F.: (2002) Pilotprojekt Integrierte Holzernte, Forst & Technik 12/2002
- Von Bodelschwingh, E. (2001): Rundholztransport-Logistik, Situationsanalyse und Einsparpotentiale; Diplomarbeit am Lehrstuhl für Forstliche Arbeitswissenschaft und Angewandte Informatik, TU-München
- Von Bodelschwingh E., Höldrich a., Sommer W. (2003): PDA statt Stoppuhr; aus AFZ/Der Wald 26/2003, S.1334-1336
- Wagner, G. (2004): Technische Daten zum Forwarder Valmet 860 Trailer, mündliche Mitteilung

### **Weitere Literaturquellen:**

- Atteslander, P.(1993): Methoden der empirischen Sozialforschung. Walter de Gruyter Verlag, Berlin, New York
- Bauer, J., Bodelschwingh, E., Longo, M. (2003): Informationsflüsse in der modernen Holzerntekette in AFZ-Der Wald 17/2003, S.855-857
- Becker, G. (1995):Holzvermarktung durch den Forstbetrieb. Vom Rohstoffverteiler zum Leistungspartner der Holzindustrie. Holzzentralblatt Nr.147, S. 2441, 2448
- Becker, G. et al (1998): Wertschöpfungspotentiale und ihre Realisierung entlang von Holzernte- und Logistikketten, aus Forst und Holz Jahrgang 53, Nr.21, S.651-655
- Becker, G.: (2001) Umsetzung Anpacken: Erfolge und Probleme mit neuen Logistikkonzepten zwischen Wald und Werk; Kwf-Seminar auf der Ligna
- Biernath, D.(2003): Direktverladung von Kurzholz; Valmet mit neuen Konzept: V-Trailer, in Forstmaschinen-Profi März 2003 S.34

- Brunner, M. (2002): Einsparpotentiale in unserer Wald- und Holzwirtschaft, in Wald und Holz 2/2002, S.42-44
- Chaloupek, W.(2001):Holzflussmanagement vom Wald zum Werk, in Forstzeitung 7/2001, S.44-45
- Funk, M.(1999): Forstwirtschaft muß sich am Kunden ausrichten, in Holzzentralblatt Nr.49/23. April 1999, Seite 709
- Funk, M.(2004): Zellstoffwerk Stendal, Bedeutung für Holzmarkt und Forstunternehmer, Vortrag am 8. Forstlicher Unternehmertag in Freising
- Gabriel, O.: (2003) ValmetTrailer für die Holzabfuhr, Forst & Technik Nr. 4/2003
- Gieringer, S.(1999): Verbesserung der Transportlogistik beim Nadelkurzholz durch Direktverladung vom Forwarder auf Trailer-Transportfahrzeuge; Diplomarbeit an der Fachhochschule Hildesheim/Holzminde
- Heinrich, D.(2002): Analyse der Durchlaufzeiten in der Holztransportlogistik in Thüringen sowie Untersuchungen unter Einsatz moderner Informations- und Kommunikationstechnologien, Diplomarbeit an der Fachhochschule für Forstwirtschaft Schwarzburg
- Hecker, M.,(2002): Qualität und Frische aus dem Wald, Waldmärkerschaft Uelzen aus Forstmaschinenprofi August 2002, S.44-45,
- Hecker, M.,(2003): Holztransport und Umweltschutz, in AFZ-Der Wald 4/2003, S.168-171
- Jönsson, A.(2000): Zukunft des Holztransportes, aus AFZ/Der Wald 3/2000, S.145-147
- Jönsson, A.(2000a): Logistik auf dem Prüfstand, aus Forst und Technik 2/2002, S. 4-7
- Kupfer, K. (1994): Just in time: Praxis, Vorteile und Risiken des Konzeptes VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 1994
- Lamnek, S.(1998): Qualitative Sozialforschung, Band 2 Methoden und Techniken, Psychologie Verlags Union München, 420 Seiten
- Loboda, S.(2001): Schwedische Aspekte einer zukünftigen Forstwirtschaft, in Forst und Technik 2/2001, S.14-15
- Meyer, D. (2004): Technische Daten zu eingesetzten Sattelaufleger und Zugmaschinen, mündliche Mitteilung
- Moosdorf, F.(2000): Einsparmöglichkeiten bei der Holzbereitstellung durch Direkt-Beladung vom Tragschlepper auf Sattelaufleger Diplomarbeit an der Fachhochschule für Forstwirtschaft Schwarzburg
- Morat, J. (1999): Die optimale Logistikkette, aus AFZ/Der Wald 14/1999, S.713-715
- Oecking, C. (2001): Strategische Option; Beschaffung aktuell 11/2001
- Peters, S.(2001): Logistik-Kette für die Kiefer, in Forst Zeitung 10/2001, S.34-35
- Refa, (1991): Anleitung für forstliche Arbeitszeitstudien, Datenermittlung, Arbeitsgestaltung; Darmstadt, 3. Auflage 244 Seiten

- Risse, P., Wiggeshoff, M.(2002): Neue logistische Ansätze in Nordrhein-Westfalen, in Forst und Technik 6/2002 S.18-20
- Schitter, H.: (2003): Logistik bei Holz Binder unter dem Einfluß des Road Pricing, Vortag „Logistik Begreifen“, Kuchl
- Schnell, R., Hill, P.B., Esser, E.(1992):Methoden der empirischen Sozialforschung, Oldenbourg Verlag München und Wien, 3. Auflage, 504 Seiten
- Schnepper, B (1999): in Moosdorf, F.(2000): Einsparmöglichkeiten bei der Holzbereitstellung durch Direkt-Beladung vom Tragschlepper auf Sattelaufieger
- Soppa,R.(1998):Eine Lösung zur Optimierung des Rundholztransports, aus Forst und Technik 11/1998, S. 4-6
- Sprenger, A.(2001): Wie sind die Logistikvorteile aufzuteilen? In Österreichische Forstzeitung 10/2001 S.5-6
- Verdinek, R.(2002): Leserbrief zum Bericht “Waldmärkerschaft lässt Trailer pendeln“ in Forstmaschinenprofi September 2002, S. 20
- Weber, H. & Lückge, F.-J.; (1996) Analyse und Optimierung der Rundholztransporte aus Reinland-Pfälzischen Forstämter
- Warkotsch, W. (2001): Die Rolle moderner Logistik für eine effiziente Holzbereitstellung; Holz Innovativ, Rosenheim
- Winkenbach, J. (2003):“Das treibt Unternehmer in die Insolvenz“, Autobahngebühr für LKW, in Forstmaschinen-Profi März 2003, S. 18
- Wippermann, J.(1998): Ein neues Transportsystem für Kurzholz verbessert die Logistik, in Forst und Technik 1/1998, S.4-7

### **Internetquellen:**

[http://www.forstvorschriften.nrw.de/20\\_dienstleistungen/20\\_verschiedene/download/11-01.pdf](http://www.forstvorschriften.nrw.de/20_dienstleistungen/20_verschiedene/download/11-01.pdf)

<http://www.fu.fh-goettingen.de/cnt/personen/weihs/fnskript.pdf>

<http://www.partekforest.de>

<http://www.wald-rlp.de/download/hks-rlp.pdf>