

Raufutterernte in Hanglagen

Maschineneinsatzgrenzen und deren Einflussfaktoren

Juli 2010



Abb. 1: Welche Einsatzgrenzen besitzen Traktor und Zweiachsmäher in Hanglagen? (Fotos: ART)

Autoren

Joachim Sauter, Roy Latsch und Gregor Albisser, ART
joachim.sauter@art.admin.ch

Impressum

Herausgeber:
Forschungsanstalt Agroscope
Reckenholz-Tänikon ART
Tänikon, CH-8356 Ettenhausen,
Redaktion: Etel Keller, ART

Die ART-Berichte/Rapports ART erscheinen in rund 20 Nummern pro Jahr. Jahresabonnement Fr. 60.–. Bestellung von Abonnements und Einzelnummern: ART, Bibliothek, 8356 Ettenhausen
T +41 (0)52 368 31 31
F +41 (0)52 365 11 90
doku@art.admin.ch
Downloads: www.agroscope.ch

ISSN 1661-7568

Praxiserhebungen auf landwirtschaftlichen Betrieben in der Nord-, Ost- und Zentralschweiz ergaben, dass die Hälfte der hangtauglich ausgerüsteten Traktoren beim Mähen mit einem Frontmäherwerk bei einer mittleren Hangneigung von 42 bis 50 % an ihre Grenzen stossen. Der Median der Auswertung lag bei 44 %. Zweiachsmäher können steilere Hanglagen mähen. 50 % der Maschinen werden bis zu Hangneigungen von 44 bis 52 % eingesetzt. Der Median der eingesetzten Maschinen lag bei 48 % Hangneigung. Aufgrund des höheren Gesamtgewichts benötigt der Traktor allerdings eine höhere Motorleistung als ein vergleichbarer Zweiachsmäher. Um mit dem Traktor eine hohe Hangtauglichkeit zu erreichen, ist es erforderlich, dass dieser mit 4-Rad-Antrieb, Doppelbereifung sowie für die Mahd mit einer Fronthydraulik ausgestattet ist. Sowohl beim Zetten als auch beim Schwaden lag

die Einsatzgrenze höher als beim Mähen. Traktoren konnten mit Ladewagen im Mittel genauso steil in den Hang gefahren werden wie beim Mähen. Hierbei sind das Fahren am Vorgewende sowie das seitliche Abrutschen des Ladewagens beim Fahren in Schichtenlinie kritisch zu bewerten. Demgegenüber besitzt der Transporter in sehr steilem und coupiertem Gelände eine bessere Hangtauglichkeit und Wendigkeit als der Traktor mit Ladewagen. Neben der Hangneigung beeinflusst die Erschliessung, beispielsweise vorhandene Wende- und Ausweichmöglichkeiten, die Einsatzgrenzen. Bei vorwiegend mässigen Hanglagen mit schwacher Coupierung kann in der Regel auf eine spezielle Bergmechanisierung verzichtet werden. Auf Betrieben, die neben dem Futterbau auch noch Ackerbau betreiben, ist der Traktor aufgrund seiner vielseitigen Einsatzmöglichkeiten zu bevorzugen.



Problemstellung

Für die Futterernte in Hanglagen sind sehr oft teure Spezialmaschinen wie Zweiachsmäher und Transporter erforderlich. Diese führen infolge ihrer hohen Anschaffungskosten zu einer starken finanziellen Belastung der Betriebe. Daneben verfügen viele Betriebe häufig über einen zusätzlichen Traktor. Die Folgen sind mehrere Zugfahrzeuge mit einer sehr geringen Auslastung, was hohe Fixkosten verursacht. Somit stellt sich die Frage, inwieweit mit einem hangtauglich ausgerüsteten Traktor – der aufgrund seiner vielseitigen Einsatzmöglichkeiten Vorteile bietet – Hanglagen auch ohne zusätzliche Bergmechanisierung bewirtschaftet werden können.

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, die Einflussfaktoren, die den Einsatz von Maschinen in Hanglagen begrenzen, zu erfassen und die bestehenden Grundlagen der Einsatzgrenzen am Hang zu aktualisieren.

Die Hangneigung ist nicht allein entscheidend

Die Einsatzgrenze der Futtererntemaschinen unterliegt in Hanglagen einer Vielzahl von Faktoren (Noto und Sauter 2006). Hierbei stehen die Arbeitssicherheit sowie die Schonung der Grasnarbe im Vordergrund. Nach Ott (1996) befindet sich die Einsatzgrenze in Hanglagen dort, wo zum einen noch eine ausreichende Arbeitssicherheit gewährleistet ist und zum anderen ein befriedigendes Arbeitsergebnis erzielt wird, ohne die Grasnarbe zu schädigen. Häufig wird die Mechanisierung zur Bearbeitung der steilsten Teilstücke ausgewählt, um Rüst- und Wegzeiten in Grenzen zu halten.

In Abb. 2 sind die wichtigsten Einflussfaktoren zusammengestellt. Neben der Steilheit sind die Coupierung (Gleichmässigkeit der Fläche) des Geländes sowie das Vorhandensein von Ausweich- und Wendemöglichkeiten an kritischen Stellen wichtige Faktoren für die Futterernte. Welliges Gelände bereitet dem Traktor grössere Probleme als dem Zweiachsmäher. Zudem benötigt der Traktor zum Wenden grössere Flächen, daher ist das Wenden am Hang kritischer als das eigentliche Mähen.

Ein nicht zu unterschätzender Faktor bezüglich der Maschineneinsatzgrenze ist die Bedienperson des Fahrzeuges. Einige Landwirtinnen und Landwirte befahren sehr steile Flächen und gehen damit im Hinblick auf Sicherheit grössere Risiken ein als andere. Hier spielt vor allem die Erfahrung eine grosse Rolle. Aufgrund langjähriger Bewirtschaftung verfügen sie über gute Geländekenntnisse. Sie wissen, wie sie die kritischen Stellen anfahren müssen beziehungsweise wie sie diese am sichersten umfahren können.

Auch die Bereifung ist von massgeblicher Bedeutung (Hunger 2007). Der Zweiachsmäher ist in der Regel mit Terra-Reifen ausgerüstet, der Traktor hingegen mit Stollenprofil. Terra-Reifen verletzen die Grasnarbe insbesondere bei feuchter Bodenoberfläche weniger. Dadurch kommt es zu einer geringeren Futtermverschmutzung. Die seitliche Hangstabilität ist bei Terra-Reifen jedoch deutlich geringer als beim Stollenprofil (Wippl 2006). Doppelräder haben häufig eine um 15 bis 20 Prozent grössere Aufstandsfläche als Breitreifen. Demzufolge wird die Radlast bei Doppelrädern auf eine grössere Fläche verteilt, was schliesslich den Bodendruck verringert. Zusätzlich haben Doppelreifen gegenüber Breitreifen eine höhere Hangstabilität, da sie sich weniger stark verformen und doppelt so viele Karkassen das Gewicht seitlich abstützen.

Ein hydrostatischer Fahrtrieb, der eine stufenlose Regulierung der Fahrgeschwindigkeit ermöglicht, dämpft die

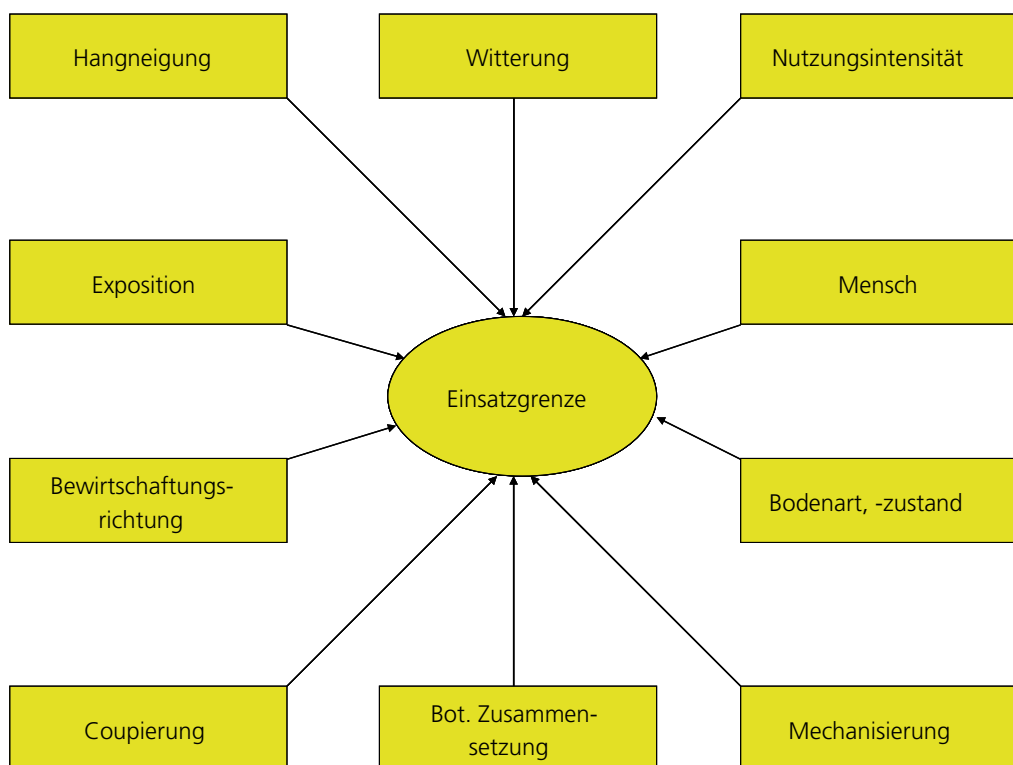


Abb. 2: Die wichtigsten Einflussfaktoren auf die Maschineneinsatzgrenze.



Abb. 3: Eine lückige Grasnarbe (links) verringert im Vergleich zu einer dichten, geschlossenen Grasnarbe (rechts) die Scherfestigkeit und damit die Befahrbarkeit.

Beschleunigungs- und Bremsvorgänge und ist somit schonender für Boden und Futter. Diesen Vorteil erkaufte man sich jedoch mit einem höheren Kraftstoffverbrauch, der nach Untersuchungen von Wippl (2006) im Vergleich zu einem Standardtraktor bis zu einem Drittel höher sein kann.

Schwere, lehmige Böden mit hohem Tongehalt weisen eine schlechte Befahrbarkeit auf, weil sie langsam abtrocknen und weniger intensiv von den Pflanzen durchwurzelt werden. Im trockenen Zustand können sie sehr hart sein, sodass sich die Stollen der Reifen nicht mit dem Boden verzahnen können.

Eine dichte, geschlossene Grasnarbe sowie ein gut ausgebildetes Wurzelwerk erhöhen den mechanischen Widerstand des Bodens gegen das Abscheren der Narbe. Die Nutzungsart sowie die Stickstoffdüngung können die Narbendichte beeinflussen. So führen eine geringe Nutzungsfrequenz sowie erhöhte N-Aufwendungen zu Narbenauflockerungen (Opitz von Boberfeld, 1994). Offene Narben leisten der Verunkrautung Vorschub und verringern die Scherfestigkeit. Darüber hinaus verschlechtern solche Pflanzenbestände die Futterqualität. Weiter ist die Exposition von Bedeutung. Wiesen an schattigen Nordhängen sind nach Niederschlägen erst nach längeren Wartezeiten wieder befahrbar, währenddessen Südhänge schneller abtrocknen.

In der Regel wird meist in Schichtenlinie gefahren. Mit zunehmender Hangneigung wird beim Fahren in Schichtenlinie das Gewicht des Fahrzeugs stärker auf die unteren Räder verlagert. Somit verursachen diese Räder einen höheren Bodendruck, und die Kippgefahr nimmt entsprechend zu. Das Arbeiten in Schichtenlinie ist im Normalfall bodenschonend und energiesparend, da das Fahrzeug geringe Höhenunterschiede überwinden muss. Die Bewirtschaftungsrichtung kann aber auch durch die Parzellenform vorgegeben sein. Beim Fahren in Falllinie ist es möglich, steilere Hanglagen zu befahren. Die Gefahr von Narbenschäden ist jedoch bei der Bergauffahrt durch verstärkten Schlupf grösser, insbesondere wenn der Boden feucht ist.

Vorgehensweise und Methodik

Für die Erfassung der Einsatzgrenzen verschiedener Maschinen in Hanglagen erfolgten Praxiserhebungen vor Ort auf landwirtschaftlichen Betrieben in der Nord-, Ost- sowie Zentralschweiz. Für jedes einzelne Arbeitsverfahren bei der Futterernte – Mähen, Zetten, Schwaden und Bergen – wurde die eingesetzte Mechanisierung mit den dazugehörigen Maschinenparametern erfasst. Die befragten Landwirte zeigten aufgrund ihrer Erfahrungen kritische Stellen auf, bei denen nach ihrer Meinung die Mechanisierung die Einsatzgrenze erreicht. An diesen Stellen wurde mit dem Neigungsmessgerät Clinotronic Plus (Wyler AG, CH-8405 Winterthur) die Hangneigung auf einer Messstrecke von zwei Metern gemessen. Diese Daten wurden anschliessend ausgewertet und in Form eines Box-Plots dargestellt. Auf ausgewählten Betrieben wurde der Arbeitszeitbedarf des Mähens erhoben. Die betriebswirtschaftlichen Kalkulationen beruhen auf dem ART-Bericht 717 «Maschinenkosten 2009/2010» (Gazzarin und Albisser 2009).

Ergebnisse

In der Praxis sind bei der Raufutterernte in Hanglagen sehr unterschiedliche Mechanisierungsverfahren anzutreffen. Um während der Futterernte an den knappen Feldarbeits-tagen Arbeitsspitzen bewältigen zu können, haben die Betriebe in der Regel mindestens zwei Zugfahrzeuge. Auch wenn alle Arbeitsverfahren mit Traktoren durchgeführt wurden, gab es keinen Betrieb, auf dem nur ein Zugfahrzeug vorhanden war. Der Zweiachsmäher wird häufig zum Mähen und Schwaden eingesetzt, das Zetten erfolgt meistens mit einem Allradtraktor. Zum Laden kommt in Abhängigkeit von der Beschaffenheit des Geländes entweder der Transporter oder der Traktor mit Ladewagen zum Einsatz.

Nur wenig Traktoren werden zum Mähen eingesetzt

Beim Mähen mit dem Traktor lag die Einsatzgrenze bei einer durchschnittlichen (Median) Hangneigung von 44 % (siehe Abb. 4). Der geringe Stichprobenumfang ($n = 17$) widerspiegelt, dass Traktoren nur selten zum Mähen

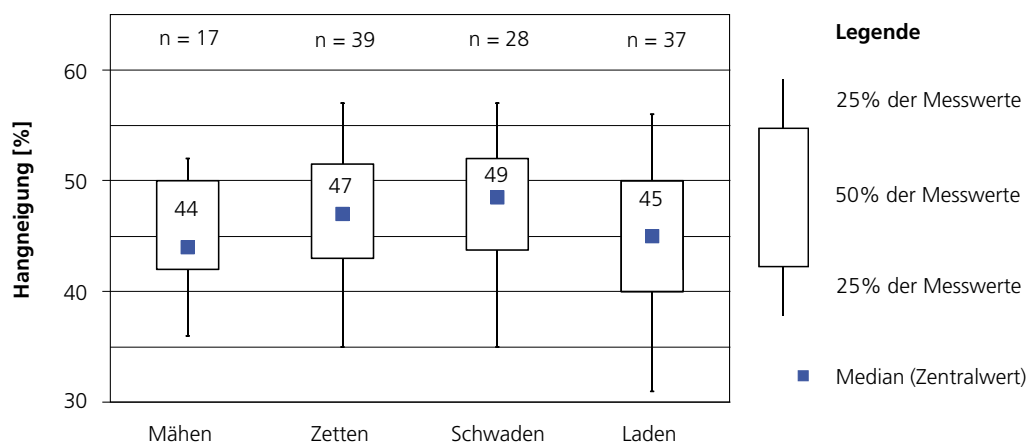


Abb. 4: Maschineneinsatzgrenzen bei der Futterernte mit dem Traktor (n = Anzahl Erhebungen).

genutzt werden. Frühere Untersuchungen zeigten, dass mit einem hangtauglich ausgerüsteten Traktor nur bis zu einer Hangneigung von zirka 35 % gefahren werden kann (Ott 1996). Gründe für die Differenzen zu der vorliegenden Untersuchung sind die bessere Ausstattung und neue Traktorenkonzepte.

Mit dem Traktor werden in der Praxis stellenweise Hangneigungen steiler als 50 % gemäht. Hierbei handelt es sich aber meistens um kleine Flächenbereiche, die nur gemäht werden können, weil das Gelände danach wieder flacher wird beziehungsweise Ausweichmöglichkeiten vorhanden sind. Das grossflächige Mähen solcher Neigungen ist mit dem Traktor nicht möglich, da es zu starken Grasnarbenschäden führen würde. In der Praxis werden kritische Bereiche, insbesondere bei zu feuchten Bodenverhältnissen, im Voraus mit dem Motormäher gemäht. Einige Betriebe mähen kritische Stellen sehr grosszügig mit dem Motormäher aus. Somit können sie die Restfläche mit dem Traktor mähen, ohne den Motormäher erneut einsetzen zu müssen. Die Traktoren werden daher teils nicht bis ans Limit ausgereizt.

Das Zetten mit dem Allradtraktor ist in Hanglagen sehr stark verbreitet. Durch die grössere Arbeitsbreite des Kreiselheuers im Vergleich zum Frontmäherwerk ist das Befahren von kritischen Stellen mit dem Traktor teilweise gar nicht notwendig. Diese Arbeiten erfolgen auf einer abgetrockneten Bodenoberfläche, sodass hierbei steilere Hanglagen befahren werden können als beim Mähen. Die Hälfte

der Traktoren wird für das Zetten des Mähguts bei einer Hangneigung von 43 bis 52 % eingesetzt. Zum Schwaden liegt die Spanne zwischen 44 und 53 %. Geschwadet wird meistens mit dem Kreiselschwader. In grösseren Betrieben kommen, insbesondere auf mässigen Hanglagen mit schwacher Coupierung (gleichmässige Hangneigung), vermehrt Doppelkreiselschwader mit eigenem Fahrwerk zum Einsatz. Der Wendevorgang mit gezogenen Schwadern ist im Gegensatz zu den angebauten weniger problematisch, da die Kreisel sich auf das eigene Fahrwerk abstützen und somit wenige Kräfte auf den Traktor übertragen.

Das Laden mit dem Ladewagen gelangte bei einer mittleren Hangneigung von 45 % an seine Grenzen. Kritische Stellen für die Futterbergung wurden entweder schon im Vorfeld durch geschicktes Schwaden ganz vermieden oder mit dem leeren Ladewagen angefahren. In einigen Fällen lag die Einsatzgrenze sogar niedriger als beim Mähen. Kritisch zu bewerten sind vor allem das seitliche Abrutschen des Ladewagens beim Fahren in Schichtenlinie und die Verlagerung des Schwerpunktes beim Laden. Dies kann zu unerwünschten Narbenschäden und Umkippen führen. Bereits bei einer noch ausreichenden Kippsicherheit besteht häufig die Gefahr von Narbenschäden. Der begrenzende Faktor ist im Normalfall die Rutsch- und nicht die Kippgefahr.

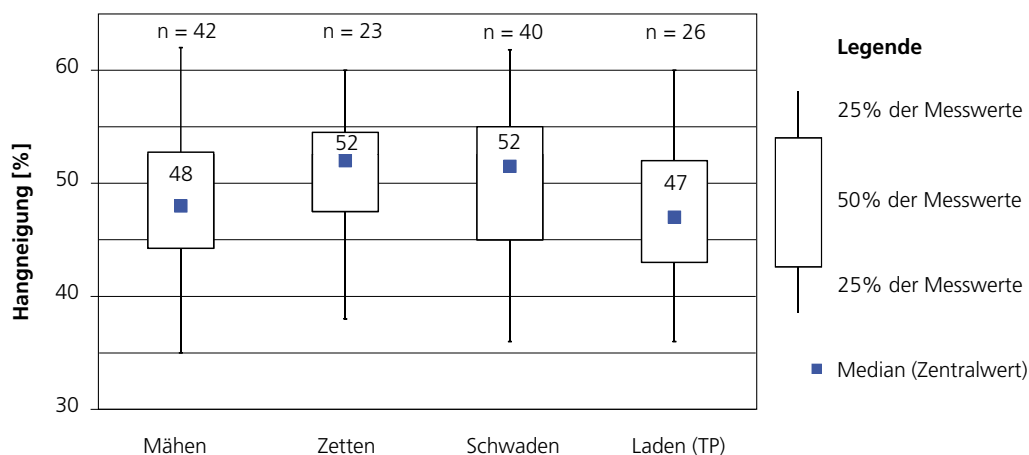


Abb. 5: Maschineneinsatzgrenzen bei der Futterernte mit Zweiachsmäher und Transporter (TP), n = Anzahl Erhebungen.

Zweiachsmäher und Transporter meist bis 50 Prozent

Mit einem Zweiachsmäher wird durchschnittlich (Median) bis zu einer Hangneigung von 48 % gemäht. Die Ergebnisse zeigen jedoch eine grössere Variationsbreite als die Ergebnisse bei Traktoren auf (siehe Abb. 5). Wippl und Handler (2002) geben eine Einsatzgrenze von 60 bis 65 %, Ott (1979) von 65 bis 85 % an. Diese Extremwerte wurden auf den Erhebungsbetrieben nicht erreicht, der Maximalwert lag bei 62 %. Der hydrostatische Antrieb, der tiefe Schwerpunkt sowie das geringe Eigengewicht dieser Fahrzeuge werden bei Arbeiten an steilen Hängen geschätzt. Beim Zetten und Schwaden ist die Einsatzgrenze genau wie beim Traktor höher als beim Mähen. So sind diese Arbeiten bis zu einer Hangneigung über 50 % möglich. Zum Schwaden wird oft der Bandrechen eingesetzt, der in steileren und coupierten Hanglagen eine bessere Boden-anpassung besitzt als der Kreiselschwader. Bandrechen erleichtern das Räumen von kritischen Stellen, da sie in beide Fahrtrichtungen arbeiten, sodass kein Wenden nötig ist.

Mit dem Transporter wurden durchschnittlich Hangneigungen bis 47 % befahren. Bei Hanglagen mit grösseren Neigungen sowie bei ungünstigen Bodenverhältnissen wird in der Regel in Falllinie gefahren. Laut Wippl und Handler (2002) ist das Fahren in Falllinie bis 60 % Hangneigung möglich. Dieser Wert wurde in dieser Untersuchung selten erreicht. Die Ergebnisse zeigen, dass die Mittel- und Spitzenwerte in der Praxis bei den Zweiachsmähern und Transportern höher liegen als diejenigen der Traktoren.

Der Transporter hat insbesondere in steilem und coupiertem Gelände aufgrund seiner Wendigkeit Vorteile gegenüber dem Traktor mit Ladewagen. Bei grösseren Feldentfernungen ist der Transporter jedoch wegen seines geringeren Fassungsvermögens im Vergleich zum Ladewagen benachteiligt.

Traktoren brauchen mehr Power

Traktoren brauchen für die Bewirtschaftung von Berggebieten im Vergleich zu den Zweiachsmähern höhere Motorleistungen (Abb. 6). Dies ist auf das höhere Fahr-

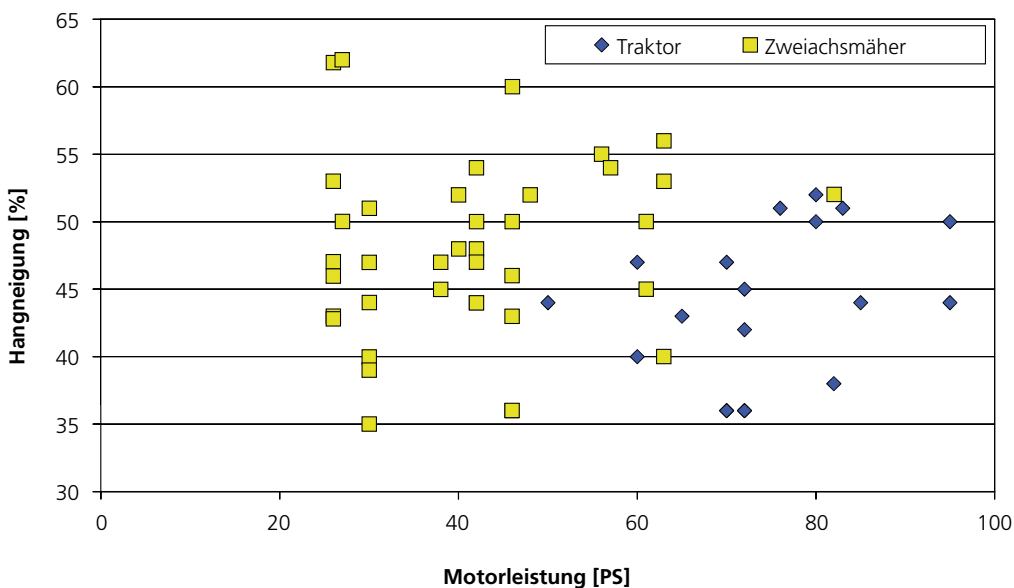


Abb. 6: Traktoren verfügen im Vergleich zu Zweiachsmähern über stärkere Motorleistungen.

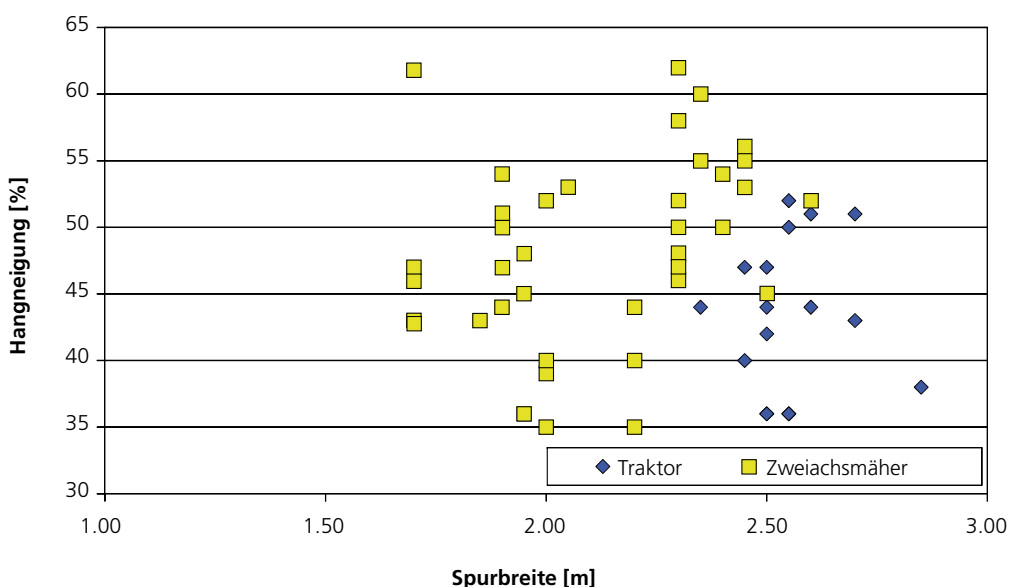


Abb. 7: Für den Hangeinsatz ausgerüstete Traktoren besitzen häufig eine grössere Fahrzeugbreite als Zweiachsmäher.



Abb. 8: Für eine hohe Hangtauglichkeit müssen die Traktoren mit Allradantrieb, Doppelbereifung sowie für das Mähen mit einer Fronthydraulik ausgerüstet werden.

zeuggewicht und die breitere Spur (Abb. 7) des Traktors, die den Einsatz eines breiteren Mähwerks erfordert, zurückzuführen. Die breitere Spur ergibt sich durch die Ausstattung mit Doppelbereifung, um den im Vergleich zum Zweiachsmäher höheren Schwerpunkt zu kompensieren. Um das Überfahren von ungemähtem Gut zu vermeiden, müssen die verwendeten Frontmähwerke die Fahrzeugbreite überragen. Häufig werden bei Traktorkombinationen Mähwerke mit drei Meter Arbeitsbreite eingesetzt. Zweiachsmäher sind dagegen oft mit 2,2 bis 2,5 Meter breiten Mähwerken – teilweise auch Messerbalken – ausgestattet. Sie sind im Vergleich zum Traktor weniger. Dies ist ein Vorteil bei schlecht zugänglichen oder unförmigen Parzellen, die häufiges Wenden erfordern.

Die Kosten durch hohe Auslastungen im Griff halten

In mässigen Hanglagen konkurriert der Zweiachsmäher direkt mit dem hangtauglich ausgerüsteten Traktor (Ott 1996). Die Anschaffungskosten für einen Zweiachsmäher mit einer Motorleistung von 35 kW betragen einschliesslich Doppelbereifung vorne und hinten laut Gazzarin und Albisser (2009) 81 000 Franken. Um mit dem Traktor eine ausreichende Hangtauglichkeit zu erzielen, ist es erforder-

lich, dass dieser mit 4-Rad-Antrieb, Doppelbereifung sowie einer Fronthydraulik ausgestattet wird (Abb. 8). Um die gleiche Arbeitsleistung zu erreichen, muss der Zweiachsmäher mit einem Traktor mit höherer Motorleistung verglichen werden, weil das höhere Gesamtgewicht, wie in Tab. 1 dargestellt, zusätzliche Leistung beansprucht. So kostet ein hangtauglich ausgerüsteter 50-kW-Traktor 79 800 Franken. Die Anschaffungskosten liegen um Fr. 1200.– tiefer als beim Zweiachsmäher. Die Fixkosten des Traktors hingegen sind pro Jahr um Fr. 744.– höher als beim Zweiachsmäher. Ebenfalls höher sind die variablen Kosten beim Traktor mit Fr. 1.69 pro Einsatzstunde.

Unter der Annahme, dass bereits ein 50-kW-Traktor mit 4-Rad-Antrieb auf dem Betrieb vorhanden ist, der auch für weitere Arbeiten eingesetzt wird, können die Fixkosten pro Jahr auf mehrere Arbeiten aufgeteilt werden. Somit ist der Anteil der Fixkosten für das Mähen geringer als beim Zweiachsmäher, der hauptsächlich für das Mähen verwendet wird. In Tab. 3 ist ein möglicher Verteilschlüssel der fixen Kosten auf die Mäharbeit dargestellt.

Die Kosten pro Schnitthektare werden berechnet, indem alle Anteile der fixen Kosten durch die Schnittfläche dividiert und mit den variablen Kosten zusammengezählt werden. Das Resultat ist in Abbildung 9 dargestellt und zeigt auf, dass ein hangtauglich ausgerüsteter Traktor mit Frontmähwerk niedrigere Kosten pro Schnitthektare verursacht als ein vergleichbarer Zweiachsmäher. Mit zunehmender Auslastung verringern sich die Kosten pro Arbeitseinheit. Bei diesen Berechnungen wurde jedoch nicht berücksichtigt, dass der Traktor in steileren Hanglagen

Tab. 1: Gewichte und Motorleistungen eines Standardtraktors und eines Zweiachsmähers.

	Standardtraktor	Zweiachsmäher
Motorleistung [kW]	55	34
Leergewicht [kg]	2850	1800
Scheibenmähwerk [kg]	410	380
Arbeitsbreite [m]	2,60	2,30
Total [kg]	3260	2180

Tab. 2: Maschinenkosten eines hangtauglich ausgerüsteten Traktors im Vergleich zu einem Zweiachsmäher (Quelle: nach Gazzarin und Albisser 2009).

	Traktor, 4-Rad-Antrieb, 50 kW			Zweiachsmäher, 35 kW		
	Anschaffung [Fr.]	Fixkosten [Fr./Jahr]	Variable Kosten [Fr./h]	Anschaffung [Fr.]	Fixkosten [Fr./Jahr]	Variable Kosten [Fr./h]
Grundfahrzeug	63 000.–	6580.–	16.28	76 000.–	7146.–	15.57
Doppelbereifung vorne	2900.–	279.–	0.85	2500.–	239.–	0.81
Doppelbereifung hinten	3900.–	374.–	0.95	2500.–	239.–	0.81
Fronthydraulik	10 000.–	1135.–	0.80			
Total: Fahrzeug	79 800.–	8368.–	18.88	81 000.–	7624.–	17.19
Frontkreiselmäherwerk	14 000.–	1743.–	19.14*	9900.–	1190.–	10.06**
Total Kombination	93 800.–	10 111.–	38.02	90 900.–	8814.–	27.25

* Mähleistung 2,00 ha/h

** Mähleistung 1,37 ha/h

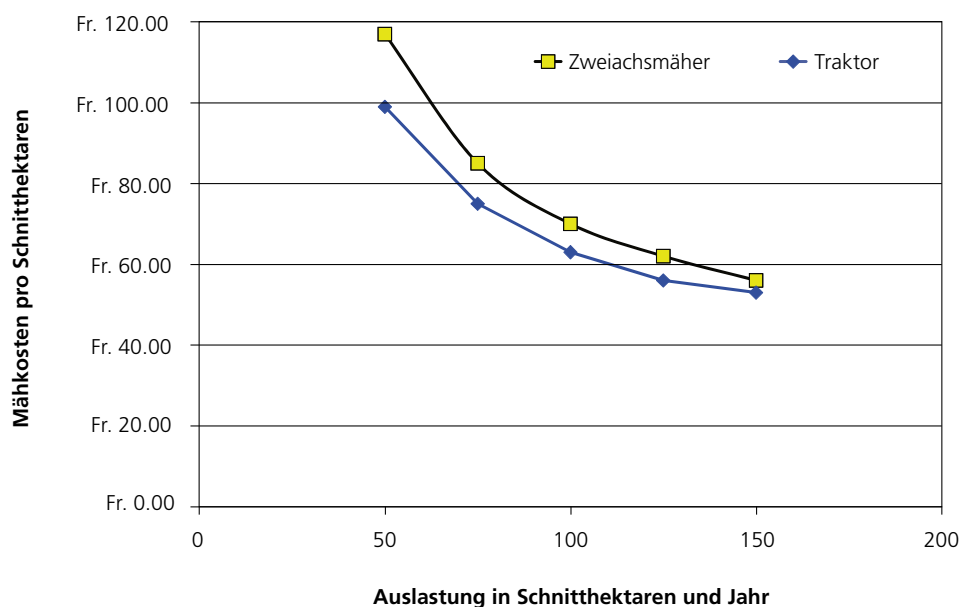


Abb. 9: Vergleich der Mähkosten pro Schnitthektare unter der Annahme, dass ein höherer Teil der Fixkosten des Traktors anderen Arbeiten zugeteilt werden kann.

deutlich mehr Arbeitszeit benötigt (Noto und Sauter 2006). Für Betriebe, die bereits einen für die Mäharbeiten einsetzbaren Traktor besitzen, lohnt es sich fast nie, in einen Zweiachsmäher zu investieren. So können mit dem Traktor Arbeiten durchgeführt werden, für die der Zweiachsmäher nicht so gut geeignet ist, wie zum Beispiel das Pflügen oder Transportarbeiten.

Wird davon ausgegangen, dass die Betriebe in der Regel über zwei Zugfahrzeuge verfügen, dann kann die Nutzung eines Traktors für allgemeine Arbeiten und der Zweiachsmäher als Spezialfahrzeug sinnvoll sein. Kritisch zu hinterfragen ist, ob diese Doppelmechanisierung bei den häufig geringen Auslastungen nicht vermindert werden kann, witterungsbedingt ist dies jedoch nicht immer möglich.

Schlussfolgerungen

Die durchgeführten Untersuchungen auf Praxisbetrieben zeigen, dass die Einsatzgrenze der Maschinen für die Futterernte in Hanglagen von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst wird. Häufig ist nicht die Hangneigung der limitierende Faktor, sondern die Gleichmässigkeit des Hangs (Coupierung) sowie das Vorhandensein von Ausweich- und Wendemöglichkeiten in weniger steilem Gelände. Zudem

ist eine gute Befahrbarkeit der Flächen von entscheidender Bedeutung. Bei zu feuchtem Boden erhöhten sich in Hanglagen die Rutsch- und Schlupfgefahr, was zu unerwünschten Narbenschäden sowie zu einer Verschmutzung des Mähgutes führen kann. Für die Futtererntemechanisierung in Hanglagen stehen mittlerweile sehr leistungsfähige und hangtaugliche Maschinen zur Verfügung. Entgegen früheren Untersuchungen, bei denen die Einsatzgrenzen von Traktoren mit 35 % angegeben wurden (Ott 1979), arbeiteten die Betriebe mit einem hangtauglich ausgerüsteten Traktor bis zu einer Hangneigung von über 40 %. Zu diesem Fortschritt hat die Entwicklung von leistungsstarken Kompakttraktoren geführt, die mit Frontmäherwerken und Doppelbereifungen ausgestattet werden. Bei den Zweiachsmähern konnte keine Ausweitung der Einsatzgrenze bestimmt werden. Der Sprung vom Traktor zum Zweiachsmäher hat sich verkleinert.

Bei den nachfolgenden Arbeiten liegt die Einsatzgrenze sowohl beim Traktor als auch beim Zweiachsmäher um 3 bis 4 % höher als beim Mähen, da diese Bearbeitungsschritte auf einer abgetrockneten Bodenoberfläche erfolgen. Die Einsatzgrenze des Traktors mit Ladewagen liegt wie beim Mähen bei 44 % Hangneigung, da der volle Ladewagen abrutschen kann. Bei vorwiegend mässigen Hanglagen mit schwacher Coupierung kann in der Regel auf den Zweiachsmäher und den Transporter verzichtet werden.

Tab. 3: Einsatzmöglichkeiten und Anteile der fixen Kosten für die Mäharbeiten.

	Traktor, 4-Rad-Antrieb, 50 kW	Zweiachsmäher, 35 kW
Einsatzmöglichkeiten Grundfahrzeug		
– Futterbau	Mähen, Zetten/Wenden, Schwaden, Laden	Mähen, evtl. Schwaden
– weitere Arbeiten	Transportarbeiten, Ackerbau, Forstwirtschaft, Winterdienst	Leichte Transportarbeiten
Anteil der Fixkosten für Mäharbeit		
– Grundfahrzeug	1/8	1/2
– Doppelbereifung	1/4	1/2
– Fronthydraulik	1	

Da die Einsatzmöglichkeiten eines Traktors grösser und somit die Auslastung besser ist, ist der Anteil der Fixkosten für die einzelnen Arbeiten im Futterbau geringer als bei einer Bergmechanisierung mit Zweiachsmäher und Transporter. Werden die Maschinenkosten pro Schnitthektare verglichen, sind die Kosten für das Mähen von 100 Hektar mit dem Traktor um 12% tiefer als mit einem Zweiachsmäher.

Literatur

- Gazzarin Ch., Albisser Vögeli G., 2009. Maschinenkosten 2009/2010. Kostenansätze Gebäudeteile und mechanische Einrichtungen. ART-Bericht Nr. 717. Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Ettenhausen.
- Hunger R., 2007. Mähetechnik fürs Berggebiet. Kletterer von Beruf. Schweizer Landtechnik 5/2007, 11–14.
- Noto F., Sauter J., 2006. Einsatzgrenzen und Arbeitszeitbedarf von Traktoren und Zweiachsmähern am Hang – Ergebnisse von Praxiserhebungen. In: Landtechnik im Alpenraum. FAT-Schriftenreihe 68, 17–20. 17. Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Ettenhausen.
- Opitz von Boberfeld W., 1994. Grünlandlehre. Biologische und ökologische Grundlagen. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Ott A., 1979. Stand und Zielvorstellungen für die Mechanisierung der Berglandwirtschaft, FAT-Schriftenreihe 8. Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Ettenhausen.
- Ott A., 1996. Traktor oder Zweiachsmäher? Arbeitstechnische und wirtschaftliche Eignung in Hanglagen. ART-Bericht Nr. 479. Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Ettenhausen.
- Wippl J., 2006. Einsatzgrenzen und Arbeitszeitbedarf von Traktoren und Zweiachsmähern am Hang – Ergebnisse von Vergleichsmessungen. In: Landtechnik im Alpenraum. FAT-Schriftenreihe 68, 11–16. Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Ettenhausen.
- Wippl J., Handler F., 2002. Überblick Stand und Trends in der Hangmechanisierung. In: Landtechnik im Alpenraum. FAT-Schriftenreihe 54, 25–35. Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Ettenhausen.