



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Wald- und Boden-
wissenschaften

Längenmessgenauigkeit von Harvester- und Prozessoraggaten

Masterarbeit

Erstellt von:

Lukas Maier Bakk.techn.

Betreuer:

Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Karl Stampfer
Dipl.-Ing. Thomas Leitner

Universität für Bodenkultur Wien
Department für Wald- und Bodenwissenschaften
Institut für Forsttechnik

Wien, November 2012

KURZFASSUNG

Der Einsatz von Harvester- und Prozessoraggregaten in der Holzernte hat in den letzten 20 Jahren immer mehr an Bedeutung zugenommen. Dabei stellen Harvester und Forwarder im ebenen Gelände, so wie die Kombination von Motorsäge, Seilgerät und Prozessor unter Gebirgsbedingungen, die höchste Mechanisierungsstufe dar. In beiden Fällen erfolgt die Ausformung vollmechanisiert. Dabei muss die Längenausformung von Stämmen zu Sägerundholz nach den Bestimmungen der österreichischen Holzhandelsusancen mit einem Überlängenzuschlag von mindestens 6 cm bei den 4 m Blochen erfolgen. Damit Unterlängen verhindert werden, befindet sich das Schnittfenster des Harvesters meist deutlich über der Mindestlänge. Ziel dieser Arbeit war es, anhand der Analyse von Werksvermessungsprotokollen herauszufinden, welche Einflussfaktoren sich negativ auf die Längenmessgenauigkeit von Harvester- bzw. Prozessoraggregaten auswirken und wie groß der ökonomische Verlust hinsichtlich einer zu großen Überlänge ist. Die Auswertung ergab, dass 47% der vermessenen Bloche länger als 415 cm ausgeformt wurden, was einem Zuschlag zur Überlänge von 9 cm entspricht. In Abhängigkeit von der Jahreszeit wiesen die Sortimente im Sommer ein geringeres Übermaß als im Winter auf. Einen deutlichen Einfluss zeigte auch die Stärkeklasse, da mit zunehmendem Durchmesser die Überlänge zunimmt. Bezogen auf die Qualität steigt mit schlechter werdender Güteklasse der Längenzuschlag an, was sich durch verstärkte Astigkeit erklären lässt. Die Aggregattypen unterschieden sich hinsichtlich der Längenausformung nicht. Der ökonomische Verlust lag durch hohe Übermäße zwischen 0,93 € und 1,9 € pro vermarktetem m³.

Schlüsselwörter: Übermaß, Überlänge, Längenmessgenauigkeit, Harvesteraggregat, Prozessoraggregat

ABSTRACT

Harvester and forwarder in flat terrain as well as combination of chainsaw, cable yarder and processor under mountainous conditions constitute the highest level of mechanization. In both cases, delimiting and bucking is done automatically. The length of saw logs must comply with the provisions of the Austrian Timber Trade-Usages where the minimum target length is appointed (for this study 406 cm). To avoid too short assortments it is common to set the cutting-window on the harvester to a larger length. The study is based on the statistical analysis of sawmill measurement data. It determines factors which have negative impacts on the length measurement accuracy of harvester and processor heads, additionally the economic effects of over-length were studied. The analysis revealed that 47% of the observed assortments were longer than 415 cm, which corresponds to an over-length of 9 cm. Depending on the harvesting season, the assortments produced in summer showed a clearly shorter over-length than in winter. A significant influence indicated the diameter class because the length increases with growing diameter. Based on quality the over-length increases by lower quality grade, which may be explained by increased branchiness. The harvesting system itself had no influence on the length measurement performance. The calculated economic loss due to produced over-length was between 0.93 € and 1.9 € per sold m³.

Keywords: over-length, length measurement, length measurement accuracy, harvester head, processor head

VORWORT

Ich möchte mich an dieser Stelle ganz besonders bei meinen Betreuern Univ.-Prof. Dr. Dipl.-Ing. Karl Stampfer und DI Thomas Leitner, die mir jederzeit mit Rat und Tat zur Seite standen und mich, wenn der Weg einmal in die falsche Richtung ging, wieder auf den richtigen führten, bedanken.

Ein weiterer Dank gebührt auch Herrn DI Harald Zollner von der Firma Haslacher Norica Timber, der das Datenmaterial für diese Arbeit bereitstellte.

Ganz besonders bedanken möchte ich mich bei meiner Lebensgefährtin Gerhild und meinen zwei Kindern Anna und Lorenz, die mich in den letzten Jahren immer wieder ermutigten nicht aufzuhören, mich mit großer Geduld unterstützten und mir den Rücken stärkten.

Einen herzlichen Dank auch meinen Eltern, die mir mein Studium ermöglichen und mich in jeglicher Art und Weise unterstützten.

Ein großes Danke auch an meine Schwiegereltern Peter und Huberta, die mich so herzlich in ihre Familie aufnahmen und stets an allem interessiert waren, was ich tat.

Abschließend möchte ich mich noch bei meinem langjährigen guten Freund Christoph Kleitsch für seine, für mich immer offenen Ohren bedanken.

INHALTSVERZEICHNIS

1. EINLEITUNG	1
1.1 Problemstellung	1
1.2 Zielsetzung	2
2. STAND DES WISSENS	3
2.1 Österreichische Holzhandelsusancen (ÖHHU)	3
2.2 ÖNORM L 1021	3
2.2.1 Schlussbrief.....	3
2.2.2 Längenübermaß für Rundholz.....	4
2.3 Harvestermessung – Prozessormessung	4
2.3.1 Funktionsprinzip	4
2.3.2 Probleme bei der Längenmessung	6
2.4 Eichfähigkeit von Harvester- bzw. Prozessoraggregaten	7
2.4.1 Definition Eichung	7
2.4.2 Justierung anstatt Eichung.....	8
2.5 Justierung/Kalibrierung von Harvester- bzw. Prozessoraggregaten	8
2.5.1 Werkseitige Kalibrierung	9
2.5.2 Justierung im laufenden Betrieb	9
2.6 Bisherige Studien.....	9
3. MATERIAL UND METHODEN	11
3.1 Versuchslayout	11
3.2 Funktionen Harvesteraggregat und Prozessor auf Seilgerät	11
3.3 Datenerhebung	12
3.4 Datenauswertung.....	12
4. ERGEBN ISSE	13
4.1 Analyse der Messprotokolle	13
4.2 Unterschiede bei der Längenmessung zwischen Harvesteraggregat und Prozessor auf Seilgerät.	14
4.3 Einflussfaktoren der Längenmessung.....	17
4.3.1 Jahreszeit	17
4.3.1.1 Unabhängig vom Aggregattypen.....	17
4.3.1.2 Abhängig vom Aggregattyp.....	19
4.3.2 Stärkeklasse.....	23
4.3.3 Einfluss der Qualität	27
4.4 Ökonomische Betrachtung	29
4.4.1 Sommer versus Winter	31

4.4.1	Harvester vs. Prozessor auf Seilgerät	31
4.4.2	Stärkeklasse.....	32
4.4.3	Qualität	33
5.	SCHLUSSFOLGERUNGEN	34
6.	ZUSAMMENFASSUNG	36
7.	LITERATURVERZEICHNIS	37
8.	ANHANG	40
8.1	Abbildungsverzeichnis	40
8.2	Tabellenverzeichnis	41

1. EINLEITUNG

1.1 Problemstellung

In Österreich kamen 1990 das erste Mal Harvester zum Einsatz (BFW, 2011). Das Fortschreiten dieser Technik wurde durch die Holzpreise- und Lohnkostenentwicklung wesentlich beeinflusst und vorangetrieben. Heute stellt die Kombination Harvester und Forwarder die höchste Mechanisierungsstufe im ebenen Gelände dar. Derzeit kann davon ausgegangen werden, dass etwa 17% des jährlichen Holzeinschlages in Österreich (18.695.671 m³o.R.) , das sind ca. 3,3 Mio. m³o.R. , von Harvestern gefällt und aufgearbeitet wird (BMLFUW, 2012). Unter Gebirgsbedingungen wird der höchste Mechanisierungsgrad in der Kombination durch Fällung mit der Motorsäge, Rückung mit Seilgerät und Aufarbeitung mit Prozessoren erreicht.

Laut den ÖHHU (2006) muss ein Übermaß von 1 % (mindestens 6 cm) bei Blochen und Doppelblochen bzw. 2% der Länge bei Laingholz vorhanden sein, um nicht automatisch in die darunterliegende Längenklasse abgestuft zu werden, falls es nicht anders im Schlussbrief vereinbart ist. Um dem vorzubeugen, ist es Usus, das Übermaß am Bordcomputer der Harvester und Prozessoren meist sehr großzügig einzustellen, damit die vertraglich vereinbarte Länge nicht unterschritten wird (Sandler, 2007). Die Messgenauigkeit, so wie die Justierung von Harvester- bzw. Prozessoraggregaten unterliegen in Österreich jedoch keinen gesetzlichen Bestimmungen, somit kann das Harvester abmaß nicht als Verkaufsmaß herangezogen werden

Probleme bei Sortimenten mit zu großem Übermaß ergeben sich dadurch, dass der Verkäufer Ware liefert, für die er nicht bezahlt wird und auch der Mitten- bzw. Zopfdurchmesser sich verschieben könnte (Loschek, 2011). Die Frächter haben zudem den Nachteil, dass sie Ware transportieren, für deren Transport sie nicht bezahlt werden und es als Folge zu Überschreitungen des gesetzlich geregelten, höchstzulässigen Gesamtgewichtes kommen kann (FERIC, 2004) . Auch der Maschinenführer riskiert durch die Messungenauigkeit Vertragsstrafen und es entgehen ihm eventuelle Boni. Nicht zu vergessen sind die Nachteile für die Sägewerke durch falsch ausgeformte Stämme, da sich zu lange Sortimente auf den Förderbändern verkeilen können und zu kurze nicht mehr die entsprechende Güteklasse aufweisen und somit nur mehr bedingt einsetzbar sind (FERIC, 2004). Eine korrekte Ausformung ist in Zeiten des vermehrten Einsatzes von mechanisierten Maschinen von größter Bedeutung, nicht zuletzt, um das Vertrauen der Waldbesitzer in diese Technik zu stärken und weiter auszubauen.

1.2 Zielsetzung

Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Analyse von Einflussfaktoren auf die Längenmessgenauigkeit von Harvester- und Prozessoraggregaten und die Quantifizierung der ökonomischen Auswirkungen von zu langen Übermaßen. Im konkreten Fall sind folgende Fragestellungen zu beantworten.

- Gibt es Unterschiede bei den Längenmessungen je nach verwendetem Aggregattyp (Harvesteraggregat, Prozessor auf Seilgerät)?
- Gibt es jahreszeitliche Unterschiede unabhängig/abhängig von der Ausformungstechnik?
- Inwieweit beeinflusst der Durchmesser bzw. die Stärkeklasse die Längenmessgenauigkeit?
- Beeinflusst die Qualität als Zeiger für die Astigkeit die Längenmessgenauigkeit?
- Wie groß sind die ökonomischen Verluste durch ein erhöhtes Übermaß?

2. STAND DES WISSENS

2.1 Österreichische Holzhandelsusancen (ÖHHU)

Die Österreichischen Holzhandelsusancen (ÖHHU) haben ihren Ursprung in den Börsenusancen der Wiener Warenbörse. Sie wurden erstmals 1882 veröffentlicht und waren darauffolgend bis nach der Jahrhundertwende als Holzhandelsusancen am Wienerplatz bekannt. Nach Novellierungen, aufgrund von Ergänzungen und technischen Neuerungen, sind die ÖHHU 2006 die letztgültige Fassung (Lackner, 2006).

Die ÖHHU sind Handelsbräuche im Sinne des Handelsgesetzbuches und besitzen Gültigkeit auch ohne ausdrückliche Vereinbarungen oder Kenntnisse der Vertragspartner darüber (Lackner, 2006). Eine wesentliche Änderung in der Version 2006 ist der überwiegende Wechsel vom Waldabmaß zur Werksvermessung. Vorteilhaft ist, dass hier alle messtechnischen Möglichkeiten ausgenutzt werden können und auch sollten, denn dadurch kann man sich auf andere qualitative Merkmale konzentrieren und eine einwandfreie Bewertung der Ware garantieren. Der Verkäufer erhält innerhalb von 14 Tagen nach der Messung die Abmaßlisten anhand derer beispielsweise ersichtlich ist, warum C-Qualitäten auf Cx zurückgestuft wurden (Abholzigkeits- und/oder Krümmungsgrenzen überschritten) und, ob es gehäuft zu Längerrückstufungen aufgrund zu geringer Überlängen gekommen ist.

Im Zuge der Neuauflage der ÖHHU im Jahre 2006 wurde zugleich begonnen die ÖNORM L 1021, welche die elektronische Werkvermessung von Rundholz regelt, zu überarbeiten (Lackner, 2006).

2.2 ÖNORM L 1021

Die ÖNORM L 1021 regelt die Vermessung von Rundholz und legt zudem die Auswertung der Messergebnisse, sowie die in den Messprotokollen verwendeten Kurzzeichen fest. Begriffe wie Abholzigkeit, gestufte Länge, Krümmung, Längenübermaß usw. sind genau definiert und baumarstenspezifisch festgelegt. Händische und elektronische Vermessung werden ausführlich erklärt und nehmen stets Bezug auf die österreichischen Holzhandelsusancen. Geregelt ist auch die Ermittlung des Rauminhaltes und der Rindenabzüge. Weiters ist die Gestaltung und Handhabung der auf elektronischem Wege erstellten Werkvermessungsprotokolle festgelegt (ÖNORM L 1021, 2006).

2.2.1 Schlussbrief

Der Schlussbrief kann mündlich oder schriftlich abgeschlossen werden, wobei die schriftliche Variante zu bevorzugen ist, da bei auftretenden Unregelmäßigkeiten man sich immer auf die Vereinbarungen berufen kann. Ein weiterer Vorteil ist, dass, wenn es durch Schadholzereignisse zu einem Holzüberfluss kommt, ein auf die Gegebenheiten abgestimmter Schlussbrief, die nach den vereinbarten Konditionen garantierte Holzabnahme sicherstellt (Grill, 2010). Die wichtigsten Inhalte

des Schlussbriefes, neben den allgemeinen vertraglichen Bestimmungen, sind Holzart, Dimension, Qualität, Übermaß, Erfüllungsort, Liefertermin, Lieferzeitraum, Preis, Zahlungskonditionen, Art der Messung, Eigentumsvorbehalt, Gültigkeit der österreichischen Holzhandelsusancen, Gerichtsstand und die Unterschriften aller Vertragspartner (Sandler, 2007). Bezüglich Holzmenge und -qualität sollte immer darauf geachtet werden, dass man sich genügend Spielraum für die Lieferung lässt, um nicht, im Falle einer Minder- oder Mehrlieferung, vertragsbrüchig zu werden. Wichtig ist auch der Eigentumsvorbehalt, der dem Verkäufer das Recht einräumt, so lange Besitzer der Ware zu bleiben, bis diese bezahlt ist (Sandler, 2007). Zur genaueren Ansicht kann von der Internetseite der Kooperationsplattform Forst-Holz-Papier (www.forstholzpapier.at) ein Musterschlussbrief für den Holzverkauf gratis heruntergeladen werden.

2.2.2 Längenübermaß für Rundholz

Bei der Rückung von Sägerundholz vom Hiebort an die Forststraße kommt es an den Stirnseiten durch Erde und Steine zu Verschmutzungen, die die Schärfe der Sägeblätter in den Sägebetrieb mindern würden. Zudem sind die Holzausformungsbedingungen im Wald nicht immer gleich bzw. einfach, was einen rechtwinkligen Trennschnitt zur Stammachse mit der Motorsäge nicht immer möglich macht. Um diesen Auswirkungen entgegenzuwirken, wird bei der Übernahme im Werk eine dünne Stammscheibe an beiden Enden des Bloches abgeschnitten (das Holz wird gekappt) (Sandler, 2007).

Laut ÖHHU (2006) muss bei Blochen bzw. Doppelblochen ein Übermaß von 1% der Länge berücksichtigt werden. Mindestens aber 6 cm und höchstens 20 cm. Wird seitens des Käufers mehr Übermaß verlangt, so ist dies ausdrücklich zu vereinbaren und schriftlich festzuhalten, doch sollte eher auf die Minimierung dessen Wert gelegt werden.

2.3 Harvestermessung – Prozessormessung

2.3.1 Funktionsprinzip

Die folgenden beiden Abbildungen veranschaulichen zum Ersten die technischen Bauteile eines Prozessoraggregates, wie Vorschubwalzen und Entastungsmesser und zum Zweiten die dazugehörige im Aggregat installierte Längenmeseinrichtung mit den zwei für die Messungen wichtigsten Bauteilen, das Längenmessrad und der Längensensor (Abbildung 1 u. 2).

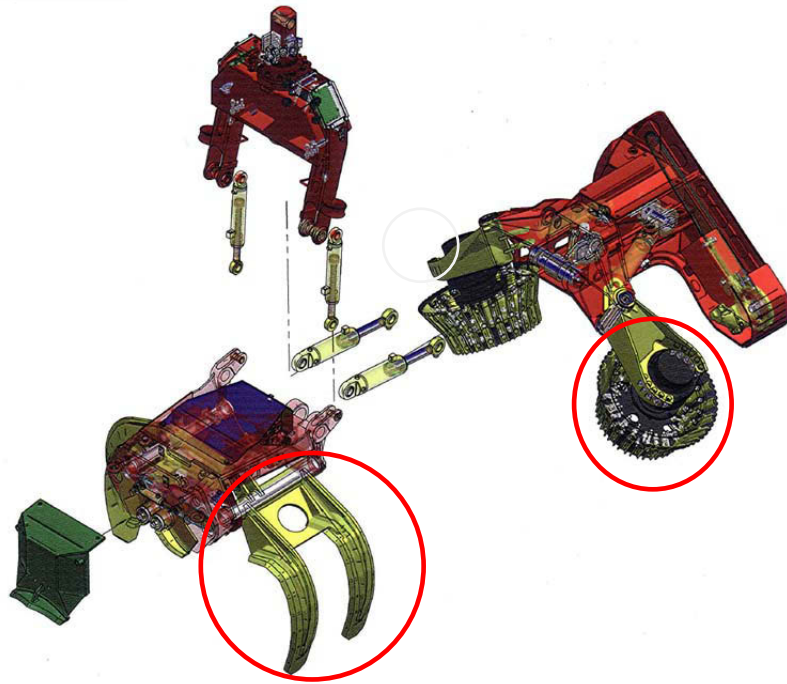


Abbildung 1: Woody H60 Prozessoraggregat (Quelle: Konrad, 2010)

Beim Fällschnitt schließen sich die Vorschubwalzen und gleichzeitig wird das Längenmessrad mit einem konstanten Druck auf die Stammoberfläche gedrückt, die Längenerfassung ist aktiviert. Beim Entastungsvorgang werden die Umdrehungen der Messrolle, in Form von Impulsen erfasst, umgerechnet und am Bordcomputer angezeigt (Konrad, 2010).

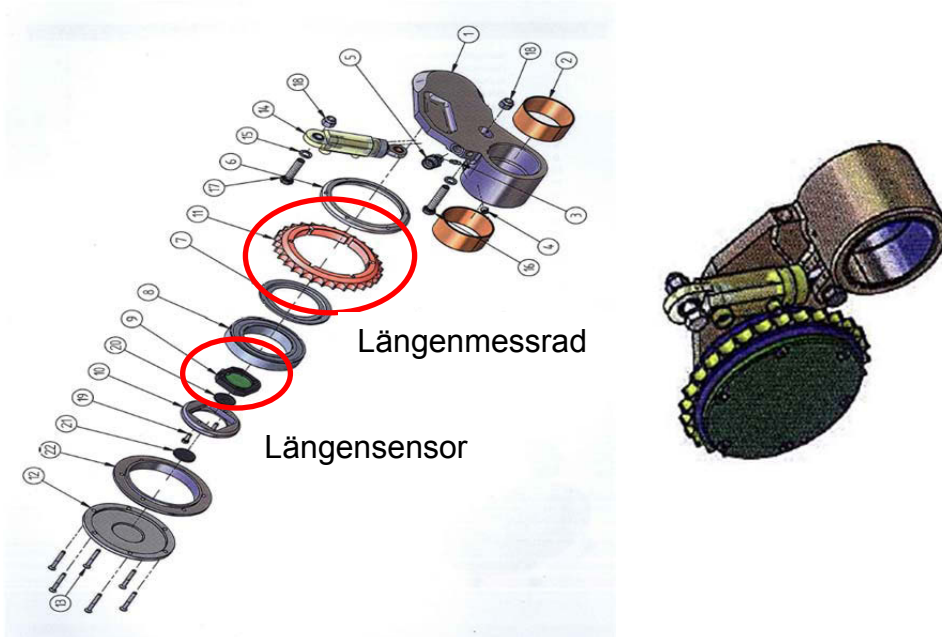


Abbildung 2: Längenmesseinrichtung Woody H60, mit hervorgehobenen Einzelbauteilen Längenmessrad und Längensensor (Quelle: Konrad, 2010)

Die Steuerung der Arbeitsvorgänge des Prozessoraggregates erfolgt von der Fahrerkabine aus. In dieser befinden sich zwei Computersysteme, von denen das eine die Visualisierung und Datenverarbeitung übernimmt und das andere den Maschinenisten bei der Bedienung der Maschine unterstützt. Für den Arbeitsprozess kann man zwischen drei verschiedenen Einstellungen wählen. Die Vollautomatik positioniert den auszuformenden Stamm auf die am Computer eingestellte Länge und führt den Trennschnitt durch. Sobald die Säge wieder in ihre Ausgangsstellung zurückgekehrt ist schaltet sich der automatische Vorschub wieder ein und der Vorgang wiederholt sich. Wählt man die Halbautomatik, so wird nur die Kappung per Hand ausgelöst während bei der manuellen Bedienung jeder Arbeitsschritt per Knopfdruck befehligt werden muss (Konrad, 2010).

2.3.2 Probleme bei der Längenmessung

Bedenkt man, unter welchen Bedingungen ein Harvester- bzw. Prozessoraggregat arbeiten muss, so ist es naheliegend, dass dies nicht ganz ohne Probleme abläuft und somit das System fehleranfällig ist. Unterschiedliche Eindringtiefen (Abbildung 3) des Messrades bewirken Änderungen im Abrollradius und machen Justierungen notwendig. Die Eindringtiefe ist vor allem von der Baumart und den jahreszeitlichen Bedingungen abhängig (Six, 2011).

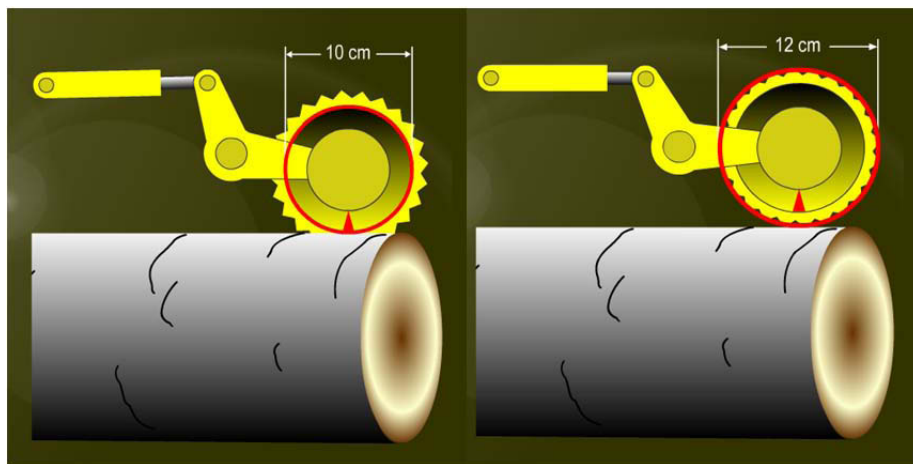


Abbildung 3: Eindringtiefe des Messrades (Quelle: FERIC, 2004)

Auch Stammunebenheiten, bedingt durch z.B. Beulen oder Schäden, große Durchmesservariabilität, Vereisungen an der Rinde, Abnutzungen und Verschmutzungen beeinflussen den zurückgelegten Weg des Messrades und erfordern gegebenenfalls eine Justierung (Abbildung 4).

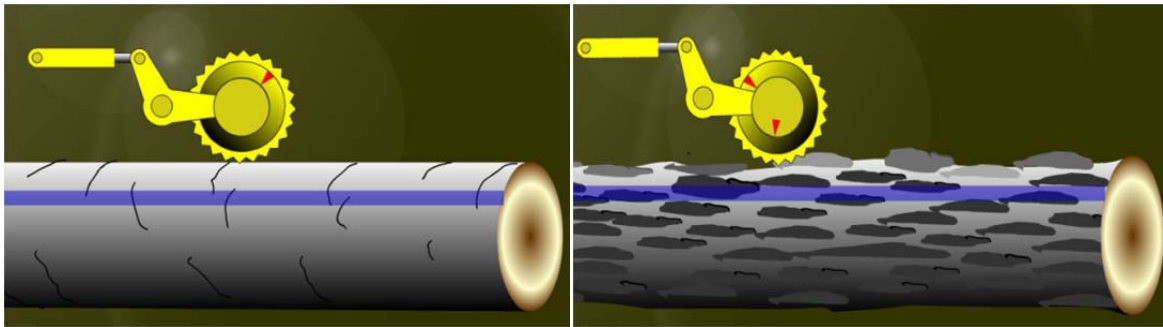


Abbildung 4: Stammunebenheiten bei Längenmessung (Quelle: FERIC, 2004)

Zudem können die Astigkeit, sowie auch Sc hälsschäden einen Einfluss auf die Genauigkeit haben, denn je stärker (grobas tiger) und häufiger Äste und ges chälte Stammbereiche auftreten, desto unförmiger wird der Weg für das Messrad, was dazu führt, dass die gemessene Strecke länger wird und so Unterlängen entstehen können (Anderson und Dys on, 2001, Gr ußdorf, 1997). Jedoch spielt hierbei die zu ernt ende Baumart und der jeweilige zu bearbeitende Baumabschnitt eine Rolle (Anderson und Dyson, 2001). Obendrein kann es bei mangelnder Wartung der Entastungsmesser dazu kommen, dass ve reinzelt Aststummel übrig bleiben und diese dann den Weg des Messrades negativ beeinflussen oder der Stammförderer stecken bleibt und der Maschinist daraufhin den Stamm rückwärtsfahren lassen muss, was wiederum das Risiko eines Messfehlers enorm steigert.

Starke Temperaturschwankungen im Spät winter können auch eine mittägige Nachjustierung bedingen, was aber nicht auf alle Hersteller zutrifft (Anderson und Dyson, 2001). Nicht zu vergessen ist aber, dass es während des Arbeitsvorganges am Prozessorkopf immer wieder zu starken Erschütterungen, die meist momentan auftreten und zu Vibrationen, welche stetig vorhanden sind, kommt. Oft wird auch auf eine Justierung vergessen bzw. diese erst gar nicht vorgenommen (Marshall et al., 2006). Die Messgenauigkeit des Harvesters ist besonders von der Justierung und der Bedienung abhängig und kann durch regelmäßige Schulungen bzw. Unterweisungen verbessert werden (Grußdorf, 1997).

2.4 Eichfähigkeit von Harvester- bzw. Prozessoraggregaten

2.4.1 Definition Eichung

Unter Eichung versteht man die Qualität sprüfung eines Messgerätes nach Vorgaben des Gesetzgebers (BEV, 2012). Dabei wird ermittelt, ob das zu prüfende Messinstrument den Eichvorschriften entspricht und die Messabweichungen unterhalb der erlaubten Fehlergrenzen liegen. Erfüllt das Gerät die Anforderungen, bekommt es einen Eichstempel, der beurkundet, dass die Messungen innerhalb der Nacheichfrist „richtig“ bleiben (DIN 1319-1, 1985).

2.4.2 Justierung anstatt Eichung

Harvesteraggregate bzw. Prozessoraggregate auf Seilgeräten sind stets harten Einsatzbedingungen ausgesetzt, die eine Justierung notwendig machen (Horster, 2005), was aber dann dem MEG §38/4/(3) widerspricht, wo es heisst, dass „...die Richtigkeit und Zuverlässigkeit der Messgeräte ... sichergestellt sein muss“ (Maß- und Eichgesetz, 2012). Doch damit ein Prozessoraggregat seine Maßstabilität aufrechterhalten und sich den jeweiligen Bedingungen am Hiebsort anpassen kann (sh. Kap.2.3.2), muss die Möglichkeit gegeben sein, das Messgerät zu justieren. Genau aus diesem Grund darf das Abmaß eines Prozessoraggregates nicht als Verkaufsmaß herangezogen werden. Sehr wohl besteht für die Sägewerke die Möglichkeit, damit Produktionsprozesse zu steuern oder daraus vorläufige Abrechnungsmaße zu ermitteln (Horster, 2005).

2.5 Justierung/Kalibrierung von Harvester- bzw. Prozessoraggregaten

Bei der Kalibrierung wird der Zusammenhang zwischen ausgegebenen Messwerten und den dazugehörigen, durch Normale festgelegten Werten einer Messgröße unter vorgegebenen Bedingungen ermittelt. Hierbei wird das Messgerät nicht verändert und die Kalibrierung ist nur für den Augenblick der Kalibrierung gültig. Somit können keine Langzeitaussagen, wie bei der Eichung, getroffen werden (BEV, 2011).

Hingegen bei der Justierung sehr wohl ein Eingriff am Messgerät stattfindet, um es auf vorgegebene oder durch ein genaueres Messgerät ermittelte Sollwerte einzustellen. Das kann über eine Justierschraube oder auch über Einstellungen am Computer erfolgen. Der springende Punkt ist aber, dass das Gerät bleibend verändert wird (BEV, 2011).

Kommt es zu Abweichungen bei der Messgenauigkeit, so kann davon ausgegangen werden, dass bei gleichbleibenden Umgebungsbedingungen, diese systematisch sind und somit für den gesamten Bestand gelten. Genau aus diesem Grund ist eine Justierung unumgänglich, damit solche Fehler ausgeglichen werden können. Justiert sollte auch werden, wenn das Längenmessrad ausgetauscht oder repariert wird. Generell ist die Wartung der Messsysteme permanent durchzuführen, da sich die Lager des Messrades auch abnutzen oder Rind- und Eisteile die Laufgängigkeit beeinflussen können (FERIC, 2001).

Die Fehlergrenzen für die technische Messgenauigkeit, also jene unter Nenngebrauchsbedingungen, liegen bei der Längenmessung bei +/- 1% des Messwertes, jedoch nicht weniger als 5 cm (Dietz und Urbanke, 2010) und für die Messbeständigkeit (die Einhaltung der vorgegebenen Genauigkeit) im Praxiseinsatz gilt, dass 95% der aufgearbeiteten Stämme die geforderte Lieferlänge aufweisen müssen (Dietz und Hauck, 1997).

2.5.1 Werkseitige Kalibrierung

Im Werk erfolgt die Einstellung der technischen Messgenauigkeit unter optimalen Prüfbedingungen. Das heißt, es wird kalibriert. Für die Längenmessung wird ein geprüftes Holzstück herangezogen, welches die in der Praxis gängigen Längensklassen abdecken soll (Dietz und Urbanke, 2010).

2.5.2 Justierung im laufenden Betrieb

Im laufenden Betrieb sollte immer dann justiert werden, wenn die per Hand durchgeführten Kontrollmessungen außerhalb der Fehlertoleranzen liegen. Stellt der Maschinist bei seinen Kontrollmessungen fest, dass es im Mittel zu einer Abweichung von drei oder mehr Zentimetern kommt, sowie die Standardabweichung mehr als 5 cm beträgt, muss sofort nachjustiert werden. Ist der Mittelwert zwei bzw. größer als zwei Zentimeter (Standardabweichung größer drei Zentimeter), dann muss mindestens zweimal pro Schicht kontrolliert und gegebenenfalls korrigiert werden. Wichtig ist, dass alle Baumarten, die mindestens 10% der Hiebmasse ausmachen, bei der Justierung mit einbezogen werden. Wie oft jetzt justiert werden muss, hängt natürlich auch von der Anzahl der Messungen und von der Höhe der Abweichungen ab. Es ist zu beachten, dass eine Justierung nur für überprüfte Längenbereiche durchgeführt werden kann und dafür mindestens zehn Messwerte, das sind ca. drei Bäume, notwendig sind (Dietz und Urbanke, 2010).

2.6 Bisherige Studien

In den letzten zwei Jahrzehnten haben sich zahlreiche Wissenschaftler mit der Thematik „Längenmessgenauigkeit“ bzw. „Messfehler von Harvester- und Prozessoraggregaten“, sowie dem daraus resultierenden ökonomischen Verlust beschäftigt, dabei aber hinsichtlich der Methodik zum Teil andere Wege gewählt als es in dieser Arbeit der Fall ist (Nieuwenhuis und Dooley 2006; Andersson und Dyson 2001; Marshall et al. 2006; Grußdorf 1997, 1999; Marence et al. 2009, Möller und Arlinger 2006; Conradie und Greene et al. 2003; Makkonen 2001; Sondell und Möller et al. 2002; Strandgard 2009).

Im Hinblick auf die Genauigkeit der Längenmessungen von Harvesteraggregaten, zeigten Vergleichsmessungen (Harvesterabmaß vs. Kontrollmessung) von Grußdorf (1997, 1999), dass 74% der ausgeformten Blöcke länger als das am On-Bord-Computer eingestellte Schnittfenster waren. Bei einem Versuch von Marence (2009) mit einem Woody H60 auf einem Syncrofalke Seilgerät, stellte sich ebenfalls heraus, dass im Schnitt die Sortimente zu lang waren. Anderson und Dyson (2001) ermittelten die Genauigkeit der Längenmessungen über den Anteil der von den Sägewerken akzeptierten Stämme und kamen im Durchschnitt auf 85%. Die Vorteile eines justierten Harvesteraggregates beobachteten Arlinger und Möller (2006) bei ihren Kontrollmessungen, die im Mittel bei 83% der Längen innerhalb von ± 2 cm lagen und eine deutliche Steigerung zu einem im Jahr 2001 durchgeführten Versuch zeigten, wo man auf 71% kam. Nieuwenhuis und Dooley (2006)

wiesen nach, dass durch Kalibrierung die Längenmessungen zwischen -1 und +2% abweichen.

Im Zuge einiger Studien wurde auch nach den Einflussfaktoren abweichender Längenmessgenauigkeit gesucht. So fand Grußdorf (1997, 1999) heraus, dass die von ihm beobachteten Abweichungen auf die schwierigen Saftverhältnisse im Sommer zurückzuführen sind. Hingegen konnten Anderson und Dyson (2001) einen von der Jahreszeit abhängigen Unterschied in der Längenmessung nicht bestätigen. Ihr Versuch zeigte aber, dass sich die Astigkeit deutlich negativ auf die Längenausformung ausübt. Im Hinblick auf die Stärkeklasse kamen Arlinger und Möller (2006) zum Resultat, dass bei Eichenstämmen, also bei zunehmenden Durchmessern, die Genauigkeit abnimmt.

Für die Bestimmung des ökonomischen Schadens bzw. Verlustes durch Längenmessfehler bei der Ausformung mit Harvesteraggregaten, bedienten sich Marshall et al. (2006) eines Simulationsprogramms, das auf einen ökonomischen Verlust, errechnet aus Fehlern der Längen- und Durchmesser messung, von 7% kam. Conrady und Greene et al. (2003) ermittelten einen Wertverlust von 7,4%, wobei hier die Abmaße des Harvesters mit einer Optimierungssoftware verglichen wurden. Bei der Bewertung des Volumens der Überlänge ermittelten Marence et al. (2009) ein wertmäßiges Defizit von 4,38%.

3. MATERIAL UND METHODEN

3.1 Versuchslayout

Damit die eingangs erwähnten Zielsetzungen erreicht werden können, sieht das Versuchslayout die Analyse von Messprotokollen von Rundholzvermessungsanlagen vor. Dafür werden Daten getrennt nach der Jahreszeit und dem Aggregattyp benötigt. Zusätzlich sollen aus den Protokollen für den Prozessor am Seilgerät noch die Rückrichtungen ersichtlich sein (Abbildung 5). Als Mindestanforderung muss von jedem vermessenem Sortimentsstück Baumart, Länge, Durchmesserklasse, Qualität und Preis bekannt sein.

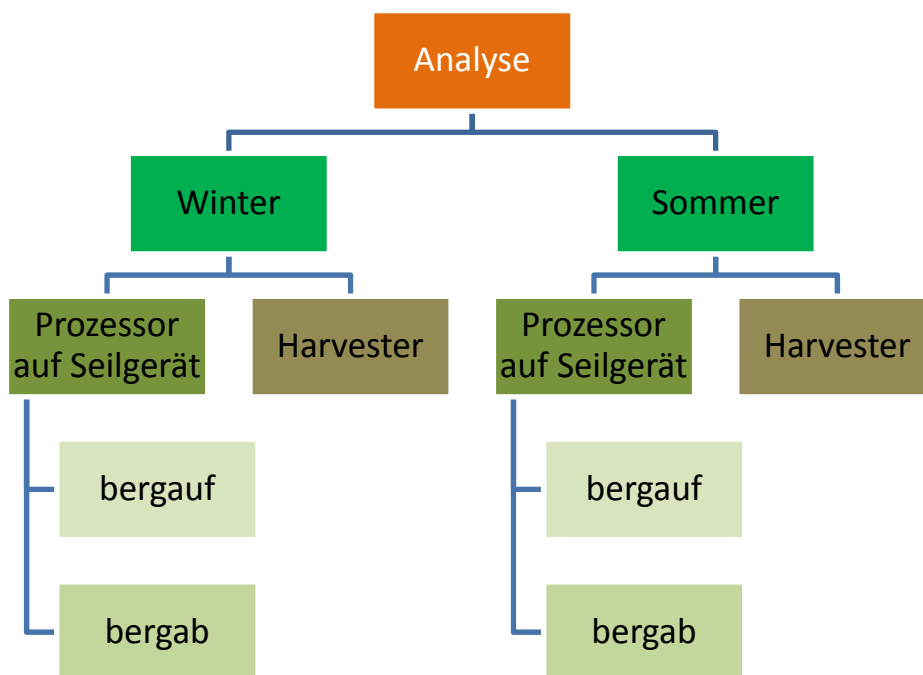


Abbildung 5: Versuchslayout

3.2 Funktionen Harvesteraggregat und Prozessor auf Seilgerät

Harvesteraggregate sind in der Lage, Funktionen wie Fällen, Entasten, Trennschnitte und Lagern auszuführen. Hingegen bei einem Prozessor auf Seilgerät die Funktion des Fällens nicht vorhanden ist, da dies manuell geschieht. Der Prozessor arbeitet nur in der horizontalen Stellung, wobei ein Harvesteraggregat sowohl vertikal als auch horizontal zum Einsatz kommt. Ein besonderer Vorteil des Woody H60 ist, dass sich die Entastungsmesser durch das Hochklappen der Vorschubeinheiten weit öffnen lassen und somit die aus geformten Bloche einfacher sortimentsgerecht gepoltet werden können (Pröll, 2006).

3.3 Datenerhebung

Die Daten wurden vom Unternehmen Hasslacher Norica Timber nach den Vorgaben des Versuchslayouts zur Verfügung gestellt. Das angelieferte Rundholz wird zur Aufgabe gebracht und vereinzelt. Anschließend erfolgt die Vermessung des Bloches in Rinde, wo dann Sortimente mit Mittendurchmesser, größer als 70 cm ausgeworfen und wenn erforderlich, Wurzelanläufe per Hand entfernt werden. Die überstarken Bloche kommen auf eine zweite Aufgabe, wo die Entrindung mit einer separaten Maschine erfolgt. Die anderen laufen auf den Förderbändern zum automatischen Wurzelreduzierer und danach weiter in eine Entrindungsanlage. Die entrindeten Rundhölzer gelangen daraufhin in die geeignete Vermessungsanlage, die in 3-D misst. Für die Messung von Abholzigkeit und Krümmung liegt das Konformitätszertifikat des Unternehmens Microtec vor. Nach dem Messvorgang werden die Bloche gekappt und laufen weiter zu einem Mitarbeiter, der sie okular den Qualitäten entsprechend per Knopfdruck sortiert. Die Daten gelangen von der Vermessungsanlage automatisch auf das Verwaltungs- und Abrechnungssystem und sind nicht mehr änderbar, da sie durch das Eichgesetz und die ÖNorm L1021 besonders geschützt sind. Anschließend errechnet man aus den erhaltenen Daten Abrechnungen sowie Polterwerte (Zollner, 2011).

3.4 Datenauswertung

Bei der Datenauswertung kamen zwei Softwarepakete zum Einsatz. Mit dem Programm Microsoft Excel 2007 erfolgte zuerst eine Fusion der erhaltenen Excel-Sheets und anschließend eine Sortierung. Danach mussten einige Variablen, die für die Arbeit nicht relevant waren gelöscht bzw. neue, für die Fragestellung wichtige, berechnet werden. So wurde einem jeden Stamm, das zu ihm gehörende Aufarbeitungsgerät und die Jahreszeit mit einer neuen Variable zugewiesen, um anschließend Abhängigkeiten und Unterschiede feststellen zu können. Die Qualitäten Industrie-, Brenn-, Energie-, Sekunda- und Spanplattenholz fanden bei der weiteren Analyse keine Verwendung, da sie aufgrund lückenhafter Längenangaben nicht brauchbar waren. Dem Export der Excel-Daten in das Statistikprogramm „IBM SPSS Statistics“ folgte eine den Fragestellungen entsprechende statistische Analyse. Zu diesem Zweck wurden anfangs Häufigkeitsverteilungen und dazugehörige deskriptive Statistiken generiert und interpretiert. Tests auf Normalverteilung sind sowohl optisch als auch rechnerisch erfolgt. Bei der rechnerischen Überprüfung konnte trotz Transformation keine Normalverteilung erreicht werden, weswegen nichtparametrische Tests zur Anwendung kamen, um etwaige signifikante Unterschiede aufzudecken. Die Preise für einen Kubikmeter Holz waren in den Daten nur für Ernteeinsätze des Prozessors mit Seilgerät vorhanden, weshalb jene für den Harvester rechnerisch ermittelt wurden. Zu diesem Zweck nahm man für jede Stärkeklasse, Baumart und Qualität den Modus des jeweiligen Preises aus den Seilgeräteeinsätzen. Den Modus verwendet man deswegen, da er die häufigsten Werte wiedergibt und nicht, so wie der Mittelwert, durch niedrige und hohe Ausreißer stark beeinflusst wird (Sterba, 2006).

4. ERGEBNISSE

4.1 Analyse der Messprotokolle

Die für diese Arbeit vorliegenden Werksvermessungsprotokolle machten zusammen gerechnet ein Holzvolumen von 35.205 m³o.R. aus. Für die Beantwortung der Fragestellungen wurden nur die Qualitäten AB, C, Cx und Y und davon auch nur jene, die als 4m-Bloch klassifiziert waren, herangezogen. Daraus ergab sich eine für die Analyse zugrundeliegende Holzmenge von 21.971 m³o.R. (Tabelle 1) was einem Gesamtverkaufswert des vermessenen Holzes von 1.824.924 € (durchschnittlich 83 €/m³o.R.) entspricht.

Tabelle 1: Übersicht des zur Verfügung gestellten Datensatzes

Baumarten		
Fichte 19.928	m ³ o.R.	90,7%
Tanne 1.033	m ³ o.R.	4,7%
Lärche 945	m ³ o.R.	4,3%
Kiefer 65	m ³ o.R.	0,3%
Stärkeklassen		
1a 4,2%	}	92,8%
1b 17,9%		
2a 22,9%		
2b 18,9%		
3a 13,9%		
3b 9,4 %		
4a 5,6%		
Qualitäten		
AB 37%	Cx	21%
C 36%	Y	6%

Betrachtet man die Aggregattypen, so wurden rund drei Viertel der Datenbasis mit dem Harvester aufgearbeitet (Tabelle 2).

Tabelle 2: Verteilung der Bloche auf die Aggregattypen

Aggregattypen	Sortimentsstücke_[n]	Häufigkeit_[%]
Harvester 52.215		75,5
Prozessor auf Seilgerät bergauf	8752	12,7
Prozessor auf Seilgerät bergab	8166	11,8
Gesamt 6913	3	100

4.2 Unterschiede bei der Längenmessung zwischen Harvesteraggregat und Prozessor auf Seilgerät.

Jene Länge die ein Sortimentsstück laut ÖHHU aufweisen muss, also 406 cm, um als 4 m Bloch klassifiziert zu werden, wird in Abbildung 6 durch die Lage der Y-Achse markiert. Der erste Blick zeigt keine großen Unterschiede zwischen den Aggregattypen hinsichtlich ihrer Längenmessungen. So liegen 77% der Messungen des Harvesteraggregates und des Prozessors auf Seilgerät innerhalb von 410 cm bis 420 cm.

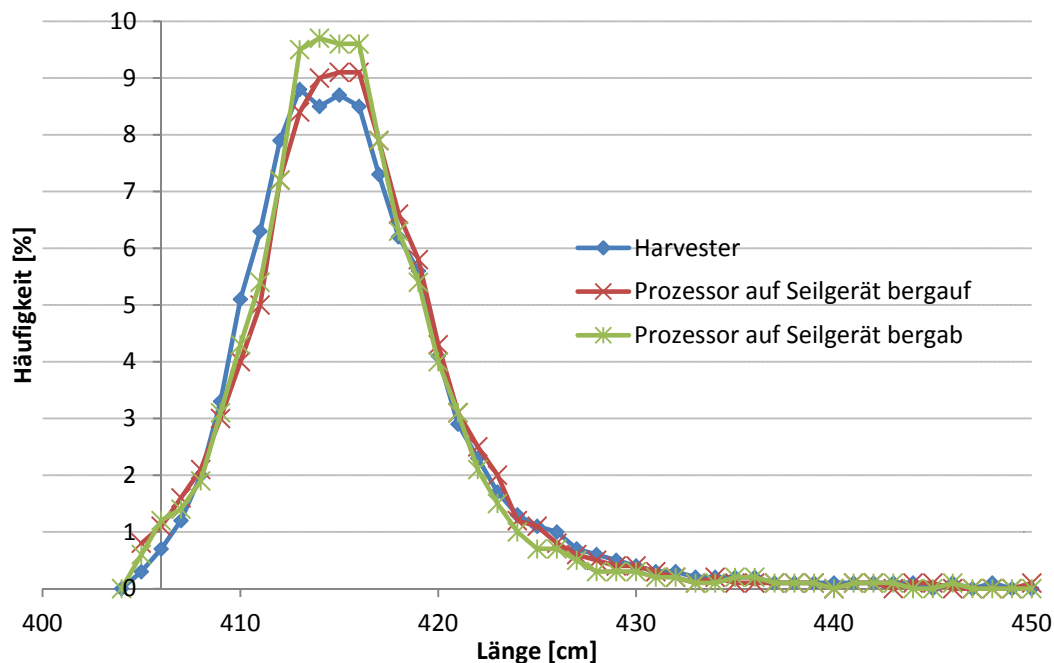


Abbildung 6: Vergleich der Längenmessungen von Harvester und Prozessor auf Seilgerät

Ohne Berücksichtigung der Rückrichtung bei den Prozessoren auf Seilgeräten beträgt die mittlere Differenz zu den Längenmessungen des Harvesteraggregates 0,34 cm (Tabelle 3). Vergleicht man die mittleren Messungen des Prozessors auf dem Seilgerät der unterschiedlichen Rückrichtungen, so macht sie hier sogar nur 0,19 cm aus. Gesamt gesehen wird im Mittel um rund 10 cm zu lang ausgeformt. Der Median ist mit 415 cm bei beiden Aggregattypen ident, was bedeutet, dass 50% der Messungen größer als 415 cm sind. Auffallend hoch sind die Standardabweichungen von knapp 7 cm beim Harvester und 6 cm bei den Prozessoren. Die Perzentilen zeigen, dass 5% der Werte unterhalb von 409 bzw. 408 cm liegen und 95% der Werte kleiner als 427 bzw. 425 cm sind.

Tabelle 3: Deskriptive Statistik der beiden Aggregattypen

Länge [cm]	Harvester	Prozessor auf Seilgerät Gesamt	Prozessor auf Seilgerät bergauf	Prozessor auf Seilgerät bergab
Mittelwert	416,27	415,93	416,02	415,83
Median	415,00	415,00	415,00	415,00
Standardabw.	6,99	6,11	6,00	6,21
5. Perzentile	409,00	408,00	408,00	408,00
95. Perzentile	427,00	425,00	425,00	425,00

Vor der weiteren statistischen Berechnung müssen die Daten auf Normalverteilung geprüft werden, damit die passenden Analysetools angewendet werden können. Wie in Abbildung 7 zu erkennen, liegt optisch gesehen keine Normalverteilung der Längenmessungen vor. Auch weitere Transformationsversuche der Daten führten zu keinem befriedigenden Ergebnis.

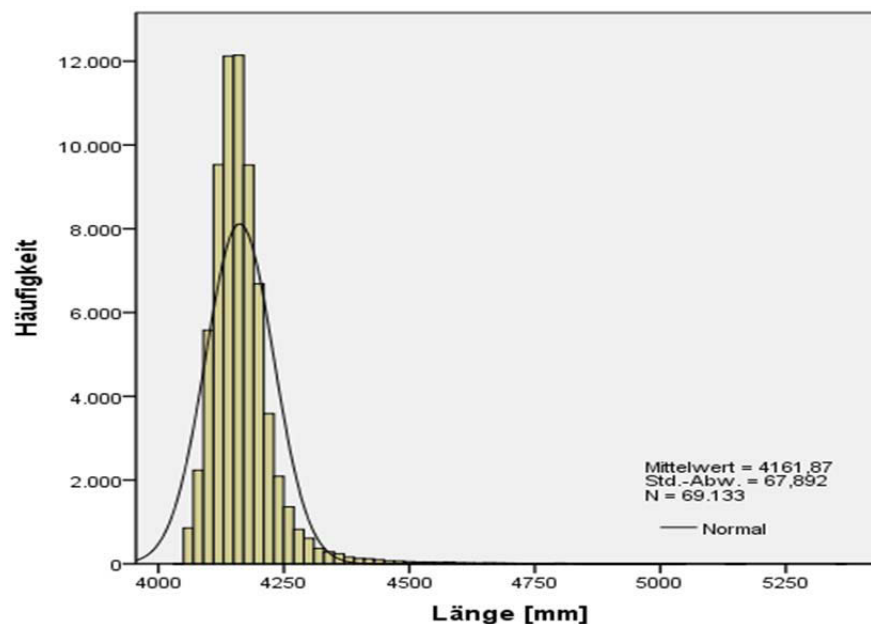


Abbildung 7: Darstellung Normalverteilungskurve für die gesamten Längenmessungen

Für die statistische Absicherung der Vermutung einer nicht vorliegenden Normalverteilung, zeigt der Kolmogorov-Smirnov-Test ein höchstsignifikantes Ergebnis (Tabelle 4), was bedeutet, dass die Messwerte nicht normalverteilt sind und somit für weitere Analysen auf nichtparametrische Tests zurückgegriffen wird.

Für den prozessorabhängigen Vergleich der Längenmessungen kommt der U-Test nach Mann und Whitney (Tabelle 5) zum Einsatz, aus dem klar hervorgeht, dass sich die Längenmessungen des Harvesters und jene des Prozessors am Seilgerät-

tes, unabhängig von der Jahreszeit, nicht signifikant voneinander unterscheiden und somit das optische Ergebnis statistisch abgesichert werden kann.

Tabelle 4: K-S Test zur Überprüfung der Längenmessungen auf Normalverteilung

Kolmogorov-Smirnov-Test				
Länge [cm]	Statis	tik	df	Signifikanz
Harvester	0,152		52215	0,000
Prozessor auf Seilgerät	0,131		16918	0,000
Gesamt	0,147		69133	0,000

Tabelle 5: U-Test für Vergleich von Harvester und Prozessor auf Seilgerät

Länge [cm]	N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Prozessor auf Seilgerät	16918	34440,09	5,83E+08
Harvester	5221	34608,12	1,81E+09
Gesamt	6913	3	

Statistik für Test	Länge [cm]
Mann-Whitney-U	4,40E+0
Wilcoxon-W	5,83E+0
Z	-0,954
Asympt. Sign. (2-seitig)	0,340

Zur besseren Darstellung der Ergebnisse wurden die Längenmessungen der 4 m Bloche in Ausformungsstufen unterteilt (Abbildung 8). Der Bereich von 406 – 412 cm ist der Optimalbereich, wobei Längen von 413 – 415 cm tolerierbar sind. Werte darüber sind grenzwertig und nicht mehr akzeptabel.

Im Optimalbereich hat der Harvester einen um 2,2% höheren Anteil als der Prozessor auf Seilgerät, was sich in den zwei darauffolgenden Ausformungsstufen aber wieder umkehrt. Im letzten Längenbereich, bei Längenmessungen die größer als 421 cm sind, weist der Prozessor auf Seilgerät einen um 1,6% niedrigeren Wert auf. Gesamt gesehen wurden 47,3% der Bloche länger als 415 cm ausgeformt. In den Optimalbereich fallen knapp 26% und in die Ausformungsstufe von 413 cm bis 415 cm etwas mehr als 26%.

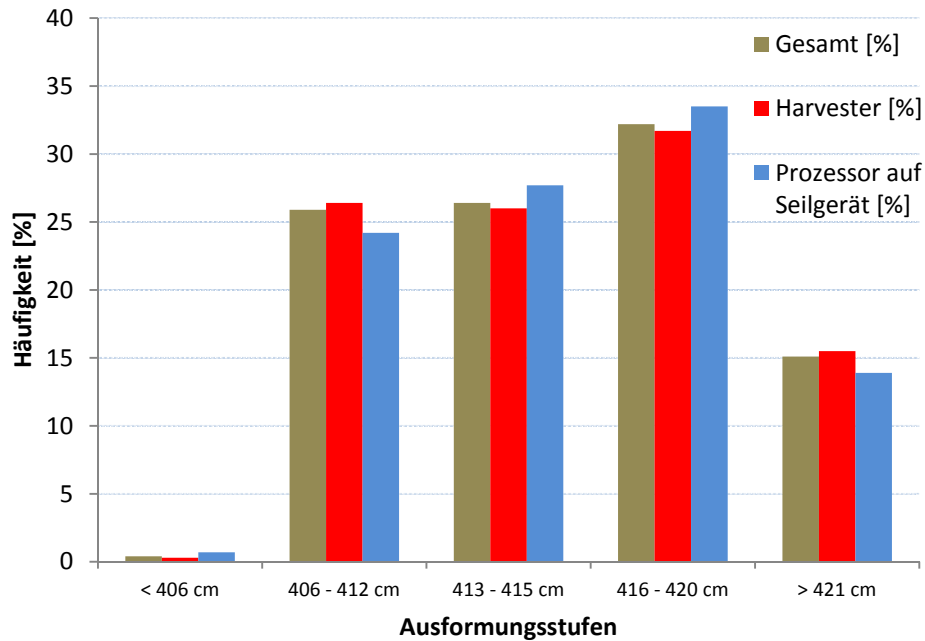


Abbildung 8: Ausformungsstufen dargestellt nach Aggregattypen

4.3 Einflussfaktoren der Längenmessung

4.3.1 Jahreszeit

4.3.1.1 Unabhängig vom Aggregattypen

Die gemessenen Bloche verteilen sich auf 47,5%, die im Sommer und 53,5%, die im Winter ausgeformt wurden. Bei den Ernteeinsätzen im Sommer beträgt die mittlere Länge der Sortimente 415 cm und im Winter 417 cm (Tabelle 6). Somit ergibt sich bei der Gesamtbetrachtung der Längen eine mittlere Differenz von rund 2 cm.

Tabelle 6: Deskriptive Statistik der Längenmessungen für Sommer und Winter

Länge [cm]	Sommer	Winter
Mittelwert	415,31	416,98
Standardabweichung	6,71	6,76
5. Perzentile	408,00	410,00
95. Perzentile	426,00	427,00

Der durchgeführte U-Test (Tabelle 7) ergab, dass der Unterschied zwischen Sommer und Winter höchstsignifikant ist.

Tabelle 7: U-Test für Vergleich von Sommer und Winter

Sommer/Winter	Länge [cm]
Mann-Whitney-U	4,634E8
Wilcoxon-W	1,004E9
Z	-50,712
Asymp. Sign. (2-seitig)	.000

Die Abweichung zwischen Sommer- und Wintermessungen ist auch optisch gut zu erkennen (Abbildung 9). So sind im Vergleich von Sommer und Winter, bei ersterem 88% der Messungen länger als 410 cm und bei letzterem sogar 96%.

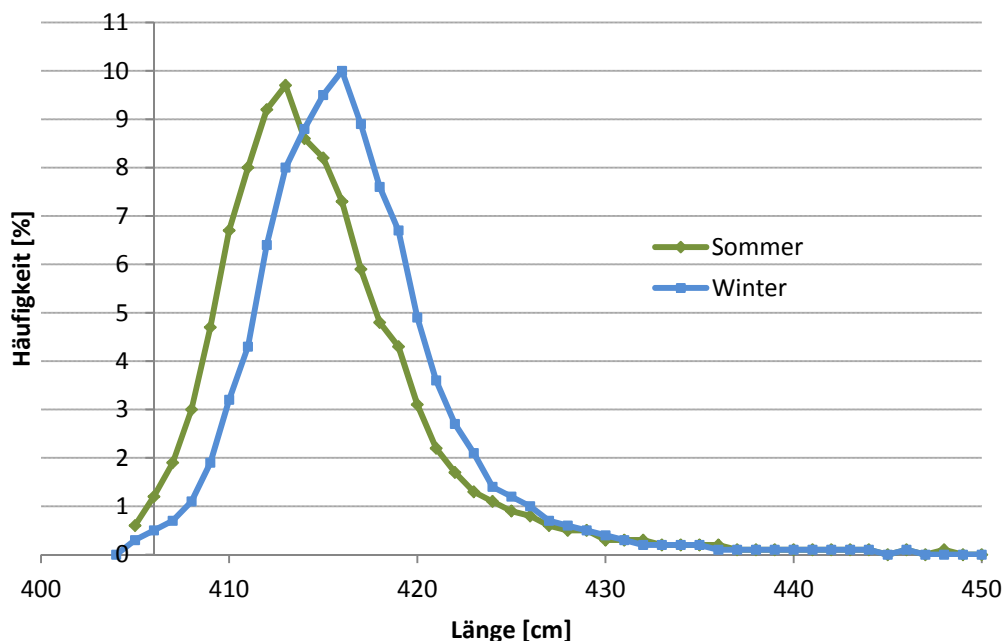


Abbildung 9: Vergleich Längenmessungen Sommer/Winter unabhängig vom Aggregattyp

Noch besser sieht man dies anhand der Abbildung 10, welche die Anteilsprozente der Ausformungsstufen nach Sommer und Winter zeigt. Ernteeinsätze im Sommer weisen ein geringeres Übermaß als jene im Winter auf. Grund dafür könnten ein gewollt höheres Übermaß im Winter oder auch starke Maßabweichungen im Sommer sein. Auffallend ist der im Sommer mit 34% hohe Anteil der Ausformungsstufe von 406 – 412 cm, welcher im Winter nur 18% aufweist. Auf der anderen Seite liegen im Längenbereich von 416 – 420 cm, im Winter rund 38% der Messungen, verglichen zum Sommer, wo sie auf einen Anteil von 25% kommen. Vergleicht man die Werte die größer als 416 cm sind, so kommt man im Sommer auf 38% und im Winter auf 55%.

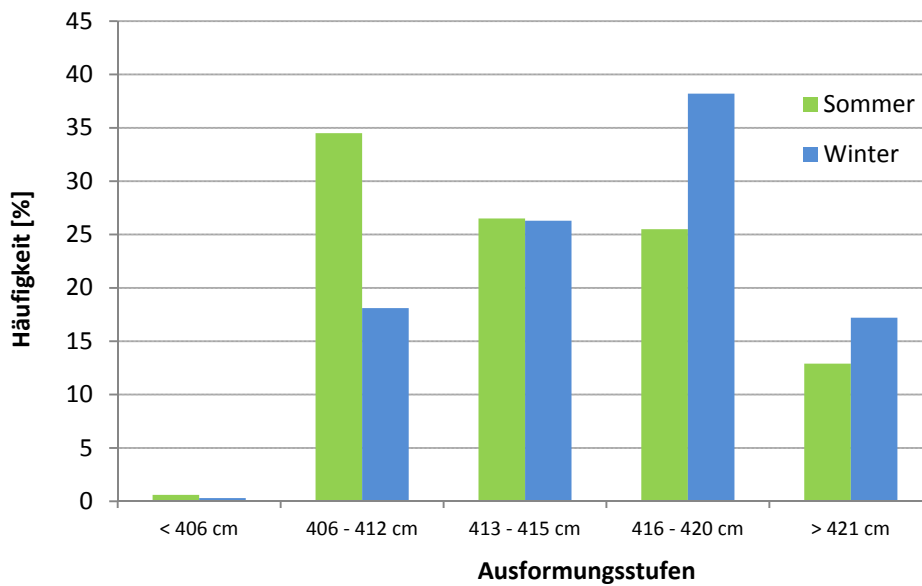


Abbildung 10: Anteile der Ausformungsstufen getrennt nach Sommer und Winter unabhängig vom Aggregattyp

4.3.1.2 Abhängig vom Aggregattyp

Es wird jeder Aggregattyp alleine in Abhängigkeit von der Jahreszeit untersucht. Der erste Unterschied ergibt sich bei der Betrachtung der Mittelwerte (Tabelle 8), wo die Differenz knapp 2 cm beträgt. Da keine Normalverteilung vorliegt, kommt der U-Test von Mann und Whitney (Tabelle 9) zum Einsatz, dessen Ergebnis auf einen höchstsignifikanten Unterschied zwischen Sommer- und Winterfällungen durch den Harvester hinweist und somit Einsätze im Sommer ein geringeres Übermaß besitzen.

Tabelle 8: Deskriptive Statistik der Längenmessungen des Harvesteraggregates im Sommer und Winter

Länge [cm]	Harvester	
	Sommer	Winter
Mittelwert	415,36	417,12
Standardabweichung	6,97	6,91
5. Perzentile	408	410
95. Perzentile	427	427

Tabelle 9: U-Test für Unterschied von Messungen des Harvesters in Sommer und Winter

Harvester So/Wi	Länge [cm]
Mann-Whitney-U	2,597E8
Wilcoxon-W	5,800E8
Z	-47,010
Asymp. Sign. (2-seitig)	,000

In der Abbildung 11 wird durch die Gegenüberstellung der Unterschied sehr gut dargestellt und spiegelt auch die statistische Auswertung wider.

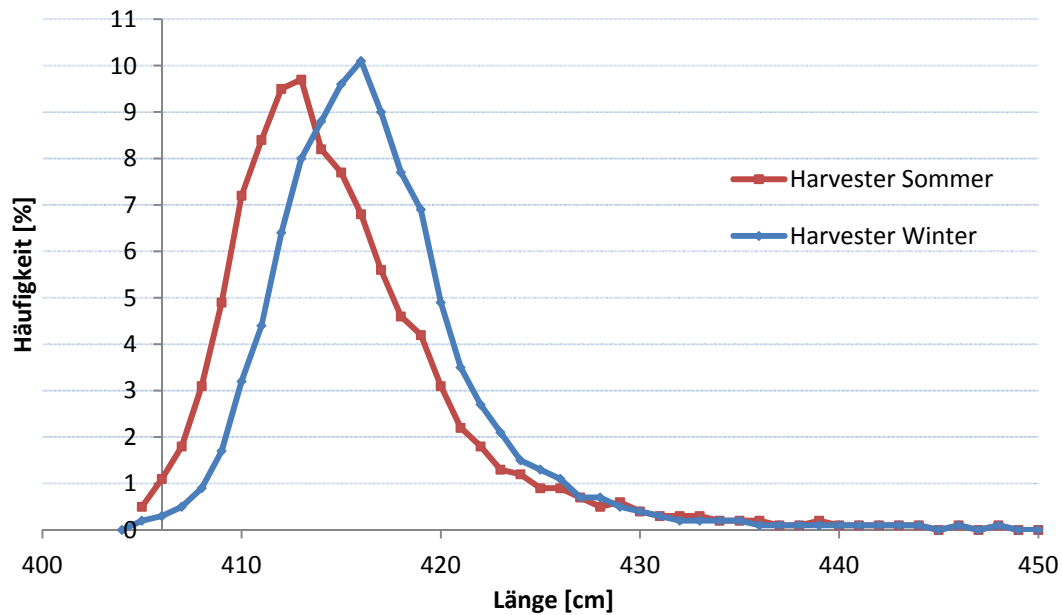


Abbildung 11: Vergleich der Längenmessungen des Harvesters in Abhängigkeit von der Jahreszeit

Die Visualisierung der Anteile der Ausformungsstufen (Abbildung 12) bildet die jahreszeitlichen Abweichungen der Messungen des Harvesters recht gut ab. Im Bereich von 406 - 412 cm wurden im Sommer 36% der Bloche ausgeformt, was eine Differenz von 18,5% zu jenen des Winters ausmacht. Auffallend hoch ist der Anteil der Wintermessungen im Abschnitt von 416 - 420 cm. So sind bei Harvestereinsätzen im Winter 56% der aufzuarbeitenden Stämme länger als 416 cm ausgeformt worden. Im Sommer kommt man hier auf 38%.

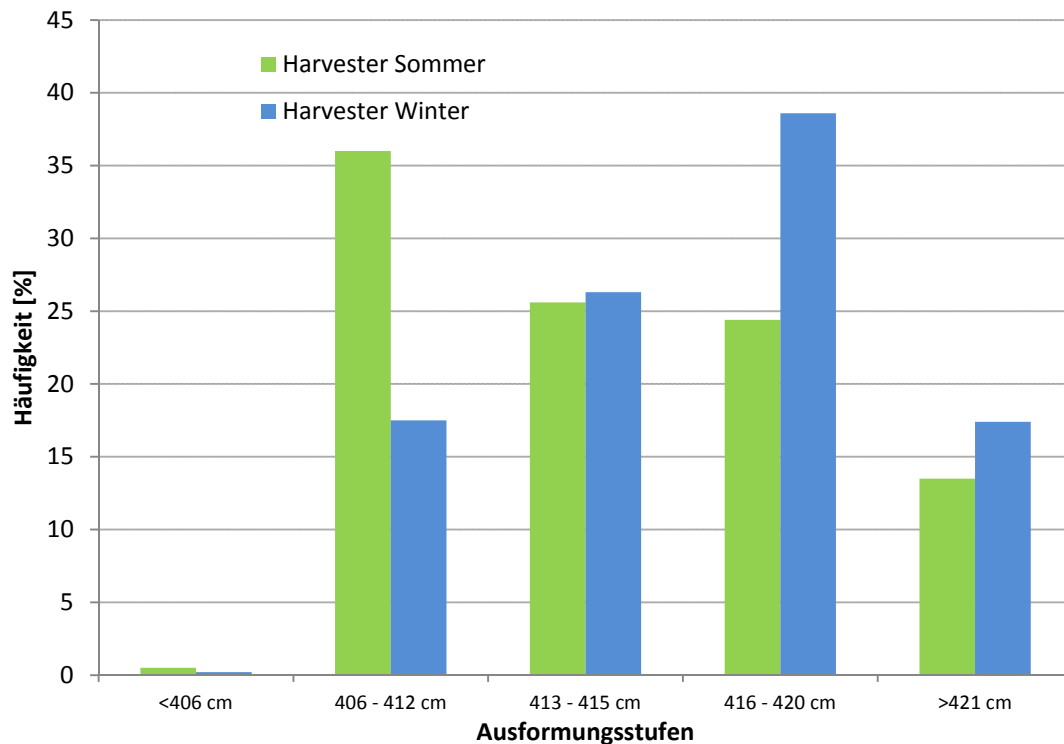


Abbildung 12: Gegenüberstellung der Ausformungsstufen der Einsätze des Harvesters in Sommer und Winter

Die Analyse der Daten des Prozessors am Seilgerät in Abhängigkeit von der Jahreszeit und der Rückrichtung (Tabelle 10) ergab, dass bei den Bergaufseilungen jene, die im Sommer durchgeführt, im Mittel um 2 cm kürzer ausgeformt wurde, als im Winter und so auch den Ergebnissen des Harvesters ähnlich sind. Bergabseilungen die im Winter stattfanden sind hingegen im Vergleich zu den im Winter bergauf durchgeführten verschieden, was auch der U-Test mit einem höchstsignifikanten Ergebnis von 0,0 bestätigt.

Auch die Darstellung der Längenmessungen in der Abbildung 13 verdeutlicht dies. Es fällt hier aber auf, dass über den Verlauf der Graphen, jener der Bergaufseilungen im Sommer und der der Bergabseilungen im Winter, sich nie weit voneinander entfernen.

Tabelle 10: Mittelwert, Standardabweichung usw. der Messungen von Prozessoren auf Seilgeräten in Abhängigkeit von der Jahreszeit und Rückrichtung

	Seilgerät		
	BERGAUF		BERGAB
Länge [cm]	Sommer	Winter	Winter
Mittelwert	415,36	417,31	415,83
Standardabweichung	6,01	5,79	6,22
5. Perzentile	407,00	410,00	408,00
95. Perzentile	425,00	426,00	425,00

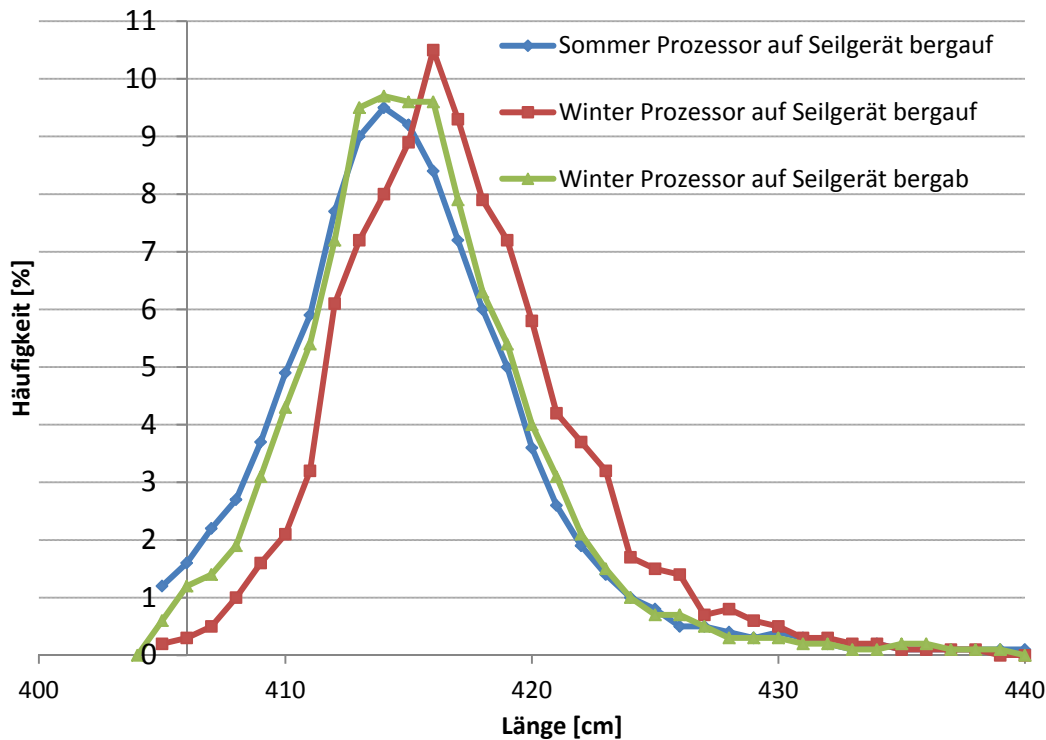


Abbildung 13: Längenmessungen des Prozessors am Seilgerät in Abhängigkeit von Rückrichtung und Jahreszeit

Die Darstellung der Ausformungsstufen für die Messungen des Prozessors am Seilgerät (Abbildung 14) zeigt, dass, wie schon oben erwähnt, sich die Bergaufseilungen im Sommer nicht gravierend von den Bergabseilungen im Winter unterscheiden. Deutlich zu erkennen ist jedoch, dass die Übermaße bei den Bergaufseilungen im Winter deutlich höher sind, was der Anteil der Längenmessungen von 20% über 4,21 m und mehr als 40% im Bereich von 4,16 m – 4,20 m klar zeigt.

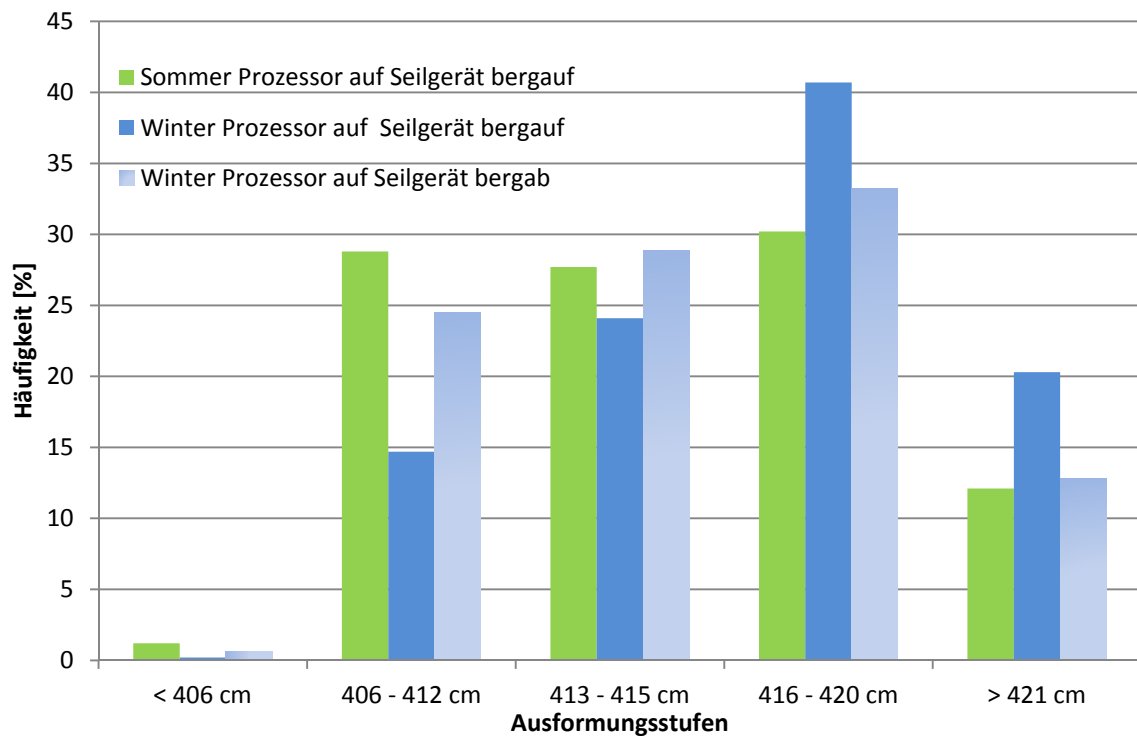


Abbildung 14: Ausformungsstufen des Prozessors am Seilgerät in Abhängigkeit der Jahreszeit und Rückrichtung

4.3.2 Stärkeklasse

Anhand Abbildung 15 ist gut zu erkennen, dass die Stärkeklasse einen Einfluss auf die Längenmessgenauigkeit hat. Bei steigenden Dimensionen nimmt das Übermaß zu (siehe Tabelle 11), wobei hier Messungen ab 6a nicht sehr oft vorkommen und dadurch einzelne Werte das Ergebnis sehr stark nach oben bzw. unten drücken und daher eher kritisch zu betrachten sind. Stellt man nun die mittleren Längen jeder Stärkeklasse in Abhängigkeit von Aggregattyp und Jahreszeit dar (Abbildung 16), so bietet sich ein ähnliches Bild. Einen Ausreißer bilden die Bergabseilungen im Winter, da sie anfangs stark nach oben und unten gehen und sich ab Stärkeklasse 3a in etwa den Messungen der Bergaufseilungen im Sommer angleichen. Zur statistischen Absicherung bestätigt der Kruskal-Wallis-Test, dass sich die Längenmessungen der einzelnen Stärkeklassen signifikant voneinander unterscheiden. Zusätzlich wurde noch getestet, ob sich die Messungen in den Stärkeklassen 1 bis 5b unterscheiden, da ab einem Durchmesser von mehr als 50 cm der Harvesterkopf an seine Aufarbeitungsgrenzen kommt. Auch hier ist der Unterschied höchstsignifikant.

Tabelle 11: Mittelwerte und Standardabweichungen der Längenmessungen in Abhängigkeit von Stärkeklasse und Sommer, Winter

Länge [cm]	Gesamt		Sommer		Winter	
	Mittelwert	Standabw.	Mittelwert	Standabw.	Mittelwert	Standabw.
1	414,65	3,58	412,77	3,49	415,60	3,24
1a	414,66	5,55	413,32	4,89	415,84	5,83
1b	415,71	6,74	414,63	6,29	416,50	6,94
2a	415,53	6,19	414,50	5,83	416,48	6,36
2b	415,74	6,71	414,85	6,87	416,64	6,42
3a	416,27	6,90	415,63	7,10	416,90	6,63
3b	417,07	7,23	416,43	7,41	417,67	7,00
4a	417,86	6,79	417,10	6,77	418,62	6,72
4b	419,10	7,53	418,60	7,32	419,56	7,70
5a	420,70	8,37	420,12	7,88	421,26	8,79
5b	420,63	7,56	420,42	7,07	420,82	7,97
6a	422,00	9,68	420,29	7,02	423,02	10,88
6b	417,00	8,25	414,25	6,50	419,20	8,95
7a	415,36	6,33	413,50	3,00	416,53	7,59
7b	412,30	0,95	413,75	1,50		

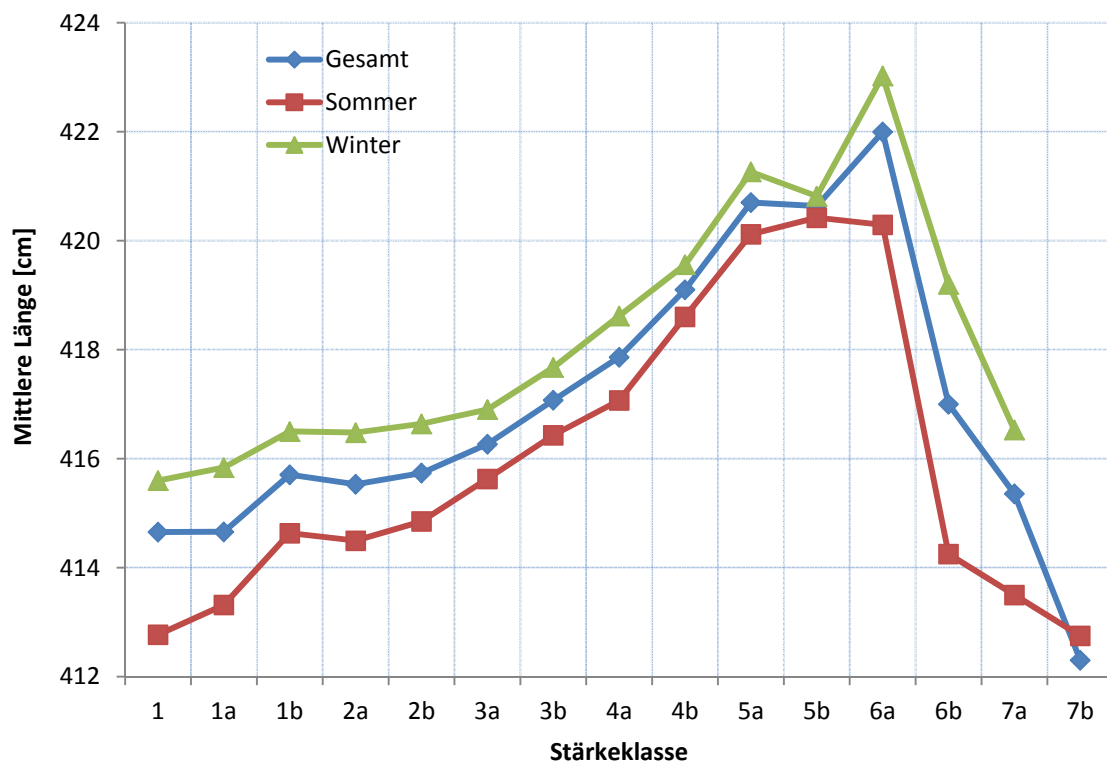


Abbildung 15: Mittlere Sortimentslänge jeder Stärkeklasse gesamt und getrennt nach Sommer/Winter

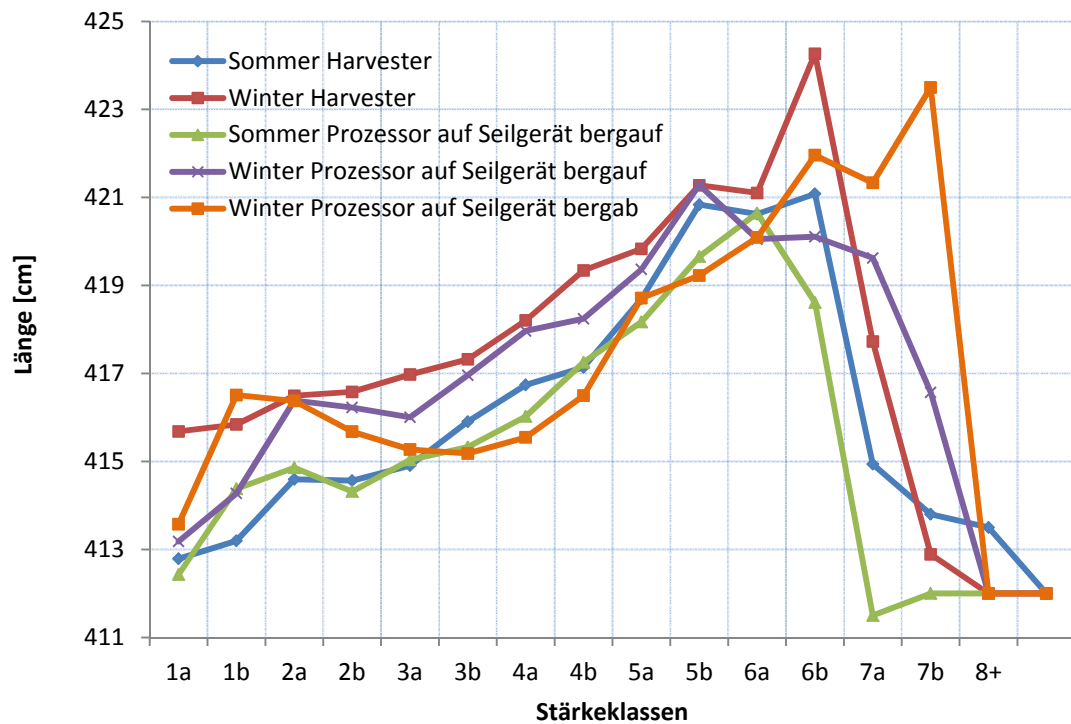


Abbildung 16: Mittlere Längen jeder Stärkeklasse in Abhängigkeit von Aggregattyp und Jahreszeit

Um den Einfluss der Stärkeklasse nicht nur über die mittlere Länge zu untersuchen, kamen auch hier die Ausformungsstufen zur Anwendung. Für Abbildung 17 wurden für jede Stärkeklasse separat die Anteile der Ausformungsstufen herausgerechnet und beinhaltet alle Längenmessungen unabhängig vom Erntesystem und Jahreszeit. Bei der Interpretation der Ergebnisse ist aber darauf zu achten, dass knapp 93% der Bloche im Stärkeklassenbereich von 1a bis 4a liegen und daher zur besseren Anschauung nur dieser dargestellt wird. Messungen größer als 4,21 m nehmen mit zunehmendem Durchmesser zu und belaufen sich in der Stärkeklasse 4a auf mehr als 30%. Im Längenbereich von 4,16 – 4,20 m ist der Anteil bei 31% und steigt ab 4a leicht an. Die Werte in den letzten beiden Längsstufen verhalten sich umgekehrt, denn sie nehmen mit zunehmendem Durchmesser ab. Man kann davon ausgehen, dass der Durchmesser in den Klassen 1a bis 3a keine wirklich großen Auswirkungen auf die Längenausformung hat.

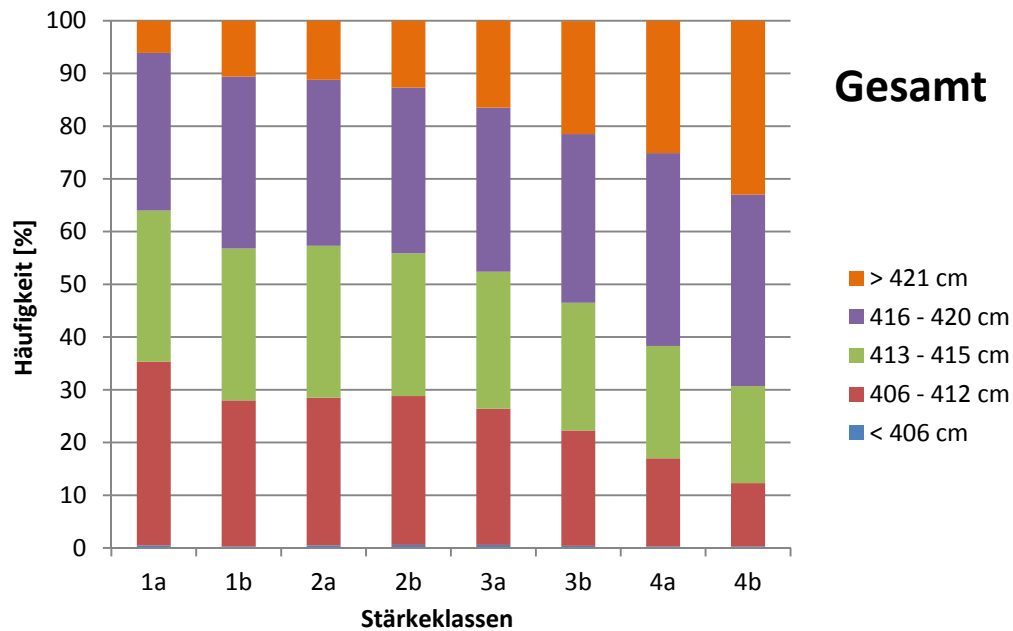


Abbildung 17: Ausformungsstufen in Abhängigkeit der Stärkeklassen

Der Einfluss der Jahreszeit auf die stärkeklassenabhängige Ausformung ist optisch gut zu erkennen (Abbildung 18). Große Abweichungen finden sich bei den Längen von 416 – 420 cm, wo bei Einsätzen im Sommer um 24% weniger Bloche hineinfallen als im Winter. Die größten Unterschiede zeigen sich im Optimalbereich, da im Sommer bis Stärkeklasse 3a die Anteile nie unter 30% sinken, im Winter hingegen man nie über 22% hinauskommt.

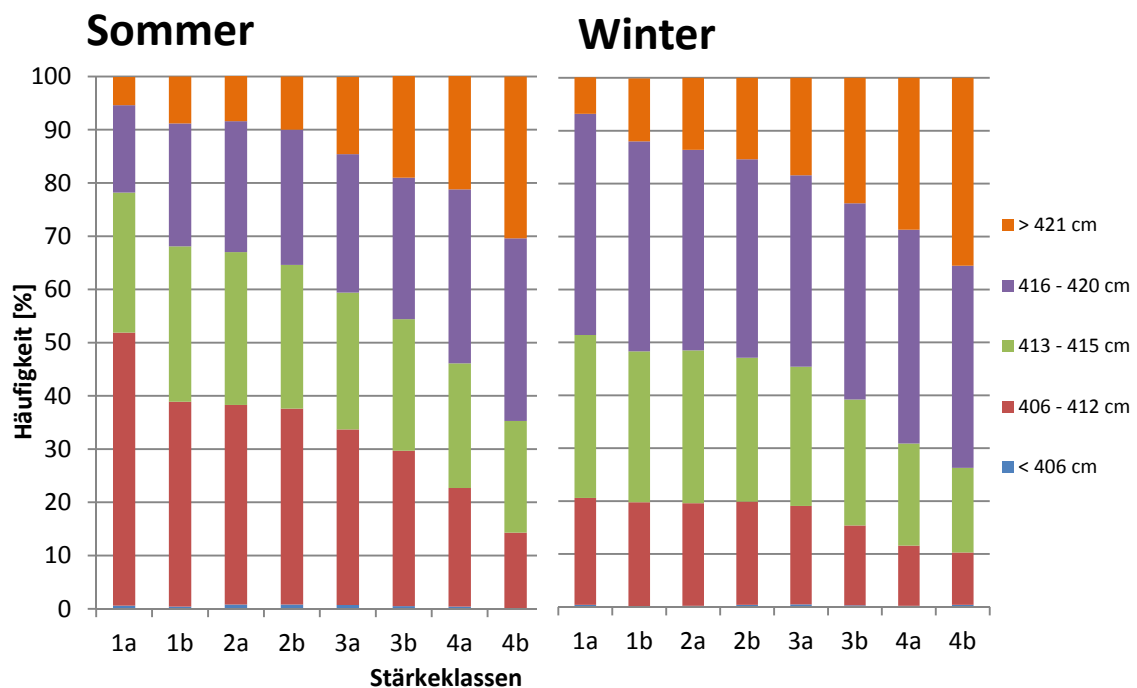


Abbildung 18: Ausformungsstufen in Abhängigkeit der Stärkeklassen getrennt nach Sommer und Winter

4.3.3 Einfluss der Qualität

Die österreichischen Holzhandelsusancen bieten genaue Vorgaben für die Einteilung der Sortimente in die jeweiligen Qualitäten. In diesem Punkt soll die Qualität als Zeiger für die Astigkeit stehen, denn diese kann die Längenausformung negativ beeinflussen. Auf die Güteklasse C und Cx sowie Y soll hier besonderes Augenmerk gelegt werden, da diese laut Definition nach ÖHHU eine erhöhte Astigkeit aufweisen dürfen.

Sortimente der Güteklasse AB haben im Bezug auf die mittlere Länge (Tabelle 12) den geringsten Überlängenzuschlag. Auf der anderen Seite zeigte die Analyse bei den Braunblochqualitäten (Y) eine um knapp 2 cm größere mittlere Länge. Diesen Unterschied bestätigt auch der Kruskal-Wallis-Test (Tabelle 13) mit einem höchstsignifikanten Ergebnis. Welches sich auch bei der Betrachtung von Abbildung 19 zeigt.

Tabelle 12: Mittelwerte, Standardabweichungen usw. der Längenmessungen in den Qualitätsklassen

Länge _[cm]						
Qualität	Mittelwert	Standabw	Schiefe	Standf d. S.	5. Perz.	95. Perz.
AB	415,60	6,33	0,35	0,0015	409,00	425,00
C	416,28	6,86	0,34	0,0016	409,00	427,00
CX	416,83	7,44	0,36	0,002	409,00	428,00
Y	417,08	6,33	0,22	0,0039	409,00	428,00

Tabelle 13: Kruskal-Wallis-Test für Längenmessungen in den verschiedenen Qualitäten

Länge _[cm]	Qualität	N	Mittlerer Rang
	AB	25800	32502,02
	C	24742	34923,15
	CX	14698	36574,95
	Y	3893	38407,72
	Gesamt	69133	

Chi-Quadrat	579,683
df	3
Asymp. Sign.	0

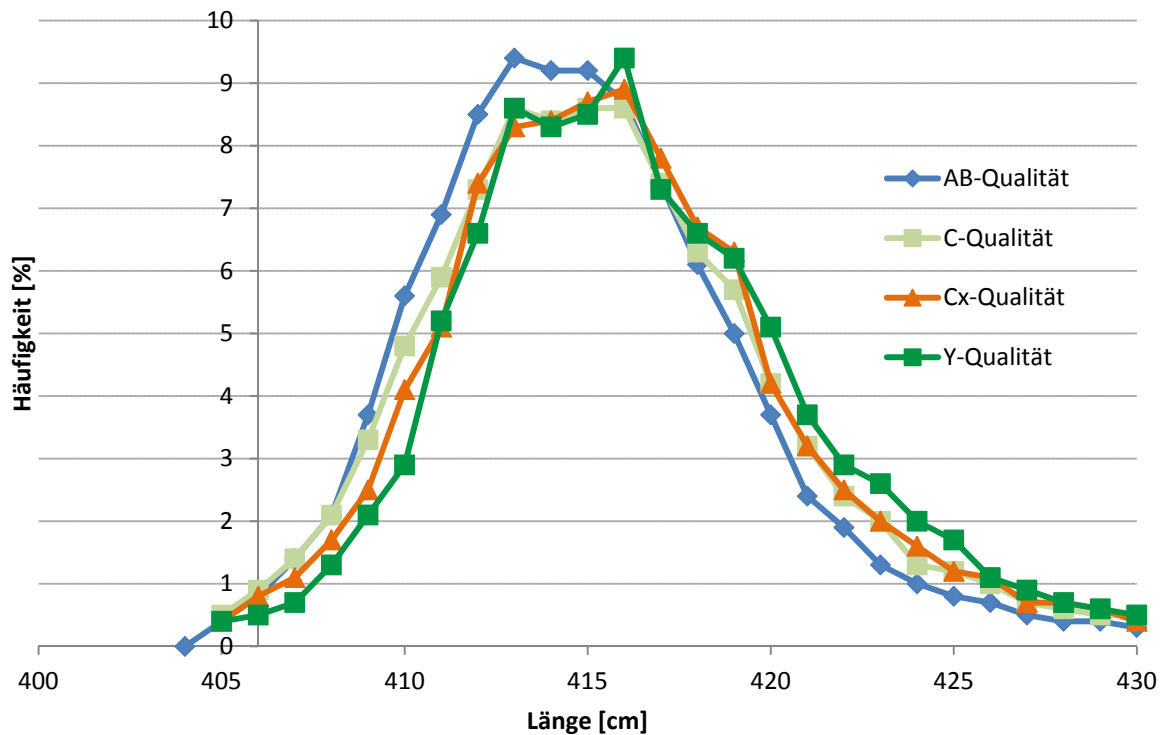


Abbildung 19: Längenmessungen in Abhängigkeit von Qualitätsklassifizierung

Die Anteile der Ausformungsstufen in Bezug auf die Qualitätsklassen (Abbildung 20) veranschaulichen, dass die Unterschiede zum Teil recht hoch sind. Im Bereich von 406 – 412 cm hat die AB-Qualität einen Anteil von knapp 29%, der in der Y-Qualität auf 19% sinkt. Im mittleren Ausformungsbereich sind bis auf die 28% bei AB, keine Unterschiede bei den anderen Qualitäten zu sehen. Bei den letzten beiden Längenstufen sind die Anteile umso größer, je schlechter die Bloche klassifiziert wurden.

Die angenommene erhöhte Astigkeit in den Qualitäten C bis Y beeinflusst die Längenmessungen negativ bzw. erhöht den Anteil der größeren Überlängen.

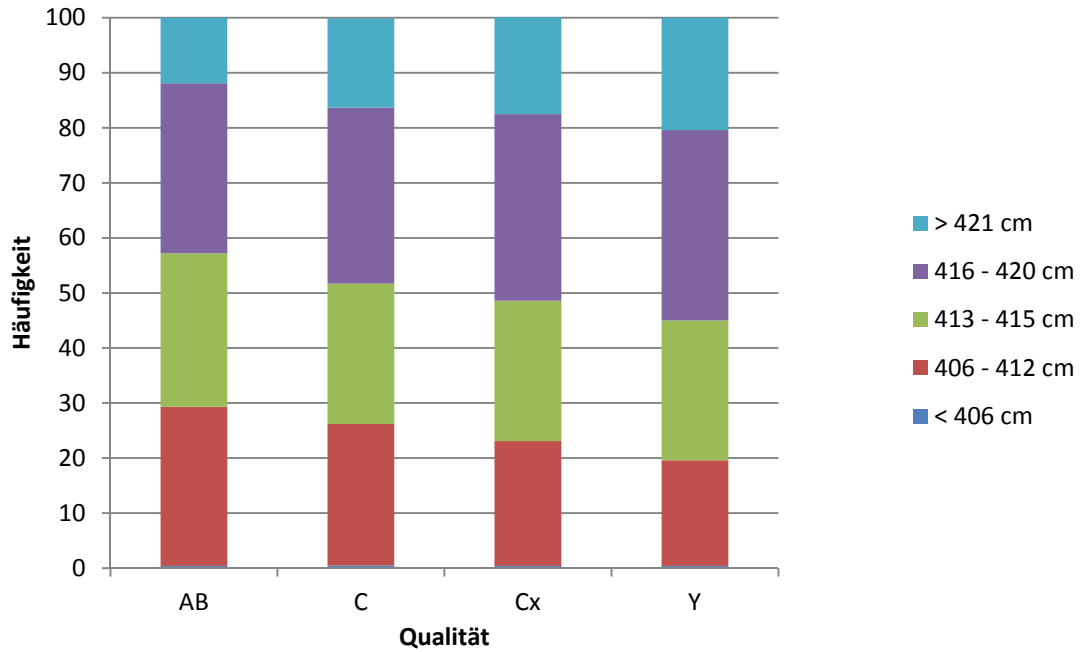


Abbildung 20: Ausformungsstufen in Abhängigkeit von der Qualität

4.4 Ökonomische Betrachtung

In Tabelle 14 werden die Kubikmeter o.R. und die dazugehörigen Verkaufswerte für die Gesamtbetrachtung, sowie für die einzelnen Längenklassifizierungen dargestellt.

Tabelle 14: Übersicht Kubikmeter o.R. und Verkaufswert

	Gesamt	4-m Bloch	3-m Bloch	5-m Bloch
Kubikmeter o.R.	22.313,14	21.971,61	323,53	18,00
Verkaufswert [€]	1.852.500,15	1.824.923,78	26.089,98	1.486,39

Beispielhaft zeigt die Tabelle 15, wie eine Preisliste für AB Qualität für die verschiedenen Baumarten und Stärkeklassen aussieht.

Tabelle 15: Errechnete Preismatrix für AB-Qualität

€/m ³ o.R.	AB			
	Fichte	Tanne	Lärche	Kiefer
1	48,00	48,00	68,00	
1a	68,00	68,00	68,00	31,00
1b	68,00	68,00	68,00	31,00
2a	94,00	93,00	93,00	31,00
2b	94,00	93,00	106,00	64,00
3a	94,00	93,00	106,00	64,00
3b	94,00	93,00	109,00	64,00
4a	94,00	93,00	109,00	64,00
4b	94,00	93,00	109,00	64,00
5a	93,00	93,00	106,00	
5b	93,00	93,00	109,00	
6a	88,00	93,00		
6b	88,00	93,00		
7a	88,00	93,00		
7b	88,00	93,00		
8+	88,00	93,00		

Würde man nun annehmen, jeder Baum müsste genau bei 406 cm abgelängt werden und sieht alles darüber hinaus als ökonomischen Verlust an, so ergibt sich bei den vorliegenden Daten ein Wert von 41.919,75 € (506 m³o.R.), der verschenkt wird. Bezogen auf den Verkaufswert der 4-m Bloche sind dies immerhin 2,3% oder 1,9 € pro vermarkteten Kubikmeter o.R.. Da aber dieses Beispiel in der Realität kaum möglich ist, wird die Mindestlänge auf die Ausformungsstufe von 406 cm bis 412 cm vergrößert, also darf ein Block maximal 412 cm lang sein und alles was darüber liegt, gilt folglich als Verlust. Zu diesem Zweck wurde für jeden Block eine neue Überlänge mit dem Bezugs wert 412 cm, sowie das Volumen berechnet. Jetzt beläuft sich der Wert der Überlängen auf 20.474,91 € (248 m³o.R.), was 1,12% (0,93 € pro vermarktetem Kubikmeter o.R.) im Hinblick auf den gesamten Verkaufserlös ausmacht. Um den Sachverhalt etwas differenzierter darzustellen wurde wieder zwischen Sommer und Winter, Aggregattyp, Stärkeklasse und Qualität unterschieden.

4.4.1 Sommer versus Winter

In der folgenden Tabelle sind Verkaufs- und Übermaßwerte für das Szenario 1 (genau 406 cm) und für Szenario 2 (max. 412 cm) dargestellt.

Tabelle 16: Wertverlust nach Sommer und Winter

		Sommer	Winter
Szenario 1 ^a	m ³ o.R. Gesamt	9.970,23	12.001,38
	m ³ o.R. Überlänge	226,72	279,01
	Wert Überlänge [€]	19.056,91	22.862,85
	Bezugswert [€]	836.412,12	988.511,66
	%-Verlust	2,28	2,31
	€/m ³ Verlust	1,91	1,90
Szenario 2 ^b	m ³ o.R. Gesamt	9.970,23	12.001,38
	m ³ o.R. Überlänge	105,93	141,72
	Wert Überlänge [€]	8.890,80	11584,12
	Bezugswert [€]	836.412,12	988.511,66
	%-Verlust	1,06	1,17
	€/m ³ Verlust	0,89	0,96

a.) alle Bloche müssen genau 406 cm lang sein.

b.) alle Bloche müssen 406 – 412 cm lang sein

Geht man davon aus, dass der ökonomische Verlust, vom Längenmaß von 406 cm ausgehend berechnet wird, so liegt dies im Sommer etwas niedriger als im Winter. Aber wie in Tabelle 21 ersichtlich, ist der Unterschied mit 0,03% sehr gering und lässt kaum Platz für Spekulationen. Wenn nun der Akzeptanzbereich auf 412 cm verschoben wird, so verringert sich der Verlust bei beiden Jahreszeiten um die Hälfte.

4.4.1 Harvester vs. Prozessor auf Seilgerät

Die Betrachtungsweise in Abhängigkeit vom Aggregattyp für beide Szenarien liefert ähnliche Ergebnisse wie beim Sommer-vs.-Winter-Vergleich. Den %-mäßig niedrigsten Wertverlust weisen die Messungen des Prozessors bei den Bergaufseilungen auf, gefolgt von den Bergabseilungen und dem Harvester.

Tabelle 17: Wertverlust in Abhängigkeit vom Aggregattyp

		Harvester	Prozessor auf Seilgerät bergauf	Prozessor auf Seilgerät bergab
Szenario 1	m ³ o.R. Gesamt	15.652,61	3.672,68	2646,32
	m ³ o.R. Überlänge	368,13	76,45	61,15
	Wert Überlänge [€]	30.691,39	6.351,01	4.877,35
	Bezugswert [€]	1.302.274,60	308.831,43	213.817,75
	%-Verlust	2,36	2,06	2,28
	€/m ³ Verlust	1,96	1,72	1,84
Szenario 2	m ³ o.R. Gesamt	15.652,61	3.672,68	2646,32
	m ³ o.R. Überlänge	182,56	37,23	27,86
	Wert Überlänge [€]	15.195,61	3.079,43	2.199,87
	Bezugswert [€]	1.302.274,60	308.831,43	213.817,75
	%-Verlust	1,17	1,00	1,03
	€/m ³ Verlust	0,97	0,84	0,83

4.4.2 Stärkeklasse

Da die Stärkeklassen sich in der Datenbasis auf die Klassen 1a bis 4a konzentrieren, soll besonders auf diesen Bereich geachtet werden. In den stärkeren Dimensionen ist der Wertverlust meist fast doppelt so hoch, als in den schwächeren. Beim Vergleich der zwei Szenarien fällt auf, dass besonders bei der Stärkeklasse 4a und 4b der %-Sprung sehr hoch ist. In den Klassen von 1a bis 4a beträgt der durchschnittliche Wertverlust knapp 1,95%, wenn man von 406 cm ausgeht und beim 2. Szenario gar nur mehr 0,90%.

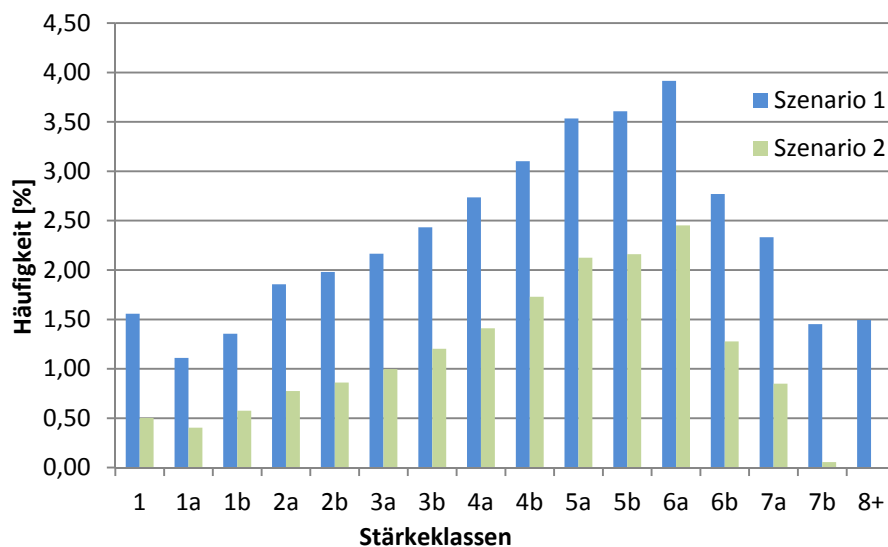


Abbildung 21: Ökonomische Verluste in Abhängigkeit von der Stärkeklasse

4.4.3 Qualität

Bei der Betrachtung des ökonomischen Verlustes in Abhängigkeit von der Güteklasse (Tabelle 18) kann man davon ausgehen, dass dieser mit schlechter werdender Qualität zunimmt und der Unterschied zu Szenario 2 im Schnitt 1,24% beträgt, wobei dabei nur der %-mäßige Wertverlust beachtet wird. Umgekehrt fällt der deutlich höhere € pro vermarktetem Festmeter-Verlust der Güteklasse C im Gegensatz zu Cx und Y auf, sowie die Tatsache, dass die Qualität-AB mit 1,73€ pro vermarktetem Kubikmeter o.R. schlechter abschneidet als Qualität-Cx mit 1,65 € pro vermarktetem Kubikmeter o.R..

Tabelle 18: Wertverlust in Abhängigkeit von der Qualität

		AB	C	Cx	Y
Szenario 1	m ³ o.R. Gesamt	8.000,22	8.139,36	4.298,38	1.533,65
	m ³ o.R. Überlänge	151,96	195,63	114,53	43,61
	Wert Überlänge [€]	13.900,73	18.107,02	7.089,24	2822,76
	Bezugswert [€]	716.184,88	746.367,08	262.966,85	99.374,97
	%-Verlust	1,94	2,43	2,70	2,84
	€/m ³ Verlust	1,73	2,22	1,65	1,84
Szenario 2	m ³ o.R. Gesamt	8.000,22	8.139,36	4.298,38	1.533,65
	m ³ o.R. Überlänge	68,11	97,99	59,10	22,45
	Wert Überlänge [€]	6.245,66	9.105,04	3.671,93	1.452,28
	Bezugswert [€]	716.184,88	746.367,08	262.966,85	99.374,97
	%-Verlust	0,87	1,22	1,40	1,46
	€/m ³ Verlust	0,78	1,12	0,85	0,95

5. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die zahlreichen bisher durchgeführten Studien beweisen, dass die Längenmessgenauigkeit von Harvestern bzw. Prozessorern an Seilgeräten ein international wichtiges Thema ist. Jedoch stellten in keiner dieser Untersuchungen Messprotokolle aus einem Sägewerk die Grundlage für die Analyse dar. Stattdessen wurde zur Klärung der Problemstellung der Vergleich von Abmaßlisten des Harvesters und der per Hand durchgeführten Messungen herangezogen. Ein Vorteil der Methodik der vorliegenden Arbeit ist, dass die Datenmenge sehr groß ist und daher die Ergebnisse sehr realistisch sind.

Die Darstellung der Längenmessungen in Ausformungsstufen lässt auch Vergleiche mit deutschen Studien von Grußdorf (1997, 1999) zu. Diese zeigten, dass 74% der ausgeformten Stämme länger als 415 cm waren. Die Analyse der Messprotokolle der vorliegenden Arbeit kam für diesen Längenbereich auf 47%. Die mittlere Länge bei der Ausformung, unabhängig vom Aggregattyp und der Jahreszeit, beträgt 416 cm, was eine mittlere Zugabe zur geforderten Überlänge von 10 cm ergibt. Der %-mäßige Anteil jener Bloche, die vom Sägewerk nach Vorgaben der ÖHHU (2006) akzeptiert wurden, liegt bei 97,2%. Verglichen mit anderen Studien von Andersson und Dyson (1998, 2001), kam man hier auf Werte von 85 bzw. 90%.

Der Einfluss der Jahreszeit auf die Längenmessgenauigkeit wird auch durch andere Arbeiten bestätigt (Grußdorf, 1997, Makkonen, 2001, Feric 2004). So ist Grußdorf (1997) der Meinung, dass vor allem in der Saftzeit ein erhöhter Anteil an Überlängen produziert wird, da es durch Rindenablösungen zu Verklemmungen des Messrades kommen kann. Vielleicht ist das Problem allgemein bekannt und es wird im Sommer generell das Sägefenster nach unten gesetzt, was schlussendlich zu einem größeren Anteil der Normallängen führt, was auch in dieser Arbeit, durch die im Durchschnitt 2 cm kürzeren Längenmessungen im Sommer, bestätigt werden kann. Feric (2004) fand heraus, dass die Eindringtiefe der Messrolle einen großen Einfluss ausübt, da im Sommer das Zahnrad in die weiche Rinde leichter eindringen kann und sich so der Weg vergrößert und somit Unterlängen entstehen. Im Gegensatz dazu konnten Andersson und Dyson (2001) keine Hinweise dafür finden, dass die Jahreszeit die Messergebnisse beeinflusst.

Auch der Einfluss der Stärkeklasse ist gesichert, da mit zunehmendem Durchmesser die Überlänge zunimmt. Das Erreichen der Aufarbeitungsgrenze des Prozessors könnte ein Grund für diesen Umstand sein. Möller und Arlinger (2006) fanden heraus, dass die Messgenauigkeit bei Erdstämmen abnimmt und somit größere Übermaße entstehen.

Die Astigkeit als Schlüsselfunktion für eine abweichende Messgenauigkeit wurde von Andersson und Dyson (2001) in einer Studie klar hervorgehoben. In der vorliegenden Arbeit steht die Astigkeit als Zeiger für die Qualität. Es kann gesehen werden, dass bei schlechter werdender Qualität (mehr Äste) die Überlängen zu-

nehmen. So werden AB-Sortimente im Schnitt um ca. 1,2 cm kürzer ausgeformt als CX.

Hinsichtlich des ökonomischen Verlustes, der bei dieser Arbeit bei 2,3% bzw. 1,9 € pro vermarktetem Festmeter (bezogen auf 406 cm) beträgt, so liegt bei vergleichbaren Studien von Marshall et al. (2006), Conradie und Greene et al. (2003) und Marence et al. (2009) dieser Wert teilweise deutlich höher, was aber auch auf eine andere Methodik bei der Analyse zurückzuführen ist. Bei Marshall et al. (2006) fließen nicht nur Längenmessfehler, sondern auch Durchmessermessfehler und Fehler beim Ausformungsprozess mit in die Berechnung ein. Die Verschiebung der Mindestlänge auf 412 cm bringt noch immer einen Verlust von 1,12% bzw. 0,93 € pro vermarktetem Festmeter mit sich. Bezogen auf die Stärkeklasse nimmt der Verlust mit zunehmendem Durchmesser (also bei den Erdstämmen) zu. Ähnliche Ergebnisse zeigt auch Marence et al. (2009) und postulierte zudem, dass der erste Trennschnitt für einen 50%igen Wertverlust des ganzen Baumes verantwortlich sein kann.

Die Darstellung der Längenmessungen in den verschiedenen Ausformungsstufen zeigte sich als sehr hilfreich. Der Bereich von 406 – 412 cm soll die „Optimallänge“ darstellen. Hier sollte ein Großteil der Messungen liegen. Da aber bei der Ausformung die Annäherung an die 406 cm die Gefahr von Unterlängen birgt, würde ein Sägefenster bei 410 – 413 cm, vorausgesetzt, es wird korrekt justiert und gewartet, dem Abhilfe schaffen und den ökonomischen Verlust tolerabler machen.

Das durch die Analyse der Messprotokolle erhaltene Ergebnis zeigt noch immer den allgemeinen Trend hin zu mehr Überlänge bzw. Sicherheit, dem eventuell durch vermehrte Justierung Abhilfe geschafft werden könnte.

Ein Lösungsansatz für eine höhere Messgenauigkeit wären regelmäßige Justierungen, sowie Fortbildungsmaßnahmen für die Maschinenführer. Zudem sollte vermehrt Aufmerksamkeit auf Vertragsgestaltung sowie Prozesskontrolle gelegt werden. Bei Einhaltung dieser Ratschläge lässt sich unter Umständen ein höherer Erlös lukrieren bzw. der ökonomische Verlust verringern.

6. ZUSAMMENFASSUNG

Durch den vermehrten Einsatz von Harvester- bzw. Prozessoraggregaten in der Holzernte begann auch die Diskussion über die Längenmessgenauigkeit.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es Einflussfaktoren zu finden, die sich negativ auf die Längenmessgenauigkeit von Harvester- bzw. Prozessoraggregaten auswirken. Zudem wurde ermittelt, wie groß der durch zu große Übermaße entstehende ökonomische Schaden ist.

Zur Erfüllung der Zielsetzungen wurden Werkvermessungsprotokolle von Harvester- bzw. Prozessoreinsätzen (Prozessor auf Seilgerät) untersucht. Als Analyse-Tools dienten Microsoft Excel 2007, sowie das Statistikprogramm „IBM SPSS Statistics“, mit dem Häufigkeitsverteilungen, deskriptive Statistiken und nichtparametrische Tests generiert wurden.

Bei der Analyse von Messprotokollen aus automatischen Rundholzmessanlagen kam man zum Ergebnis, dass sich Längenmessungen von Harvestern und Prozessoren auf Seilgeräten, unabhängig von der Jahreszeit nicht signifikant voneinander unterscheiden. Der Einfluss der Jahreszeit konnte bestätigt werden. Untersuchungen der Längenmessungen, in Abhängigkeit der jeweiligen Stärkeklassen ergaben, dass mit steigendem Durchmesser das Übermaß zunimmt. Der Einfluss der Qualität auf die Längenausformung bzw. das Übermaß wird mit schlechter werdender Güteklasse, also zunehmender Astigkeit, stärker.

Die ökonomische Betrachtung zeigte, dass bei den 4-m-Blochen bei einem Gesamtverkaufswert von 1.824.923,78 € ein Verlust von 41.919,75 € bzw. 1,9 € pro vermarktetem Festmeter entsteht. Abhängig von der Jahreszeit liegt der Wertverlust im Sommer etwas unter jenem im Winter. Bei der Differenzierung nach den Aggregattypen zeigte sich, dass Prozessoren auf bergauf arbeitenden Seilgeräten mit 1,72 € pro vermarktetem Festmeter den geringsten Verlust aufwiesen, der Harvester mit 1,96 € pro vermarktetem Festmeter den höchsten. Die ökonomischen Verluste, bezogen auf die verschiedenen Stärkeklassen, beliefen sich bei den stärkeren Dimensionen (ab 4b) auf fast das Doppelte gegenüber den schwächeren. Die qualitätsbezogene Analyse zeigte, dass bei den AB-Qualitäten mit einem Verlust von 1,73 € pro vermarktetem Festmeter, bei C-Qualität mit 2,22 € pro vermarktetem Festmeter und bei Cx-Qualität mit 1,65 € pro vermarktetem Festmeter zu rechnen ist.

Schlussendlich sollte vermehrt auf regelmäßige Justierung der Maschinen, sowie Fortbildungsmaßnahmen Wert gelegt werden. Zudem spielt die Vertragsgestaltung und die Prozesskontrolle eine wesentliche Rolle.

7. LITERATURVERZEICHNIS

ANDERSON, B., DYSON, P. (2001): Log Measuring Accuracy of Harvesters and Processors. Council of Forest Engineering, Appalachian Hardwoods: Managing Change. 5 S.

ANDERSON, B., DYSON, P. (1998): Log Measuring Accuracy of Cut-To-Length Harvesters and Processors, Forest Renewal BC Research Program, FERIC, 19 S.

BEV (2011): Wichtige Begriffe. Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen. Wien. Link: <http://www.metrologie.at/index.html/> (Abgerufen am 20. Oktober 2011).

BUNDESFORSCHUNGS- UND AUSBILDUNGSZENTRUM FÜR WALD, NATURGEFAHREN UND LANDSCHAFT (2011): Optimierte Harvesterernte. Link: http://www.waldwissen.net/fokus/dossiers/bfw_dossier_optimierte_harvesterernte/index_DE (abgerufen am 14. September 2011).

BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT (2011): Holzeinschlag 2010 in Exzellenzformat. Wien. Link: <http://publikationen.lebensministerium.at/publication/publication/view/3431/28523>

CONRADIE, I.P., GREENE, W.D., MURPHY, G.E. (2003): Value Recovery with Harvesters in southeastern USA pine stands. Council of Forest Engineering Proceedings: "Forest Operations Among Competing Forest Uses".

DIETZ, H-U., URBANKE, B. (2010): Lastenheft Harvestervermessung. KWF-Bericht. Nr. 41. Groß-Umstadt. 30 S.

DIETZ, H-U., HAUCK, B. (1997): Automatisierte Rundholzvermessung durch Kranvollernter – Entwurf eines Pflichtenheftes. KWF-Bericht. Nr. 3. Groß-Umstadt. S 21-39.

FERIC (2004): Improving Log measurement accuracy – Hitting the target. Forest Engineering Research Institute of Canada. Multimediaformat. Link: www.feric.ca

GRILL, G. (2010): Kein Holzverkauf ohne Vertrag. Link: <http://www.bauernzeitung.at/?id=2500%2C104876%2C2158%2C1018%2CeF9LRVIXT1JEX0FbMF09MTEwJmlubGluZW1vZGU9cHJpbnQ%3D> (abgerufen am 9. Mai 2011)

GRUSSDORF, S. (1999): Untersuchung der Messgenauigkeit. Niedersächsische Landesforste. Wolfenbüttel. 24 S.

GRUSSDORF, S. (1997): Genauigkeit verschiedener Rohholzmesssysteme an Vollerntern. AFZ/Der Wald, Nr. 3. S 119-121.

HORSTER, F. (2005): Anweisung für die Vermessung von Rundholz. Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz. 81 S.

KONRAD (2010): Betriebs- und Wartungsanleitung Woody Harvester 50 u. 60. Conrad Forsttechnik. Kapitel A. Preitenegg. 9, 16 S.

LACKNER, C. (2006): Das ABC des Handels mit Holz. wood.stock, Vol. 1, Purkersdorf, 26-27 S.

MAKKONEN, I. (2001): Factors affecting Measurement Accuracy in Processing Heads. FERIC-Advantage. Vol.2/24. 9 S.

MARENCE, J., VADNJAL, J., KOSIR, B. (2009): Bucking of Conifers using the Woody H60 Processor on the Syncrofalke 3T Cable Yarder in the Alpine Foot hills. Zbornik gozdarstva in lesarstva. Nr. 88. 8 S.

MARSHALL, H.D., MURPHY, G., BOSTON, K. (2006): Evaluation of the Economic Impacts of Length and Diameter Measurement Error on Mechanical Harvesters and Processors Operating in Pine Stands. Canadian Journal of Forest Research, Nr. 36/7. 1662 S.

MÖLLER, J., ARLINGER, J. (2006): Wood value Test 2006 – a Study of Bucking Computer Softwares and Measuring Accuracy in CTL Harvesters. SkogForsk, Uppsala. 8 S.

NIEUWENHUIS, M., DOOLEY, T. (2006): The Effect of Calibration on the Accuracy of Harvester Measurements. International Journal of Forest Engineering. Vol. 17/2. S 25-33

PRÖLL, W. (2006): Leistung und Kosten vom Gebirgharvester „K-501 mit Prozessor Woody 50“. BFW. Link: http://bfw.ac.at/rz/bfwcms.web_print?dok=5044

SANDLER, J. (2007): Holz richtig ausgeformt – höherer Erlös. Kooperationsplattform Forst Holz Papier. Wien. 40 S.

STERBA, H. (2006): Forstliche Biometrie II. Skriptum zur Lehrveranstaltung. Universität für Bodenkultur. 71 S.

Normen und Gesetze

DIN (1995): DIN 1319-1, Grundlagen der Messtechnik – Teil 1: Grundbegriffe, Beuthverlag, Berlin.

MASS- u. EICHGESETZ (2011): §38/3/(4). Wien.

ÖNORM (2006): L1021 - Vermessung von Rundholz. Österreichisches Normungsinstitut. 12 S.

E-MAIL-Verkehr und mündliche Mitteilungen

LOSCHEK, J. (2011): mündliche Mitteilung.

SIX, M. (2011): Funktionsprinzip des Woody H60 Harvesterkopfes und Probleme.
E-mail-Verkehr zwischen Thomas Leitner und Martin Six.

ZOLLNER, H. (2011): Rundholzvermessung bei Hasslacher Norica Timber. E-mail
vom 15. November 2011.

Internetquellen:

www.feric.ca

www.lebensministerium.at

www.timer-online.net

www.waldwissen.net

8. ANHANG

8.1 Abbildungs verzeichnis

Abbildung 1: Woody H60 Prozessoraggregat (Quelle: Konrad, 2010)	5
Abbildung 2: Längenmesseinrichtung Woody H60, mit hervorgehobenen Einzelbauteilen Längenmessrad und Längensensor (Quelle: Konrad, 2010)	5
Abbildung 3: Eindringtiefe des Messrades (Quelle: FERIC, 2004).....	6
Abbildung 4: Stammenebenheiten bei Längenmessung (Quelle: FERIC, 2004)....	7
Abbildung 5: Versuchslayout	11
Abbildung 6: Vergleich der Längenmessungen von Harvester und Prozessor auf Seilgerät	14
Abbildung 7: Darstellung Normalverteilungskurve für die gesamten Längenmessungen	15
Abbildung 8: Ausformungsstufen dargestellt nach Aggregattypen	17
Abbildung 9: Vergleich Längenmessungen Sommer/Winter unabhängig vom Aggregattyp.....	18
Abbildung 10: Anteile der Ausformungsstufen getrennt nach Sommer und Winter unabhängig vom Aggregattyp	19
Abbildung 11: Vergleich der Längenmessungen des Harvesters in Abhängigkeit von der Jahreszeit.....	20
Abbildung 12: Gegenüberstellung der Ausformungsstufen der Einsätze des Harvesters in Sommer und Winter	21
Abbildung 13: Längenmessungen des Prozessors am Seilgerät in Abhängigkeit von Rückerichtung und Jahreszeit	22
Abbildung 14: Ausformungsstufen des Prozessors am Seilgerät in Abhängigkeit der Jahreszeit und Rückerichtung.....	23
Abbildung 15: Mittlere Sortimentslänge jeder Stärkeklasse gesamt und getrennt nach Sommer/Winter	24
Abbildung 16: Mittlere Längen jeder Stärkeklasse in Abhängigkeit von Aggregattyp und Jahreszeit.....	25
Abbildung 17: Ausformungsstufen in Abhängigkeit der Stärkeklassen.....	26
Abbildung 18: Ausformungsstufen in Abhängigkeit der Stärkeklassen getrennt nach Sommer und Winter	26
Abbildung 19: Längenmessungen in Abhängigkeit von Qualitätsklassifizierung ..	28
Abbildung 20: Ausformungsstufen in Abhängigkeit von der Qualität	29
Abbildung 21: Ökonomische Verluste in Abhängigkeit von der Stärkeklasse.....	32

8.2 Ta bellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht des zur Verfügung gestellten Datensatzes	13
Tabelle 2: Verteilung der Bloche auf die Aggregattypen	13
Tabelle 3: Deskriptive Statistik der beiden Aggregattypen	15
Tabelle 4: K-S Test zur Überprüfung der Längenmessungen auf Normalverteilung	16
Tabelle 5: U-Test für Vergleich von Harvester und Prozessor auf Seilgerät	16
Tabelle 6: Deskriptive Statistik der Längenmessungen für Sommer und Winter..	17
Tabelle 7: U-Test für Vergleich von Sommer und Winter	18
Tabelle 8: Deskriptive Statistik der Längenmessungen des Harvesteraggregates im Sommer und Winter	19
Tabelle 9: U-Test für Unterschied von Messungen des Harvesters in Sommer und Winter	19
Tabelle 10: Mittelwert, Standardabweichung usw. der Messungen von Prozessoren auf Seilgeräten in Abhängigkeit von der Jahreszeit und Rückrichtung	21
Tabelle 11: Mittelwerte und Standardabweichungen der Längenmessungen in Abhängigkeit von Stärkeklasse und Sommer, Winter	24
Tabelle 12: Mittelwerte, Standardabweichungen usw. der Längenmessungen in den Qualitätsklassen	27
Tabelle 13: Kruskal-Wallis-Test für Längenmessungen in den verschiedenen Qualitäten	27
Tabelle 14: Übersicht Kubikmeter o.R. und Verkaufswert	29
Tabelle 15: Errechnete Preismatrix für AB-Qualität	30
Tabelle 16: Wertverlust nach Sommer und Winter	31
Tabelle 17: Wertverlust in Abhängigkeit vom Aggregattyp	32
Tabelle 18: Wertverlust in Abhängigkeit von der Qualität	33