

# Machbarkeitsstudie und Dimensionierung batteriebetriebener Rebbaumaschinen

Stand 2. Februar 2010

Autoren:

Hans-Peter Schmidt

Sepp Zurmühle

## Inhalt:

1. Einleitung	3
2. Technische Bedingungen	4
2.2 Motorengewicht	4
2.2 Gewicht und Volumen für Energiespeicherung	4
2.3 Gesamtgewicht	5
2.4 Arbeitsautonomie	5
2.5 Anfälligkeit / Leistungsdauer / Arbeitsschutz	5
2.6 Wirtschaftlichkeit	6
2.7 Arbeitskomfort	7
2.8 Gesamtenergetische Situation	7
3. Marktanalyse	8
3.1. Übersicht der Hersteller von Serienprodukten	8
3.2. Detailangaben zu professionell einsetzbaren und markverfügbaren Geräten	9
3.3. Resümee der Marktanalyse	14
4. Entwicklung weiterer Geräte	15
4.1 Atomiseur (Rückenspritze)	16
4.2 Einachsige Balkenmäher, Mulcher, Motokultivierer (4,5 – 9 KW)	17
4.3 Raupentraktor	18
4.4 Traktor	19
4.5 Monorack	19
4.6 Kleinlastkraftwagen	20

# 1. Einleitung

Der schweizerische Weinbau ist insbesondere im Wallis durch eine starke Parzellierung, häufige Steillagen und Terrassierung geprägt. Der Mechanisierungsgrad ist aus diesen Gründen vergleichsweise gering, und die meisten saisonalen Arbeiten werden manuell oder mit kleinen handgeführten Maschinen durchgeführt. Die dabei am häufigsten zum Einsatz kommenden Maschinen sind:

1. Heckenschere
2. Fadenmäher
3. Rückenspritze
4. Balkenmäher und Mulcher
5. Motorkultivator

Alle diese Maschinen werden bisher mit Verbrennungsmotoren angetrieben. Da es sich um Nischenprodukte für den kleinbäuerlichen Markt handelt und die weltweiten Absatzzahlen entsprechend gering sind, hat sich die Technologie dieser handgeführten Kleinmaschinen in den vergangenen 30 Jahren insgesamt langsam und in einigen Bereichen gar nicht weiterentwickelt. Die Folge davon sind relativ schwere Geräte, meist mit äußerst ineffizienten Motoren. Oft sind die Geräte noch mit Zweitaktmotoren ausgestattet, wodurch erhebliche Mengen an klima- und gesundheitsschädigenden Emissionen verursacht werden. Zudem besteht eine hohe Lärmbelastung sowohl für die Arbeiter als auch für die Bewohner der Weinbauregionen.

Aus den dargelegten Gründen zeigt sich die Notwendigkeit einer effizienteren Motorisierung mit geringerer Emissions- und Lärmbelastung bei gleicher oder höherer Arbeitseffizienz. Der Einsatz von Elektromotoren mit Li-Akkubetrieb stellt dabei eine interessante Perspektive dar, mit der zwei Hauptprobleme im schweizerischen Weinbau gelöst werden könnten:

- Lärmverschmutzung von naturnaher Umgebung mit touristischem Potential
- Verursachung hoher klimarelevanter Emissionen

Die vorliegende Studie soll untersuchen, ob eine solche Motorisierung der besagten Kleinlandmaschinen aus technischer, wirtschaftlicher und ökologischer Sicht in absehbarer Zeit umsetzbar ist. Zudem wird auch die Machbarkeit einer Elektromotorisierung für die folgenden großflächig eingesetzten Landmaschinen geprüft:

6. Raupentraktor
7. Weinbergstraktor
8. Monorack
9. Klein-LKW

## 2. Technische Bedingungen

### 2.1 Motorengewicht

Elektromotoren, wie sie in kleineren und mittleren Landmaschinen eingesetzt werden können, weisen einen Wirkungsgrad von 80 – 85 % auf, wohingegen die thermischen Motoren, wie sie derzeit in kleineren und mittleren Landmaschinen verwendet werden, lediglich Wirkungsgrade von 15 – 30 % aufweisen. Dies spart nicht nur Emissionen, sondern auch Gewicht. Zudem benötigen Elektromotoren kein zusätzliches Getriebe zur Kraftübertragung, was zu einer zusätzlichen Gewichteinsparung führt.

Die Motorisierung durch Elektromotoren wäre folglich deutlich leichter.

### 2.2 Gewicht und Volumen für Energiespeicherung

Die Energiedichte von Benzin oder Diesel ist bedeutend höher als die Energiedichte von Stromakkumulatoren. Für Benzin beträgt die Energiedichte 11.900 Wh/kg, wohingegen sie für die derzeit am Markt verfügbaren Akkumulatoren zwischen 25 und 200 Wh/kg liegen, also rund 50mal niedriger als die von Benzin sind. In den letzten Jahren sind durch die Nutzung von Lithium-Ionen große Fortschritte bei der Erhöhung der Energiedichte und der damit einhergehenden Gewichtsreduktion für Akkumulatoren erreicht worden. Während Bleiakkumulatoren, wie sie gewöhnlich als Starterbatterien für Autos verwendet werden, lediglich eine Energiedichte von 40 Wh/kg besitzen, konnte dieser Wert durch den optimierten Einsatz von Akkumulatoren auf Basis von Lithium-Ionen um das 5fache erhöht werden.

Das Batterievolumen ist etwa doppelt so groß wie das Tankvolumen korrespondierender Maschinen mit thermischen Motoren. Da die elektrische Motorisierung aber insgesamt kleiner ist, resultiert ein in Relation zur Maschine unkritisches Zusatzvolumen.

Vergleich von Nickel-Cadmium, Blei und Lithium Akkumulatoren

Vergleichspunkte	Blei-Akku	Ni-Cd	Lithium
Energieinhalt [Wh/kg]	-40	45-60	120-200
Zellenspannung [V] (Nominal)	2V	1.2	3.7
Endspannung [V]	1.7	1.0	2.9
Zyklen	300	1200	1200*
Selbstentladung	5%/Monat	20% / Monat	5% / Monat
Empfindlichkeit	Klein	Mittel	Hoch

*Quelle:* Leclanché, Durchschnittswerte, beziehen sich nur auf die Zellen

\*je nach Betriebsmodus

### 2.3 Gesamtgewicht

Rechnet man die Gewichtseinsparung durch höhere Motoreffizienz, und Einsparungen bei Getriebe, Tank und des Brennstoffeigengewicht gegen das Zusatzgewicht durch die geringere Energiedichte auf, so befinden sich beide Motorisierungsarten im Bereich von handgeführten Kleinmaschinen auf etwa gleichem Niveau. Wobei die Akkumulatoren gewöhnlich auf dem Rücken getragen werden, und somit die tatsächlich in der Hand gehaltene Maschine leichter und handlicher ist.

Gewichtvergleich von Kleinmaschinen bei ähnlicher Leistung und einer Arbeitsautonomie der Elektro-Motorisierung von 10 h.

Gerät	mit Verbrennungsmotor	mit Elektromotor
Motorsense	6,4 kg - 1180 W (Honda)	6,7 kg - 1200 W (Pellenc)
Heckenschere	6,3 kg - 800 W (Honda)	6,2 kg - 1200 W (Pellenc)
Kettensäge	5,3 kg - 2600 W (Stihl)	5,2 kg - 1500 W (Pellenc)

Bei größeren Landmaschinen wie Traktoren und Raupentraktoren vergrößert sich die Gewichts Differenz relativ deutlich zu Gunsten der thermischen Motorisierung, da das Verhältnis von Energiespeicherung zu Motorengewicht größer wird. Da das Gewicht von Traktoren und Raupentraktoren aber ohnehin bereits hoch ist, hat das Aufgewicht eine geringere Bedeutung als bei handgeführten Maschinen, da es ja auch nicht vom Arbeiter selbst getragen werden muss.

### 2.4 Arbeitsautonomie

Die Arbeitsautonomie steht im direkten Verhältnis zum Gewicht der Akkumulatoren. Da die Aufladezeiten relativ lang sind, müssen entweder die Akkumulatoren im Laufe des Arbeitstages ausgewechselt oder ein entsprechend höheres Gewicht in Kauf genommen werden. Für die üblichen Kleinmaschinen bis 1500 W beträgt die Arbeitsautonomie einer Batterie von 5,2 kg etwa einen Arbeitstag (Pellenc). Zu beachten ist hierbei, dass die Zeit, die man gewöhnlich zum Betanken der traditionellen Maschinen mit Verbrennungsmotor benötigt, eingespart wird.

### 2.5 Anfälligkeit / Leistungsdauer / Arbeitsschutz

Die Lebensdauer von Elektromotoren übersteigt die von Verbrennungsmotoren zum Teil erheblich, die Wartungskosten sind geringer. Nachteilig hingegen sind die begrenzten Aufladezyklen der Akkumulatoren. Je nach Batterietyp sowie Ent- und Aufladungsverhalten ergibt sich eine Lebensdauer von 500 bis 2000 Zyklen. Danach sinkt die Kapazität der Akkumulatoren stetig und müssten ersetzt werden, wobei die alten

Akkumulatoren rezykliert werden können. Durch den Einsatz keramischer Separatoren in den Akkus konnte die Entzündungsgefahr minimiert werden und auch die Anfälligkeit gegenüber Erschütterungen ist mittlerweile gering.

## 2.6 Wirtschaftlichkeit

Die Preise für Akkus mit Lithium-Ionen-Technologie liegen derzeit zwischen CHF 1,80 und CHF 3,00 pro Wh. Für eine Batterie mit einem Energiespeichervermögen von 700 Wh, wie sie für oben genannte Kleinmaschinen dimensioniert wird, ergibt sich daher ein Batteriepreis zwischen CHF 1.260,00 bis CHF 2.100,00. Für mittlere Maschinen wie Balkenmäher ergibt dies CHF 6.000 – CHF 10.000 und für Raupentraktoren CHF 19.000 bis 31.500. Da Elektrizität bedeutend billiger als fossile Treibstoffe sind, ergibt sich trotz der höheren Anschaffungskosten eine wirtschaftlich positive Bilanz. Die Einsparungen für Treibstoffe über den Arbeitszeitraum von lediglich 600 Aufladezyklen lassen bei kleineren Maschinen bereits eine Amortisierung nach 120-180 Tagen zu. Bei leistungsstärkeren Maschinen ist die Amortisierung der Akku-Anschaffungskosten länger, doch auch dort ergibt sich noch immer eine positive ökonomische Bilanz.

Verbraucht man beispielsweise pro Tag 5l Benzin zu einem Preis von 2 CHF und ersetzt den Verbrennungsmotor durch einen akkubetriebenen, so rentiert sich die Anschaffung eines Akkus mit einem Speichervermögen von 700Wh bereits nach rund 120 Arbeitstagen. Bei 600 Arbeitstagen ergibt dies eine effektive Kostenersparnis von rund CHF 4200,00.

Maschine	Leistung in KW	Treibstoff l/Tag	CHF / l	CHF / Tag	Tägliche Aufladung in WH	Preis kWh in CHF	Preis/Tag in CHF	Preis Akku in CHF	Amortisierung nach Tagen	Einsparung in CHF bei Einsatz von 600 Arbeitstagen
Fadenmäher	1.2	5	2	10	550	0.2	0.11	1600	162	4332
Kettensäge	1.2	3	5	15	550	0.2	0.11	1600	107	7341
Kleinraupe	6	15	2	30	2750	0.2	0.55	8000	272	9660
Raupentraktor	15	22	2	44	6875	0.2	1.38	20000	469	5583
Traktor	37	40	2.2	88	45000	0.2	9	50000	633	-2607

*Die jeweils angegebene Leistung entspricht der Höchstleistung. Da an einem Arbeitstag nicht kontinuierlich die Höchstleistung abgefragt wird, sondern meist im unteren und mittleren Leistungsbereich gearbeitet wird und auch Pausen einzurechnen sind, ergibt sich eine effektiv höhere Arbeitsdauer. Die Aufladung entspricht jeweils der Energieleistung für einen Arbeitstag. Zur Berechnung der Tabelle wurden die von Pellenc verwendeten Li- Akkumulatoren zu Grunde gelegt. Es handelt sich um Näherungswerte.*

Berücksichtigt man zudem die geringeren Anschaffungs- und Unterhaltskosten für Elektromotoren und rechnet auch die Arbeitersparnis für umständliches Nachtanken mit Handkanistern hinzu, so ergibt sich, dass die Landarbeit mit akkubetriebenen Elektromotoren nicht nur ökologischer, sondern auch deutlich kostengünstiger ist.

## **2.7 Arbeitskomfort**

Der Geräuschpegel von Elektromotoren ist bedeutend niedriger. Es treten praktisch keine Vibrationen auf, was für die Gesundheit und Ausdauer der Bedienenden insbesondere bei längeren Arbeiten von großem Vorteil ist.

Elektromotoren springen problemlos an, was Zeit spart und Nerven schont. Es entstehen keine gesundheitsschädlichen Emissionen am Arbeitsort.

## **2.8 Gesamtenergetische Situation**

Eine wirklich positive Umweltbilanz wird auch im Falle einer Umstellung auf akkubetriebene Elektrolandmaschinen nur dann erreicht, wenn der Strom zur Aufladung der Akkus aus regenerativen Energiequellen stammt. Direkt im Weinberg ist dies kaum praktikabel. Zum einen ist die Erzeugung von Sonnen- und Windenergie im Weinberg aus räumlichen und arbeitstechnischen Erwägungen nur schwer zu realisieren, zum anderen müsste die Aufladung der Akkus bevorzugt nachts erfolgen. Dies hätte zur Folge, dass verschleißbare Nachladestationen erbaut werden müssten, was den eigentlich landwirtschaftlich genutzten Raum weiter einschränkt.

Genossenschaftliche Aufladestationen haben des Weiteren den Vorteil, dass Akkusätze verschiedener Größen verfügbar wären. Die Winzer könnten am Morgen den für die anfallende Tagesarbeit passenden Akku auswählen, was die Energie- und Gewichtseffizienz erhöhen würde.

Wichtig ist, dass für möglichst viele Maschinen die gleichen Akkusätze verwendbar wären. Die Anschlüsse müssten den gleichen Standard haben und modular erweiterbar sein, so dass größere Maschinen auf dem gleichen System wie die kleineren Maschinen arbeiten würden.

Sinnvoll wäre die Entwicklung eines Systems für tragbare Akkus (Handmaschinen) und eines für die Akkus von mobilen Zugfahrzeugen. Auch hier ist eine Standardisierung anzustreben, um Aufladung, Reparatur, Recycling, Mobilität und Mehrzweck Einsatz zu ermöglichen.

### 3. Marktanalyse

Es gibt mittlerweile eine relativ große Auswahl an batteriebetriebenen Gartengeräten auf dem schweizerischen und europäischen Markt. Die Qualität dieser Gartengeräte wie Heckenscheren, Fadenmäher, Kettensägen sind sehr unterschiedlich. Für den professionellen Einsatz sind die meisten Geräte sowohl bezüglich der Arbeitsautonomie als auch der Verlässlichkeit nur bedingt geeignet.

Im Bereich mittlerer, handgeführter Landmaschinen gibt es noch keine Serienprodukte. Aufgrund der geringen Marktgröße ist noch kein Engagement größerer Maschinenbauunternehmen zu erkennen.

Im Großmaschinenbereich für Traktoren und Raupentraktoren gibt es mehrere Pilotprojekte kleinerer Werkstätten.

#### 3.1. Übersicht der Hersteller von Serienprodukten

Folgende Hersteller haben bereits mehrere akkubetriebene Kleinlandgeräte im Angebot:

- Black & Decker – <http://www.blackanddecker.ch/>  
*Kettensäge, Astsäge, Kultivator für den Hobbybereich mit kurzen Laufzeiten  
Einsatz von Ni-Cadmium-Akkus mit ungünstiger Umweltbilanz*
- Bosch - <http://www.bosch-pt.de/gartengerate/>  
*Heckenschere, Fadenmäher, Strauchschere, Gartenschere  
Geräte für den Hobbybereich mit Laufzeiten um 50 Minuten.*
- Honda [www.honda.de](http://www.honda.de)  
*Noch keine Akkugeräte auf dem Markt, Engagement für Hybridmotoren,  
Entwicklungspartnerschaften für Li-Ionen-Technologie*
- Pellenc <http://www.pellenc.com/>  
*Fadenmäher, Kettensäge, Astscheren, Heckenschere – komplettes Programm für den  
Profibereich. Ein Akkusystem für alle Maschinen. Ausgereifte Produkte*
- Ryobi <http://www.ryobi-powertools.de>  
*Fadenmäher, Astschere, Sprühgerät, Heckenschere  
Umfassendstes Programm im Hobbybereich. Sehr interessantes Preis-Leistungs-  
Verhältnismögen. Vorteil: Ein Akkusystem für alle Maschinen*
- Stihl [www.stihl.com](http://www.stihl.com)  
*Heckenschere für den Profibereich. In Planung: Fadenmäher, Kettensäge. Die Geräte  
sollen auf dem gleichen Akku-System aufgebaut werden.*

## 3.2. Detailangaben zu professionell einsetzbaren und markverfügbaren Geräten

### 3.2.1 Stihl Akku-Heckenschere

Handliche, geräuscharme Akku-Heckenschere mit leistungsfähigem Lithium Ionen Akku. Messerausführung mit einseitig geschliffenen Zähnen. Ideal für den Einsatz im Hausgarten oder auf dem Gartengrundstück. Wahlweise lieferbar mit Standard-Ladegerät AL 100 oder mit dem Schnell-Ladegerät AL 300.



#### ***Lithium-Ionen-Akkumulator:***

Der starke 36 V Lithium-Ionen-Akku ist zentral im Gehäuse integriert. Dies sorgt für eine optimale Balance des Gerätes und ermöglicht Kräfte schonendes Arbeiten. Dank der einfachen Entriegelungstechnik kann der Akku sehr schnell gewechselt werden. Laufzeit des Akkus je nach Schnittaufgabe 35-45 Minuten.

Modell	Akku-Laufzeit (min.)	Gewicht (Kg)	Schnittlänge (cm)	Gesamtlänge (cm)
HSA 65	30 – 45	4.6 <sup>1)</sup>	50	103
HSA 85	30 – 45	4.8 <sup>1)</sup>	62	114.5

<sup>1)</sup> mit Akku AP 80 und Werkzeug

Preise CHF 700,00 bis CHF 1000,00

### 3.2.2 Black & Decker

#### **18V Akku-Kettensäge GKC1817**

Eine Akkuladung ist ausreichend für ca. 150 Schnitte (Ø 3,8cm)

Sägt Äste bis zu einem Durchmesser von 160 mm

leicht (2,8 Kg)

Preis: 180,00 CHF



### 3.2.3 RYOBI

ONE+ ist ein flexibles Akku-Werkzeugsystem, bei dem ein Akku und Ladegerät bei derzeit 7 verschiedenen Gartengeräten und 29 weiteren Werkzeugen eingesetzt werden kann.

#### *Akku-Rasentrimmer CLT1830LC*

Fadenkopf mit Tipp-Automatik

drehbarer Schneidkopf für horizontale und vertikale Schnitte

Preis: 120 Euro



#### *Akku-Heckenschere CHT1850LC*

Vibrationsarme, gegenläufige Sicherheitsmesser

Spitzen-Anstoßschutz

Preis: 130 Euro



### 3.2.4 Pellenc

#### 3.2.4.1 Akku

Pellenc setzt weltweit als einziger Hersteller die ternäre Lithium-Ionen-Technologie (Nickel Manganese Kobalt) ein, wodurch nennenswerte Gewichtsvorteile erzielt werden. Es handelt sich um ein einheitliches Akku-System, das für sämtliche Maschinen adaptierbar ist. Der Akku ist in ein komfortables Rücken-Trageset integriert, wodurch die Handlichkeit der Geräte deutlich verbessert wird. Mit den Ultra Lithium 700 und 800 wird für die Standardgeräte um 1200 W eine Autonomie von einem Arbeitstag erreicht.

Die Ultra Lithium Batterie ist mit einem «intelligenten» Ladesystem ausgerüstet. Die Batterie kann jederzeit aufgeladen werden. Sobald die Batterien 4 Tage lang nicht benutzt werden, entladen sie sich automatisch und garantieren optimale Konservierungsbedingungen und somit eine hervorragende Lebensdauer. Nach 600 vollständigen Lade- und Entladezyklen kann die Batterie noch bis auf 80% ihrer ursprünglichen Ladekapazität aufgeladen werden. Die Lithium-Ionen-Batterien sind zu 80% wieder verwendbar.



#### 3.2.4.2 Motor

Pellenc-Werkzeuge haben einen sehr hohen Wirkungsgrad: Der Energiegewinn ist beträchtlich, weil der Motor, der das Schneidwerkzeug direkt antreibt, einen Wirkungsgrad von nahezu 90 % hat. Der neuartige Pellenc-Elektromotor ist einer der kleinsten und leistungsfähigsten Elektromotoren auf dem Markt. Aufgrund seiner Konzeption ist er extrem langlebig. Ohne Verschleiß und Funkenbildung erreicht er eine Drehzahl von 5 400 Umdrehungen pro Minute (Motor der Baumschere Treelion).



### 3.2.4.3 Hand-Motorsägen Selion



C15 und M12 sind weltweit die leichtesten Handmotorsägen: C15 wiegt 2 kg und M12 weniger als 1,7 kg (ohne Akku). Preis: 1600,00

Die Handmotorsäge Selion C15, die gemessen an einer benzinbetriebenen Säge eine Wirkleistung von 35 cm<sup>3</sup> entwickelt, was 1500 Watt entspricht (30 cm entsprechen 1200 Watt bei der Selion M12), ist bestens für den Baumschnitt geeignet. Selion C15 und M12 schneiden präzise und sauber. Sie sind serienmäßig mit 1/4"-OREGON-Ketten ausgerüstet.

Ohne Kupplung und Untersetzungsgetriebe garantieren diese leichten Motorsägen eine hohe Zuverlässigkeit. Die Modelle C15 und M12 werden direkt über das Kettenritzel angetrieben, was den Wirkungsgrad erhöht. Bei Auf- oder Rückprall löst ein elektrisch gesteuerter Rückprallsensor sofort die elektrische Kettenbremse aus und sorgt damit für Arbeitssicherheit.

### 3.2.4.4 Gestrüpp und Fadenmäher Excelion

Da der Excelion nur halb so viel wiegt wie einer der leichtesten Gestrüppschneider mit Verbrennungsmotor, erleichtert er das Arbeiten in Gräben und an steilen Hängen. Der verstellbare Griff, der schwenkbare Kopf und das Teleskopsystem erleichtern Bewegungen nach oben und unten. Da sich das Werkzeug der Morphologie des Benutzers anpassen lässt, kann man bequem arbeiten. Der Wahlschalter mit 4 Geschwindigkeiten gestattet eine bessere Anpassung an die Vegetationsdichte. Gewicht 3,3 kg (ohne Akku).



### 3.2.4.3 Heckenschneider



Helion Uni - Gewicht 3,1 kg (ohne Akku), 1200 W, Schnittlänge 63 cm

### 3.3 Resümee der Marktanalyse

Für einen professionellen Einsatz von handgeführten Elektrolandmaschinen kommt bei der derzeitigen Marktlage eigentlich nur Pellenc als Partner in Frage. Folgende Gründe können dafür angeführt werden:

- Pellenc hat jahrelange Erfahrung in der Mechanisierung im Weinbau, ist also „Brancheninsider und Branchen-Pionier“.
- ist führend in der Motorentwicklung, wodurch die Leistungsnutzung der Batterien optimiert wurde und ein großer Vorsprung zu den Konkurrenten besteht.
- hat eine eigene Akku-Technologie entwickelt, so dass erhebliche Vorteile hinsichtlich Gewicht, Leistung und Autonomie bestehen
- hat ein Akku-System für alle ihre Maschinen entwickelt, so dass die meisten Rearbeiten mit Akku-Technologie bewältigt werden können
- besitzt das größte Sortiment an akkubetriebenen Landmaschinen, die bereits ausgiebig in der Praxis getestet wurden.
- treibt die Entwicklung neuer Elektrolandmaschinen voran
- richtet seine Geräte exklusiv und kompromisslos auf den Profimarkt aus
- es handelt sich auch unabhängig von der Antriebstechnik um überzeugende Spitzentechnologie, die an den Bedürfnissen der Winzer ausgerichtet sind
- besitzt eine Unternehmenskultur mit hoher Umweltsensitivität

Die Produkte der Firma Stihl könnten mittel- bis längerfristig eine angemessen breite Palette aufbauen, der Entwicklungsrückstand ist allerdings beträchtlich. Alle anderen Hersteller serientauglicher Elektrolandmaschinen lassen keine Ausrichtung auf den professionellen Einsatz erkennen.

#### **4. Entwicklung weiterer Geräte**

Für die folgenden Landmaschinen mit hoher Bedeutung für den Weinbau existieren derzeit noch keine marktverfügbaren Lösungen mit Elektroantrieb:

1. Atomiseur
2. Balkenmäher
3. Raupentraktor
4. Traktor

## 4.1 Atomiseur (Rückenspritzgerät)

Der Atomiseur ist im Walliser Weinbau die Landmaschine mit der höchsten Umweltbelastung. Pro Hektar und Jahr sind die Atomiseure rund 35 Stunden im Einsatz. Die ineffizienten Zweitaktmotoren sorgen für Emissionen, die rund 40mal über den Emissionswerten moderner Autos liegen. Hinzu kommen hohe Lärmbelastungen sowie die Gesundheitsbeeinträchtigungen für den Arbeiter.

Aufgrund des ohnehin sehr hohen Gewichts der Spritzflüssigkeit (15 – 25 kg) kommt der Frage des Eigengewichts und des Volumens des Atomiseurs besondere Bedeutung zu. Aufgrund der höheren Effizienz der Elektromotoren ist trotz des relativ hohen Akkugewichtes eine Realisierung elektrobetriebener Atomiseure möglich. Bedingung dafür ist der Einsatz kleinerer Akkus mit entsprechend geringerer Energiespeicherung, diese aber häufiger zu wechseln. Da zum Befüllen mit Spritzflüssigkeit ohnehin nach jeweils 15 min zu einem zentralen Befüllungsort zurückgekehrt werden muss, könnten die Akkus mit Steckverbindungen ausgestattet und für jede neue Spritzung ausgewechselt werden.



Für eine 15-minütige Leistung von 1,8 KW würden sich Akkugewichte von 300 – 400 g ergeben. Damit würde das Eigengewicht des Elektro-Atomiseurs noch unter den vergleichbaren Geräten mit Verbrennungsmotor liegen. Bei den meisten mit Atomiseuren behandelten Flächen handelt es sich um kleinere Parzellen von durchschnittlichen 2000m<sup>2</sup>. Man könnte die Akkus für Atomiseure so dimensionieren, dass eine solche Fläche mit jeweils einer Akkuladung gespritzt werden könnte. Bei größeren Flächen müsste der Winzer Wechselakkus mitführen.

Die Akkus müssten so dimensioniert und gebaut sein, dass sie auch für andere Landmaschinen eingesetzt werden können. Sinnvoll wäre es, wenn sich die Akkus in Genossenschaftsbesitz befänden, so dass die Aufladezyklen optimal ausgenutzt werden können und nicht jeder Winzer mehrere Akkus erwerben müsste.

## 4.2 Einachsige Balkenmäher, Mulcher, Motokultivierer (4,5 – 9 KW)

Die einachsigen Balkenmäher, Mulcher und Kultivierer (alle auf demselben Grundgerät) werden im Weinbau zwar gerne eingesetzt, die tatsächliche Arbeitszeit pro Hektar und Jahr ist allerdings relativ gering (3-10 h). Gewicht und Antriebsvolumen der Einachsmaschinen ist bereits mit thermischer Motorisierung im



Grenzbereich. Von der Energiespeicherleistung der Akkumulatoren wäre eine elektrische Motorisierung

technisch zwar realisierbar, aber das Verhältnis von Aufwand zu Nutzen wäre ziemlich hoch. Die Akkus müssten so leicht sein, dass sie von Hand auswechselbar wären, da es arbeitstechnisch sehr umständlich wäre, jeweils die gesamte Maschine zur Aufladestation zu transportieren.

Um die Autonomie eines halben Arbeitstages zu erreichen, müsste für eine kleinere Einachsmaschine von 4,5 KW ein Akkugewicht von etwa 18kg kalkuliert werden. Der Preis für einen solchen Akku würde bei etwa CHF 7.000,00 liegen. Da für die Autonomie eines Arbeitstages zwei solcher Batterien nötig würden, wäre die Investitionssumme für einen einzelnen Winzer nicht vertretbar.

Stände eine solche Einachsmaschine allerdings in einer Genossenschaft oder einem Maschinenring zur Verfügung und wären die Akkus so standardisiert, dass sie auch für andere Maschinen einsetzbar wären, könnte die Anschaffung bzw. Konstruktion elektrischer Einachsmaschinen durchaus rentabel werden.

### 4.3 Raupentraktor

Raupentraktoren sind die am häufigsten eingesetzten Maschinen in Weinbergen mit häufigen Steillagen wie im Wallis. Meistens werden die Raupen zum Transport von Dünger, Kompost, Baumaterialien und Erntegut verwendet. Für lediglich zum Transport eingesetzte Raupen sind Leistungen von 4 – 6 KW durchaus genügend. Die Umstellung solcher Transportraupen auf Elektrobetrieb wäre technisch relativ einfach und mit guten Amortisierungsdauern zu realisieren. Eine Autonomie von einem Arbeitstag wäre, da die Raupen selten in kontinuierlichem Betrieb stehen, schon mit einem Akkugewicht von rund 20 kg zu erreichen.



Würde hierfür das gleiche Akkusystem wie für die einachsigen Maschinen gewählt, könnte im Genossenschaftsbetrieb eine gute Auslastung der Akku-Aufladezyklen erreicht werden.

Immer häufiger werden die Raupen auch als Werkzeughalter für Turbospritzen, Laubschneider, Mulcher, Kreiselegen usw. eingesetzt. Um diese Anbaumaschinen mit dem Motor der Raupe zu betreiben, ist eine Motorisierung von 15 – 25 KW nötig. Für eine so hohe Leistung sind bereits erhebliche Akkugewichte und Kosten zu kalkulieren. Einschränkend wäre zudem, dass Akkus mit so hohem Gewicht nur noch bedingt zur Aufladung ausgebaut werden können. Es müsste also die gesamte Raupe zur Aufladestation transportiert werden. Würden die Raupen mit Anbaumaschinen über einen Maschinenring verwaltet, wäre aber auch das kein größeres Hindernis.

Das Akkusystem sollte dann ebenfalls standardisiert gewählt sein, so dass mehrere Akkuzellen eines Einachsers oder einer Transportraupe auch für die höher motorisierte Traktorraupe mit Anbaumaschinen genutzt werden könnten.

#### 4.4 Traktor

Durch das ohnehin hohe Eigengewicht und Volumen von Traktoren würde das Aufgewicht für Akkus mit 70 KW/h im Toleranzbereich liegen. Für einen Traktor mit 50 PS und einer Arbeitsautonomie von einem Tag müsste mit einem Zusatzgewicht von ca. 400 kg gerechnet werden. Ein solcher Elektrotraktor wurde von der Genfer Firma A&E ausgestattet und kommt seit 2009 in den Weinbergen der Champagne zum Einsatz.



In Weinbergen mit Steillagen, wie dies im Wallis häufig ist, kommen Traktoren allerdings nur selten zum Einsatz.

Im Besitz einer Genossenschaft oder eines Maschinenrings könnte ein solcher Elektrotraktor auch im Obst- und Feldbau eingesetzt werden. Durch gleiche Akkusysteme wie für Raupen und Einachser könnte eine effiziente Auslastung der Akkuzyklen gewährleistet werden.

#### 4.5 Monorack

Monorack oder Einschienenbahnen wurden in den terrassierten Weinbergen des Wallis häufig eingesetzt, um Düngemittel, Baumaterialien und Lesegut in schwer zugänglichen Weinbergen zu transportieren. Da mittlerweile vermehrt Helikopter für die Transportarbeiten eingesetzt werden, wurde der Bau und Unterhalt von Monorack-Anlagen teilweise eingestellt.



Die auf Luft- und Materialseilbahnen spezialisierte Firma Garaventa hat unterdessen wieder Monoracksysteme im Angebot, die auch elektrisch betrieben werden können.

Die Hochschule Wallis hat in mehreren Forschungsprojekten seit 2001 die Technik von Monoracksystemen im Weinberg verbessert und sowohl energetisch als auch logistisch modernisiert. Die Installation neuer energieeffizienter, elektrischer Monorack-Anlagen scheint auch aus dieser Hinsicht wieder empfehlenswert. Die Anlageninstallation könnte von lokalen Unternehmen in Zusammenarbeit mit der Hochschule Wallis oder direkt von der Firma Garaventa Goldau ausgeführt werden.

#### 4.6 Elektrische Kleinlastwagen

Aufgrund der starken Parzellierung und teils sehr weiten Anfahrtswege im Walliser Weinbau stammt ein erheblicher Teil der im Weinbau verursachten Emissionen von Transportfahrzeugen. Dies betrifft sowohl den Personen- als auch den Materialtransport. Durch den Einsatz von elektrischen Personen- und Kleinlastfahrzeugen könnten daher erhebliche Reduktionen von klimaschädlichen Gasen erzielt werden.

Es ist bereits eine relativ große Palette verschiedener solcher Elektrofahrzeuge markverfügbar. Da diese Fahrzeuge aber nahezu ausschließlich auf die landwirtschaftliche Nutzung ausgerichtet sind, ersetzen sie nur bedingt die hoch variablen Fahrzeuge der Winzer, die auch für den Privatgebrauch eingesetzt werden. Die elektrischen Kleinlastwagen müssten daher als zusätzliche Fahrzeuge erworben werden, was vergleichsweise hohe Investitionen erfordert. Aus diesem Grund scheint vor allem der genossenschaftliche Besitz eine wirtschaftliche Ausnutzung solcher elektrischen Fahrzeuge zu ermöglichen.



Solartransporter der Genossenschaft ValNature



Toro Elektro Workman E 2050