

ATW – Ausschuss für Technik im Weinbau

Deutscher Weinbauverband ■ Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft
Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft

Untersuchungen zur Weiterentwicklung seilgezogener Mechanisierungssysteme

Werner Rühling

Durchführung

Forschungsanstalt Geisenheim ■ Fachgebiet Technik
Leiter: Prof. Dr. Werner Rühling
Von-Lade-Straße 1 ■ 65366 Geisenheim

KTBL-Titel: I/11 ■ Förderjahre: 1999–2001
Förderland: Baden-Württemberg



Herausgeber

Kuratorium für Technik und Bauwesen
in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) ■ Darmstadt

ATW-Vorstand

Vorsitzender

Peter Jost ■ Hahnenhof
Oberstraße ■ D-55422 Bacharach
Tel.: +49 (0) 6743/1216 ■ Fax: +49 (0) 6743/1076
eMail: weingut_toni_jost_hahnenhof@debitel.net

2. Vorsitzender

Prof. Dr. Werner Rühling
Forschungsanstalt Geisenheim, Fachgebiet Technik
Brentanostraße 9 ■ D-65366 Geisenheim
Tel.: +49 (0) 6722/502-361 9 ■ Fax: +49 (0) 6722/502-360
eMail: technik@geisenheim.fh-wiesbaden.de

Dr. Jürgen Dietrich ■ Staatsweingut Meersburg
D-88701 Meersburg
Tel.: +49 (0) 7532/356 ■ Fax: +49 (0) 7532/358
eMail: JD@Staatsweingut-Meersburg.de

ATW-Beirat

Obmann

MinR Hermann Fischer
Minist. für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau
PF 32699 ■ Bauhofstraße 4, D-55116 Mainz
Tel.: +49 (0) 6131/16-3516 9 ■ Fax: +49 (0) 6131/16-3533
eMail: Hermann.Fischer@mwwlw.rpl.de

Geschäftsführer

Dr. Albrecht Achilles
KTBL, Bartningstraße 49 ■ D-64289 Darmstadt
Tel.: +49 (0) 6151/7001-139 ■ Fax: +49 (0) 6151/7001-204
eMail: a.achilles@ktbl.de

© 2002 by Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL)
Bartningstraße 49, D-64289 Darmstadt
Tel.: +49 (0) 6151/7001-0 ■ www.ktbl.de

Herausgegeben mit Förderung des Bundesministers für Verbraucherschutz,
Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL) sowie des Deutschen Weinbauverbandes (DWV). Nachdruck,
auszugsweise Wiedergabe, Vervielfältigung, Übernahme auf Datenträger und Übersetzung nur mit
Genehmigung des ATW.

Redaktion

Dr. Albrecht Achilles, KTBL

Titelbild

Weinbautechnik im Steilhang (Foto: Verfasser)

Printed in Germany

Inhalt

1	Einleitung und Aufgabenstellung	5
2	Weinbauliche Entwicklung in Seilzuglagen	5
3	Technische Entwicklung	6
4	Entstehung des neuen Seilzugmechanisierungssystems (SMS)	7
5	Bewirtschaftungssituation in Seilzuglagen	8
6	SMS-Ausführungsarten	8
6.1	Schlepper-Anbauversion	9
6.2	Anhänger-Version	9
6.3	Selbstfahrende Pritschen- und Windenträger	11
6.4	Geräteträger	12
6.5	Arbeitsgeräte	13
7	Arbeitsverfahren	19
8	Betriebssicherheit	20
9	Zukünftige Weiterentwicklung	22
10	Zusammenfassung	23
11	Literatur	24

1 Einleitung

Auf die seit vielen Jahren bekannten krisenhaften wirtschaftlichen Zustände in Steillagenregionen reagiert die Weinbaupolitik mit Konzepten zur Erhaltung der weinbaugeprägten Kulturlandschaften in vielen Flusstälern. Damit sollen neben anderen Maßnahmen vor allem die Bewirtschaftungsnachteile ausgeglichen werden [1]. Diese bestehen hauptsächlich in höheren Arbeitskosten und unzeitgemäßen ergonomischen Bedingungen sowie einem daraus resultierenden zunehmenden Mangel an Arbeitskräften. Ein auf diese Problematik abgestimmter und wichtiger Lösungsansatz stellt daher das ATW-Vorhaben zur **Weiterentwicklung seilgezogener Mechanisierungssysteme (SMS)** dar. Damit soll bei entsprechender weinbaulicher Anpassung neben dem Abbau der genannten Nachteile die Arbeitsproduktivität erhöht, die Arbeit erleichtert und ein grundlegender Beitrag zur Erhaltung des Steillagenweinbaus geleistet werden. Darüber hinaus soll das hohe Qualitätspotenzial der Steillagen zur nachhaltigen Imageverbesserung für alle deutschen Weine gesichert werden.

Der ATW hat nach einem im Jahr 1992 abgeschlossenen ersten Arbeitsvorhaben über seilgezogene Mechanisierungssysteme [2] für die Jahre 1999 bis 2001 zur **Weiterentwicklung** dieses zweite Projekt in seinen Förderkatalog aufgenommen. Damit soll die weitere Entwicklung fördernd begleitet und bewertet werden. Basierend auf dem Kenntnisstand zur Zeit der Antragsstellung war eine abschließende Entwicklung während der neuen Projektzeit noch nicht erkennbar und beabsichtigt. Durch die zwischenzeitlich erfolgte Weiterentwicklung ist die Endstufe möglicher erweiterter technischer Realisierungen nach dem Grundprinzip des Seilzugmechanisierungssystems weiter entfernt denn je. Mittlerweile sind Entwicklungsschritte vollzogen, die eine bisher eher illusionäre Mehrreihenbearbeitung oder Erntemechanisierung zukünftig nicht mehr ausschließen. Im Sinne der eingangs beschriebenen Gesamtproblematik kann und darf daher auch dieses Vorhaben ebenfalls nicht mit abschließendem Charakter belegt werden. Neue technologische Möglichkeiten der elektronischen Steuer- und Regelungstechnik lassen auch den fahrerlosen Einsatz von Zeilenrobotern als zukünftige Zielsetzung für Weiterentwicklungen wahrscheinlich werden.

Annähernd zeitgleich zu diesem Entwicklungsvorhaben vergab das BML (BMVEL) an drei Fachgebiete der Forschungsanstalt Geisenheim den Auftrag mit dem Titel „Optimierung des Weinbaus in Steillagen unter besonderer Berücksichtigung ökologischer Gesichtspunkte“. Die Aufgabe der Fachgebiete Weinbau, Betriebswirtschaft und Marktforschung sowie Technik in Zusammenarbeit mit der Schloss Johannisberger Weingütergemeinschaft und dem Hessischen Staatsweingut besteht danach in der Konzipierung einer weinbaulich, weinbautechnisch und betriebswirtschaftlich optimierten Traubenerzeugung für Seilzuglagen. Als Bewirtschaftungsbasis sind die Seilzugmechanisierungssysteme der beiden Anbieterfirmen zentraler Bestandteil des Projektes. Dabei geht es im weinbautechnischen Teil primär um die Bewertung der SMS. Neben arbeitswirtschaftlichen Untersuchungen wird der Energiebedarf, die Arbeitsqualität und Betriebssicherheit ermittelt. Die hieraus gewonnenen Ergebnisse werden ausführlich in den Berichten zum BML-Projekt dargestellt werden [3].

2 Weinbauliche Entwicklung in Seilzuglagen

Der kostenintensive Steillagenweinbau unterliegt seit deren Einführung den Ertragsbegrenzungen und gleichzeitig stagnierenden Weinpreisen trotz großer Marketinganstrengungen. Ferner erhalten ökologische Kriterien wie beispielsweise die Erosionsverhinderung und die für die Qualitätsweinerzeugung wichtige Steuerung des Wasserhaushalts zunehmende Bedeutung für zeitgemäße Systeme zur Traubenproduktion. Auf diese Vorgaben sind sowohl die weinbaulichen Maßnahmen auszurichten und die technischen Folgerungen abzustimmen.

Für den notwendigen Übergang von einem Weinbau mit bisher hoher Flächenproduktivität zu einer Form mit zeitgemäßer Arbeitsproduktivität und verminderten Produktionskosten sind insbesondere die Erziehungssysteme zu prüfen. So genügen beispielsweise die Systeme mit Einzelstockerziehung nicht mehr den genannten Anforderungen. Darüber hinaus werden bei der mit SMS angestrebten Gesamtmechanisierung bisher wichtige Vorteile wie das Quergehen im Hang an Bedeutung verlieren.

In allen Richtlinien für einen umweltschonenden Weinbau sind für die Rebgassen ganzjährige oder Teilzeitbegrünungen vorgesehen. Wenngleich langsam, so haben sich aus Gründen der Qualitätsverbesserung die Reihenabstände auf die heute empfohlene Mindestgröße von 1,8 m entwickelt.

Dies sind die weinbaulichen Hauptkriterien, die bei der **Entwicklung eines zukunftsfähigen Mechanisierungssystems für Seilzuglagen** zu berücksichtigen sind. Allein aufgrund der heute sehr hohen Entwicklungskosten ist eine Ausrichtung auf Erziehungsvorgaben mit rückläufiger Bedeutung nicht mehr vertretbar. Das heißt, es sind zukünftig umso größere Steillagenflächen mechanisierbar, je umfassender die weinbaulichen Anpassungsmaßnahmen im Sinne einer Vereinheitlichung realisiert werden. Der hier erkennbare Nachholbedarf müsste – analog dem Zustand im Direktzugweinbau – für die grundsätzlich mögliche Bewirtschaftungsverbesserung auf möglichst allen Steillagenflächen zeitgleich mit der weiteren Entwicklung der Mechanisierungssysteme abgebaut werden. Die Mechanisierungssysteme für Steillagen müssen dennoch allein durch die unverzichtbare Optimierung nach morphologischen Vorgaben eine Art Individualcharakter aufweisen.

3 Technische Entwicklung

Die Anwendung von Seilzugtechnologien setzt selbstverständlich dort ein, wo die insgesamt vorteilhaftere Direktzugmechanisierung aus den jeweils vorliegenden, unterschiedlichen Gründen ausscheidet. In Zusammenhang mit der Bodenart und –beschaffenheit sind dies vor allem die seit einigen Jahren bekannten Grenzsteigungswerte, die aus physikalischen Gründen auch zukünftig Bestand haben werden. Auch mit neuen technologischen Ansätzen sind hier kaum Erweiterungen zu erwarten. Neuere Entwicklungen, beispielsweise von Schleppergetrieben, dienen hier eher der weiteren Verbesserung der Betriebssicherheit.

Zahlreiche Betriebe mit Direktzug- und Seilzuglagen werden aufgrund der hohen Investitionskosten für zwei Mechanisierungssysteme die Grenzen des Direktzugs nicht ausnutzen. Bei den meist geringen Flächenausstattungen der Steillagenbetriebe besteht das betriebswirtschaftliche Problem bereits im Erreichen der Rentabilität für ein System. Damit ist in einem überwiegenden Teil dieser Betriebsgruppierung die Festlegung auf ein SMS angesagt.

Im Gegensatz zur klassischen Seilzugtechnik, die im Wesentlichen nur die Bodenbearbeitung und eventuell Lösungen für Materialtransporte betraf, werden mit der Weiterentwicklung neuer Systeme die **Gesamtmechanisierung** aller Arbeiten bis letztlich hin zur Lese angestrebt. Mit der Zahl der in Einmann-Seilzugverfahren überführbaren Arbeitsgänge wächst die nach betriebswirtschaftlichen Kriterien zu bewertende Annäherung der SMS an die vorteilhafteren Bewirtschaftungsarten. Diese Entwicklung und deren nachfolgende Bewertung stellt die Zielsetzung des ATW-Vorhabens dar.

Um den praxisnutzbaren Stand der SMS anschaulicher zu charakterisieren, soll der nachfolgende kurze Abriss der bisherigen Entwicklungsgeschichte dienen. Die Darstellung erfolgt auch deshalb in diesem Bericht, weil bereits heute erkennbar ist, dass es sich bei den SMS um eine bedeutende technische Entwicklung für einen wichtigen Teil des deutschen Weinbaus, zukünftig aber auch für Steillagen in anderen Ländern handelt.

4 Entstehung des neuen SMS

1981 – 1987 Herr Georg Obrecht, Winzer in Oberkirch-Bottenau in der Ortenau verwirklicht seine Idee eines Seilzugsystems, das auf die Einsatzbedingungen in seinem Betrieb abgestellt ist.



Abb. 1: Erste Ausführung eines Seilzugsystems von G. Obrecht

1989 Initiierte der Berichterstatter eine erste Vorführung für einige ATW-Mitglieder und die interessierte Firma Clemens, Wittlich.

1990 – 1992 führt das Fachgebiet Technik Versuche zur Bewertung und eine umfangreiche Weiterentwicklung mit zusätzlichen Arbeitsgängen unter Einbeziehung von Aufbaugeräten der Firma Niko mit Anpassungen an die StVZO durch.

1991 Übernimmt die Firma Clemens die am Fachgebiet Technik geschaffenen universell einsetzbaren Systemteile und fertigt das erste System.

1991 kauft das Weingut Toni Jost, Bacharach, den Prototyp der Firma Clemens, damit steht ein erstes System für Feldversuche zur Verfügung.

1992 erhält die Firma Clemens für das Seilzugmechanisierungssystem (SMS) die Intervitis-Plakette.

1992 – 1994 führt J. Dietrich im Rahmen seiner Dissertation am Fachgebiet Technik Versuche zur vergleichenden Bewertung mit anderen Steillagenverfahren durch.

1993 erfolgt mit der Einführung der Funkfernsteuerung der erste Schritt zu Einmann-Verfahren.

1998 Trennung von G. Obrecht und der Firma Clemens. Danach tritt die Firma Obrecht Weinbautechnik als unabhängiger Maschinenanbieter auf. Im gleichen Jahr stellt die Firma Clemens auf der Intervitis zusätzlich zur bisherigen Schlepperanbauausführung eine Anhängerversion mit Antriebsmotor für den Windenantrieb und zum Versetzen von Gasse zu Gasse vor.

1999 Durchbruch des Systems am Markt. Erstmals kaufen Großbetriebe an der Mosel, in Franken und im Rheingau die von zwei Herstellern angebotenen SMS.

2001 präsentiert die Firma Obrecht auf der Intervitis ein eigenmotorisiertes Anhängersystem und eine Gerätekombination auf dem Geräteträger. Die Firma Clemens stellt die erste Überzeilenversion für mehrreihige Bearbeitungen in einer Ausführung für einen Betrieb in USA vor.

5 Bewirtschaftungssituation in Seilzuglagen

Sieht man zunächst einmal von den mitbestimmenden Betriebsstrukturen im Steillagenweinbau ab, so kann festgestellt werden, dass in den zurückliegenden zwei Jahrzehnten der Anteil der Seilzugbewirtschaftung in Steillagen sich allgemein erheblich verminderte. Die dafür meist zuerst genannte Ursache wird in der Aufgabe des Weinbaus in den schwer zu bewirtschaftenden Steillagen gesehen. Ein damit einhergehender Rückgang der Weinbaufläche ist in erheblichem Maße nur im Anbaugebiet Mittelrhein und Mosel-Saar-Ruwer gegeben. In den anderen Steillagengebieten nahm bei kaum rückläufiger Rebfläche die Seilzugbewirtschaftung durch den Übergang zu Direktzugverfahren ab. Dieser Vorgang, der nur mit weinbaulichen Anpassungen wie beispielsweise dem Übergang zu Drahtrahmenerziehungen und entsprechenden Reihenabständen möglich wird, ist beispielsweise an der Mosel noch in einem aktuellen Umstellungsstadium begriffen. Damit wurden und werden erst jetzt große Anteile klassischer Seilzuglagen für eine vor allem kostengünstigere Traubenerzeugung erschlossen. Insgesamt kann die heute nur mit Seilzugverfahren bewirtschaftbare Gesamtfläche im deutschen Weinbau auf etwa 16 000 bis 17 000 Hektar geschätzt werden.

Zunächst einzige Anwendungsvoraussetzung für die steigungsunabhängigen Seilzugverfahren auf nicht terrassierten Lagen ist die **bergseitige Wegeerschließung** der Parzellen. Auf dieser Voraussetzung und der erosionsunterbindenden **Begrünung** der Rebassen sind die neuentwickelten SMS konzipiert. Für die Anforderungen aus der Bearbeitung offener Böden sind die heute verwendbaren Systeme nicht ausgelegt.

Aus diesen allgemein beschriebenen Bedingungen leitet sich die Aufgabenstellung für eine für die Mehrzahl der Seilzuganwendungen gültigen Weiterentwicklung und damit für dieses Vorhaben ab. Die Hauptzielsetzungen des Vorhabens zur Verbesserung der Bewirtschaftung durch Weiterentwicklung von seilgezogenen Mechanisierungssystemen können in fünf Punkten gegliedert werden:

- Weitere Reduzierung des Arbeitszeitbedarfs mit den Ansätzen echte Einmann-Verfahren mittels selbstfahrenden Pritschen-Seilwindensystemen und Funkfernsteuerung.
- Mechanisierung zusätzlicher Arbeitsgänge (Gerätekombinationen).
- Steigerung der Betriebssicherheit aller Aggregate.
- Verbesserung der Arbeitsqualität (z. B. Gebläse für Sprühgerät).
- Mehrreihige Arbeitsverfahren (Voraussetzung für die Erntemechanisierung).

Mit den praxisverwendbaren Geräteausführungen der beiden SMS-Hersteller sind Versuche zur Ermittlung betriebstechnischer Kennwerte durchgeführt worden. Die gewonnenen Untersuchungsergebnisse sollen einmal als Grundlagen für die Weiterentwicklung, zum Zweiten als Bewertungskriterien für die Systemanwender dienen, um die relative Vorzüglichkeit zu belegen.

Da ausschließlich erstmalig hergestellte Maschinenausführungen sowohl verkauft bzw. auch für die Versuche zur Verfügung standen, waren nahezu alle Einsätze von Bauteilversagen oder mehr oder weniger umfangreichen Reparaturmaßnahmen begleitet. Zusätzlich zu den dadurch eingeschränkten Messzeiten waren zeitlich umfangreiche Aufwendungen zur Herstellung der Betriebsfähigkeit der als Prototypen zu bezeichnenden Maschinen erforderlich.

6 SMS-Ausführungsarten

Das Seilzugmechanisierungssystem besteht in allen Ausführungsarten aus den gleichen Grundelementen Seilwinde mit Auffahrpritsche, dem seilgezogenen Geräteträger, den darauf aufgebauten Arbeitsmaschinen sowie der Funkfernsteuerung. Die Seilwinde mit der Auffahrpritsche stellt eine Einheit dar, von deren unterschiedlicher Antriebs- und Fortbewegungsart sich im Wesentlichen die Systemvarianten definieren.

Von beiden Herstellerfirmen ist jeweils die Schlepperanbauversion die bisher am meisten verbreitete und daher bekannteste Bauart. Zu unterschiedlichen Zeitpunkten entstanden wiederum von beiden Anbietern sowohl Anhänger-versionen als auch selbstfahrende Ausführungen. Dabei sollen aus Kostengründen in allen Varianten soweit als möglich gleiche Bauteile und Baugruppen Verwendung finden. Die grundlegenden Systemmerkmale sind seit langem weitgehend bekannt oder beschrieben [4]. In den folgenden Beschreibungen stehen daher die Unterschiede der aktuellen Ausführungsarten im Vordergrund.

6.1 Schlepper-Anbauversion



Abb. 2:
Schlepperanbauausführung
aus dem Jahr 1993

Der Dreipunktanbau der Auffahrpritsche, der zapfwellenbetriebene, hydraulische Windenantrieb und die hydraulische Neigungsverstellung der Pritsche sind die gemeinsamen Eigenschaften aller ausgeführten Lösungen. Zur Zugkraftbegrenzung ist bei beiden Fabrikaten ein Druckventil vorgesehen. Bei den zapfwellenangetriebenen Pumpen handelt es sich um Konstantpumpen. Das hat zur Folge, dass bei geringen Leistungsanforderungen zuviel erzeugte hydraulische Energie als energetische Verluste in Form von Wärme abgeführt werden müssen. Eine Untersuchung zur Bewertung der Hydrauliksysteme erfolgte zeitgleich im Rahmen des BMVEL-Projektes, die Ergebnisse und mögliche Verbesserungsansätze werden dort mitgeteilt [3].

Während die Fa. Clemens in ihre neueren Maschinen eine Spillwinde für konstante Seilgeschwindigkeiten einbaute (Abbildung 3), wird bei der Fa. Obrecht über eine elektronisch gesteuerte Trommelwinde eine gleichbleibende Seilgeschwindigkeit sichergestellt.

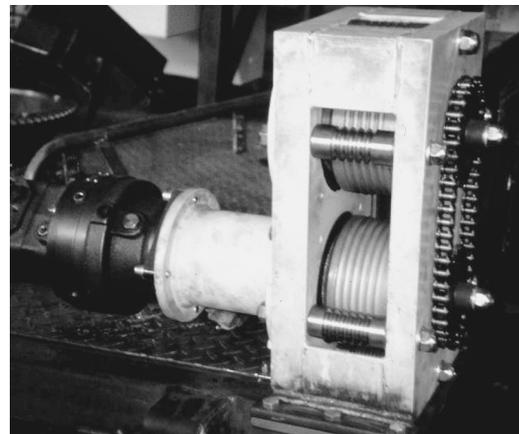


Abb. 3:
Spillwinde in Schlepperanbau- und
Anhängerausführungen der Fa. Clemens

Mit dem Seildurchmesser von 7 mm (wahlweise 6 mm) beträgt die Trommelkapazität bei Obrecht 150 m. In der Standardausführung von Clemens mit 8 mm Seildurchmesser sind 130 m Seillänge möglich. Bei Obrecht ist zudem eine vorteilhafte Anpassung der Seilumlenkung an die Hangneigung vorgesehen.

Die Handhabung der in Schlepperfahrtrichtung rechts in die Rebanlage ausfahrbaren Pritsche ist jeweils gleich. Entsprechend der Hangneigung ausgerichtet liegt die Auffahrrampe auf dem Boden auf und kann in Schwimmstellung der Hydraulik in die nächste Gasse auf dem Boden rutschend versetzt werden.

6.2 Anhänger-Version

Das mit dem Schlepper vorgenommene Versetzen in die nächste Gasse läuft auch bei den auf **Zapfwellenantrieb** angewiesenen Anhängerbauarten beider Hersteller wie zuvor beschrieben ab. Ein ergonomisch akzeptables und aus Sicht einer möglichst hohen Flächenleistung des Systems notwendiges Arbeitsverfahren erfordert allerdings zwei Arbeitskräfte.

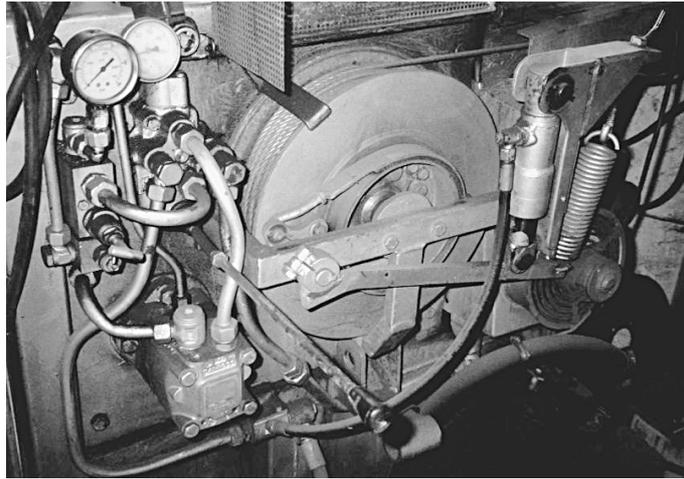


Abb. 4:
Trommelwinde mit hydraulischen Steuerelementen in die Schlepperanbauausführung der Fa. Obrecht integriert

Das bei einer Arbeitskraft erforderliche Umsteigen vom Schlepper auf den auf der Pritsche befindlichen Arbeitsplatz des Geräteträgers verlängert nicht nur den Wendezeitanteil erheblich, es ist vielmehr auch für die Arbeitskraft ein sehr lästiger Vorgang. Da zudem ständig ein Schlepper gebunden ist, wiegt der geringfügige Vorteil der auf der Ladepritsche mitnehmbaren Transportgüter bei weitem diese Nachteile nicht auf. Von dieser, gegenüber der Anbauversion erheblich teureren Bauart sind daher nur Einzelexemplare in der Praxis im Einsatz. Sie werden hier wegen der zukünftig geringen Bedeutung auch nicht weiter behandelt.

Praktikabler und von der Praxis bevorzugt nachgefragt sind dagegen die Anhängerbauarten mit **eigener Energieversorgung**. Die wiederum von beiden Herstellern angebotenen Ausführungen unterscheiden sich auffällig durch die Drei- bzw. Vierradkonzeption. Mit dem älteren Dreiradanhängen von Clemens konnten in Weinbaubetrieben Erfahrungen gesammelt und eigene Messreihen durchgeführt werden. Für den bisher nur in einem Exemplar gefertigten Anhängerartyp von Obrecht war dies in gleicher Weise nicht möglich.

Mit beiden Ausführungen kann die Straßenfahrt mit einer Zugmaschine und Geschwindigkeiten bis 25 km/h durchgeführt werden. Die Bewegung des Anhängers von Reihe zu Reihe entlang der Rebparzelle erfolgt mittels Eigenantrieb. Ebenso der Antrieb der mit der Dreipunktversion vergleichbaren und in die jeweilige Anhängerart integrierten Winden-Pritschen-Kombination. Wie schon der Windenantrieb ist auch der Fahrtrieb hydrostatisch stufenlos ausgeführt. Die Antriebsenergie erzeugt ein aufgebauter Dieselmotor mit einer Nennleistung von 17 kW (23 PS) bei Clemens und 20 kW (28 PS) bei Obrecht.

Der Fahrtrieb des Dreirad-Anhängers erfolgt über das lenkbare vordere Stützrad, das nach dem Straßentransport mit Deichselabstützung am Schlepper hydraulisch abgesenkt wird und mit einer Lamellenbremse ausgestattet ist. Wie bei der Anbauversion wird das Hydrauliksystem von einer energetisch, bei wechselnden Anforderungen nachteiligen Konstantpumpe angetrieben. Zur Erhöhung der Standsicherheit wird beim Arbeiten der Pritschenrahmen zwischen Vorderrad und Hinterachse auf den Boden abgesenkt. Für den Motorbetrieb, alle hydraulischen Funktionen sowie den Fahrbetrieb mit Lenkung verfügt der Anhänger über ein Steuerpult mit Joystick, dessen Betätigung vom Sitz des auf der Pritsche stehenden Geräteträgers aus möglich ist.



Abb. 5:
Dreirad-Anhänger der Fa.
Clemens mit Sprühgerät und
Brühetank in Arbeitsstellung

Über der mit Feststellbremse bestückten und wahlweise lenkbaren Hinterachse bietet eine Ladepritsche, 1 m lang und 1,9 m breit, die Möglichkeit zum Transport von Betriebsmitteln wie beispielsweise eines Brühebehälters für den Pflanzenschutz.



Abb. 6:
Selbstfahrender Vierrad-
Anhänger der Fa. Obrecht

Der Zweiachsanhänger von Obrecht weist bei etwas größerer Fläche der Ladepritsche ebenfalls die Option einer lenkbaren Hinterachse auf, die beim Zweiachser die Manövrierfähigkeit erheblich verbessert. Als Hydraulikpumpe wird hier eine Verstellpumpe eingebaut, die eine bedarfsangepasste hydraulische Leistung nach dem sog. Load-Sensing-Prinzip ohne die hohen Energieverluste erzeugt.

6.3 Selbstfahrende Pritschen- und Windenträger

Seit etwa sieben Jahren existiert mit dem RETRAK von Obrecht eine selbstfahrende Lösung, die auch die Zugmaschine für Straßenfahrten erübrigt. Bei dem allradangetriebenen Fahrzeug können beide Achsen getrennt gelenkt werden. Der Vierradantrieb erfolgt wie der Windenantrieb stufenlos hydraulisch. Alle Arbeitsfunktionen sind, wie zuvor beschrieben, vom Arbeitsplatz auf den Geräteträger steuerbar. Mit einer Straßengeschwindigkeit bis 40 km/h bietet diese Lösung optimale Leistungsfähigkeit bei der Bewirtschaftung von Seilzuglagern. Aufgrund des sehr hohen Preises und der mehrheitlich im Steillagenweinbau vorherrschenden Betriebsgrößen hat sich allerdings noch kein Weinbaubetrieb zum Kauf eines RETRAK entschlossen.



Abb. 7:
Retrak-Selbstfahrer der
Fa. Obrecht mit Pendeldüngerstreuer

Bessere Voraussetzungen auf der Kostenseite könnte der von Clemens im Berichtsjahr 2002 erstmals vorgestellte Selbstfahrer aufweisen. Pritsche und Winde sind aufgebaut auf einen in Italien gefertigten Serientransporter mit Allradantrieb und 16-Gang-Synchrongetriebe. Angetrieben von Motoren mit unterschiedlich wählbarer Nennleistung werden gleichartige Fahr- und Arbeitsleistungen erreicht.



Abb. 8:
Selbstfahrer der Fa. Clemens
aufgebaut auf den Transporter
der Fa. Caron

Die beiden Selbstfahrer standen wie auch die selbstfahrende Anhängerausführung von Obrecht bisher für bewertende Untersuchungen nicht zur Verfügung. Es bestand lediglich die Möglichkeit zum Vergleich im Rahmen einiger Maschineneinsätze.

6.4 Geräteträger

Auf den seilgezogenen vierrädrigen Geräteträger werden bei allen SMS-Ausführungen die Arbeitsgeräte aufgebaut. Er trägt ferner den Geräteträgerfahrer und nimmt dessen Bedien- und Steuerelemente auf. Aus der dargelegten Entstehungsgeschichte ist abzuleiten, dass es gegenüber der bekannten Erstauführung [5] keine grundsätzlichen Fabrikatsunterschiede gibt. In allen Ausführungen wurde der von uns früher vorgeschlagene in Talrichtung offene U-Rahmen für den Einschub der Arbeitsgeräte ebenso beibehalten wie der mit der Drehung des Fahrersitzes verbundene Wechsel der Lenkachse, die jeweils in Fahrtrichtung vorne liegt. Die Ausführungsunterschiede liegen heute mehr in Ausführungsdetails, beispielsweise des Fahrersitzes oder der Geschwindigkeitsregelung über Hand- oder Fußschalter. Mit einem Gewicht von 156 kg (Obrecht) und 166 kg (Clemens) entspricht die Bauweise der Geräteträger den aus Fahrer- und Arbeitsgerätegewicht zusammengesetzten Belastungen. Das maximale Gerätegewicht ergab sich für das Sprühgerät bei gefülltem 140 l-Behälter mit ca. 260 kg.



Abb. 9:
Geräteträger mit Sprühgerät und
eigenem
Viertakt-Antriebsmotor

Beide Hersteller bauten in den letzten Jahren für den Geräteträger eine hydraulische Antriebseinheit mit eigenem Antriebsmotor. Der bisherige leistungsabgestimmte einzelmotorische Antrieb der Arbeitsgeräte wurde damit durch einen Universalantrieb abgelöst, der alle Arbeitsgeräte versorgt und auch einzelne Gerätekombinationen ermöglicht. Aus Gewichtsgründen wurde das Hydraulikaggregat bei Clemens mit vier Steuergeräten und 60 l/min Fördermenge mit einem 13,5 kW-Benzinmotor angetrieben. Der festgestellte sehr hohe Kraftstoffverbrauch [3] führte danach zur Ablösung durch einen 15 kW-Dieselmotor. Obrecht stattete die universelle Antriebseinheit von Anfang an mit einem 14,5 kW-Dieselmotor aus. Mit dieser Umstellung auf hydraulisch angetriebene Arbeitsgeräte ist selbstverständlich auch deren Ausstattung mit einem Hydromotor anstelle des zuvor verwendeten Benzinmotors verbunden. Die Tragfähigkeit der vier Räder mit 4.00-8-Bereifung wurde durch Verbreiterung auf 6.50-8-Reifen oder die (talseitige) Verwendung von Doppelbereifungen erhöht.

6.5 Arbeitsgeräte

Vor dem Projektbeginn wurden von beiden Herstellern jeweils mit dem Kreiselmulcher, Sprühgerät und Laubschneider Geräte für die wichtigsten Arbeitsgänge angeboten. Bereits vorhanden waren auch Düngerstreuer, Transportwanne und Unterstockspritzgeräte. Für die Arbeitsgeräte und deren Zugkraftbedarf waren Antriebsaggregat, hydraulischer Windenantrieb und Zugseil ausgelegt. Stellvertretend wird für den Kreiselmulcher die erforderliche Zugkraft in Abhängigkeit von der Hangneigung in Abbildung 11 wiedergegeben. Bei einem gemessenen Maximalwert von 355 daN bietet die installierte und auf 450 bis 500 daN limitierte Zugfähigkeit ausreichende Sicherheit auch bei wechselnden Einsatzbedingungen.

Eine Zielsetzung des Vorhabens bestand in der Entwicklung ergänzender Maschinen zur Mechanisierung weiterer Arbeitsgänge. Ausgehend von den Wünschen, die von der systemanwendenden Praxis geäußert wurden, gab es mit Schlegelmulcher, Kreiselegge, Grubber und Arbeitspritze gleichartige Neuansätze bei beiden Herstellern. Zusätzlich wurde von Obrecht ein Erdbohrer zum Pflanzen und Stickelsetzen fertiggestellt. Clemens bietet ferner hydraulisch angetriebene Bürsten zum Stockputzen an. Ohne die Mitwirkung eines Herstellers wurde schließlich der Prototyp eines Heftgerätes fertiggestellt und einer Erprobung unterzogen.



Abb. 10:
Geräteträger mit hydraulischer Antriebseinheit
und aufgebautem Laubschneider

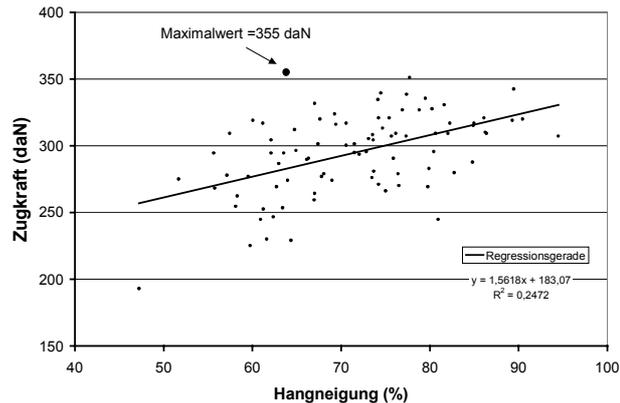


Abb. 11:
Zugkraftbedarf beim
Mulchen in Abhängigkeit von der
Hangneigung

Schlegelmulcher

Die in Steillagen mehrheitlich anzutreffende Steinauflage und der damit verbundene Messerverschleiß eines Kreiselmulchers macht den Schlegelmulcher zum überlegenen Gerät sowohl für das Mulchen als auch zur Rebholzerkleinerung. Legt man den gleichen Arbeitsablauf wie beim Kreiselmulcher zugrunde, bei dem durch seitlichen Versatz des Mulchers bei Berg- und Talfahrt die ganze Gassenbreite bearbeitet wird, so erfordert die Schlegelbauart zusätzlich eine Umkehr der Drehrichtung immer gegenläufig zur Fahrtrichtung.



Abb. 12:
Schlegelmulcher mit hydraulischer
Antriebseinheit

Als eine mögliche Lösung käme hierfür ein Wendegetriebe in Betracht. Mit den besseren Handhabungseigenschaften und der nachfolgenden Mehrfachnutzung wurde jedoch die beschriebene universelle hydraulische Antriebseinheit vorgezogen. Die angeführte Leistung der Verbrennungsmotoren und die Größe der Hydrauliksysteme wurde nach dem höchsten Bedarfswert aller Geräte, dem Mulcher, festgelegt. Mit einem maschinenseitigen Hydromotor anstelle des jeweiligen Verbrennungsmotors steht damit für alle Geräte ausreichende Antriebsleistung zur Verfügung. Zusätzlich eröffnet sich neben der einfachen Drehrichtungs-umkehr für den Mulcher eine stufenlose hydraulische Verstellbarkeit sowie der Aushub von Geräten. Die mögliche aufteilbare hydraulische Leistung erlaubt sogar eine Kombination von Geräten.

Als Nachteil dieser hydraulischen Antriebseinheit ist ihr Gewicht und ihr Platzbedarf auf dem Geräteträger zu werten. Das Sprühgerät bei Clemens lässt sich daher als einziges Arbeitsgerät nicht hydraulisch antreiben und benötigt weiterhin den Eigenantrieb. Obrecht verwendet anstelle der Ausführung von Niko ein kompakt gebautes Sprühgerät eines anderen Herstellers mit dem neuen Universalantrieb.

Bodenbearbeitung

Eine breitere Diskussion gibt es über die Art der Bodenbewirtschaftung in Verbindung mit einer von der Praxis gewünschten Lösung zur mechanischen Bodenbearbeitung.

Das bisherige Seilzugmechanisierungssystem ist auf der Grundlage begrünter Rebassen in Steillagen unter anderem mit dem ökologischen Vorteil der Erosionsverhinderung entwi-

ckelt worden. Bei begrüntem Rebglasen und mehrheitlich verdichtungsunempfindlichen Einsatzstandorten, auch unter Berücksichtigung der vergleichsweise geringen Bodenbelastung durch Maschinen, tritt die Bodenlockerung als Problem zurück. Als problematisch ist hier viel eher die ausreichende Wasserverfügbarkeit anzusehen.

Eine mechanische Bodenbearbeitung erfordert grundsätzlich eine höhere Antriebsleistung, die bei gezogenen Werkzeugen aus den hohen Zugkräften resultiert. Maschinen mit rotierenden Werkzeugen sind aufgrund höheren Skelettanteils und einer verstärkten Erosionsgefährdung für eine etwas tiefere Bodenlockerung nicht geeignet. Kundenwünschen entsprechend schufen beide Hersteller einen Grubber mit jeweils fünf Zinken (Abbildung 13). Für fünf gezogene Werkzeuge wurden unter durchschnittlichen Verhältnissen die zu erwartenden Zugkräfte ermittelt (Abbildung 14).

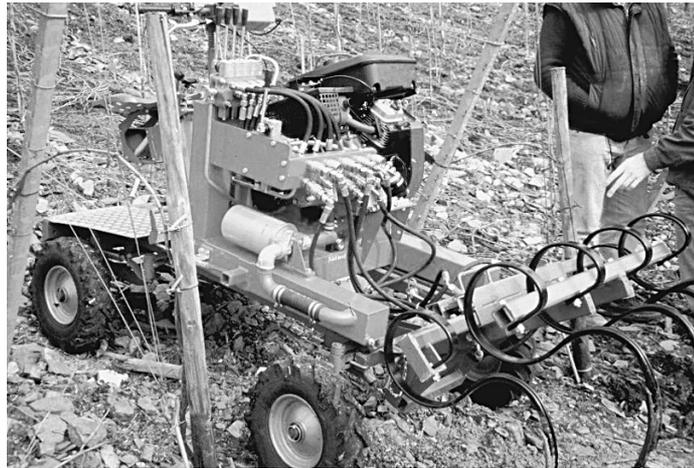


Abb. 13:
Grubber mit hydraulischer Aushebung

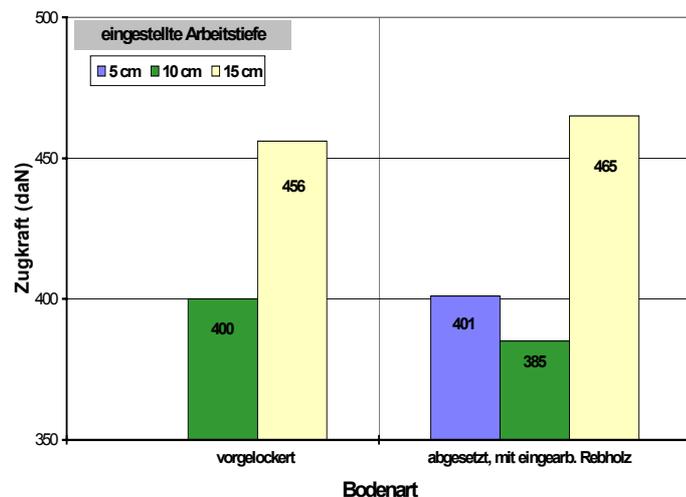


Abb. 14:
Zugkraftbedarf von fünf Grubberwerkzeugen mit einer Arbeitsbreite von etwa 1 m bei 58 % Hangneigung

Die gemessenen Zugkräfte von über 450 daN sind für die schlepperangebauten Auffahrpflügen grundsätzlich zu hoch. Die eigenmotorisierten Anhänger-Versionen müssten mit höherer Motorleistung und einer verstärkten Windenausführung ausgestattet werden. Hinzu kommt, dass bei empfohlenen Reihenabständen von 1,8 bis 2,0 m für das System ein rationelleres Arbeitsverfahren mit größerer Arbeitsbreite nochmals erhöhte Seilzugkräfte erfordern würde. Gegen diese Maßnahmen, die zu Kostensteigerungen und verschlechterten Handhabungseigenschaften führen, spricht die dargelegte geringe Bedeutung einer mechanischen Bodenlockerung in einem System mit Begrünung oder Bodenabdeckung. In unseren Versuchsbetrieben herrscht die gleiche Meinung vor. Da keiner der Betriebe den angebotenen Grubber besitzt oder einsetzt, konnten auch keine zusätzlichen Versuchserfahrungen gewonnen werden.

Die hydraulische Antriebseinheit ermöglicht den Einsatz von Bodenbearbeitungsgeräten mit angetriebenen Werkzeugen. Im Gegensatz zum Grubber wird die von Clemens und Obrecht angebotene Kreiselegge nicht zur Lockerung, sondern zur vorbereitenden Gasseneinrichtung für die weiteren SMS-Arbeitsgänge verwendet. In allen Betrieben wird sehr rasch der Wert einer ebenen Fahrbahn für eine gute Arbeitsqualität bei hoher Flächenleistung fest-

gestellt. Mit der Kreiselegge lassen sich entstandene Unebenheiten wie Spurausprägungen und dergleichen am besten beseitigen. Eine zusätzliche Verwendung für eine Kreiselegge ist im Rahmen der Begrünungseinsaat gegeben.

Pflanzenschutz

Beim Sprühgerät und dem Laubschneider verwendeten beiden Hersteller Ausführungen bereits am Markt angebotener Geräte. Die für Kleinraupen konzipierten Ausführungen der Firma Niko gingen aus den früher vorgenommenen Vergleichsuntersuchungen als die geeignetsten Lösungen mit geringem Adaptionsbedarf und zufriedenstellender Einsatzbewertung hervor [2].

Clemens hält nach wie vor an dem Sprühgerät von Niko mit Umkehraxialgebläse und Eigenantrieb mit 6 kW-Viertaktmotor fest. Die Applikationsqualität moderner Direktzugsprühergeräte wird aufgrund der kompakten Bauform nicht vollständig erreicht. Im Vergleich mit anderen Verfahren für Steillagen werden jedoch in neuen Messungen die besten Ergebnisse erzielt [3].

Zusammen mit der Konzeption des hydraulischen Universalantriebs hat sich Obrecht für einen neuen kompakten Sprühgerätetyp der slowenischen Firma Zuban entschieden. Das mit zweimal vier Düsen ausgestattete Gerät kann mit hydraulischem Antrieb auf dem vorgegebenen Geräteträger noch platziert werden. Infolge der späten Fertigstellung konnten im letzten Projektjahr keine bewertenden Versuche mehr vorgenommen werden.



Abb. 15:
Sprühgerät mit hydraulischem
Antrieb auf selbstfahrendem An-
hänger der Fa. Obrecht

Laubschnitt

Unter Beibehaltung des Laubschneideraufbaus auf einem Drehkranz, der den Schnitt jeweils einer Reihe bei Berg- und Talfahrt erlaubt, wurde der Laubschneider der Fa. Niko von beiden Anbietern abgelöst. Zusätzlich zur bisherigen Ausführung mit horizontal und vertikal angeordneten Messern steht eine zeilenübergreifende sog. Spazierstockausführung zur Verfügung. Clemens hat sich für entsprechende bewährte Ausführungen der Firma Ero, Obrecht für den in Elementbauweise variabel gestaltbaren Laubschneider von Binger Seilzug entschieden. Die zum Schutz der Fahrer gegen abgeschleuderte Teile notwendigen Gitterrahmen aus Drahtgeflecht wurden soweit verbessert, dass bei gegebener Schutzfunktion auch alle Triebe an die Schneidwerkzeuge gelangen. In Abhängigkeit von der Wüchsigkeit der Rebanlagen sind mit den neuen Laubschneidern erweiterte Anpassungsmöglichkeiten realisiert.

Gegenüber den bisherigen Verfahren ändert sich allerdings die erzielbare Flächenleistung nicht, da die Arbeitsgeschwindigkeit weniger von

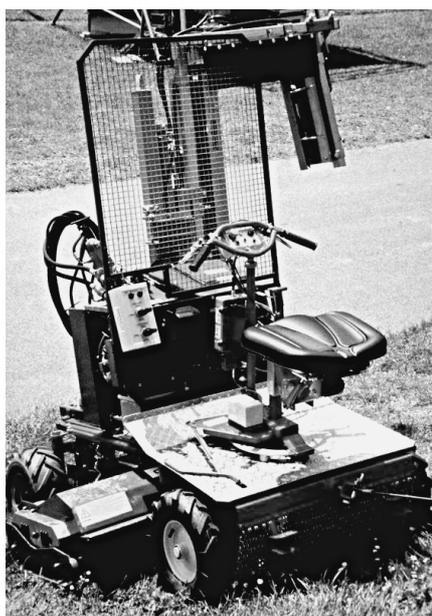


Abb. 16: Laubschneider-Mulcher-
Kombination mit Schutzgitter

der Laubschneiderausführung als von den Einsatzbedingungen beeinflusst wird. Positive Auswirkungen hinsichtlich einer Arbeitszeitverminderung können eher von der auf der Intervitis 2001 von Obrecht vorgestellten Laubschneider-Mulcher-Gerätekombination erwartet werden.

Transportbehälter

Die Transportbehälter beider Firmen sind für Materialien aller Art geeignet. Mit einem Fassungsvermögen von 400 und 420 l unterscheiden sie sich bei nicht gleichen Hauptabmessungen sehr wenig. Neben einer Anpassung an die Hangneigung lassen sie sich über die zu öffnende talseitige Bordwand durch dosierbares Kippen mit einer hydraulischen Handpumpe entleeren.

Unterstockspritze, Düngerstreuer

Ein Unterstock-Spritzgerät zur Kombination mit unterschiedlichen anderen Arbeitsgeräten gehörte bei beiden Herstellern ebenso wie die Düngerstreuer zur ersten Grundausstattung mit Arbeitsgeräten. Neben dem Scheibenstreuer wird nur von Obrecht auch ein Vicon-Pendelstreuer offeriert, dessen Stauhöhe unter Steilhangbedingungen besser an die Höhenabmessungen der Laubwand anzupassen ist.



Abb. 17:
Einfache, verstellbare Arbeits-
plattform zum Aufbau auf den
Geräteträger

Arbeitsplattform

Für die Ausführung von Handarbeiten am Drahtrahmen, den Rebschnitt oder einige Laubarbeiten gibt es für alle Systeme eine Plattform zur Mitnahme von zwei Arbeitskräften. Die in Höhe und Breite auf die jeweilige Arbeit auszurichtenden Sitzmöglichkeiten ersparen den Arbeitskräften den bei Drahtrahmenerziehung fortwährenden Auf- und Abstieg in der Steillage. Wie bei allen anderen Maschinenarbeiten muss auch hier die Steuerung des Seilwindenbetriebs und die Lenkung vom Geräteträger aus erfolgen. Eine einfache Verfahrensweise, wie sie von einigen Betrieben bereits ausgeübt wird, sieht den Einsatz von drei Personen vor. Zu den beiden Arbeitskräften, die jeweils eine Rebreihe bearbeiten, kommt eine dritte Person, die die Lenk- und Steuerfunktion vom Fahrerplatz auf dem Geräteträger übernimmt.

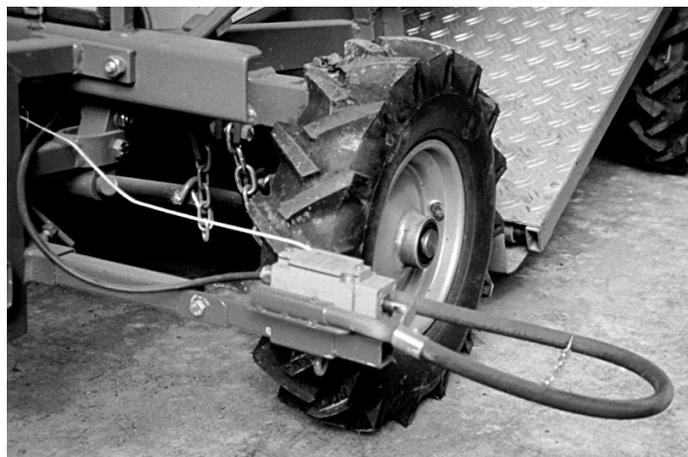


Abb. 18:
Taster zur automatischen Len-
kung einer fahrbaren Arbeits-
plattform

In Erprobung bei Obrecht befindet sich eine technisch aufwändigere Lösung, die den „Fahrer“ erübrigt. Über beidseitige Taster soll die Lenkung in der Gasse automatisiert werden, während die Seilwinde mit der Geräteträgervorfahrt von einer der Personen auf den Arbeitsplätzen gesteuert wird. Da diese Ausführung zusätzliche Kosten verursacht, wird es vermutlich von der jeweiligen Betriebs- und Personalsituation abhängen, welche Lösung sich in der Praxis durchsetzt.

Erdbohrer

Der für die Neuanlage konzipierte Erdbohrer von Obrecht konnte bei einem Ersteinsatz beobachtet werden. Nach vorausgegangenem Auszeilen wurden damit in einem Zweimann-Verfahren in einer Steillage etwa 60 Reben in einer Stunde gepflanzt. Mit dem aufgebauten Bohrer werden sowohl das Pflanzen als auch das Stickleisten erheblich erleichtert.

Heften

Mit der für die SMS-Anwendung verbundenen Voraussetzung einer Drahtrahmenerziehung erlangt der Arbeitsgang Heften erhebliche Bedeutung. Im Gegensatz zum Direktzug, bei dem das maschinelle Heften insgesamt teurer ist als die Handarbeit, kommt in Steillagen der wichtige Effekt der Arbeitsentlastung zu der dort zeitaufwändigeren manuellen Ausführung hinzu. Das bedeutet, ein maschinelles Heften ist in Steillagen attraktiver als in der Ebene. Vor diesem Hintergrund ist zum Einsatz bei den Bischöflichen Weingütern, Trier, ein Heftgeräte-Prototyp ohne Beteiligung eines SMS-Herstellers gebaut worden.

Aus Gewichtsgründen fiel die Wahl auf das Heftgerät der Firma Rinklin. Die wesentlichen Komponenten eines Schlepperanbaugerätes, die Triebzuführung und der Klammerautomat, wurden in einem Anbaurahmen mit hydraulischen Antriebs- und Verstellelementen auf den Geräteträger von Clemens mit hydraulischem Universalantrieb adaptiert. Wie beim Laubschneider erlaubt eine Schwenkeinrichtung bei Berg- und Talfahrt jeweils eine Rebreihe zu heften. Bei Bedarf kann ein zweifaches Heften mit Ausbringung jeweils eines Heftschnurpaares in zwei Hefthöhen erfolgen.

Mit dieser Erstauführung konnten bei Arbeitsgeschwindigkeiten von etwa 4 km/h bereits ansprechende Leistungen erzielt werden. Problematisch ist jedoch mit zunehmender Steigung die Achslastverteilung beim Geräteträger. Zur Erhaltung der Lenkfähigkeit wird eine Ballastierung der bergseitigen Achse unverzichtbar. Diese bei allen Maschineneinsätzen in Steillagen kontraproduktive Maßnahme kann nur durch eine weitergehende konstruktive Änderung abgelöst werden. Das bisher nicht vorgesehene Heftgerät erfordert beim Geräteträger Änderungen bezüglich der Aufteilung des verfügbaren Anbauraumes und der Achslastverteilung. Aufgrund der Bedeutung dieses Arbeitsganges und der möglichen Verbesserungen für weitere Arbeiten besteht die begründe-



Abb. 19: Erdbohrer auf Geräteträger mit hydraulischem Antrieb



Abb. 20: Hydraulisch angetriebener und verstellbarer Heftgeräte-Prototyp

te Aussicht, dass eine Überarbeitung des Geräteträgers vonseiten der Herstellerfirmen erfolgen wird.

7 Arbeitsverfahren

Wie schon ausgeführt, werden systematische Arbeitszeitmessungen zur Bewertung von Arbeitsverfahren in einem zeitgleich bearbeiteten Projekt durchgeführt. Deshalb sind hier nur die in Zusammenhang mit der konstruktiven Weiterentwicklung wichtigen Vergleichsdaten punktuell ermittelt und nachfolgend für einige Begründungen herangezogen worden. Die aus zahlreichen Feldmessungen entstandenen Daten wurden für diese Vergleichszwecke auf die KTBL-Standards für Steillagenflächen (1,6 m Reihenabstand, 60 m Reihlänge) jeweils umgerechnet.

Die arbeitszeit- und mithin kostenrelevanten Verfahrensunterschiede bei den SMS-Anwendungen resultieren aus zwei konstruktiven Vorgaben. Zum einen unterscheidet sich gemäß der unterschiedlichen SMS-Ausführungsarten der Zeitbedarf für die **Transportfahrten** zum Weinberg und zwischen den Rebflächen. Aufgrund der in Steillagengebieten verbreiteten kleinflächigen Strukturen kommt der Durchführung der Transportfahrten häufig erhebliche Bedeutung zu. So wendet beispielsweise ein Betrieb, der mehr als 10 ha mit dem SMS bearbeitet, etwa ein Drittel der verfügbaren Arbeitszeit für Transportfahrten auf. Eine Erweiterung der bearbeitbaren Rebfläche hängt in derartigen Fällen wesentlich von einer Verkürzung der Wegezeiten ab.

Die geringsten Fahrgeschwindigkeiten in Abhängigkeit von Schleppergröße sowie Straßen- und Wegezustand sind mit der Anbauversion zu verwirklichen. Begrenzend wirken sich dynamische Belastungsspitzen aus, die sich aus der Masse des SMS und dem von der Hinterachse erheblich entfernten Schwerpunkt des transportierten Systems ergeben. Demgegenüber sind die Anhänger-Versionen gemäß Vorgaben der StVZO bis zu Fahrgeschwindigkeiten von 25 km/h zugelassen. Bei den beschriebenen Selbstfahrern erhöht sich die zulässige Geschwindigkeit auf 40 km/h, die bei den ungefederten Fahrzeugen jedoch nur bei optimalen Straßenverhältnissen realisierbar sind.

Betrachtet man die erforderliche Arbeitszeit auf der Rebfläche, so kommt zu dem Zeitbedarf für Transportfahrten ein ebenfalls von der SMS-Ausführung abhängiger Wert hinzu. Aus dem ursprünglichen Zweimann-Verfahren konnten mit Hilfe der Funkfernsteuerung des Windenantriebs vom Geräteträger aus für alle SMS-Ausführungen Einmann-Verfahren realisiert werden. Bei den Anbau- und Anhänger-Versionen mit Energieversorgung vom Schlepper über Zapfwelle muss, wie beschrieben, die Arbeitskraft zum Versetzen des SMS auf den Schlepper umsteigen, wodurch die bergseitige Wendezeit verlängert wird.

Tab. 1: Vergleich der Wendezeiten von 3 Arbeitsgängen am unteren und oberen Parzellenende sowie bei Ein- und Zweimann-Verfahren (* und **: Durchführung mit jeweils anderen Arbeitskräften).

Arbeitsgang	Zeitbedarf je Wendevorgang [s]				
	Wert	Wenden unten	1 AK	2 AK*	2 AK**
Mulchen	Mittel	12,0	46,2	25,8	28,9
	Minimum	7,2	36,6	16,8	24,3
	Maximum	19,2	61,8	48,0	38,0
Sprühen	Mittel	10,8	42,6	25,2	28,3
	Minimum	6,0	33,6	12,6	17,7
	Maximum	24,6	62,4	45,6	51,3
Laubschneiden	Mittel	14,4	55,8	27,0	33,3
	Minimum	9,6	36,6	18,0	26,2
	Maximum	27,6	104,4	43,8	40,5

Aus dem Vergleich der Wendezeiten in Tabelle 1 geht der für Einmann-Verfahren erhöhte Zeitbedarf für die Arbeitsgänge Mulchen, Pflanzenschutz und Laubschnitt hervor. Bei der erforderlichen talseitigen Wendezeit spielt die Personenzahl keine Rolle. Sie unterscheidet sich auch für die einzelnen Arbeitsmaschinen weniger als die unterschiedlichen Handhabungen erwarten lassen. Die Größe des Einflusses, der von den Arbeitskräften ausgeht, spiegelt der jeweilige Zeitunterschied zwischen den beiden Zweimann-Verfahren wider. Verein-

fachend kann man aus den vorgelegten Mittelwerten ableiten, dass der Zeitbedarf für das Wenden oben bei zwei Arbeitskräften etwa doppelt so groß ist wie unten. Bei Erledigung durch eine Arbeitskraft wächst die Wendezeit oben ungefähr auf das Vierfache des Wendens unten an. Setzt man die gesamte Wendezeit ins Verhältnis zu der Maschinenarbeitszeit auf der Rebfläche, so haben die Wendezeiten immerhin einen Anteil zwischen 19 und 27 %. Daraus ergibt sich, dass es Sinn macht, konstruktive Maßnahmen zur Verminderung der längeren bergseitigen Wendezeiten zu ergreifen.

Mit den beschriebenen Anhänger- und Selbstfahrerausführungen, die eine eigene Energieversorgung aufweisen, kann die angestrebte Arbeitszeitverminderung verwirklicht werden. Ohne das ergonomisch sehr nachteilige Umsteigen sind alle bisher mechanisierten Arbeitsgänge in rationellen Einmann-Verfahren durchführbar. Aus einem Vergleich der auf der Rebfläche erforderlichen Gesamtzeiten wird die Größenordnung der Vorteile der Einmann-Verfahren deutlich.

Tab. 2: Vergleich der Arbeits- und Maschinenzeiten (Hauptzeiten) bei Ein- und Zweimann-Verfahren

Verfahren	Mulchen		Sprühen		Laubschneiden	
	AKh/ha	Mh/ha	AKh/ha	Mh/ha	AKh/ha	Mh/ha
2 AK (Arbeitsgeschw. km/h)	10,76 (3,08)	5,38	9,24 (3,62)	4,62	10,38 (3,41)	5,19
1 AK (Arbeitsgeschw. km/h)	6,44 (2,42)		3,67 (4,48)		4,17 (3,96)	

In Tabelle 2 sind die jeweiligen Arbeits- und Maschinenzeiten aufgelistet, die bei Einmann-Verfahren identisch sind. Zusätzlich sind die zugehörigen mittleren Arbeitsgeschwindigkeiten angegeben, deren Größe von den Einsatzbedingungen und den Fähigkeiten der Arbeitskräfte abhängt. Ohne die Berücksichtigung des Mulchens, bei dem die Arbeitsgeschwindigkeiten von unterschiedlichen Mulchbeständen geprägt sind, wurden bei Einmann-Verfahren sogar geringere Maschinenzeiten ermittelt, d. h. eine auch leicht erhöhte Flächenleistung des Maschinensystems.

Fasst man alle diese Gegebenheiten zusammen, so ist der Schritt zu den attraktiven Einmann-Verfahren in Seilzuglagen vollziehbar. Beim Transport zur Rebfläche handelt es sich nach praxisüblichen Abläufen in der Regel um den mit Arbeitsmaschine bestückten Geräteträger auf der SMS-Pritsche und die Mitnahme von Betriebsmitteln, die bis zur Größe eines Brühbehälters auf Anhänger und Selbstfahrer möglich sind. Ein Wechsel der Arbeitsmaschinen an der Rebfläche, der bisher als eher unüblich anzusehen ist, wäre von einer Arbeitskraft nur bedingt zu bewerkstelligen.

8 Betriebssicherheit

Die Zahl der in der Praxis genutzten SMS steigt zwar stetig an. Trotz des vorausgegangenen Bemühens seitens der Hersteller benötigt man für das noch in Weiterentwicklung befindliche, sehr komplexe und immer wieder veränderte System entsprechende umfangreiche Einsatzerfahrungen zur Ausmerzung aller Schwachstellen. Die mit dem Kauf verbundene Erwartung einer zuverlässigen Funktion war leider nicht in allen Fällen und langfristig gegeben. Im Rahmen unserer Kontakte mit den Weinbaubetrieben erhielten wir Kenntnis von mehreren Störungs- und Versagensfällen, die auf technische Fehler oder fehlerhafte Bedienung zurückzuführen waren. Nach Abklärung der Ursachen waren erfreulicherweise meist kurzfristig Fehlerbeseitigungen möglich.

Anders verhielt es sich bei wiederkehrenden Störungen, die auch von mehreren Nutzern bemängelt wurden. Dazu gehörten Probleme mit der Funkfernsteuerung und mit dem Zugseil bzw. der Seilwinde. Diese wiederholten Störfälle erforderten eine grundsätzliche Auseinandersetzung.

So verwenden beide Hersteller das Funksteuersystem der Fa. HBC-electronic Funktechnik. Damit traten unabhängig vom SMS-Fabrikat die Unterbrechungen bei der Funksteuerung auf. Für die unterschiedlichen Fehleraufkommen bei der Anwendung der zugelassenen Industriefunkanlagen im Betriebsfrequenzbereich 433,05 MHz bis 434,79 MHz wurden von den Anwendern sowohl äußere Beeinflussungen als auch innere Störungen verantwortlich gemacht. Eine gründliche Überprüfung der vermuteten Beeinflussung durch andersartigen

Funkverkehr ergab in dem durch zahlreiche Funksysteme stark genutzten Rheintal keine dafür in Frage kommenden Frequenzen.

Beim Betrieb des SMS erfahren der auf dem Geräteträger angebaute Sender, aber auch der am Pritschenaufbau befestigte Empfänger eine sehr hohe mechanische Schwingungsbelastung. Daraus resultieren Übertragungsfehler, festgestellte Brüche an Lötstellen und sogar ein Bruch einer Platine. Da das Ausschäumen des Gehäuses wegen nicht ausschließbarer Reparaturfälle nicht in Frage kommt, wird neben einer schwingungsdämpfenden Plattenbefestigung im Gehäuse vor allem auch eine aufwändigere Gehäusebefestigung erforderlich. Als Schwingungsdämpfer reichen die bisher verwendeten einfachen Gummidämpfer nicht aus. Wenn von SMS- und Funksteuerungsherstellern die aufgezeigten Maßnahmen umgesetzt werden, müsste die Funksteuerung zuverlässig arbeiten, da andere Fehlerursachen nicht aufgefunden wurden.

Gegenüber der traditionellen Seilzugtechnik ergeben sich beim SMS bei gleicher Betriebsfläche erheblich höhere Betriebsstundenzahlen infolge der größeren Zahl an durchführbaren Arbeitsgängen. Um kein Risiko einzugehen, genügte anfangs in der Regel der jährliche Tausch des Zugseils. Mit der Verbreitung der von Clemens eingebauten Spillwinden wuchs die Zahl der uns übermittelten Seilbeschädigungen. Dadurch sank die Nutzungsdauer eines Seiles teilweise auf inakzeptabel geringe Werte ab und zog höhere Kosten und störende Betriebsunterbrechungen nach sich. Eine umfassende Prüfung des ausgeführten Seiltriebs war deshalb angezeigt.

Für die genannten SMS-Seilzugkräfte von etwa 500 bis 600 daN reichen die von beiden Herstellern angebotenen Seildurchmesser von 6 bis 8 mm aus. Allerdings kann bei dem einfach erscheinenden Seiltrieb keine Berechnung auf Dauerfestigkeit, d. h. eine Haltbarkeit unabhängig von der Zahl der Trommel- oder Rollenaufläufe des Seils, vorgenommen werden. Die Nutzungsdauer wird wesentlich von der Zugspannung im Seil und der Biegewechselzahl bestimmt. Letztere wird jedoch wiederum vom Verhältnis der Durchmesser von Seiltrommel und Seil ($D : d$) beeinflusst. Bei gleicher Zugkraft im Seil wächst die theoretisch erreichbare Biegewechselzahl mit zunehmendem Durchmesser Verhältnis sehr stark an.

Die mehrfachen Seilumläufe über die aus konstruktiven Gründen klein gehaltenen Seilrollen des Spillantriebes bewirken vergleichbare Biegewechselbeanspruchungen mit entsprechender Verkürzung der Seilstandzeit. Aus der Zahl der auftretenden Biegewechsel je Reibreihe und dem Verhältnis der Durchmesser von Seilrollen und Seil kann nach den Vorgaben in DIN 15020 zur Berechnung und Ausführung von Seiltrieben ein Wert für die bearbeitbare Reihenlänge berechnet werden. Bezieht man diesen Wert auf eine Reihenlänge von 60 m und 15 mögliche Arbeitsgänge je Vegetationsperiode, so errechnet sich eine jährliche Einsatzfläche von etwa 3,3 ha für ein Seil. Das heißt, bei einer größeren Einsatzfläche oder höheren Zahl an Arbeitsgängen muss mit dem Versagen des Zugseils gerechnet werden. Für größere Betriebe bestätigt sich so der mehr als einmal jährlich notwendige Seilaustausch.

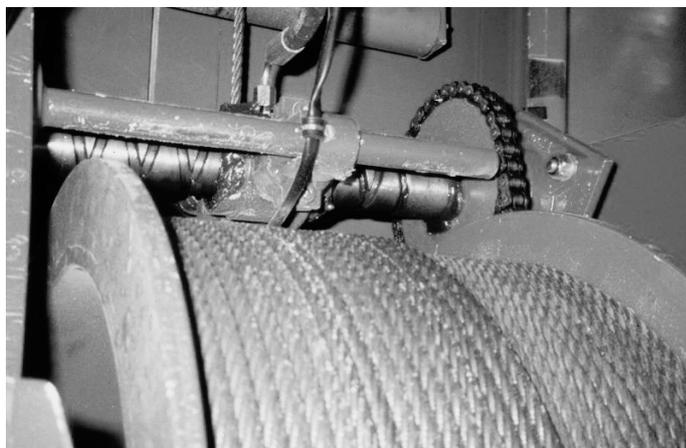


Abb. 21:
Trommelwinde mit
angetriebener
Seilführung

Als Konsequenz aus diesem Prüfungsergebnis und den wenig ergiebigen Verbesserungsmöglichkeiten wurde der Spillwindenantrieb durch einen einfachen Antrieb mit einer Trommelwinde ersetzt. Bei einem seilschonenden Trommeldurchmesser von 400 mm und einer –breite von 250 mm lässt sich ein 8 mm-Durchmesser Seil mit 150 m Länge in vier La-

gen aufwickeln. Der gleichmäßige Seilauflauf wird dabei von einer angetriebenen Zwangsführung über die ganze Trommelbreite sichergestellt. Der bei gleicher Trommeldrehzahl maximal auftretende Unterschied in der Seilgeschwindigkeit beträgt nur 9 %. Damit erübrigt sich insbesondere bei den mehrheitlich kürzeren Parzellenlängen wie bei der Spillwinde eine Regeleinrichtung für die Seilgeschwindigkeit.

In der bisherigen Weiterentwicklung und Erweiterung der SMS haben beide Hersteller ihre Ausführung des Geräteträgers weitgehend unverändert beibehalten. So wurde beispielsweise der beschriebene hydraulische Universalantrieb an den jeweiligen Geräteträger angepasst. Bei gleicher Ausführung der aufgebauten Arbeitsmaschinen erhöht sich durch das Antriebsaggregat die gesamte Achslast um etwa 220 kg. Hinzu kommt bei einigen Maschinen das Gewicht eines Anbaurahmens mit hydraulischer Verstellung und Aushebung. Bei Maschinen wie dem Laubschneider oder dem Schlegelmulcher verlagert sich der Schwerpunkt aus dem Zwischenachsbereich in starkem Maße talseitig. Berücksichtigt man die mit der Hangneigung weiter zunehmende Achslastverlagerung, so ergibt sich bei einer Belastung von insgesamt etwa 500 kg eine Überlastung der talseitigen Achse.

Bei Bergfahrt resultiert aus der mit zunehmender Hangneigung entlasteten bergseitigen Lenkachse eine verschlechterte Lenkfähigkeit. Die Abhilfe durch entsprechende Ballastierung ist infolge der für jede Steillagenmechanisierung negativen Gewichtszunahme nicht sinnvoll. Es ist daher notwendig, den Geräteträger konstruktiv zu überarbeiten, um die Lenkfähigkeit bei großen Steigungen zu sichern. Zusätzlich verlangt die Gewichtszunahme auch weitergehende festigkeitsmäßige Anpassungen bis hin zu tragfähigkeitsverstärkten Bereifungen. Auch als Voraussetzung für die absehbare Systemerweiterung mit zusätzlichen Maschinen, wie beispielsweise dem Heftgerät, wird diese Maßnahme im Sinne einer verbesserten Betriebssicherheit unumgänglich.

9 Zukünftige Weiterentwicklung

Wie mehrfach angedeutet, ist in der Entwicklung der SMS noch kein Ende absehbar. Diese Feststellung leitet sich davon ab, dass neue Ansätze zur Erweiterung und Verbesserung der Systeme schon vor einem soliden Entwicklungsabschluss der aktuellen Lösungen erkennbar sind und diskutiert werden. Daraus ergibt sich, dass beide Hersteller über längere Zeit kaum ein gleichbleibendes, ausgereiftes Standardprodukt mit nennenswerten Stückzahlen anbieten werden. Für den Systemnutzer bedeutet das einerseits so etwas wie die Funktion eines Versuchsbetriebes zu übernehmen, andererseits aber auch mit rascher technischer Veraltung eines gekauften SMS rechnen zu müssen. Nicht allein deshalb wünschen sich heutige SMS-Eigner anstelle weiterer neuer Bauarten die Überarbeitung der jetzt verfügbaren Ausführungen hin zu fehlerfrei arbeitenden Standardsystemen.

Zur weiteren Verminderung der Arbeitszeit bei optimierten Wendevorgängen können höhere Arbeitsgeschwindigkeiten beitragen. Diese hängen außer von den Einsatzbedingungen im Wesentlichen von den Erfahrungen und Fähigkeiten der Arbeitskräfte ab. Die Unterschiede bei Messungen mit verschiedenen Geräteträgerfahrern belegen, dass die technisch möglichen Geschwindigkeiten nur selten genutzt werden (s. Tab 1). Bei meist gleichen, von der Arbeitsmaschine nahezu unabhängigen Fahrgeschwindigkeiten ist daher die von Obrecht schon konstruktiv realisierte Gerätekombination erfolgsversprechender. Nach der als notwendig erachteten Überarbeitung der Geräteträgerausführungen werden die Anbaubedingungen auch für weitere Kombinationen besser sein.

Mit der Erstauführung eines Überzeilengeräteträgers für einen amerikanischen Weinbaubetrieb zeigte Clemens auch die Möglichkeiten zu mehrreihigen Arbeitsverfahren auf. Obwohl eine derartige Konstruktion noch konsequent auf unsere Erziehungsgeometrie abgestimmt werden muss, wurden mit dem Doppelwinden-Seilzug und dem automatischen Hangausgleich für die Trägerplattform zwei wichtige Elemente geschaffen, ohne die Überzeilenbauarten nicht vorstellbar sind (Abbildung 22). Ein rentabler Einsatz dieses nochmals verteuerten Systems unter den vorherrschenden betriebsstrukturellen Gegebenheiten ist allerdings mehrheitlich nur bei einer überbetrieblichen Einsatzorganisation zu erwarten.



Abb. 22:
Überzeilengeräteträger für
mehrrheilige Arbeitsverfahren
der Fa. Clemens

Zahlreiche Steillagenwinzer stellen die weitergehende Forderung nach völliger Gleichstellung mit dem Direktzugweinbau. Erfüllt sehen sie diese Forderung erst mit der Erntemechanisierung. Mit dem Überzeilengeräteträger könnte dafür ein Einstieg vorgegeben sein. Vor der Verwirklichung eines Vollernters wird auf dieser Basis jedoch eine arbeitswirtschaftlich und ergonomisch verbesserte Handlese eher realisierbar sein, bei der zunächst der Transport von Lesern und Lesegut zur Lösung ansteht. Für die mit den Herstellern diskutierten Ansätze für das maschinelle Ablösen der Trauben sind Sensor- und Regeltechniken erforderlich, deren Bewährung in den heute bekannten Erntemaschinen noch aussteht. Darüber hinaus ist aus Sicht der begrenzenden Entwicklungskapazitäten beider Herstellerfirmen ohnehin mit längeren Abläufen zu rechnen.

10 Zusammenfassung

Nach einem im Jahr 1992 abgeschlossenen, ersten Arbeitsvorhaben über seilgezogene Mechanisierungssysteme (SMS) hat der ATW für die Jahre 1999 bis 2001 zur Weiterentwicklung der SMS dieses zweite Projekt initiiert. Damit sollte die weitere Systementwicklung fördernd begleitet und bewertet werden. Die Hauptzielsetzungen des Vorhabens bestanden in einer weiteren Verminderung des Arbeitszeitbedarfs, der Mechanisierung zusätzlicher Arbeitsgänge und der Steigerung der Betriebssicherheit.

Der Verbesserung der Betriebssicherheit dienten vor allem Untersuchungen der Funkfernsteuerung, der Windensysteme und von Arbeitsgeräten. Bei letzteren gelang es, gleichzeitig auch Ansätze für eine bessere Arbeitsqualität zu verwirklichen.

Entsprechend den Wünschen der Praxis wurde zusätzlich zu den vorhandenen Arbeitsmaschinen von beiden SMS-Anbietern ein Schlegelmulcher entwickelt. Um bei Berg- und Talfahrt mulchen oder Rebholz häckseln zu können, musste ein Drehrichtungswechsel der Mulcherwelle verwirklicht werden. Dafür wurde ein hydraulisches Antriebsaggregat geschaffen, das wiederum auch den Antrieb von Maschinen übernimmt, die bisher mit jeweils eigenem Antriebsmotor bestückt waren. Bis auf ein Sprühgerät, das aus Gewichts- und Platzgründen weiter einen eigenen Motor besitzt, können alle anderen Maschinen von dem universellen Antriebsaggregat hydraulisch angetrieben und auch verstellt werden. Zusätzliche neue Bearbeitungsgeräte mit hydraulischem Antrieb sind eine Kreiselegge zur oberflächlichen Lockerung und Bodeneinebnung, ein Erdbohrer und ein Heftgeräte-Prototyp.

Durch die Kombination der Funkfernsteuerung mit neuen selbstfahrenden Seilwindensystemen schafften beide SMS-Hersteller die Voraussetzungen für „echte“ Einmann-Verfahren. Mit dem Versetzen der Auffahrpritsche vom Arbeitsplatz auf dem Geräteträger entfällt das Umsteigen auf den Schlepper. Durch diese auch aus ergonomischen Gründen für die Arbeitskraft vorteilhaften Lösungen werden nach den bisher mit einem Fabrikat ermittelten Werten beispielsweise für den Pflanzenschutz oder den Laubschnitt mit dem Direktzug vergleichbare Arbeitszeiten erreicht.

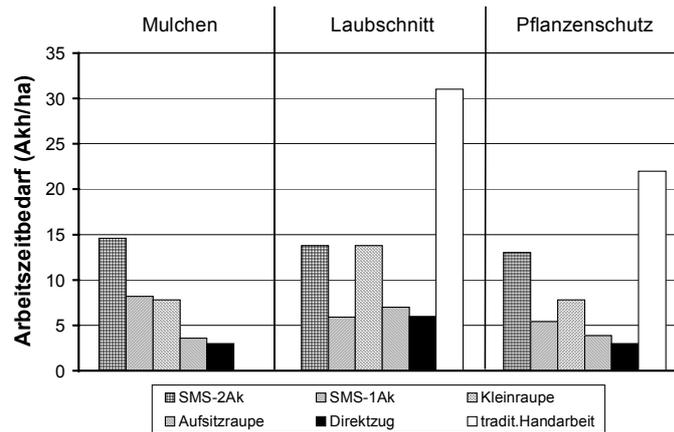


Abb. 23:
Vergleich des Arbeitszeitbedarfs nach KTBL-Standard für Steillagen, Zeilenlänge 60 m, Reihenabstand 1,6 m [6]

An den Beispielen Mulchen, Laubschnitt und Pflanzenschutz soll quantitativ aufgezeigt werden, wie nahe die Vergleichswerte für den Arbeitszeitbedarf bzw. die Flächenleistung an jene des Direktzugs herankommen. Die Werte erlauben eine Einschätzung des mit der bisherigen Entwicklung für die Rationalisierung erreichten und für Steillagen erfreulichen Zustandes.

Die Entwicklungsaufgabe kann mit dem jetzt erreichten Stand noch nicht als beendet angesehen werden. Es ist weiterhin notwendig, aus den bislang in wenigen Exemplaren ausgeführten Systemen zunächst zuverlässige Betriebsmittel zu machen und danach weitere Anpassungen an den Direktzugweinbau anzugehen. Insgesamt stellt die SMS-Entwicklung jedoch bereits heute einen wichtigen Baustein zur Erhaltung des Steillagenweinbaus dar.

11 Literatur

- [1] Müller, E.: Chancen im Steillagenweinbau durch Rationalisierung. Bildungsseminar für die Agrarverwaltung Rheinland-Pfalze, Emmelshausen 1997.
- [2] Rühling, W. u. J. Dietrich: Untersuchungen zur Eignung eines seilgezogenen Mechanisierungssystems für offene und begrünte Steillagen. Abschlussbericht ATW-Vorhaben Nr. 47, Darmstadt, 1993.
- [3] Böhme, A.: Umweltgerechte Technik im Steillagenweinbau. Abschlussbericht BMVEL-Vorhaben, technischer Teil, in Vorbereitung.
- [4] Dietrich, J.: Mechanisierung und Produktionsplanung im Steillagenweinbau. KTBL-Schrift 366, Darmstadt 1995.
- [5] Augthun, S.: Entwurf und Ausführung eines Mechanisierungssystems für Weinbau-Seilzuglagen. Diplomarbeit FH Wiesbaden, Fachbereich Maschinenbau, Geisenheim 1991.
- [6] KTBL-Datensammlung Weinbau und Kellerwirtschaft, 11. Auflage, Darmstadt 2001.