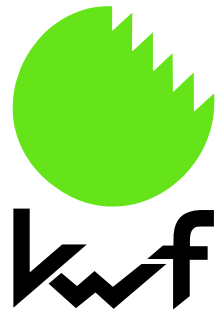


# Laufzeitstruktur von Motorsägen in der motormanuellen Holzernte



## Zusammenfassung

In einer Studie wurde die Laufzeit von Motorsägen (MS) in der Holzernte in 12 Bundesländern untersucht. Insgesamt wurde an 163 Aufnahmetagen eine Holzmenge von rund 3.710 Fm aufgearbeitet. Dabei wurden 642 MS-Gesamtlaufzeitstunden (GLz) und 337 MS-Lastlaufzeitstunden (LLz) mit elektronischen Laufzeitrekordern aufgezeichnet und ausgewertet.

Für die Ermittlung der Last-/Leerlaufzeit ist in der MS-Studie eine Last-/Leerlaufabgrenzung bei 4.000 U/Min vorgenommen worden.

Die MS-Lastlaufzeit hat sich als die relevante Größe für eine aufwandsorientierte Darstellung der MS-Arbeit herausgestellt. Mit ihr lässt sich die geleistete MS-Arbeit und der damit verbundene MS-Aufwand zutreffend abschätzen.

Der MS-Lastlaufanteil beträgt im Mittel rund 53%. Der Lastlaufanteil wird maßgeblich vom individuellen MS-Gebrauchsverhalten bestimmt.

Der Anteil der MS-Gesamtlaufzeit an der Arbeitszeit (Gesamtlaufzeitprozent) beträgt im Mittel rund 48%, der MS-Lastlaufzeitanteil an der Arbeitszeit (Lastlaufzeitprozent) beläuft sich auf rund 25%. Das Gesamtlaufzeitprozent unterliegt deutlich dem arbeiterindividuellen MS-Gebrauchsverhalten. Dieser Zusammenhang konnte durch die Berücksichtigung des Lastlaufzeitprozents bewiesen werden.

Der in der Studie ermittelte Betriebsstoffverbrauch weist recht hohen Schwankungen auf. Diese werden neben der MS-Leistungsklasse durch den unterschiedlichen „verbrauchsneutralen“ Leerlaufanteil bedingt. Der Lastlaufzeit bezogene Betriebsstoffverbrauch ist demgegenüber wesentlich genauer. Die Ergebnisse zum Betriebsstoffverbrauch zeigen, dass für eine an den tatsächlichen MS-Kosten orientierte MS-Entschädigung die MS-Leistungsklassen berücksichtigt werden müssen.

In der bundesweiten Studie wurden die Hauptbaumarten Fichte, Kiefer und Buche untersucht. Dabei wurden die Stichproben so gewählt, dass das praxisrelevante Dimensionsspektrum analysiert werden konnte. Demzufolge ist der untersuchte Holzanfall in den einzelnen Durchmesserklassen und Einsatzbereichen für den Gesamteinschlag nicht repräsentativ.

Die Untersuchungsergebnisse liefern demgegenüber Eckdaten von Verbrauchsgrößen und MS-Kennzahlen, die abgesehen von extremen Hiebsverhältnissen, eine zutreffende Aussage über den zu erwartenden Aufwand in der motormanuellen Holzernte ermöglichen.

## 1 Einleitung

In einer bundesweiten Studie wurde im Auftrag der Tarifgemeinschaft deutscher Länder (TdL) zusammen mit dem Tarifpartner Industriegewerkschaft Bauen-Agrar-Umwelt (IG BAU) paritätisch vom 06.10.2003 bis 22.04.2004 die Motorsägen-Laufzeiten in der Holzernte untersucht. Ziel der Studie ist, vor dem Hintergrund bestehender tariflicher MS-Entschädigungsregelungen die MS-Laufzeiten mit Hilfe eines elektronischen Messverfahrens zu erfassen und in ihrer Aufwandsstruktur abzubilden. Die derzeit vorhandenen Kennziffern zu den MS-Laufzeiten entstammen einer mittlerweile verstärkt auslaufenden tariflichen Regelung, dem Erweiterten Sortentarifs (EST), die die Gestellung der Motorsägen durch den Forstwirt mit Hilfe von MS-Vorgabezeiten aufwandsbezogen entschädigt. Durch den Übergang vieler Länder zum Monatslohn wurden die MS-Vorgabezeiten durch einen pauschalen Laufzeitanteil, bezogen auf die Holzerntestunden (Laufzeitprozent), ersetzt, was in der Folge bei beiden Tarifpartnern zur Unzufriedenheit gegenüber dieser Regelung führte.

Die in der Vergangenheit durchgeführten Zeitstudien zu den MS-Laufzeiten zielen in ihrem Ergebnis auf die MS-Gesamtlaufzeit ab (DUMMEL & VON TÜRCKHEIM 1982), obgleich auch schon teilweise eine Erfassung der MS-Lastlaufzeit im Multimomentverfahren durch „Hinhören“ unternommen wurde (BOMBOSCH & DAUBER 1985). Das neue Messverfahren eröffnet erstmals die Möglichkeit, den Lastlauf und damit die eigentliche Wirkzeit der Motorsäge durch Messung der Motordrehzahl reproduzierbar und in Echtzeit zu erfassen.

## 2 Untersuchungsmethode

### 2.1 Aufnahmetechnik der MS-Laufzeit

Für die Erfassung der MS-Laufzeiten kam ein Laufzeitrekorder (Minicomputer) zur Anwendung, der durch seine geringen Abmessungen (35 x 25 x 8 mm) und das niedrige Gewicht (22 g) die Arbeitsausführung nicht beeinflusst (Abb. 1).

Der Einbau erfolgte im MS-Griff. Der Laufzeitrekorder erfasst durch kapazitive Messung das elektromagnetische Feld der Zündimpulse. Ein Antennenkabel verläuft dazu innerhalb des Griffrohrs, ein zweites Kabel wird fest mit der Motormasse verbunden und dient dem Potenzialausgleich zwischen Zündsystem und Laufzeitrekorder.

Der Laufzeitrekorder zeichnet von jedem MS-Start, dem eine MS-Laufzeit von mindestens 5 Sek. folgt, die Uhrzeit und die Laufzeit in den definierten Drehzahlbereichen auf. Die Speicherkapazität beträgt 2.000 Startvorgänge. Von jeder MS-Laufphase können drei frei wählbare Drehzahlbereiche erfasst werden. In der Untersuchung wurde der Drehzahlbereich oberhalb von 4.000 U/Min dem Lastlauf zugeordnet. Diese Drehzahlabgrenzung wurde in einer der Untersuchung vorausgehenden Vorstudie ermittelt.

Über eine serielle Schnittstelle und einem Datenumwandler wird das Laufzeitprotokoll (Abb. 2) auf einen Rechner übertragen. Die Datensätze können dann in Excel kopiert und bearbeitet werden.



Abb. 1: Laufzeitrekorder mit Transferkabel

Zeit der letzten Konfiguration: 2003.02.21 14:00						
Totale Laufzeit: 01:25:02						
Anzahl von Motorstarts: 14						
			Spd classes:			
Start no	Start time	Runtime	<3000 U/Min	3000-3960 U/Min	>3960 U/Min	
1	24.02.2003 07:29	00:00:42	00:00:01	00:00:07	00:00:34	
2	24.02.2003 07:31	00:04:06	00:00:06	00:01:11	00:02:49	
3	24.02.2003 07:37	00:00:21	00:00:02	00:00:02	00:00:17	
4	24.02.2003 07:39	00:04:29	00:00:20	00:01:04	00:03:05	
5	24.02.2003 07:47	00:07:20	00:00:04	00:01:49	00:05:27	
6	24.02.2003 07:55	00:03:24	00:00:03	00:01:22	00:01:59	
7	24.02.2003 08:00	00:02:55	00:00:06	00:01:28	00:01:21	
8	24.02.2003 08:07	00:13:52	00:01:51	00:05:39	00:06:22	
9	24.02.2003 08:29	00:12:01	00:00:17	00:04:09	00:07:35	
10	24.02.2003 08:42	00:04:12	00:00:08	00:01:20	00:02:44	
11	24.02.2003 08:48	00:07:13	00:00:25	00:02:03	00:04:45	
12	24.02.2003 10:04	00:04:27	00:00:29	00:01:40	00:02:18	
13	24.02.2003 10:18	00:11:32	00:00:34	00:03:55	00:07:03	
14	24.02.2003 10:30	00:08:28	00:00:10	00:02:35	00:05:43	
<b>Summe</b>		<b>1:25:02</b>	<b>0:04:36</b>	<b>0:28:24</b>	<b>0:52:02</b>	
			<b>5,41%</b>	<b>33,40%</b>	<b>61,19%</b>	

**Abb. 2:** Laufzeitprotokoll

## 2.2 Datenaufnahme und Durchführung

Die Untersuchung basiert auf Ganztagesstudien und summarischen Daten je Aufnahmetag. Einzelne MS-Arbeitsabschnitte wie Fällen, Entasten etc. wurden nicht untersucht. Von jedem Aufnahmetag wurde die Schlüsselbaumart (Fi, Ki, Bu), die aufgearbeitete Holzmenge, Mittendurchmesser m.R. und Länge der Sortenstücke, der Bhd, die Holzerntestunden, der Kraftstoff- und der Kettenölverbrauch erfasst. Für die untersuchten Hiebe wurden durchschnittliche Holzerntebedingungen ausgewählt (durchschnittliche Gelände und Hiebsverhältnisse). Hierzu wurden die EST-Zuschläge für Hiebsmerkmale angewendet und als Zielgröße ein Zuschlag von  $\pm 25\%$  bei der Hiebsauswahl anvisiert. Die Zuschlagshöhe entspricht dem langjährigen Mittel aus der EST-Statistik.

Für die Durchführung der Studie sind keine Arbeitsverfahren extra geschult worden. Es gelten grundsätzlich die bekannten EST-Standardarbeitsverfahren, wie sie derzeit in der motormanuellen Holzernte angewendet werden. Ziel war es MS-Daten von Forstwirten zu bekommen, die gleichsam für eine praxisübliche MS-Handhabe stehen. In der Untersuchung sind jeweils zwei vergleichbare Hiebe parallel auf zwei Bundesländer verteilt worden. Mit dieser Vorgehensweise konnte im Hinblick auf eine länderübergreifende Übertragbarkeit der Ergebnisse die Datenbasis verbreitert und abgesichert werden. Die zur Datenerhebung notwendige Aufnahmeanweisung wurde im Zuge einer Vorstudie und im Einvernehmen mit den beiden Tarifpartnern erarbeitet. Die Daten wurde von einem Aufnahmeteam, bestehend aus einem Arbeitgeber- und einem Arbeitnehmervertreter erhoben. Vor Beginn der Außenaufnahmen wurden die Aufnahmeteams geschult und am ersten Aufnahmetag vom Verfasser betreut.

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Rahmendaten

In der Studie wurden Daten von 163 Aufnahmetagen (=n) erfasst. In Tabelle 1 sind die wichtigsten Rahmendaten summarisch dargestellt.

**Tab. 1:** Rahmendaten der Studie nach Baumarten, Stärkebereich und Summenwerte

	Fichte (Ta)	Kiefer	Buche (Ei)	Summenwerte
Bhd min-max (cm)	13-83	13-44	16-62	-
Erntevolumen (Efm)	1.189	861	1.660	3.710
Aufnahmetage (n)	65	49	49	163
Holzerntestunden (Std.)	537,4	362,2	434,5	1334,1
Gesamtlaufzeit (Std.)	296,5	146,3	198,9	641,7
Lastlaufzeit (Std.)	161,5	76,6	99,2	337,3

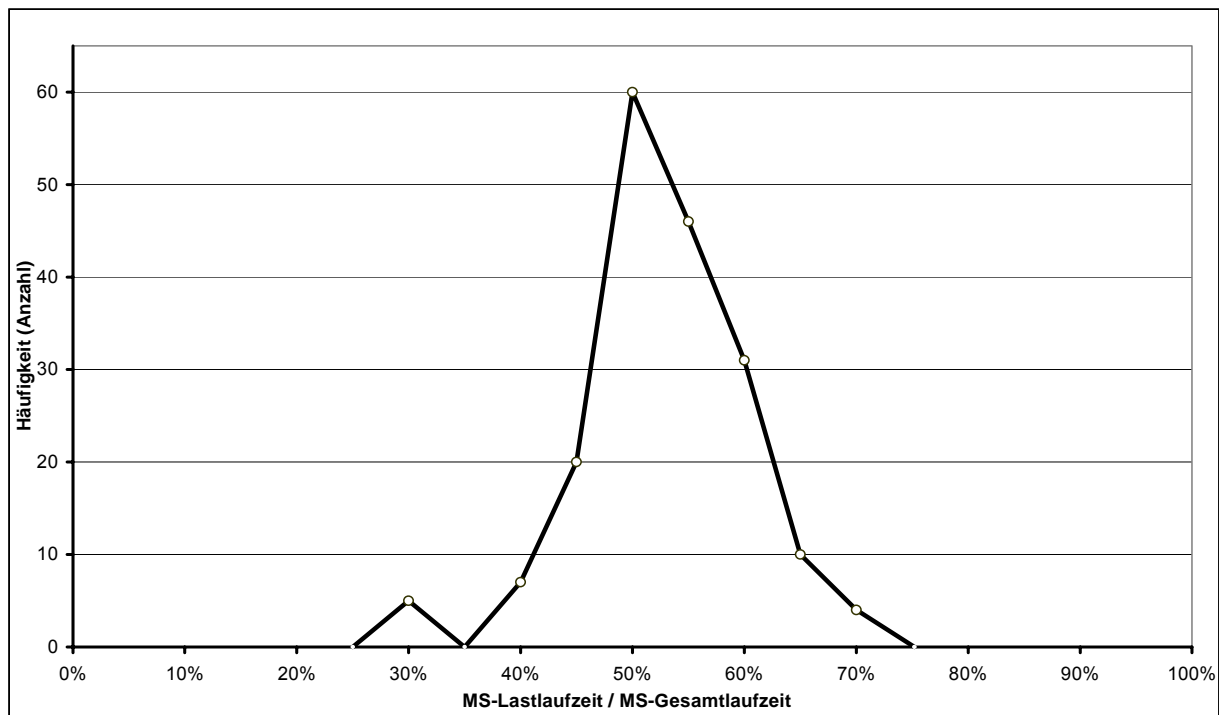
Die Untersuchung erstreckte sich auf die wirtschaftlich wichtigsten Schlüsselbaumarten (Fichte, Kiefer, Buche) in den Stärkebereichen, die erwartungsgemäß deutliche Niveauunterschiede bei der MS-Laufzeit aufweisen. Eine zusätzliche Berücksichtigung der Tanne und Eiche fand jeweils bei zwei Hieben statt.

### 3.2 Lastanteil an der MS-Gesamtlaufzeit

Mit der Trennung der MS-Gesamtlaufzeit in Last- und Leerlaufzeit lässt sich der produktive MS-Betrieb und die damit verbundenen Aufwandsgrößen abbilden. Die MS-Lastlaufzeit (= Wirkzeit) steht im direkten Zusammenhang mit dem produktiven Teil der MS-Arbeit. Eine mit der Lastlaufzeit verbundene Kenngröße ist der Lastlaufanteil, bei dem die Lastlaufzeit auf die Gesamtlaufzeit bezogen wird. In der Vergangenheit ist der MS-Lastlaufanteil immer wieder angesprochen worden. Bei der Aktualisierung des HET-Grunddatenmaterials für die Entwicklung des EST (DUMMEL & VON TÜRKHEIM 1982) wurde der MS-Lastanteil mit 2/3 angenommen. In der ersten EST-Aktualisierung (BOMBOSCH & DAUBER 1985) ist der MS-Lastanteil durch „Hinhören“ erfasst worden und bewegt sich verfahrensbedingt zwischen 55% und 86%. In einer Untersuchung von FLEISCHER & KNOTHE (2000) zeigte sich, dass der Lastanteil im Schwachholz ca. 45% beträgt, wobei die MS-Gesamtlaufzeit der RAZ entsprach, was gleichbedeutend mit einem ständigen Laufenlassen der MS während der Arbeitsausführung ist.

Das Ergebnis der Studie zeigt eine homogene Verteilung des MS-Lastanteils. In Abb. 3 ist die Häufigkeitsverteilung des MS-Lastlaufanteils bezogen auf die MS-Gesamtlaufzeit dargestellt. Die dazugehörigen statistischen Maßzahlen enthält Tab. 2.

Der Mittelwert des Lastlaufanteils beträgt rund 53%. 65% der Werte liegen in dem Intervall zwischen 47,5% und 57,5%. Die mittlere Abweichung der einzelnen Werte vom Mittelwert kann mit rund 15% als relativ gering bezeichnet werden.



**Abb. 3:** Häufigkeitsverteilung des MS-Lastlaufanteils (Klassenbreite = 5%)

**Tab. 2:** statistische Maßzahlen für den MS-Lastlaufanteil (n = 163)

arithmetischer Mittelwert ( $\bar{x}$ )	= 52,9	Variationskoeffizient ( $v$ )	= 14,8 %
		$(v = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100)$	
Standardabweichung (s)	= ±7,8	Kleinster / größter Messwert ( $x_{\min}/x_{\max}$ )	= 29,2 / 71,2

Die auffällig niedrigen Werten des Lastanteils am linken Rand der Verteilung sind das Ergebnis einer besonderen Holzaushaltung. Hier wurden bei der Kiefer Schalme und Mittenringe angelegt, weswegen die MS verfahrensbedingt weniger unter Last lief.

Der mittlere Lastanteil getrennt nach Baumarten beträgt bei der Fichte 54,9%, Kiefer 52,3% und Buche 51,1%. Der Lastanteil bei den drei Hauptbaumarten liegt damit dicht beieinander.

Zur Klärung der Frage, welche Einflussfaktoren einen sehr hohen bzw. niedrigen Lastlaufanteil bedingen, wurden die 10% höchsten bzw. niedrigsten Lastlaufanteilwerte der Verteilung nach Abb. 3 näher untersucht. Dazu wurden der Mittelwert des Lastanteils dieser Werte gebildet und den dazugehörigen mittleren Kenngrößen Bhd, Starts je Gesamtlaufzeitstunde, Gesamtlaufzeit je Holzerntestunde (Gesamtlaufzeitprozent) und Lastlaufzeit je Holzerntestunde (Lastlaufzeitprozent) gegenübergestellt. Die in Tab. 3 gelisteten Mittelwerte veranschaulichen die Abhängigkeit des Lastlaufanteils von der Anzahl der MS-Starts und dem Bhd.

**Tab. 3:** Mittelwerte der 10% höchsten, 10% niedrigsten Werte des Lastlaufanteils

Mittelwert	Lastanteil (%)	Starts / Gesamtz.-Std. (Anzahl)	Bhd (cm)	Gesamtlaufzeit / HE-Stunde	Lastlaufzeit / HE-Stunde
10% Niedrigsten	38,1%	7,4	24,8	53,7%	21,7%
10% Höchsten	65,5%	11,1	36,3	46,9%	21,5%

Nach diesem Ergebnis wird ein hoher Lastanteil durch ein häufigeres Ausmachen der MS hervorgerufen, was häufiger beim stärkeren Holz stattfindet. Demzufolge erhöht das Laufenlassen der MS das Gesamtlaufzeitprozent, wogegen das Lastlaufzeitprozent stabil bleibt.

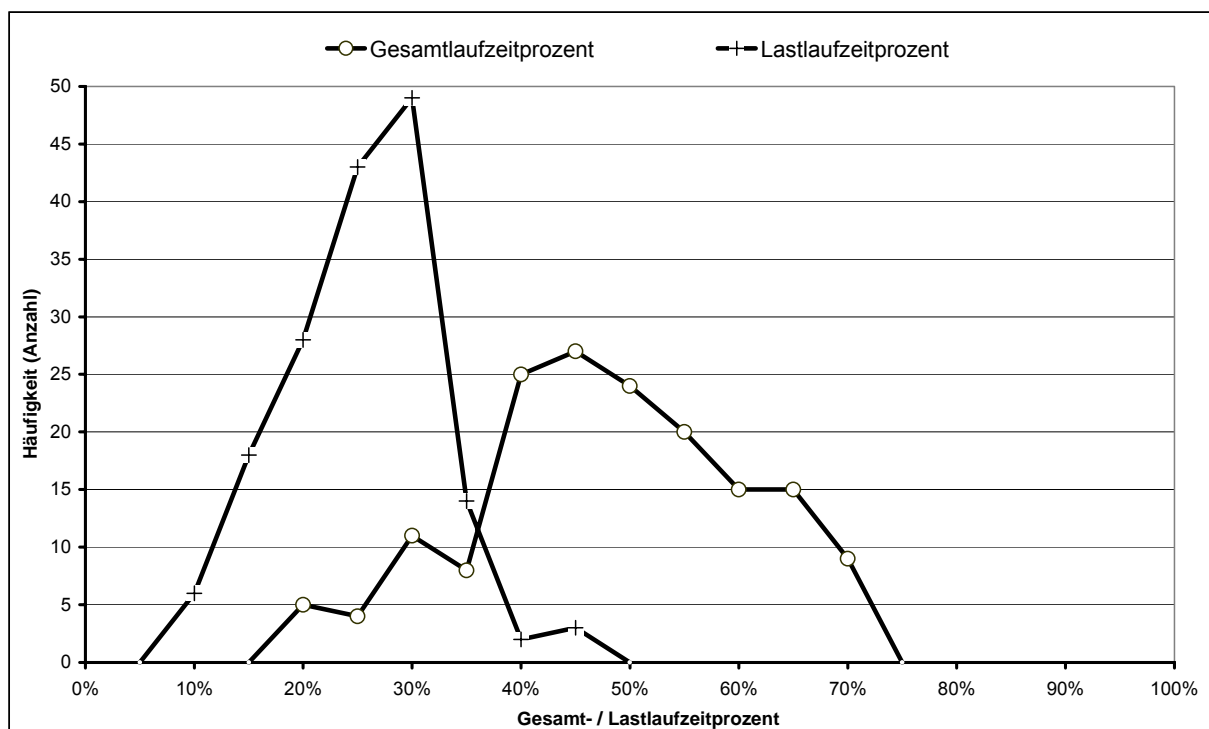
### 3.3 Gesamtlaufzeit- und Lastlaufzeitprozent

Als Laufzeitprozent wird generell der aus MS-Laufzeit und Holzerntestunden gebildete Quotient bezeichnet. Er ist die Beziehung zwischen MS-Laufzeit und produktiver Arbeitszeit:

$$\text{Laufzeitprozent} = \frac{\text{MS-Laufzeit}}{\text{HE-Stunden}} \times 100$$

In der Praxis wird unter dem Begriff MS-Laufzeitprozent das Gesamtlaufzeitprozent verstanden. Im folgenden wird zwischen dem Gesamtlaufzeit und dem Lastlaufzeit bezogenen Laufzeitprozent unterschieden.

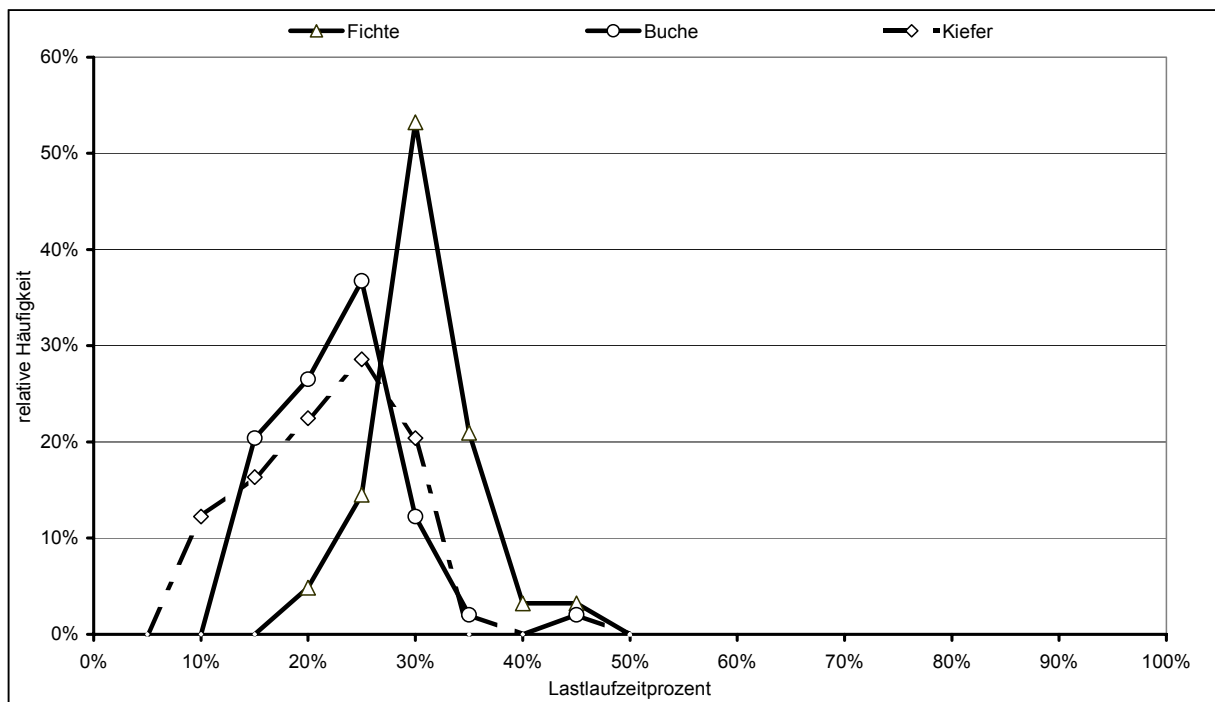
In Abb. 4 ist die Häufigkeitsverteilung von Gesamt- und Lastlaufzeitprozent in 5%-Stufen dargestellt.



**Abb. 4:** Häufigkeitsverteilung von Gesamt- und Lastlaufzeitprozent (Klassenbreite = 5%)

Die Verteilung des Gesamtlaufzeitprozents wurde einer Verteilungsprüfung unterzogen. Der hierzu durchgeführte Chi<sup>2</sup>-Test bestätigt die Annahme, dass mit 95%er Wahrscheinlichkeit die Stichprobenwerte für das Gesamtlaufzeitprozent einer normalverteilten Grundgesamtheit entstammen. Nach diesen Ergebnissen ist das Gesamtlaufzeitprozent bei großer Streuung normalverteilt und kann erheblich oberhalb bzw. unterhalb des Mittelwertes liegen. Wird die Lastlaufzeit auf die Holzerntestunde bezogen, liegen viel mehr Werte in einem deutlich engeren Bereich und die Häufigkeitsverteilung des Lastlaufzeitprozent gleicht einem steilen Gebirge.

In Abb. 5 die Häufigkeitsverteilung des Lastlaufzeitprozents nach Baumarten aufgetragen. Das Lastlaufzeitprozent der Fichte ist sehr eng verteilt und liegt deutlich über dem der Kiefer und Buche. Die Verteilung des Lastlaufzeitprozents der Kiefer ist mit der der Buche vergleichbar. Die statistischen Maßzahlen sind in Tab. 4 aufgelistet.



**Abb. 5:** Häufigkeitsverteilung des Lastlaufzeitprozents nach Baumarten (Klassenbreite = 5%)

**Tab. 4:** Statistische Maßzahlen für Gesamt- und Lastlaufzeitprozent nach Baumarten und insgesamt

	Fichte		Kiefer		Buche		Gesamt	
	Gesamt%	Last%	Gesamt%	Last%	Gesamt%	Last%	Gesamt%	Last%
Mittelwert	55,9	30,4	40,7	21,3	45,7	22,8	48,3	25,4
Standardabweichung	±9,7	±4,9	±10,7	±6,2	±11,9	±5,9	±12,5	±6,9

Um einen Hinweis auf Faktoren zu bekommen, die auf das Lastlaufzeitprozent wirken, wurden baumartenweise der Bhd, die Sortenlänge und der Zeitgrad - als Hilfsgröße für die MS-Intensität - überprüft. Dazu wurden die Mittelwerten der o.g. Größen aus den Randbereichen der Häufigkeitsverteilung, in denen die 10% niedrigsten und 10% höchsten Lastlaufzeitprozentwerte liegen betrachtet. Bei Bhd

und Sortenlänge fanden sich keine direkten Abhängigkeiten. Es macht demnach keinen Unterschied, ob starke oder schwache Bäume aufgearbeitet bzw. kurze oder lange Sorten ausgehalten werden. Das Lastlaufzeitprozent ist letztendlich eine Maßzahl, die besagt wie lange die MS im Vergleich zu den HE-Stunden am Tag unter Last gelaufen ist. Ob in dieser Zeit starke/schwache Bäume aufgearbeitet wurden oder diese kurz ausgehalten worden sind ist für die Höhe des Lastlaufzeitprozent unbedeutend. Auf der anderen Seite steht aber das Lastlaufzeitprozent für die Dauer, in der die MS produktiv war, was sich zwangsläufig in einer Maßzahl, die die MS-Intensität widerspiegelt, zum Ausdruck kommen muss. In Tab. 5 sind die Mittelwerte des Lastlaufzeitprozent mit dem dazugehörigen Zeitgrad abgebildet. Wie aus der Darstellung hervorgeht, verändert sich das Lastlaufzeitprozent in Abhängigkeit der MS-Intensität, was sich in dem veränderten Zeitgrad niederschlägt

**Tab. 5:** Mittelwerte der 10% höchsten, 10% niedrigsten Werte des Lastlaufzeitprozents

Baumart	10% Niedrigsten		10% Höchsten	
	Lastlaufzeit%	Zeitgrad	Lastlaufzeit%	Zeitgrad
Fichte	22,6%	142%	40,8%	223%
Kiefer	10,9%	144%	29,5%	234%
Buche	15,5%	168%	34,4%	197%

### 3.4 Betriebsstoffverbrauch

In der Studie wurden Verbrauchsdaten von 11 verschiedenen Motorsägentypen von insgesamt drei verschiedenen MS-Herstellern erfasst. Die summarischen Verbrauchsmengen stehen in Tab. 6.

**Tab. 6:** In der Studie verbrauchte Gesamtmenge an Betriebsstoffen

Messgröße	Gesamtverbrauch
Kraftstoff (Liter)	572
Kettenöl (Liter)	256

In Abb. 6 sind die Mittelwerte der Betriebsstoffverbräuche nach Leistungsklassen dargestellt. In der Darstellung ist der abflachende Verlauf der Gesamtlaufzeit bezogenen Kraftstoffverbrauchswerte mit zunehmender Motorleistung auffällig. Demgegenüber bildet der Lastlaufzeit bezogene Verlauf des Kraftstoffverbrauchs besser die Verbrauch bestimmende MS-Motorleistung ab und zeigt damit den Einfluss unterschiedlicher Leerlaufzeitanteile auf den MS-Verbrauch. Beim Kettenölverbrauch ist dieser Sachverhalt nicht so deutlich erkennbar, was im Zusammenhang mit dem nur geringfügig höheren Fördervolumen der Ölpumpen von den >4kW-Sägen zu den 3-4 kW-Sägen steht.

Somit zeigt sich, dass die MS-Leerlaufzeit als Bestandteil der MS-Gesamtlaufzeit einen erheblichen Einfluss auf den MS-Gesamtlaufzeitverbrauch hat. In der Leerlaufzeit findet kaum Kraftstoffverbrauch und kein Kettenölverbrauch statt, so dass bei unterschiedlichen Leerlaufanteilen es zwangsläufig zu einem stärker schwankenden Gesamtlaufzeit bezogenen MS-Verbrauch kommen muss, als bei einer Lastlaufzeit bezogenen Betrachtung.



In Tab. 7 wird der angenommene Sachverhalt an den zwei am häufigsten untersuchten MS-Typen überprüft. Wie durch das Verhältnis von Standardabweichung zum Mittelwert (Variationskoeffizient) deutlich wird, nimmt die Streuung bei den Lastlaufzeitverbrauchswerten ab. Nach diesem Ergebnis besitzen MS-Lastverbrauchswerte eine höhere Genauigkeit.

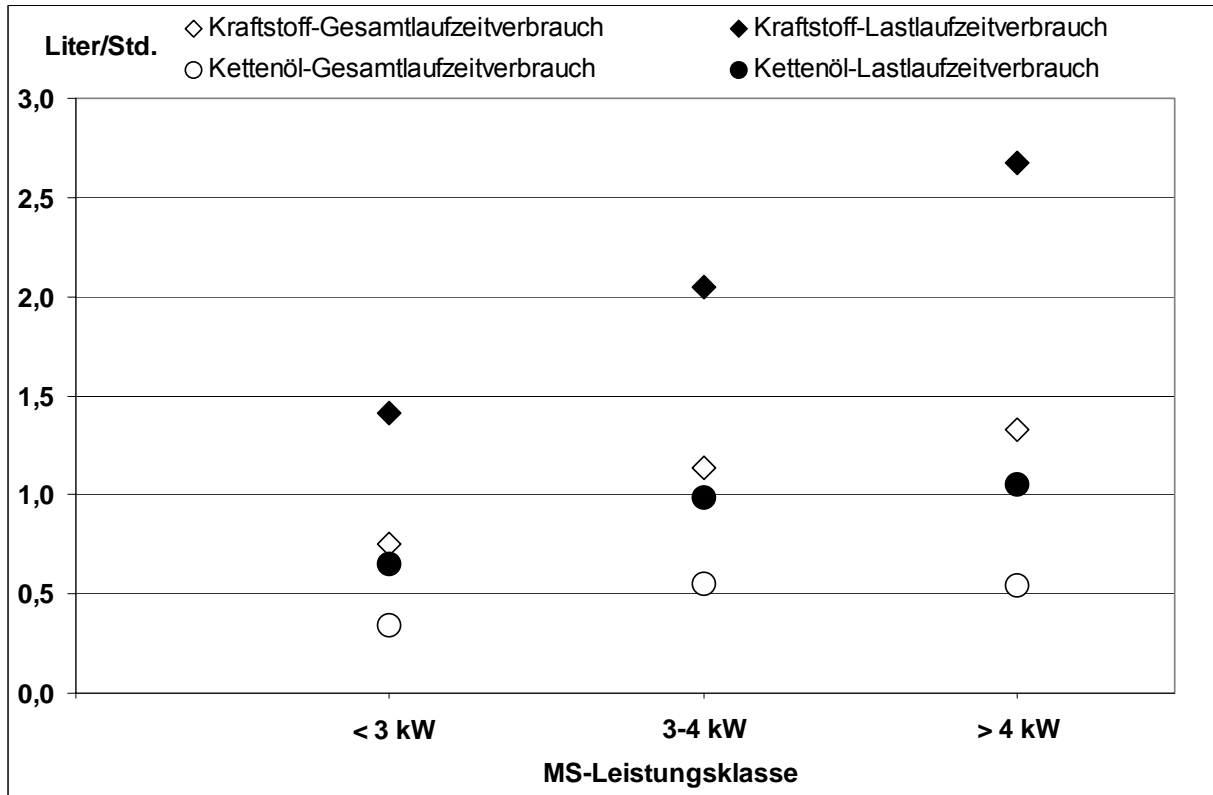


Abb. 6: Betriebsstoffverbrauch nach MS-Leistungsklasse bezogen auf Gesamt- und Lastlaufzeit

Tab. 7: Streuung des Betriebsstoffverbrauchs nach Gesamtlaufzeit und Lastlaufzeit

Stihl MS 260 (n=61) $v = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100$	Kraftstoff / MS-Gesamtzeit (Liter/Std.)	Kraftstoff/ MS-Lastzeit (Liter/Std.)	Kettenöl/ MS-Gesamtzeit (Liter/Std.)	Kettenöl/ MS-Lastzeit (Liter/Std.)
Mittelwert ( $\bar{x}$ )	0,64	1,24	0,31	0,61
Standardabweichung (s)	0,17	0,21	0,08	0,14
Variationskoeffizient (v)	<b>27%</b>	<b>17%</b>	<b>27%</b>	<b>23%</b>
Husqvarna 357 (n=32)				
Mittelwert ( $\bar{x}$ )	0,95	1,72	0,39	0,71
Standardabweichung (s)	0,17	0,22	0,10	0,13
Variationskoeffizient (v)	<b>18%</b>	<b>13%</b>	<b>26%</b>	<b>18%</b>

Wird die verbrauchte Kraftstoffmenge auf den aufgearbeiteten Festmeter bezogen, zeigt sich, dass mit zunehmender Baumdimension der Kraftstoffverbrauch je Festmeter sinkt. Der Stückmasseneffekt überkompensiert den Mehrverbrauch, der im stärkeren Holz zum Einsatz kommenden leistungsstärkeren MS. In Abb. 7 ist dieser Sachverhalt am Beispiel der Fichte dargestellt.

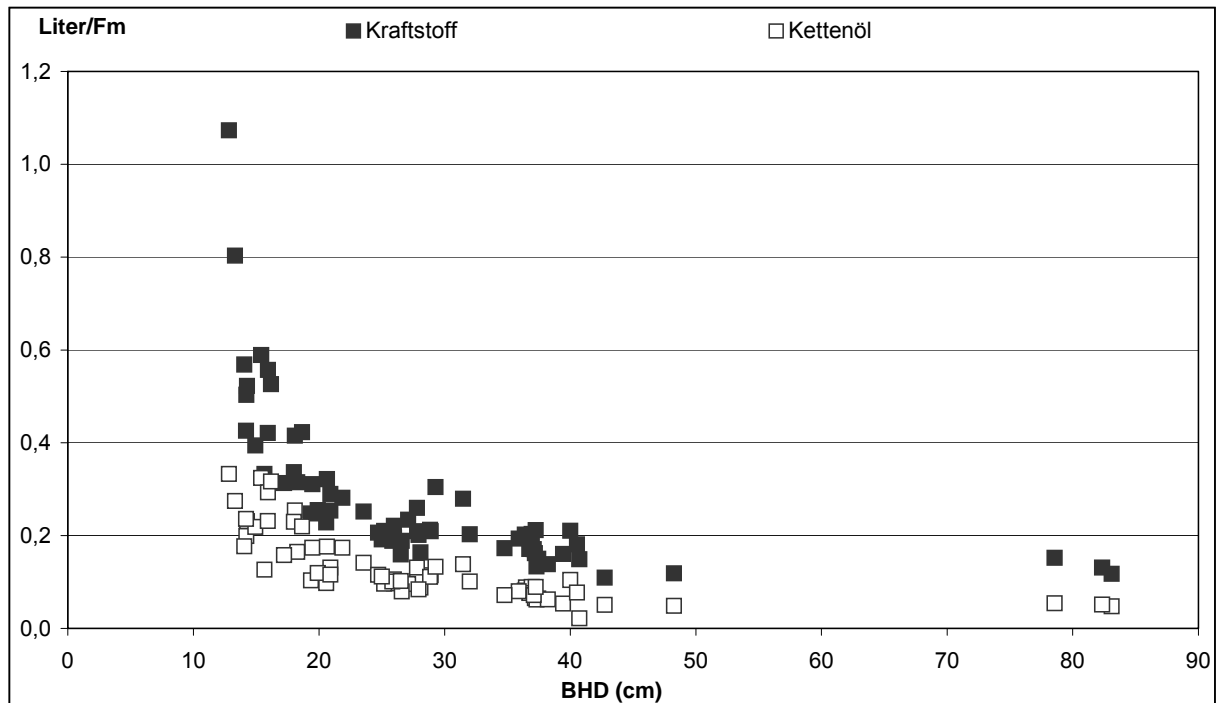


Abb. 7: Betriebsstoffverbrauch bei Fichte je Festmeter nach BHD

### 3.5 MS-Lastlaufzeit und Bezugsmenge

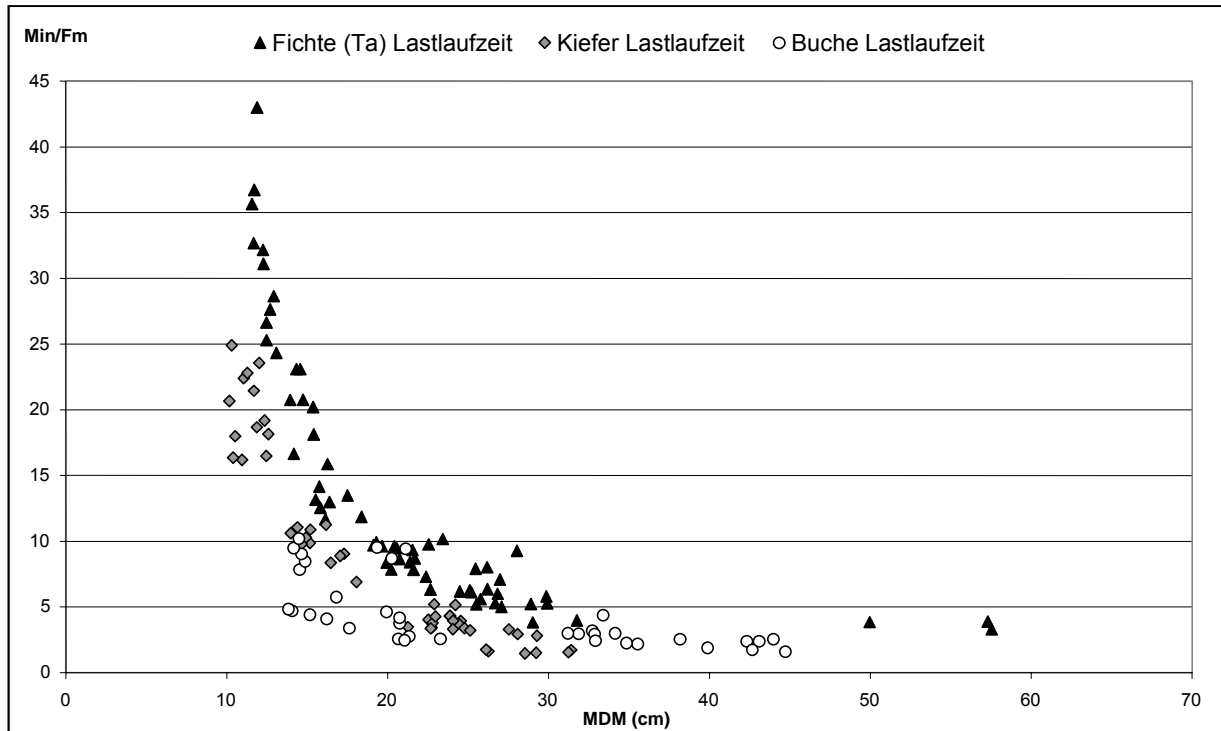
Wie schon in den vorangegangenen Abschnitten herausgearbeitet werden konnte, ist die MS-Lastlaufzeit eine wesentlich genauere Größe zur Darstellung des MS-Aufwandes, weswegen bei den folgenden Ergebnisdarstellungen ausschließlich diese betrachtet werden soll.

Wird die MS-Lastlaufzeit in Abhängigkeit zur aufgearbeiteten Holzmenge gesetzt, muss eine die Holzdimension repräsentierende Bezugsgröße berücksichtigt werden. Ohne diese zusätzliche Größe kann aufgrund des Stückmasseneffektes keine Aussage über den Zeitbedarf getroffen werden, da es sonst zu erheblichen Abweichungen der Minutenwerte je Festmeter kommt. Dieser Sachverhalt erklärt sich schon allein aus der Tatsache, dass im schwachen Holz weniger Festmeter je Zeiteinheit anfallen als im stärkeren Holz, obgleich die MS die gleiche Lastlaufzeit aufweisen kann.

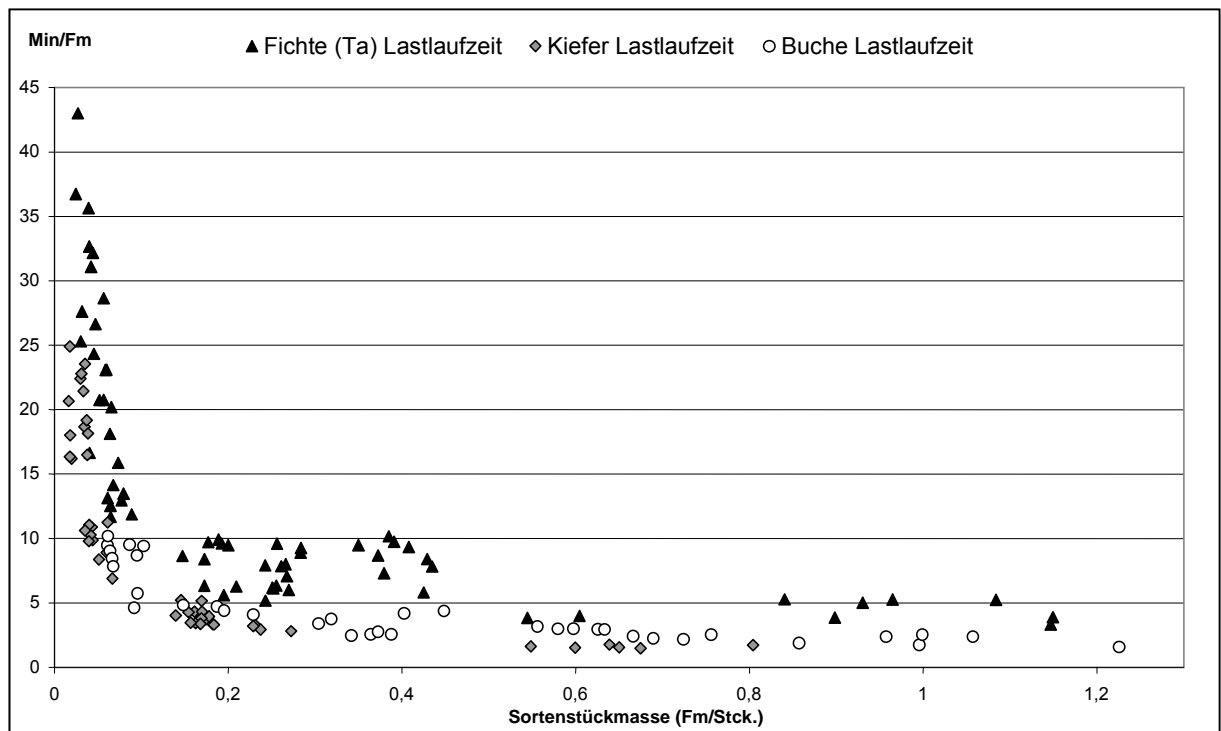
Wie die Ergebnisse zeigen, korrelieren die Fichten- und Kiefernwerte enger mit dem mittleren Mittendurchmesser (MDM<sup>1</sup>) als mit dem Bhd. Auch liegen die Kiefernwerte erwartungsgemäß im Anhalt an die EST-MS-Tabellenzeiten unter dem Niveau der Fichtenwerte. Die Buchenwerte zeigen bei Bhd und MDM eine deutlich schlechtere Anpassung als bei der durchschnittlichen Sortenstückmasse (SSM = Erntemenge :

<sup>1</sup>  $MDM = 2 \times \sqrt{\frac{\text{Gesamtvolumen}}{\text{Gesamtlänge} \times \pi}}$

Anzahl der Sortenstücke). In Abb. 8 ist die dieser Sachverhalt für die Bezugsgröße MDM dargestellt. Wie sich in Abb. 9 zeigt, weisen die Buchenwerte im Vergleich zum Bhd und MDM eine bessere Anpassung an die SSM auf. Bei den Kiefernwerte ist die Anpassungsgüte mit der des MDM vergleichbar, während die Fichtenwerte entlang der SSM einen deutlich schlechteren Verlauf erkennen lassen.



**Abb. 8:** Lastminuten je Fm von Fichte (Ta), Kiefer und Buche nach MDM



**Abb. 9:** Lastminuten je Fm von Fichte (Ta), Kiefer und Buche nach SSM

Die in den Grafiken erkennbaren Korrelationsdifferenzen bei den einzelnen Baumarten sind zahlenmäßig durch das Bestimmtheitsmaß für den MDM und der SSM in Tab. 8 dargestellt.

**Tab. 8:** Bestimmtheitsmaß (*B*) für die Bezugsgröße mittlerer Mittendurchmesser (MDM) und durchschnittliche Sortenstückmasse (SSM) nach Baumarten

Baumart	MDM	SSM
Fichte	0,92	0,79
Kiefer	0,93	0,93
Buche	0,43	0,79

Eine Erklärung für die unterschiedliche Anpassungsgüte der einzelnen Baumarten an den MDM bzw. SSM liefert die zu leistende Entastungsarbeit bei der Aufarbeitung. Demnach haben Trennschnitte bei Baumarten mit wenig Beastung einen entscheidenden Einfluss auf die Höhe der MS-Lastlaufzeit, während Baumarten mit vielen Ästen einen schon dadurch bedingten hohen MS-Lastzeit-Sockel aufweisen, bei dem zusätzliche Trennschnitte kaum ins Gewicht fallen. Demgegenüber verändert sich die Bezugsgröße MDM durch Trennschnitte nicht, wogegen die SSM mit zunehmender Anzahl von Trennschnitten sinkt.

#### 4 Diskussion

In der Studie wurde erstmals die MS-Laufzeit mit Laufzeitrekordern elektronisch gemessen. Die Messmethode erlaubt eine Echtzeiterfassung der MS-Drehzahl. Damit wird erstmals eine gezielte Untersuchung der kostenrelevanten MS-Lastlaufzeit (= Wirkzeit) möglich.

Die in der Untersuchung erhobenen Praxisdaten zur MS-Laufzeit erlauben es, den MS-Aufwandsrahmen in der Holzernte abzubilden. In der Studie wurde vornehmlich der Einfluss von grundlegenden Baummerkmalen bei durchschnittlichen Hiebsbedingungen untersucht. Der konkrete Einfluss von Faktoren wie Baumart, Baumdimension und Sortenaushaltung auf Betriebsstoffverbrauch und MS-Zeitbedarf können damit in ihrer Wechselwirkung schlüssig dargestellt werden.

Eine hervorzuhebende Besonderheit bei der MS-Arbeit ist die individuelle und damit variable Benutzung des Arbeitsgeräts bei der Arbeitsausführung. In der Studie ist dieser Individualeinfluss näher untersucht worden und wurde als eine maßgebliche Streuungsgröße erkannt.

Die Bedeutung der individuellen MS-Handhabe zeigt sich bei der Interpretation der MS-Arbeit mit Hilfe von MS-Kennzahlen, die auf der MS-Gesamtlaufzeit basieren. Die nahezu aufwandsneutrale Leerlaufzeit ist Teil der Gesamtlaufzeit, die vom Laufenlassen bzw. Ausmachen der MS während der Arbeitsausführung abhängt. Nur durch regelnde Vorgaben, wie es bei der genauen Einhaltung von Arbeitsverfahren bei Zeitstudien der Fall ist, kann eine zutreffende Aussage über den MS-Aufwand mit Hilfe von Gesamtlaufzeit basierten Kennzahlen gelingen.

Die MS-Lastlaufzeit ist nach dem oben geschilderten Sachverhalt stabiler. Die zu erwartende MS-Zeit lässt sich somit Lastlaufzeit bezogen wesentlich genauer abbilden. Die MS-Lastlaufzeit steht gleichsam für den produktiven MS-Betrieb, der sich über die messbare Input-Größe Kraftstoffverbrauch oder durch die messbaren Output-Größe Menge des aufgearbeiteten Rohholzes ableiten lässt. Somit lässt sich die MS-Lastlaufzeit über die verbrauchte Kraftstoffmenge herleiten, was auch die MS-Intensität berücksichtigt, da eine hohe absolute Verbrauchsmenge gleichbedeutend mit einer hohen MS-Betriebszeit ist. Ein Festmeterbezug stellt den Zusammenhang zwischen aufgearbeiteter Holzmenge und der dafür notwendigen MS-Laufzeit her und trägt damit der unterschiedlichen MS-Intensität Rechnung. Die MS-Lastlaufzeit ist auch hier die genauere Größe für die Abschätzung des MS-Zeitbedarfs.

#### **Literatur:**

BOMBOSCH, F.; DAUBER, E., 1985: Tarifpflege – Dokumentation der ersten EST-Aktualisierung, Mitteilungen der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Freiburg i. Brsg., Heft 116.

DUMMEL, K.; VON TÜRCKHEIM, H.-E. 1982: Die Aktualisierung des HET-Grunddatenmaterials für die Entwicklung des Erweiterten Sortentarifs (EST), Mitteilungen der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Freiburg i. Brsg., Heft 102.

FLEISCHER, M.; KNOTHE, J., 2000: Untersuchungen der verschiedenen Betriebszustände bei den Motorsägenlaufzeiten und zu deren Berücksichtigung bei den Vorgabezeiten, Forsttechnische Informationen (FTI), 3+4.