

## Modellierung von ökonomischen Schadschwellen für *Rumex obtusifolius* L. im Wirtschaftsgrünland

Modelling of economic thresholds for *Rumex obtusifolius* L. in intensively used grassland and pasture

**Thomas Schulz**

Dow AgroSciences GmbH, Truderinger Str. 15, 81677 München  
tschulz1@dow.com



DOI 10.5073/jka.2014.443.047

### Zusammenfassung

Der Stumpfbllättrige Ampfer (*Rumex obtusifolius* L.) ist eines der am häufigsten auftretenden Problemunkräuter des Dauergrünlandes. Zahlreiche Publikationen beschäftigen sich mit der Botanik und der allgemeinen Schadwirkung, während zu den wirtschaftlichen Auswirkungen nur sehr wenige belastbare Aussagen vorliegen. In mehrjährigen Felderhebungen an drei Standorten in Sachsen und Thüringen wurden die Beziehungen zwischen Ampferbefall, Ertragsanteil, Ertrag von Gras bzw. Ampfer sowie den Inhaltsstoffen analysiert.

Der spezifische Trockenmasse-Ertrag von *R. obtusifolius* ist geringer als der von *Lolium perenne*. Dennoch wird mit zunehmender Ampfer-Besiedelung der Gesamt-TM-Ertrag des Pflanzenbestandes nicht negativ beeinflusst. Daraus folgt ein potenziell erhöhter Ertrag nach der Durchführung von Maßnahmen zur Bestandsverbesserung.

Der prozentuale Ertragsanteil des Ampfers am Gesamtertrag lässt sich zuverlässig über eine mathematische Funktion vom Ampfer-Deckungsgrad ableiten. Die Erfassung der Abundanz erwies sich hingegen aufgrund der großen Variabilität der Größe der Einzelpflanzen zur Schätzung des Ampfer-Ertragsanteils als ungeeignet. Bei den jeweils gemeinsam an einem Standort aufgewachsenen Populationen lag die mittlere Energiedichte von Ampfer immer unter der der Graskomponente.

Es wird ein Algorithmus zur ökonomischen Bewertung von Stumpfbllättrigem Ampfer auf Basis des Ampfer-Deckungsgrades, der Energiedichte der Graskomponente und des Gesamt-Trockenmasse-Ertrages des Bestandes vorgestellt. Unter Einbeziehung der Nutzungsrichtung und des Milchverkaufspreises kann bei notwendiger, aber unterlassener Ampferbekämpfung und der zum Lückenschluss notwendigen Nachsaat der theoretisch entgangene monetäre Deckungsbeitrag berechnet und daraus ein auf die jeweilige Situation angepasster Bekämpfungsrichtwert abgeleitet werden.

**Stichwörter:** Abundanz, Ampfer, Bekämpfungsrichtwert, Deckungsgrad, Ertragsanteil, Futterwert

### Abstract

Broadleaf dock (*Rumex obtusifolius* L.) is one of most frequently arising problem weed in permanent pasture. Numerous publications concern themselves with biology and ecology whereas little information is available quantifying the economic impacts of dock on forage grass yield and quality. Over the course of several growing seasons experiments were conducted in three pasture locations in Saxony and Thuringia (Germany). Dock infestation, yield proportions, yield of grass and dock and the forage value were measured always. The specific dry matter yield of *R. obtusifolius* is smaller than from *L. perenne*. With increasing dock settling the total forage yield is not affected negatively nevertheless. From this a potential increased yield follows after the improving the sward.

The yield proportion of dock on the total yield can be reliably estimated over a mathematical function from the ground cover of dock, whereas due to the expanded variability in the size of single plants the number of plants was unsuitable for that. In populations grown up at same location the nutrient value of dock was regularly below the nutrient value of the grass component.

An algorithm, based on ground cover of dock, net energy content of the grass component and the total dry matter yield was presented to determine the economic impact of various dock infestation. Including the forage use direction and the milk selling price the theoretically monetary income loss can be calculated when necessarily dock control and reseeding of grass filling the gaps will not be done. Using this model it will be possible to determine specific economic thresholds of dock infestations in permanent pasture under different conditions.

**Keywords:** Docks, forage quality, grassland, modelling, plant numbers, yield proportion

## Einleitung

*Rumex obtusifolius* L. ist ein häufig auftretendes und schwer bekämpfbares Unkraut des Dauergrünlandes. Der Stumpfblättrige Ampfer verdrängt durch seinen dichten Blattschluss wertvolle Futtergräser, führt zu schlechteren Grundfutterqualitäten und verminderter Milchleistung, hat einen negativen Einfluss auf die Futtermittelkonservierung und beeinträchtigt durch sekundäre Inhaltsstoffe die Tiergesundheit (STÄHLIN, 1971; HUMPREYS *et al.*, 1999; PÖTSCH, 2001b; OPITZ v. BOBERFELD, 2003).

Die von den Landwirtschaftsberatungen publizierten Bekämpfungsrichtwerte für großblättrige Ampfer-Arten in Wiesen und Weiden sind auf der Basis der Abundanz (0,1 Pflanzen bis >1 Pflanze\*m<sup>-2</sup>) oder des prozentualen Frisch- bzw. Trockenmasse (TM)-Ertragsanteils (5 %) angegeben und beruhen nicht auf empirisch erfassten Daten oder belastbaren ökonomischen Berechnungen.

Während die Pflanzendichte pro Flächeneinheit recht einfach erhoben werden kann, gestaltet sich die Schätzung des Ertragsanteils wesentlich schwieriger und ist bezüglich ihrer Durchführbarkeit durch den Landwirt zumindest in Frage zu stellen. Die Basis der Schätzung des Ampfer-Ertragsanteils am Gesamtertrag stellt die beanspruchte Fläche dar. Darüber hinaus sind Kenntnisse des spezifischen Frischmasse-Ertrages von Ampfer und dabei insbesondere in Relation zum Flächenertrag des übrigen Bestandes erforderlich. In den Fällen, in denen der Bekämpfungsrichtwert in Höhe von 5 % des TM-Ertragsanteils angegeben wird, ist zusätzlich der Trockensubstanz-Gehalt beider Komponenten in die Berechnung einzubeziehen. Im Rahmen von botanischen Bestandserhebungen wird die Punkt-Quadrat-Methode angewandt. Diese erfordert jedoch einen hohen Zeitaufwand und eignet sich daher nur für kleine Erhebungsflächen (OPITZ v. BOBERFELD, 1994).

Bisher liegen nur sehr wenige Ergebnisse über wirtschaftlich relevante Schädwirkungen und somit über die ökonomischen Auswirkungen einer Ampferbekämpfung vor (PÖTSCH, 2001a). Von BÖHM *et al.* wurde daher bereits 2003 resümiert, dass einheitlich definierte Schädensschwellen für verschiedene Nutzungsrichtungen bzw. Nutzungsintensitäten fehlen. Auch im internationalen Maßstab gibt es kaum Forschungsarbeit zu Kosten-Nutzen-Analysen und zur Ableitung von Bekämpfungsschwellen (POPAY und BARLOW, 1988; CURAN und LINGENFELTER, 2001; PAYNE, 2009). Die letzten nennenswerten Ansätze zur Erforschung der Schädwirkung von Ampfer wurden in den 1970'er und 1980'er Jahren geleistet (COURTNEY, 1972; DOYLE *et al.*, 1983; OSWALD und HAGGAR, 1983).

Der Autor beschäftigte sich in seiner an der Humboldt-Universität zu Berlin eingereichten Dissertationsschrift (SCHULZ, 2013) mit der Erarbeitung notwendiger Daten und Kenntnisse zur ökonomischen Bewertung von *R. obtusifolius* im weidelgrasbetonten Wirtschaftsgrünland. Neben der vergleichenden Bewertung unterschiedlicher Methoden zur quantitativen Erfassung des Ampfer-Befalls wurde ein mathematischer Algorithmus erarbeitet, mit dessen Hilfe Aussagen zu ökonomischen Effekten des Auftretens von Ampfer getroffen, Schädensschwellen auf Basis des Ampfer-Deckungsgrades abgeleitet und Bekämpfungsempfehlungen für die landwirtschaftliche Praxis gegeben werden können.

## Material und Methoden

Die Felderhebungen zur Ermittlung von Befall und Schädwirkung wurden auf 3 weidelgrasbetonten Dauergrünlandstandorten in Sachsen und Thüringen mit jeweils intensiv bis standortangepasst optimaler Bewirtschaftungsweise und einem hohen Milchleistungsniveau durchgeführt. Die Standorte in Marbach, Gahma und Clausnitz repräsentieren damit sowohl günstige Übergangslagen als auch typische Mittelgebirgsregionen und Lagen mit ungünstigen Wachstumsbedingungen in der Kammregion des Erzgebirges.

In die Felderhebungen wurden die jeweils 4 ertragsrelevanten Aufwüchse der Jahre 2008 und 2009 einbezogen. Pro Standort und Termin wurden dabei 30 Erhebungsquadrate mit der Grundfläche von einem Quadratmeter bewertet. Die Erhebungen erfolgten zeitnah zur Beerntung

durch die Landwirtschaftsbetriebe, die Ergebnisse entsprechen somit im Wesentlichen dem Ertragsverlauf der Praxisschläge.

In den Erhebungsquadraten wurde die Anzahl der Ampferpflanzen ermittelt und der sichtbare prozentuale Deckungsgrad geschätzt. Jedes Quadrat wurde mit einer Digitalkamera fotografiert. Die Bilder dienten der späteren Messung des tatsächlichen Ampfer-Deckungsgrades mithilfe des Softwareprogramms Adobe Photoshop. Dazu wurden die durch die Aufnahmetechnik bedingten perspektivischen Verzerrungen korrigiert und das Bild auf eine definierte quadratische Grundfläche übertragen. Unter starker Vergrößerung wurden anschließend die Umrisse der Ampferpflanzen markiert und die entsprechenden Flächen schwarz eingefärbt. Nach Freistellung dieser Bereiche konnten die verbleibenden Flächen weiß eingefärbt werden. Mit der Histogramm-Funktion war es anschließend möglich, die Anzahl der schwarzen Pixel zu bestimmen, daraus konnte der prozentuale Deckungsgrad berechnet werden.

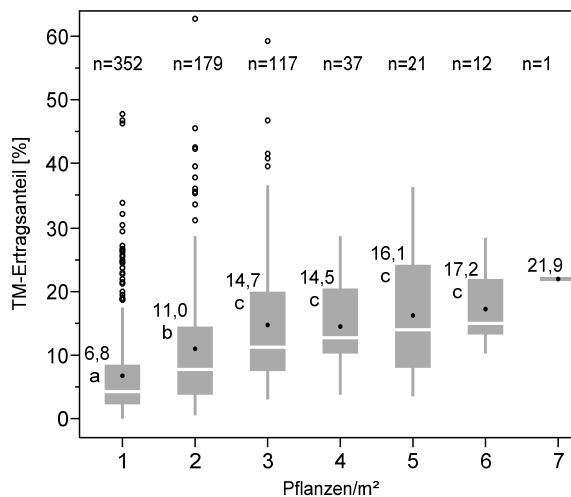
Die Erhebungsquadrate wurden getrennt nach Gras und Ampfer beerntet. Zu jedem Erhebungstermin wurden jeweils 3 Mischproben von Gras bzw. Ampfer zur Bestimmung des Trockensubstanz- und Rohnährstoffgehaltes, der in-vitro-Verdaulichkeit und des Gehaltes an Mineralstoffen und Spurenelementen entnommen.

Insgesamt wurden 720 einzelne Datensätze erfasst, damit wurde erstmalig ein derart umfangreiches Datenmaterial zur vergleichenden Bewertung von standortidentisch aufgewachsenem Gras und Ampfer veröffentlicht, bei den Inhaltsstoffen liegen pro Probenart jeweils 72 Analysenwerte vor. Die statistischen Auswertungen erfolgten mit dem Softwareprogramm JMP Pro 9.0.1 der SAS Institute Inc.

## Ergebnisse

### Ampfer-Ertragsanteil und Pflanzendichte

In Abbildung 1 ist die Abhängigkeit der prozentualen TM-Ertragsanteile des Ampfers am Gesamtertrag zusammenfassend über alle Einzelergebnisse hinweg dargestellt.

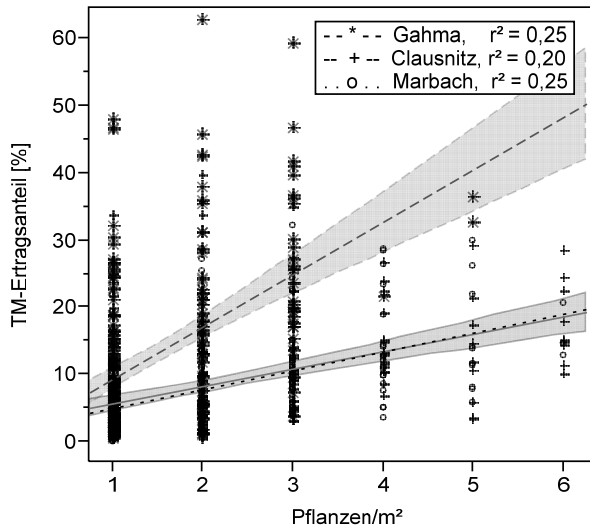


**Abb. 1** Abhängigkeit des Ampfer-TM-Ertragsanteils von der Ampfer-Pflanzendichte.

**Fig. 1** Dependence of the dock yield proportions from the dock plant density.

In 352 Fällen, also in knapp der Hälfte aller Erhebungsquadrate, wurde eine Befallsstärke von einer Pflanze pro m<sup>2</sup> ermittelt, der mittlere Ertragsanteil lag bei 6,8 %. In einem Viertel aller Erhebungen

wurden jeweils 2 Pflanzen gezählt, der Ertragsanteil lag bei mittleren 11%. In 117 Erhebungsquadraten wuchsen jeweils 3 Pflanzen mit einem mittleren Ertragsanteil von 14,7%. Einerseits unterscheiden sich die Mittelwerte der Ertragsanteile bei 1-3 Pflanzen signifikant voneinander, andererseits induziert die Größe der "boxplots" und die Ausdehnung der "Whisker" in der Darstellung eine sehr große Variabilität innerhalb der Gruppen. Das erscheint einleuchtend wenn man berücksichtigt, dass eine Pflanze einerseits eine schwach entwickelte Jungpflanze mit 2-3 Blättern und entsprechend niedrigem Ertragsanteil und andererseits eine massige Altpflanze mit Austrieb aus dem meristematischen Gewebe am Wurzelhals sein kann.

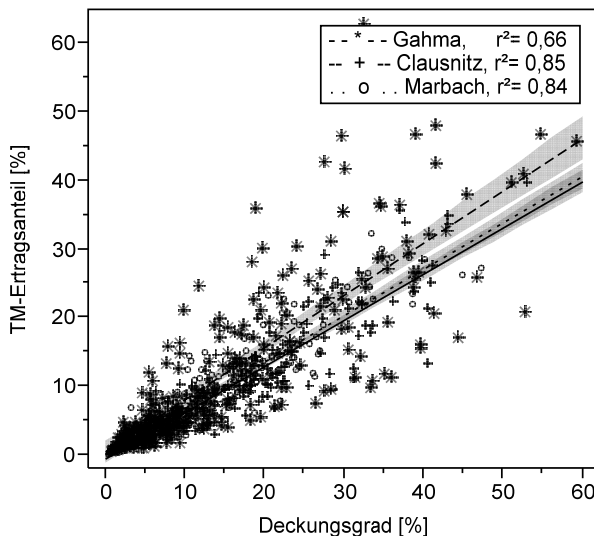


**Abb. 2** Standortspezifische Abhängigkeit der Ampfer-Ertragsanteile von der Ampfer-Pflanzendichte,  $n = 240$ .

**Fig. 2** Location-specific dependence of the dock yield proportions from the dock plant density,  $n = 240$ .

In Abbildung 2 sind die Einzelwerte, die Regressionsgeraden und die 95 % Konfidenzintervalle der Erwartungswerte für die standortspezifische Abhängigkeit der Ampfer-Ertragsanteile von der Pflanzendichte dargestellt. In Clausnitz und Marbach wurden innerhalb der Erhebungsflächen neben Jungpflanzen vorrangig Ampferpflanzen mit mittlerem Alter und noch wenig ausgeprägtem Wurzelstock gefunden. Im Gegensatz dazu setzte sich der Bestand der Ampferpflanzen in Gahma im Wesentlichen aus älteren Exemplaren mit ausgeprägtem Wurzelstock und starkem koronaren Austrieb und entsprechend großem Habitus zusammen. Dementsprechend höher war der jeweilige prozentuale Anteil am Gesamtertrag. Auffallend sind darüber hinaus die niedrigen Bestimmtheitsmaße der Funktionen. Diese liegen zwischen  $r^2 = 0,20$  und  $r^2 = 0,25$  und verweisen auf eine nur geringe Abhängigkeit der TM-Ertragsanteile des Ampfers von der Pflanzendichte.

### Ampfer-Ertragsanteil und Deckungsgrad



**Abb. 3** Standortsspezifische Abhängigkeit der Ampfer-TM-Ertragsanteile vom Deckungsgrad, n = 240.

**Fig. 3** Location-specific dependence of the dock yield proportions from the plant ground cover, n = 240.

Abbildung 3 zeigt die standortsspezifische Abhängigkeit der TM-Ertragsanteile von der projektiven Ampfer-Deckung. Neben den Einzelwerten sind die regressionsanalytisch ermittelten, linearen Anpassungsgeraden und die 95 % Konfidenzintervalle der Erwartungswerte dargestellt. Im Gegensatz zur Abhängigkeit von der Pflanzendichte wurden mit Bestimmtheitsmaßen zwischen  $r^2=0,65$  und  $r^2=0,85$  deutliche höhere Abhängigkeiten des Ampfer-Ertragsanteils vom jeweiligen Ampfer-Deckungsgrad gefunden. Wiederum waren die Standorte Clausnitz und Marbach untereinander gut vergleichbar, die Funktion für Gahma zeigte insbesondere im Bereich von bis zu 10 % Deckungsgrad aber sehr ähnliche Werte. Bei Zusammenfassung aller vorliegenden Datensätze ergibt sich folgende Regressionsgleichung für die Abhängigkeit des Ampfer-TM-Ertragsanteils ( $EA_r$ ) vom Ampfer-Deckungsgrad ( $DGr$ ).

$$EA_r [\%] = 0,287 + 0,664 \cdot DGr [\%] \quad (r^2=0,75) \quad (1)$$

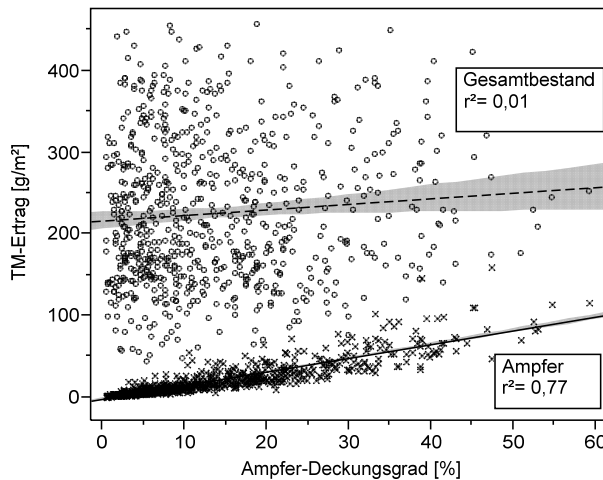
Diese Gleichung wurde einem Validierungsprozess unterzogen und dabei die Verallgemeinerungsfähigkeit festgestellt. Nach Eliminierung der Regressionskonstanten ergibt sich nachstehende Formel, mit deren Hilfe sich der TM-Ertragsanteil von Ampfer zuverlässig über den Ampfer-Deckungsgrad schätzen lässt.

$$EA_r [\%] = DGr [\%] \cdot 0,69 \quad (2)$$

### Ampfer-Deckungsgrad und Ertragsbeeinflussung

In Abbildung 4 sind die aufwuchsspezifischen TM-Erträge von Ampfer und dem Gesamtbestand bei steigenden Ampfer-Deckungsgraden dargestellt. Die hohe Variabilität der Gesamterträge ist dabei sowohl auf die Unterschiede zwischen den ausgewählten Standorten, als auch auf die im Jahresverlauf schwankenden Erträge der Graskomponente zurückzuführen. Bemerkenswert ist die standort- und aufwuchsunabhängig enge Beziehung zwischen dem Ampfer-Deckungsgrad und dem jeweils erreichten TM-Ertrag dieser Komponente. Bei Betrachtung der hier nicht dargestellten Einzelergebnisse konnte nur in wenigen Fällen mit zunehmender Flächeninanspruchnahme durch den Ampfer ein proportionaler Rückgang des Grasertrages beobachtet werden. Häufig führten

hingegen steigende Ampfer-Deckungsgrade zu einer leichten Zunahme des Gesamtflächenertrages.



**Abb. 4** Abhängigkeit des TM-Ertrages von Ampfer und Gesamt vom Ampfer-Deckungsgrad, n=720.

**Fig. 4** Dependence of the dry matter yield of dock and total yield from the dock ground cover, n=720.

#### Inhaltsstoffe und Futterwert von Ampfer und Gras

**Tab. 1** Inhaltsstoffe / Futterwert von Gras und Ampfer.

**Tab. 1** Ingredients and nutrient value of grass and dock.

Rohnährstoffe [g/kg TM]	n=	Probenart				Ort	Jahr
		Gras	Ampfer	△	p		
XA	72	95	110	+16%	n.s.	n.s.	n.s.
XP	72	181	210	+16%	***	n.s.	n.s.
XL	72	33	22	-33%	***	n.s.	***
XF	72	220	169	-23%	***	n.s.	*
ADF <sub>org</sub>	72	269	339	+26%	***	n.s.	***
NDF <sub>org</sub>	72	518	427	-18%	***	n.s.	n.s.
Lignin	72	33	207	+527%	***	n.s.	n.s.
TS [g/kg FM]	144	174	134	-23%	*	n.s.	n.s.
ELOS [g/kg TM]	72	745	543	-27%	***	n.s.	n.s.
NEL [MJ/kg TM]	72	6,66	5,03	-25%	***	n.s.	n.s.

Im Rahmen der laboranalytischen Untersuchungen wurden mit Ausnahme des Rohaschegehaltes stets signifikante Unterschiede bei den flächenidentisch aufgewachsenen Gras- bzw. Ampfer-Komponenten festgestellt (Tab. 1). Der Trockensubstanz-, Rohfett- und Rohfaser-Gehalt von Ampfer lag deutlich unter dem von Gras. Im Gegensatz dazu hatte Ampfer gegenüber Gras einen um 16 % höheren Rohproteingehalt und einen um 26 % höheren Gehalt an säurelöslichen Faserbestandteilen, wobei insbesondere der 5-fach erhöhte Lignin-Gehalt zur um 27 %

verringerten in-vitro-Verdaulichkeit beitrug. Die mittlere Energiedichte der Graskomponente in NEL/kg TM wurde nach der Schätzgleichung von LOSAND *et al.* (2008) berechnet und lag bei 6,66 MJ. Die mittlere Energiedichte von Ampfer lag bei 5,03 MJ und somit 1,63 MJ bzw. 25 % unter der von Gras. Bei keiner der 24 untersuchten Standort-Jahr-Aufwuchs-Kombinationen lag die Energiedichte von Ampfer auf oder über dem Wert der jeweiligen Graskomponente. Die qualitativ wertvollen ersten Aufwüchse wiesen hohe Energiedichten der Graskomponente und entsprechend im Mittel um 25 % reduzierte Energiedichten von Ampfer auf. Wurden bei den durch ungünstige Wachstumsbedingungen gekennzeichneten Sommeraufwüchsen niedrige Energiedichten der Graskomponente verzeichnet, war die Energiedichte von Ampfer ebenfalls deutlich reduziert. In Einzelfällen konnte die Energiedichte von Ampfer aus einem vitalen ersten Aufwuchs die Energiedichte von Gras aus einem Sommeraufwuchs übersteigen. Dies zeigt die Notwendigkeit der Verwendung von flächenidentisch aufgewachsenem Probenmaterial bei der vergleichenden Bewertung von Qualitätsparametern unterschiedlicher Pflanzenarten.

In einer zunehmenden Anzahl von Landwirtschaftsbetrieben werden im Zuge der Grasernte Futtermittelanalysen durchgeführt. Diese im Bedarfsfall auch auf Ampfer auszudehnen dürfte aber eher unüblich sein. Für die Verwendung im ökonomischen Bewertungsmodell wird daher bis zum Vorliegen anderer Verfahren vorgeschlagen, die Energiedichte von Ampfer (*NELr*) von der laboranalytisch ermittelten Energiedichte von Gras (*NELg*) nach folgender Formel abzuleiten.

$$NELr = NELg - (NELg * 25 / 100) \quad (3)$$

Die Verallgemeinerungsfähigkeit dieser Ableitung wird maßgeblich von der Tatsache gestützt, dass die Unterschiede in der Verdaulichkeit und der Energiedichte zwischen Gras und Ampfer statistisch gesehen weder von Standort- noch von Jahreseffekten beeinflusst werden.

## Diskussion

### Erhebungsmethoden

Im Rahmen von ökonomischen Berechnungen ist die Kenntnis der prozentualen Ertragsanteile zur Bewertung der Erntemasse zwingend erforderlich. Auf die Problematik der visuellen Schätzung der Ertragsanteile von unterschiedlichen Pflanzenarten wurde bereits eingegangen. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde daher untersucht ob es möglich ist, den Ertragsanteil vom Ampfer-Deckungsgrad unter Einbeziehung empirisch gewonnener Daten zur TM-Ertragsleistung von Ampfer abzuleiten. Unter Zuhilfenahme des von TRAXLER (1997) beschriebenen Fausttricks oder eines Boniturrahmens mit Dezimalteilung bringt die Schätzung des Deckungsgrades hinreichend genaue Ergebnisse und wird daher von mehreren Autoren zur Ermittlung der quantitativen Bestandszusammensetzung herangezogen (SAVORY und SOPER, 1973; OSWALD und HAGAR, 1983; COURTNEY, 1985; HONGO, 1989; TRAXLER, 1997; SOBOTNIK, 2001; LOCK *et al.*, 2004).

In der vorliegenden Arbeit wurden die Parameter Pflanzendichte und Deckungsgrad mit ihrem Einfluss auf den Ampfer-Ertragsanteil vergleichend bewertet. Die Tabelle 2 zeigt die Pearson-Korrelationskoeffizienten dieser Beziehungen. Mit einem Koeffizienten von  $r = 0,860$  ergibt sich ein hoher Zusammenhang zwischen dem Ampfer-Deckungsgrad und dem Ertragsanteil. Die Erhebung des Deckungsgrades ist somit deutlich besser als die Erfassung der Abundanz zur Schätzung des Ampfer-Ertragsanteils geeignet.

**Tab. 2** Zusammenhang zwischen Ampfer-Ertragsanteil und Erfassungsmethode,  $n = 720$ .

**Tab. 2** Correlation between yield proportion of dock and recording method,  $n = 720$ .

<b>TM-Ertragsanteil</b>	<b>0,346 ***</b>	<b>0,860 ***</b>
	Abundanz	0,409 ***
		Deckungsgrad

Auf die im Jahresverlauf schwankenden und damit aufwuchs spezifischen TM-Erträge der Graskomponente wurde bereits eingegangen (Abb. 4). Daraus ergibt sich bei der ebenfalls aufgezeigten aber aufwuchs unabhängig engen Abhängigkeit des absoluten Ampfer-TM-Ertrages vom Ampfer-Deckungsgrad eine stetig wechselnde Beziehung zwischen dem Deckungsgrad und dem relativen Ampfer-Ertragsanteil (Formel 1).

Die Maßnahmen zur Ampferbekämpfung und Bestandsverbesserung wirken hingegen im Normalfall nicht nur aufwuchs spezifisch sondern mindestens auf die gesamte Vegetationsperiode, meist sind aber mehrjährige Effekte nachweisbar. Aus diesem Grund sollten ökonomische Betrachtungen zur Bewertung der Schadwirkung von Ampfer ebenfalls auf diese Zeiträume ausgerichtet sein. Die in Formel (2) dargestellte und über alle aufwuchs spezifischen Ergebnisse gemittelte Abhängigkeit des Ampfer-TM-Ertragsanteils vom einmalig ermittelten Deckungsgrad ist daher sinnvoll und nachvollziehbar anwendbar.

Diese Formel belegt gleichzeitig den im Vergleich zur Gras-Komponente geringeren Beitrag von Ampfer am Gesamt-Ertrag der jeweiligen Grünlandfläche. Dennoch wirkt sich steigender Ampferbefall nur geringfügig auf den Gesamtertrag aus, dieser wird vielmehr und fast ausschließlich vom Ertragsniveau der Graskomponente beeinflusst. Die Tabelle 3 zeigt die Korrelationskoeffizienten dieser Beziehungen. Innerhalb der Erhebungsflächen führte zunehmender Ampferbefall trotz signifikant niedrigerer TM-Erträge des Ampfers nur selten zu einem Rückgang des Gesamt- TM-Ertrages. Aus dem geringeren TM-Ertrag und der niedrigeren Energiedichte ergibt sich bei Ampferbekämpfung und Nachsaat ein Potenzial zur Steigerung des Energieertrages der Fläche, dabei wird die durch eine erfolgreiche Ampferbekämpfung freiwerdende Lücke gedanklich durch Gras in gleicher Qualität und Ertragsleistung wie im umgebenden Bestand ersetzt.

**Tab. 3** Zusammenhang zwischen Ampferbefall und TM-Ertrag der Erhebungsflächen, n = 720.

**Tab. 3** Correlation between dock infestation and dry matter yield on recorded sites, n = 720.

<b>TM-Gesamt</b>	<b>0,971 ***</b>	<b>0,247 ***</b>	<b>0,086 *</b>
	TM-Grass	0,008 n.s.	-0,129 ***
		TM-Ampfer	0,878 ***
			Ampfer-DG

### Modellerstellung

In einem modellhaft anzunehmenden Weidelgras-betontem Wirtschaftsgrünland mit Ampferbefall ergibt sich der Gesamt-TM-Ertrag (TM) aus der Addition der absoluten TM-Erträge von Gras und Ampfer. Ist der Gesamt-TM-Ertrag der Fläche bekannt, lassen sich die mengenmäßigen Anteile beider Ertragskomponenten über die jeweiligen prozentualen Anteile vom Gesamtertrag berechnen. Dabei steht EAg für den prozentualen Ertragsanteil von Gras und EA<sub>r</sub> für den von Ampfer.

$$TM = TM * EAg + TM * EA_r \quad (4)$$

Bei bekanntem Ampfer-Deckungsgrad (DGr) wird der Ampfer-Ertragsanteil über die Formel (2) berechnet. Der Ertragsanteil von Gras (EAg) entspricht der Differenz des Ertragsanteils von Ampfer zur Bezugsbasis 100.

$$TM = TM * (100 - (DGr * 0,69)) + TM * DGr * 0,69 \quad (5)$$

Aus dem geringeren spezifischen TM-Ertrag von Ampfer gegenüber Gras ergibt sich logischerweise ein potenziell steigender Gesamtertrag, wenn die bisher vom Ampfer beanspruchte Fläche durch das ertragsstärkere Gras eingenommen wird. Die Differenz des



potenziell möglichen TM-Ertrages der ampferfreien Fläche zum aktuellen TM-Ertrag lässt sich mit der dargestellten Formel (6) berechnen. Dabei beschreibt der erste Teil der Formel den potenziell möglichen Grasertrag auf 100 % der Fläche, von diesem wird im zweiten Teil der Ertrag des bisherigen Mischbestandes subtrahiert.

$$\Delta TM = TM * \frac{EAg}{(100 \% - DGr)} - (TM * EAg + TM * EAr) \quad (6)$$

Analog dazu lässt sich die potenzielle Änderung des Energieertrages ( $\Delta NEL$  in MJ/ha) berechnen, dazu werden die einzelnen Terme der Gleichung mit den jeweiligen Energiedichten multipliziert. Ist die Energiedichte der Graskomponente als weitere Eingangsgröße für das Modell bekannt, lässt sich unter Nutzung der Formel (3) die Energiedichte des Ampfers ( $NELr$ ) von der Energiedichte der Graskomponente ( $NELg$  in MJ/kg TM) ableiten.

$$\Delta NEL = TM * \frac{EAg}{(100 \% - DGr)} * NELg - (TM * EAg * NELg + TM * EAr * NELr) \quad (7)$$

Für die wirtschaftliche Nutzung dieses potenziell zusätzlichen Energieertrages pro Flächeneinheit gelten im Rahmen des Modells folgende Annahmen.

1. Der Erhaltungsbedarf der Milchkuh ist vollständig gedeckt und fließt nicht mit in die Berechnung ein.
2. Der Aufwuchs der bisherigen verunkrauteten Ausgangsfläche wurde vollständig im Rahmen der Milchproduktion eingesetzt.
3. Die Rationsgestaltung bleibt unverändert, so dass bei konstant beanspruchten Pansenvolumen eine höhere Energiemenge aufgenommen und vollständig in Milch umgesetzt wird.

Sind diese Voraussetzungen erfüllt, lässt sich der betriebswirtschaftliche Wert des Schadauftritts von *R. obtusifolius* über den potenziell entgangenen Deckungsbeitrag ( $DB$ ) in EUR/ha nach folgender Formel (8) berechnen.

$$\Delta DB = \frac{\Delta MJ NEL/ha}{3,3 MJ NEL/L ECM} * (EUR/L ECM) \quad (8)$$

Die potenzielle Änderung des Deckungsbeitrages in EUR pro ha ergibt sich aus dem zusätzlichen Energieertrag in MJ NEL pro Hektar dividiert durch die zur Bildung benötigte Energiemenge pro Liter Standardmilch und multipliziert mit dem Milchpreis. Zur Nutzung des Modells sind neben dem Ampfer-Deckungsgrad [%] der Jahres-Gesamt-TM-Ertrag der Fläche [dt/ha] und die Energiedichte der Graskomponente [MJ/kg TM] zu erheben, diese Ausgangsgrößen können auf tatsächlich erfassten oder geschätzten Werten beruhen, oder aber im Zuge von 'was wäre wenn'-Betrachtungen ganz oder teilweise virtueller Natur sein.

Auf Basis des Modells wurde ein computergestütztes Anwendungsprogramm entwickelt, das unter [www.dowagro.com](http://www.dowagro.com) zur individuellen Nutzung freigeschaltet ist und von ausgewählten Beratungseinrichtungen aus verlinkt werden kann. Dabei fanden zusätzlich die Nutzungsarten Weide, Grünschnittnutzung und Silagebereitung Berücksichtigung, diese entscheiden über die Differenz der Energiedichten von Ampfer und Gras (SCHULZ, 2013). Unter Berücksichtigung der Kosten der Maßnahmen zur Bestandsverbesserung kann letztendlich ein flexibel auf die jeweilige Situation angepasster Bekämpfungsrichtwert kalkuliert werden.

## Literatur

- BÖHM, H., T. ENGELKE, J. FIENZE, A. HÄUSLER und B. PALLUTT, 2003: Strategien zur Regulierung von Wurzelunkräutern im ökologischen Landbau. Landbauforschung Völkenrode SH **255**, 7-82.
- COURTNEY, A.D., 1972: Docks in grassland, their influence on herbage productivity. Proceedings of the 11th British Weed Control Conference, 315-322.
- COURTNEY, A.D., 1985: Impact and control of docks in grassland. British grassland society, Occasional symposium **18**, 20-127.

- CURRAN, W.S. und D.D. LINGENFELTER, 2001: Weed Management in Pasture systems. Pennsylvania State University, College of Agricultural Science, [www.cropsoil.psu.edu/extension/facts/agfact62.pdf](http://www.cropsoil.psu.edu/extension/facts/agfact62.pdf), abgerufen 29.05.2012.
- DOYLE, C.J., A.K. OSWALD, R.J. HAGGAR und F.W. KIRKHAM, 1983: A mathematical modeling approach to the study of the economics of controlling *Rumex obtusifolius* in grassland. *Weed Research* **24**, 183-193.
- HONGO, A., 1989: Survival and growth of seedlings of (*Rumex obtusifolius* L.) and (*Rumex crispus* L.) in newly sown grassland. *Weed Research* **29**(1), 7-12.
- HUMPREYS, J., T. JANSEN, N. CULLETON, F.S. MACNAHEIDE und T. STOREY, 1999: Soil potassium supply and *Rumex obtusifolius* and *Rumex crispus* abundance in silage and grazed grassland swards. *Weed Research* **39**, 1-13.
- LOCK, R., I. RADEMACHER, H. NONN und W. KÜHBAUCH, 2004: Bestimmung des Deckungsgrades in Grünland und Rasenflächen mit Hilfe Digitaler Bildverarbeitung. *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau* **48**, 213-216.
- LOSAND, B., M. PRIES, A. MENKE, E. THOLEN, L. GRUBER, F. HERTWIG, T. JILG, H. KLUTH, H. SPIEKERS, H. STEINGASS und K.H. SÜDEKUM, 2008: Schätzung des Energiegehaltes in Grasprodukten - Bericht zum Stand neuer Ableitungen. *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau* **52**, 108-112.
- OPITZ V. BOBERFELD, W., 1994: Grünlandlehre, Eugen Ulmer, Stuttgart ISSN 3-8252-1770-1, 59-80.
- OPITZ V. BOBERFELD, W., 2003: Zur Biologie großblättriger *Rumex*-(Ampfer-) Arten. *Landbauforschung Völkenrode*, SH **255**, 49-52.
- OSWALD, A.K. und R.J. HAGGAR, 1983: The effects of *Rumex obtusifolius* on the seasonal yield of two mainly perennial ryegrass swards. *Grass and Forage Science* **38**, 187-191.
- PAYNE, K.K., 2009: Influence of herbicide applications and common pasture weeds on total Forage yield and nutritive values in tall fescue pastures and hayfields in Missouri. University of Missouri, Master Degree paper.
- POPAY, I. und N. BARLOW, 1988: Costs of some weeds of dairy pasture and their control. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association* **49**, 177-180.
- PÖTSCH, E. M., 2001a: Historisches zum Ampfer. 7. Alpenländisches Expertenforum, BAL Gumpenstein, 29-32.
- PÖTSCH, E. M., 2001b: Wissenswertes zur mechanischen und chemischen Ampferbekämpfung. 7. Alpenländisches Expertenforum, BAL Gumpenstein, 75-81.
- SAVORY, B.M. und D. SOPER, 1973: Response of a pasture to removal of Docks (*Rumex* spp.) by treatment with Asulam. *Weed Research* **13**, 224-230.
- SCHULZ, T., 2013: *Rumex obtusifolius* L. im Wirtschaftsgrünland - ein modellhafter Ansatz zur ökonomischen Bewertung, Dissertation, HU-Berlin, 223 S.
- SOBOTNIK, M., 2001: Verbreitung, Morphologie und Anatomie des Ampfers. 7. Alpenländisches Expertenforum, BAL Gumpenstein, 33-38.
- STÄHLIN, A., 1971: Gütezahlen von Pflanzenarten in frischem Grundfutter. Das wirtschaftseigene Futter, Sonderheft 5, DLG-Verlag, Frankfurt/M., 152 S.
- TRAXLER, A., 1997: Handbuch des vegetationsökologischen Monitorings - Teil A. Umweltbundesamt Wien, ISBN 3-85457-389-8, 102-139.