

## **Auswirkungen unterschiedlicher Mäh- und Heubearbeitungsmethoden auf die Amphibienfauna in der Narewniederung (Nordostpolen)**

Yvonne Liczner

### Summary

Effects of different mowing and hay treatment methods on amphibians in the Narew lowlands (Northeastern Poland)

I examined the influence of different agricultural machines (drum mower, disc mower, hay conditioner, rotary tedder and turner, finger-wheel rake, pick-up) and other factors (cutting height, speed of tractor, temperature, humidity) on amphibians. The higher the mower cut and the faster the tractor drove the less individuals were injured. Concerning the percentage of wounded amphibians the study has shown no evident difference between drum mower and disc mower. Additional hurts after the use of hay treatment machines were not to be proved. But the injuries after the use of the rotary tedder and turner have been worse than after mowing without hay treatment.

Key words: amphibians, mowing, hay treatment, agricultural machines, injury, Narew.

### Zusammenfassung

Es wurde der Einfluß allgemeiner technischer und meteorologischer Faktoren (Schlepper-geschwindigkeit, Schnitthöhe des Mähgeräts, Temperatur, Luftfeuchte) und verschiedener Landmaschinen (Kreiselmäher, Scheibenmäher, Aufbereiter, Kreisel-Zettwender, Radrechwender, Pickup) auf die Amphibienfauna untersucht. Dazu wurde auf 4,46 ha Feuchtwiesen der absolute Amphibienbestand nach der Mahd mit den entsprechenden Landmaschinen anhand der Mähgutdurchsuchung (CLAßEN et al. 1995) ermittelt und der Prozentanteil verwundeter Tiere festgestellt. Es konnte bewiesen werden, daß der Kreiselmäher und der Scheibenmäher keine unterschiedlichen Verletzungsraten bedingten, und daß die Heubearbeitungsmaschinen keine signifikant zusätzlichen Verwundungen nach dem Mähen verursachten. Jedoch war das Ausmaß der Verletzungen nach dem Kreisel-Zettwenden stärker, als nach dem Mähen ohne zusätzliche Heubearbeitung. Außerdem konnte gezeigt werden, daß sich die Verletzungsrate verringerte, je schneller der Schlepper fuhr und je höher das Mähgerät schnitt.

Schlagwörter: Amphibien, Heubearbeitung, Landmaschinen, Mahd, Mähen, Narew, Verletzung.

## 1. Einleitung

Die Verringerung der Amphibienbestände könnte durch verschiedene Faktoren bedingt sein, wie etwa dem Einsatz von Landmaschinen (CLAßEN et al. 1994). Initiiert vom Institut für Landschaftsökologie und Naturschutz Singen erfolgten hierzu bereits in den Jahren 1992/93 vergleichende Studien zu unterschiedlichen Mähgeräten (Kreisel-, Scheiben- und Balkenmäher) in der baden-württembergischen Federsee-Region. Die Ergebnisse gaben einen Hinweis darauf, daß der Balkenmäher die Wiesenfauna, im speziellen Amphibien und Insekten, weniger beeinträchtigt als die beiden rotierenden Mähgeräte Kreisel- und Scheibenmäher (CLAßEN et al. 1994). Aufgrund zu geringer Amphibienbestände wurde das Untersuchungsgebiet 1995 nach Nordostpolen verlegt. Hier wurde die Einwirkung der Sense, des Balkenmähers und des Kreiselmähers auf die Verletzungsrate von Froschlurchen ermittelt. Es zeigte sich, daß der Balkenmäher den geringsten Prozentanteil verwundeter Tiere bedingte (CLAßEN et al. 1996). Die Ergebnisse aus Nordostpolen gaben Anstoß zu weiterführenden Untersuchungen. Zum einen wurde der Einfluß allgemeiner maschineller Faktoren (Schleppergeschwindigkeit, Schnitthöhe des Mähgeräts) auf die Verletzungsrate von Amphibien ermittelt, um unter Berücksichtigung dieser Faktoren nochmals das Kreisel- und das Scheibenmähwerk zu vergleichen. Zum anderen wurde getestet, ob nach dem Mähen einzusetzende Heubearbeitungsmaschinen (Aufbereiter, Kreisel-Zettwender, Schwader, Pickup) zusätzliche Verwundungen zur Kreiselmahd bedingten. Somit kann der gesamte Mahdvorgang hinsichtlich seiner Naturverträglichkeit bewertet werden.

Die vorliegende Veröffentlichung repräsentiert einen Auszug aus einer Diplomarbeit mit dem Titel "Populationsdichten und Wanderungsbewegungen von Amphibien in der Narewniederung (Nordostpolen) und deren Beeinflussung durch die Mahd" (LICZNER 1999).

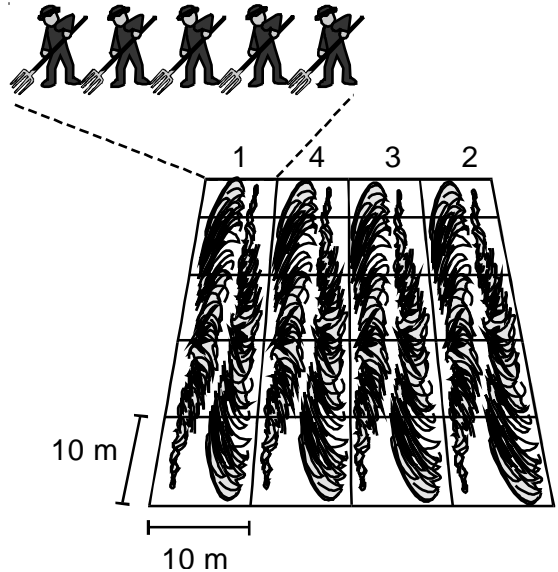
## 2. Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet liegt in Nordostpolen, genauer gesagt im Narewta, etwa 120 km nordöstlich von Warschau (22°25', E/53°10,8'N). Der Narew entspringt in Weißrußland und fließt durch das flache Masowische Tiefland, dessen Bodenschichten durch die Elster- und Saalekaltzeit aufgebaut wurden. Abtragungsvorgänge (Wind, Niederschlag, Fließwasser) bildeten das heutige gleichmäßige Relief. Durch das geringe Gefälle und die wasserundurchlässigen Schichten werden im Frühjahr riesige, bis zu 7.000 ha große Gebiete periodisch überschwemmt (ZUREK 1968). Das Klima ist stark kontinental beeinflusst (KOSSOWSKA-CEZAK 1984).

Ende der fünfziger Jahre beschloß die polnische Regierung einen Großteil des bestehenden Niedermoores nahe der Ortschaft Wizna zu entwässern und intensiver landwirtschaftlich zu nutzen. Das Kombinat Wizna wurde 1964 gegründet und umfaßt etwa 5.400 ha Feuchtwiesen. Aufgrund der politischen Umstrukturierung im Osten erfolgte im Jahre 1993 die Auflösung der Produktionsgenossenschaft (HIRLER 1994).

Die Versuchsflächen (insgesamt 4,46 ha) befinden sich in der zwischen Kombinat und Flußlauf gelegenen, nahezu naturbelassenen Narewwiesen und im südlichen Teil des ehemaligen Kombinats. Sie liegen bis zu zwei Meter höher als der Sommerpegelstand des

Abb. 1: Schematische Darstellung der Sektoreneinteilung und der Mähgutdurchsuchung. 1–4 = Reihenfolge der durchsuchten Längsreihen. The studies took place on 0.2 ha plots. Abundance and rates of injury have been recorded by searching the illustrated sectors in rows. 1–4 = Sequence of searched rows.



Narew (99,8 m ü. NN) und sind im Untersuchungsjahr 1996 sukzessiv je nach Höhenlage von Ende April bis Ende Juli trockengefallen. Als Vegetationstyp wurden überwiegend Süßgraswiesen bearbeitet, 0,8 ha bestanden aus Seggenwiesen oder Seggen-Süßgras-Hochstaudenwiesen (LICZNER 1999).

Die Wahl des Untersuchungsgebiets wurde im wesentlichen durch drei Kriterien bestimmt: Als erstes sind auf den Feuchtwiesen große Amphibienbestände zu finden (CLAßEN et al. 1996). Außerdem sind die Flächen durch ihre geometrische Anlage mit Landmaschinen gut zu erreichen, und des weiteren weisen sie eine starke Homogenität auf, die weitgehend gleiche Biotopzustände auf den einzelnen Versuchsfeldern gewährleistete.

### 3. Material und Methoden

Die Amphibien wurden durch die Mähgutdurchsuchung (CLAßEN et al. 1995) aufgenommen. Dabei wurde eine definierte Fläche (in der Regel 40 m x 50 m) gemäht und anschließend in 10 m x 10 m große Sektoren unterteilt (Abb. 1). Anschließend durchsuchten Helfer mit Heugabeln die vier Längsreihen nach Amphibien. Alle gefundenen Individuen wurden zu einer zentralen Sammelstelle gebracht, wo ihre biometrischen Daten und der Verletzungsstatus protokolliert wurden.

Insgesamt wurden sieben Landmaschinen untersucht: Als Mähgeräte wurden der Kreiselmäher mit Vierfachtrommel (4-fach), der Kreiselmäher mit Zweifachtrommel (2-fach) (Arbeitsbreite je 170 cm) und der Scheibenmäher (200 cm) geprüft, die allesamt das Gras durch Rotationskraft abschlagen (CLAßEN et al. 1994). Nicht behandelt werden in dieser Veröffentlichung die Wirkung von Balkenmäher und Sense, die bei OPPERMANN et al. (1997) dargestellt sind. Die weitere Mähgutbearbeitung erfolgte mit einem integrierten Aufbereiter (Beschleunigung des Trocknungsprozess durch Cutikulaanriß, Arbeitsbreite 45 cm), einem Kreisel-Zettwender (Beschleunigung des Trocknungsprozesses durch

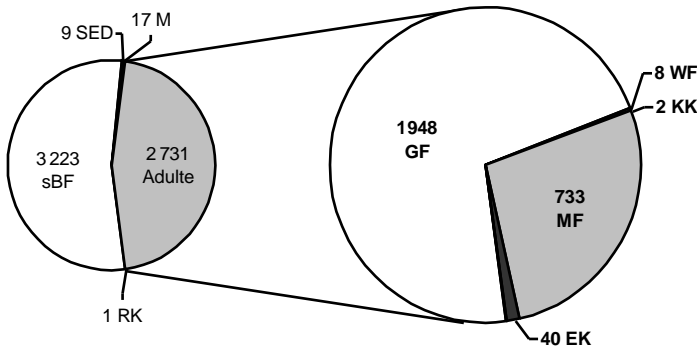


Abb. 2: Individuenzahlen adulter Amphibien (rechtes Kreisdiagramm) an der Gesamtheit der durch die Mähgutdurchsuchungen gefundenen Tiere (linkes Kreisdiagramm). EK = Erdkröte, GF = Grasfrosch, KK = Knoblauchkröte, M = Maus, MF = Moorfrosch, RK = Rehkitz, sBF = subadulter Braunfrosch, WED = Waldeidechse, WF = Wasserfrosch.

Total number of animals (left pie chart) and number of adult amphibians (right pie chart) found while searching the mowed grass. EK = common toad, GF = common frog, KK = spadefoot toad, M = mouse, MF = moor frog, RK = fawn, sBF = subadult brown frog, WED = common lizard, WF = water frog.

gleichmäßige Verteilung des Heus, 260 cm), einem Radrechwender (Schwaden des Heus vor dem Abräumen, 500 cm) und einer Pickup (Abräumen, 160 cm). Außer dem Radrechwender (Schwader), der durch eigenständiges Abstoßen vom Boden funktioniert, werden alle Landmaschinen durch die Heckzapfwelle des Schleppers angetrieben (FRANZ 1969).

Die Artbestimmung erfolgte nach dem Bestimmungsschlüssel von GÜNTHER (1996), und die Kopf-Rumpf-Länge wurde mit einem handelsüblichen Lineal (cm) gemessen. Die gefundenen Amphibien wurden in Größenklassen eingeteilt:

- Braunfrösche < 3 cm sind meist nicht eindeutig bis zur Art bestimmbar und werden unter der Kategorie subadulte Braunfrösche (sBF) zusammengefaßt. Sämtliche Vertreter der anderen Arten waren mindestens 3 cm groß.
- Alle eindeutig bestimmbaren metamorphosierten Tiere  $\geq 3$  cm gelten hingegen als adult, obwohl sie teilweise noch nicht reproduktionsfähig sind.

Meteorologische Daten wurden unter Verwendung eines Thermoelements mit batteriebetriebem Anzeigegerät zur Bestimmung der Temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ ) und eines digitalen Psychrometers zur Bestimmung der relativen Luftfeuchte (%) erfaßt. Zur Datenauswertung dienten die Programme JMP der Firma SAS, SPSS for Windows und Excel (Microsoft-Office).

#### Versuchsablauf:

Zu Beginn der Versuche wurden die Flächen entweder mit dem Kreisel- oder dem Scheibenmäherwerk gemäht. Gegebenenfalls wurde das frisch geschnittene Gras im direkten Anschluß aufbereitet, gewendet, geschwadet oder mit der Pickup auf den Ladewagen befördert. Nach der Bearbeitung des Versuchsfelds fand eine Mähgutdurchsuchung statt,

		KM 2-fach	KM 4-fach	SM	KM & Schwader	KM & Pickup	KM & KZW	KM & AB
≥ 3 cm	% verletzt	16,9	14,4	14,7	17,5	19,3	25,4	29
	n gesamt	142	2.241	109	40	93	59	35
< 3 cm	% verletzt	5	7,4	2,8				0
	n gesamt	716	1.326	1.166				29

Tab. 1: Individuenzahlen gefundener Amphibien (n) und prozentuale Anteile verletzter Tiere (%) bezüglich verschiedener Landmaschinen. AB = Aufbereiter, KM = Kreiselmäher, KZW = Kreisel-Zettwender, SM = Scheibenmäher, 2-fach = Zweifachtrommel, 4-fach = Vierfachtrommel.

Number of adult amphibians (n) and percentages of injured animals concerning different machines for mowing and hay treatment. AB = hay conditioner, KM = drum mower, KZW = rotary tedder and turner, SM = disc mower, 2-fach = two "mower drums", 4-fach = four "mower drums".

durch die die Verletzungsraten ermittelt wurden. Zusätzlich wurden meteorologische Daten erfaßt. Während der Untersuchungen zur Pickup wurde additiv das Mähgut im Ladewagen abseits der Versuchsfläche nach Amphibien durchsucht.

An dieser Stelle sei zu erwähnen, daß die Versuchsflächen ohnehin gemäht wurden, und den Tieren folglich keine Verletzungen "zu wissenschaftlichen Zwecken" zugefügt wurden.

## 4. Ergebnis

### Artzusammensetzung auf den Mähversuchsfeldern

Insgesamt wurden 5.981 Tiere auf den Versuchsfeldern gefunden (Abb. 2). Die Amphibien repräsentierten 99,55 % der bestimmten Individuen: 3.223 subadulte Braunfrösche (53,89 %), 1.948 Grasfrösche (*Rana temporaria*) (32,57 %), 733 Moorfrösche (*R. arvalis*) (12,26 %), 40 Erdkröten (*Bufo bufo*) (0,67 %), acht Wasserfrösche (*Rana spec.*) (0,13 %) und zwei Knoblauchkröten (*Pelobates fuscus*) (0,03 %). Außerdem wurden noch neun Waldeidechsen (*Lacerta vivipara*), 15 Wühlmausartige, zwei Spitzmäuse und ein tödlich verwundetes Rehkitz entdeckt.

### Prozentuale Anteile verletzter Froschlurche bedingt durch die Mahd

Die untersuchten Landmaschinen bedingten unterschiedlich hohe Verletzungsraten (Tab. 1). Für die Adulten trat die durchschnittlich niedrigste Verletzungsrate mit 14,4 % beim Kreiselmäher 4-fach auf. Danach folgte der Scheibenmäher mit einem Anteil von 14,7 %. Die meisten Adulten wurden durch den Kreiselmäher 2-fach verwundet (16,9 %). Die sofortige Mähgutbearbeitung nach der Kreiselmahd ergab nach dem Schwaden 17,5 %, nach der Pickup 19,3 %, nach dem Aufbereiten 20 % und nach dem Wenden 25,4 % verletzte Adulte.

Aufgrund der niedrigen durch die Mahd bedingten Verletzungsraten subadulte Amphibien (vgl. Tab. 1) und der im Gegensatz dazu hohen Mortalitätsrate im ersten Lebensjahr,

$R^2=0,329$		Schleppertempo (km/h)	Schnitthöhe (cm)	rel. Luft- feuchte (%)	Temperatur (°C)	Zeit (d)
n=74	P	<b>0,0074</b>	<b>0,0054</b>	0,5040	0,1806	< <b>0,0001</b>
	B	-0,0836	-0,0602			-0,0087

Tab. 2: Bestimmtheitsmaß ( $R^2$ ) und Stichprobenumfang (n) (multiple Regressionsanalyse) bezüglich der allgemeinen Einflußfaktoren auf die Verletzungsrate adulter Amphibien während des Mähens mit Angaben der Signifikanzwerte. Fettdruck entspricht signifikanten Ergebnissen mit zusätzlicher Angabe des Regressionskoeffizienten. Alle Faktoren entsprechen einem Freiheitsgrad.

Determination coefficient ( $R^2$ ) and number of analysed cases (n) (multiple regression analysis) concerning general influence factors on the injury rate of adult amphibians during mowing with declaration of p-values. Fat print indicates significant results with additional declaration of regression coefficients. All Factors represent one degree of freedom.

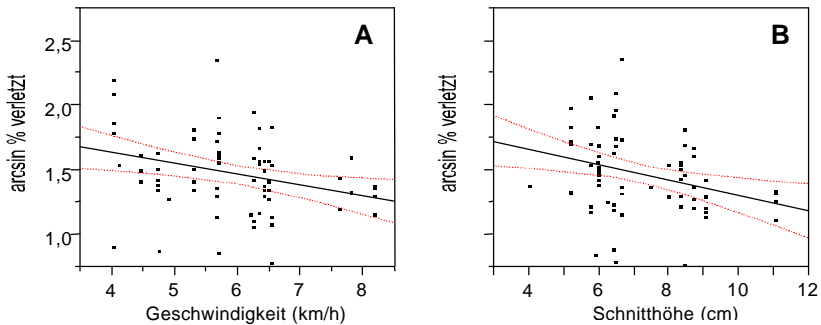


Abb. 3: Verletzungsrate adulter Amphibien in Abhängigkeit von der Schleppergeschwindigkeit (A) beziehungsweise der Schnitthöhe des Mähgeräts (B). Dargestellt sind die Regressionsgeraden mit Konfidenzhöchstgrenzen von 95 %. Die y-Achsen repräsentieren einheitlich den prozentualen Anteil verletzter Adulter auf 0,04 ha, der durch eine Arcussinus-Funktion transformiert wurde.

Rate of injury (adults) in dependence on speed of tractor (A) and cutting height (B). The regression lines are shown with 95 % confidence limits. The y-axis represent the percentage of injured adults on 0.04 ha (transformed by arcsin).

wurde hinsichtlich der Intention des Artenschutzes im folgenden die Anzahl adulter Froschlurche als Grundgesamtheit vorausgesetzt.

#### Allgemeine Einflußfaktoren auf die Verletzungsrate während des Mähens:

##### Schnitthöhe, Schleppergeschwindigkeit, meteorologische Größen, saisonale Zeit

Da von graduellen Einwirkungen der überprüften Parameter ausgegangen werden kann, wurde zur Überprüfung der allgemeinen Einflußfaktoren eine multiple Regressionsanalyse durchgeführt. Dazu wurden die Experimente zu den Mähgeräten als Stichprobe herange-

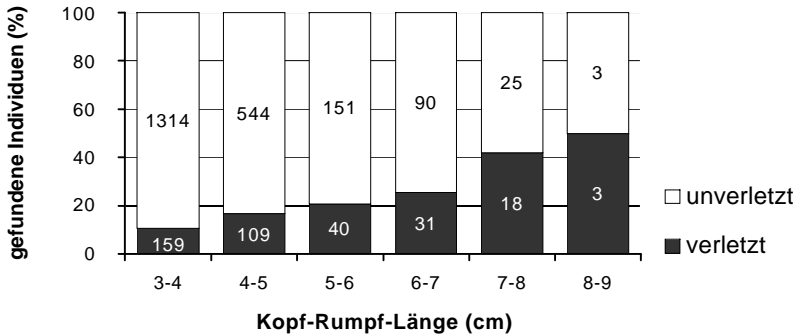


Abb. 4: Prozentuale Anteile verletzter und unverletzter adulter Amphibien nach dem Mähen mit Kreisel- und Scheibenmäher bezüglich 1 cm-Größenklassen. Die Werte in den Säulen entsprechen den absoluten Individuenzahlen (n = 2.489).

Percentage of injured and uninjured adults after mowing with drum mower and disc mower (interval 1 cm of tallness). The values in the bars correspond to the absolute number of individuals (n = 2.489).

zogen, wobei der Prozentanteil verletzter Adulter (Arcussinus-transformiert) pro Querreihe (vgl. Abb. 1) als Abhängige diente.

Die Verletzungsrate der adulten Amphibien wurde nachweislich von drei der fünf überprüften Faktoren beeinflusst (Tab. 2):

- Je schneller das Mähgerät über den Boden glitt, desto weniger Tiere wurden verwundet (Abb. 3 A).
- Je höher das Mähgerät schnitt, desto weniger Adulte wurden verletzt (Abb. 3 B).
- Je später im Jahr gemäht wurde, desto weniger Amphibien wurden geschädigt.

Da die Zeit keinen direkten Einfluß auf die Verletzungsrate nehmen kann, war mit dem jahreszeitlichen Faktor vermutlich ein weitere Faktor gekoppelt, der nicht mit in die Analyse eingehen konnte. Ein solcher Faktor könnte die Kopf-Rumpf-Länge des Individuums darstellen. Diese Hypothese wurde durch eine zweite lineare Regressionsanalyse bestätigt, in der die Körpergröße der Tiere auf Abhängigkeit zur Zeit getestet wurde ( $R^2 = 0,264$ ,  $p < 0,0001$ ,  $b = -0,0216$ , 1 Freiheitsgrad). Demnach verringerte sich die durchschnittliche Kopf-Rumpf-Länge der Tiere um 0,02 cm pro Tag. Des weiteren war nachzuweisen, daß die Größenzunahme der Tiere positiv mit der Verletzungsrate korrelierte (Abb. 4). Individuen mit einer Kopf-Rumpf-Länge zwischen 3 cm und 4 cm wurden im Mittel zu etwa 10 % verwundet. Dieser Wert erhöhte sich pro Größenklasse graduell auf 50 % (8-9 cm).

Es kann also davon ausgegangen werden, daß die Abhängigkeit der Verletzungsrate von der Zeit im direkten Zusammenhang mit der Kopf-Rumpf-Länge steht.

Die relative Luftfeuchte und die Temperatur nahmen keinen signifikanten Einfluß auf den prozentualen Anteil verwundeter Tiere (Tab. 2).

#### Verursachen Mähgeräte und Heubearbeitungsmaschinen unterschiedliche Verletzungsraten?

Unter Berücksichtigung der als signifikant erachteten Einflußfaktoren Schnitthöhe, Schleppergeschwindigkeit und Zeit als Cofaktoren wurde überprüft, ob die Mähgeräte

	Kreiselmäher 4-fach	Kreiselmäher 2-fach	Scheibenmäher
Kreiselmäher 4-fach		p = 0,1771	p = 0,3240
Kreiselmäher 2-fach	R <sup>2</sup> = 0,267		p = 0,7354
Scheibenmäher	R <sup>2</sup> = 0,276	R <sup>2</sup> = 0,538	

Tab. 3: Signifikanzwerte (p) und Bestimmtheitsmaße (Regressionsanalysen) bezüglich verschiedener Mähgeräte im paarweisen Vergleich als Einflußfaktoren auf die Verletzungsrate adulter Amphibien.

p-values and determination coefficients (regression analysis) concerning different mowers in comparison by twos as influence factors on the rate of injury (adults).

		Mähen & Schwaden	Mähen & Pickup	Mähen & Wenden	Mähen & Aufbereiten
Mähen	p	0,1052	0,9956	0,8759	0,5856
	R <sup>2</sup>	0,276	0,257	0,269	0,254

Tab. 4: Signifikanzwerte und Bestimmtheitsmaße (Regressionsanalysen) bezüglich zusätzlicher Heubearbeitung nach dem Mähen durch Schwader, Pickup, Kreisel-Zettwender und Aufbereiter als Einflußfaktor auf die Verletzungsrate adulter Amphibien.

p-values and determination coefficients (regression analysis) concerning additional hay treatment after mowing by finger-wheel rake, pick-up, rotary tedder and turner and hay conditioner as influence factors on the rate of injury (adults).

<b>LEICHT</b>	<b>SCHWER</b>	<b>TÖDLICH</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Phalangen, Zehen abgetrennt</li> <li>● Fuß bis Ferse, Hand bis Gelenk abgetrennt</li> <li>● Hautschnitt oberflächlich</li> <li>● Hämaton</li> <li>● Fuß gebrochen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 2,3,4 Füße/Hände abgetrennt</li> <li>● Hautschnitt tief</li> <li>● 1,2,3 Bein(e) bis Knie, Arm(e) bis Ellenbogen abgetrennt</li> <li>● Auge verletzt</li> <li>● 1,2 Bein(e) bis Hüfte, Arm(e) bis Schulter abgetrennt</li> <li>● Bein/Gelenk gebrochen</li> <li>● Bein steif</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● innere Verletzungen</li> <li>● Kiefer gebrochen</li> <li>● Gedärme sichtbar</li> <li>● 2 Augen verletzt</li> <li>● Schnauze abgetrennt</li> <li>● Körper zerhäckselt</li> <li>● Haut abgezogen</li> <li>● Rückrat gebrochen</li> <li>● geköpft</li> </ul>

Tab. 5: Individuelle Verletzungen und ihre Kategorien.

Individual injuries in categories.

(Kreiselmäher 2-fach, Kreiselmäher 4-fach, Scheibenmäher) im paarweisen Vergleich unterschiedliche Verletzungsraten bedingten. Des weiteren wurde getestet, ob die Heubearbeitungsmaschinen (Aufbereiter, Wender, Schwader, Pickup) im Vergleich zum Kreiselmäher zusätzlich Verwundungen verursachten. Dazu wurden multiple Regressionsanalysen durchgeführt, wobei der nominalskalierte Faktor "Landmaschine" in Dummy-Variablen umgeformt wurde, um die numerische Voraussetzung für die Regressionsprozedur zu erfüllen (SACHS 1992). Als Abhängige wurde wiederum der Prozentanteil verletzter Adulter



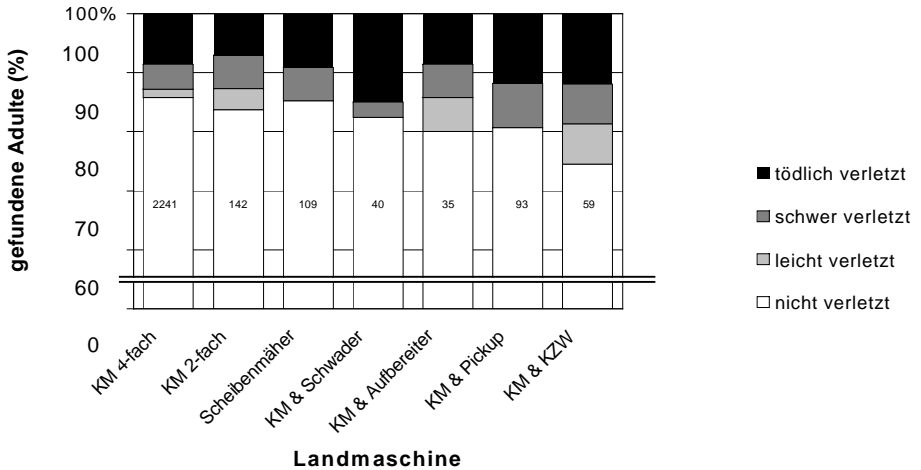


Abb. 5: Prozentualer Anteil der gefundenen Adulten pro Landmaschine in bezug auf Verletzungsklassen. Werte in den Balken entsprechen absoluten Individuenzahlen. KM = Kreiselmäher, KZW = Kreisel-Zettwender.

Percentage of adults per agricultural machine concerning degrees of injury. The values in the bars correspond to the absolute number of individuals. KM = drum mower, KZW = rotary tedder and turner.

pro Querreihe (0,04 ha, Arcussinus-transformiert) gewählt.

Der paarweise Vergleich der Mähgerätetypen zeigte, daß keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Verletzungsraten adulter Amphibien bestand (Tab. 3). Ebenso konnte durch die Statistik bewiesen werden, daß die getesteten Heubearbeitungsmaschinen unter Berücksichtigung der Cofaktoren den Anteil verwundeter Tiere nicht signifikant erhöhten (Tab. 4).

#### Verursacht die zusätzliche Heubearbeitung zur Kreiselmahd stärkere Verletzungsausmaße?

Die Amphibien wurden ihrem Verletzungsgrad entsprechend vier ordinal kategorisierten Klassen zugeordnet: 1 – nicht verletzt, 2 – leicht verletzt, 3 – schwer verletzt, 4 – tödlich verletzt (Tab. 5). Der Vergleich der Verletzungskategorien läßt erkennen, daß die Mähgeräte durchschnittlich 13,4 % schwer oder tödlich verwundeten, während der Wert für die Heubearbeitungsmaschinen bei 17,5 % lag (Abb. 5). Zur statistischen Überprüfung wurde für jede Heubearbeitungsmaschine in Gegenüberstellung zum Kreiselmäher eine ordinal logistische Regression durchgeführt, in der der Verletzungsstatus der adulten Individuen als Abhängige gewählt wurde. Sinnvoll erscheinende Cofaktoren (Kopf-Rumpflänge, Schnitthöhe, Schleppergeschwindigkeit, meteorologischen Größen) wurden einbezogen. Es konnte nachgewiesen werden, daß die Adulten nach dem zusätzlichen Wenden des Heus mit dem Kreisel-Zettwender stärker verwundet worden sind, als nach dem Kreiselmähen ohne Heubearbeitung (Tab. 6). Die Ergebnisse für die anderen Heubearbeitungsmaschinen zeigen ebenfalls die Tendenz zu stärkeren Verletzungen auf (Regressionskoeffizienten ausnahmslos negativ), eine Signifikanz auf 95 % igem Niveau

Test bezüglich	Allgemeine Teststatistik		HBM getestet gegen Mähgeräte		KRL (cm)	Schnitt-höhe (cm)	Schlepper-tempo (km/h)	Tempe-ratur (°C)	rel. Luft-feuchte (%)
	X <sup>2</sup>	p	p	b					
Schwader	65,97	<0,0001	0,3226	-0,2284	<b>&lt;0,0001</b>	0,0652	0,4354	0,4116	0,1701
Pickup	68,82	<0,0001	0,3644	-0,1399	<b>&lt;0,0001</b>	0,0587	0,4942	0,3862	0,1914
Kreiselheuer	66,30	<0,0001	<b>0,0473</b>	-0,3821	<b>&lt;0,0001</b>	0,0684	0,4925	0,4134	0,1802
Aufbereiter	62,23	<0,0001	0,9521	-0,0146	<b>&lt;0,0001</b>	0,0685	0,4896	0,4138	0,1799

Tab. 6: Teststatistiken und Signifikanzwerte (logistische Regressionen) in bezug auf den Verletzungsgrad adulter Amphibien in Abhängigkeit zu verschiedenen Prädiktoren. Es wurden vier getrennte logistische Regressionen durchgeführt, um jeweils eine Heubearbeitungsmaschine gegen die Mähgeräte zu testen. Fettdruck entspricht signifikanten Ergebnissen. Für den Vergleich von Heubearbeitungsmaschinen und Mähgeräten sind außer den Signifikanzwerten die Regressionskoeffizienten angegeben. Der Stichprobenumfang umfaßt 2.524 bis 2.575 Fälle. HBM = Heubearbeitungsmaschine, KRL = Kopf-Rumpf-Länge.

Test statistics and p-values (logistic regressions) concerning the injury rate of adult amphibians in dependence on different predictors. Four separate logistic regressions have been led to test one machine for hay treatment against the mowers. Fat print indicates significant results. For the hay treatment machines in comparison with the mowers the regression coefficients are also listed. n = 2.524–2.575. HBM = hay treatment machine, KRL = tallness.

war jedoch nicht aufzuzeigen.

Am stärksten hing das Ausmaß der Verletzung von der Kopf-Rumpf-Länge der Tiere ab. Je größer, desto stärker wurden sie verwundet (Tab. 5). Alle anderen Cofaktoren wurden als nicht nennenswert beeinflussend berechnet.

## 5. Diskussion

Als maschinelle Einflußfaktoren auf die Verletzungsrate adulter Amphibien sind die Schleppergeschwindigkeit und die Schnitthöhe des Mähgeräts ermittelt worden. Daß graduell weniger Amphibien verletzt wurden, je schneller das Mähgerät fuhr, könnte mit dem Zeitraum zu erklären sein, in dem sich die Messer über den Tieren befinden. Je langsamer der Schlepper fährt, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, daß die Individuen durch einen Schrecksprung oder Aufrichten des Körpers reagieren (vgl. GÜNTHER 1996, NÖLLERT et al. 1996) und so verwundet werden. Außerdem verringerte sich der Prozentsatz verletzter Adulter, je höher das Mähgerät schnitt. Ist das Mähgerät hoch genug eingestellt, so gleitet es über die Amphibien hinweg, ohne sie zu zerquetschen oder zu schürfen. Bereits CLAßEN et al. (1994) gaben einen Hinweis auf dieses Ergebnis. Sie konnten bei 5 cm und 15 cm Schnitthöhe für drei verschiedene Mähgeräte eine Verringerung der Zerstörung von Froschatrappen beim Hochschnitt demonstrieren.

Die meteorologischen Meßgrößen wurden in der durchgeführten Regressionsanalysen als nicht signifikant beeinflussend bewertet. Eine Wirkung auf die Mobilität der Amphibien und damit der Verletzungsrate war somit unter Berücksichtigung der anderen Faktoren nicht nachzuweisen.

Die Verletzungsrate adulter Amphibien hing neben der Schleppergeschwindigkeit und

der Schnitthöhe auch mit der Zeit zusammen. In einer zweiten Regressionsanalyse konnte belegt werden, daß die Kopf-Rumpf-Länge der Tiere mit der Zeit korrelierte, und zwar linear kleiner wird. Dieses Ergebnis ist dadurch zu erklären, daß spät metamorphosierte Jungtiere des Vorjahrs durch ihr Wachstum erst nach und nach zur Altersklasse der Adulten gerechnet wurden. Ab August könnten dann sogar bereits früh metamorphosierte Erstjährige aufgrund ihrer Kopf-Rumpf-Länge  $\geq 3$  cm den adulten Braunfröschen zugeordnet worden sein. Die Abnahme der mittleren Körpergröße im Jahresverlauf war also mutmaßlich für die Verringerung der Verletzungsrate verantwortlich. Diese Schlußfolgerung geht konform mit der Theorie, wonach eine größere Angriffsfläche die Wahrscheinlichkeit erhöht, verwundet zu werden (vgl. CLAßEN et al. 1994).

Der Kreiselmäher mit Vierfachtrommel, der Kreiselmäher mit Zweifachtrommel und der Scheibenmäher wiesen unter Berücksichtigung der signifikanten Einflußfaktoren keinen Unterschied bezüglich der Verletzungsraten auf (vgl. OPPERMANN et al. 1997). Dieses Ergebnis war aufgrund des vergleichbaren Schnittprinzips (Abschlagen des Grases durch Rotationskraft) zu erwarten. CLAßEN et al. (1996) untersuchten den Unterschied zwischen der Mahd mit dem Balkenmäher (Schlepper-Heckanbau) und dem Kreiselmäherwerk. Hierbei wurde für den Balkenmäher eine durchschnittliche Verletzungsrate von 10 % festgestellt, während der Kreiselmäher im Mittel 28 % Verwundungen verursachte (mit Spitzenwerten bis 46 %). Es sei jedoch darauf aufmerksam gemacht, daß dieses hochsignifikante Ergebnis keiner multiplen Analyse unter Berücksichtigung der Schnitthöhe und der Schleppergeschwindigkeit unterzogen wurde. Trotzdem erscheint das Resultat plausibel, da die Amphibien bei der Mahd mit dem Balkenmäher nur einmal der Schnittfläche des Mähgeräts ausgesetzt sind, während sich die Schnittfläche des Kreiselmähers durch die Rotation in der Regel zweimal über den Amphibien befindet.

Obwohl die Verletzungsraten nach dem Mähen mit zusätzlicher Heubearbeitung ausnahmslos höher lagen als nach dem Mähen alleine, wurde statistisch unter Berücksichtigung der signifikanten Cofaktoren (Schleppergeschwindigkeit, Schnitthöhe, saisonale Zeit) nachgewiesen, daß die Heubearbeitungsmaschinen keine höheren Verletzungsraten hervorrufen als die Kreiselmahd. Dieses Ergebnis ist in der Tat erstaunlich, da für die Heubearbeitung mit Ausnahme des Aufbereiters ein separater Arbeitsgang gefahren wurde. Die Maschinen sind zwar nicht in der Lage, Schnittverletzungen zu verursachen, die unaufhaltsame Kraft der Zinken könnte jedoch Quetschungen und innere Organverletzungen bedingen. Eventuell verursachte Verwundungen stehen jedoch in keiner Relation zum Einfluß der signifikanten Cofaktoren während des Mähens.

Die Überprüfung des Verletzungsgrads ergab, daß lediglich nach der Bearbeitung mit dem Kreisel-Zettwender nachweislich stärkere Verwundungen zu verzeichnen waren als nach dem Kreiselmähen ohne Heubearbeitung. Dieser Umstand könnte durch das Auseinanderschleudern des frisch geschnittenen Mähguts zu erklären sein. Bereits verletzte Tiere können wahrscheinlich beim Wenden des Heus nicht mehr so gut reagieren wie unverletzte, was zu stärkeren Verwundungen führen dürfte. Obwohl für den Aufbereiter, den Schwader und die Pickup keine Signifikanz ermittelt wurde, sei unter dem Aspekt des Artenschutzes auf die durchgängig negativen Regressionskoeffizienten aufmerksam gemacht, die einen Hinweis darauf geben, daß nach allen Heubearbeitungsmaschinen stär-

kere Verletzungen zu verzeichnen waren. Diese wurden unter Einbeziehung der anderen Parameter aber als nicht maßgeblich erachtet.

Es bleibt noch zu erwähnen, daß der Radrechwender und die Pickup üblicherweise erst einige Tage nach dem Mähen eingesetzt werden, und ein großer Teil der betroffenen Amphibien seinen zerstörten Lebensraum zu diesem Zeitpunkt bereits verlassen hat (LICZNER 1999).

Auch für die vergleichenden Studien zu den Mähgeräten beziehungsweise zu den Heubearbeitungsmaschinen sei angemerkt, daß die Einflüsse der in die Regressionsmodelle integrierten Cofaktoren eventuell bestehende Unterschiede zwischen den Landmaschinen überdeckt haben könnten. Weitere Untersuchungen, in denen die Schnitthöhe, die Schleppergeschwindigkeit und das Datum gleich gehalten werden, sind wünschenswert.

### Für die Sicherung der Amphibienpopulationen in der Agrarlandschaft können folgende Hinweise zur naturverträglichen Mahd gegeben werden:

- Zwischen dem Kreiselmäher und dem Scheibenmäher besteht hinsichtlich der Verletzungsrate adulter Amphibien kein Unterschied. Die Schnitthöhe beider Mähgeräte sollte jedoch so hoch wie möglich eingestellt werden, mindestens aber 8 cm.
- Die Geschwindigkeit des Schleppers sollte wenigstens 7 km/h betragen.
- Laut OPPERMANN et al. (1998) sollten vorzugsweise Balkenmähgeräte eingesetzt werden, z.B. moderne Doppelmesser-Mähwerke.
- Das frisch geschnittene Gras sollte nicht unmittelbar nach dem Mähen mit dem Kreisel-Zettwender bearbeitet werden sondern frühestens am Folgetag. Generell sind die separaten Arbeitsgänge zur Heubearbeitung auf ein Minimum zu beschränken.

Am Schluß sei noch auf Veröffentlichungen von OPPERMANN et al. 1997 und LICZNER 1999 aufmerksam gemacht, in denen auch Empfehlungen für eine amphibienschonende Mahd bezüglich des Schnittmusters in der Landschaft gegeben werden.

## **6. Danksagung**

Ich möchte all denen danken, die an der Finanzierung, Planung, Auswertung und/oder Umsetzung des Projekts beziehungsweise der Diplomarbeit beteiligt waren: Herrn Dr. R. OPPERMANN und Herrn A. CLAßEN (Institut für Landschaftsökologie und Naturschutz Singen), dem NABU, dem PTO, Herrn Prof. Dr. W. TOPP, Herrn A. HIRLER, Herrn Z. BORAWSKI, Herrn MAURER und Herrn GEHRUNG (Universität Hohenheim), allen vor Ort beteiligten Hilfskräften und Landwirten, Herrn Dr. W. NAGL (Universität Konstanz).

## **7. Literatur**

CLAßEN, A., A. HIRLER & R. OPPERMANN (1995): Auswirkungen unterschiedlicher Mähgeräte auf die Wiesenfauna in Nordostpolen.- Institut für Landschaftsökologie und Naturschutz (ILN) Singen im NABU Deutschland, Selbstverlag.

CLAßEN, A., A. HIRLER & R. OPPERMANN (1996): Auswirkungen unterschiedlicher Mähgeräte auf die Wiesenfauna in Nordostpolen.- Naturschutz und Landschaftsplanung **28** (5): 139-144.

CLAßEN, A., A. KAPFER & T. TRABOLD (1994): Mähgeräte auf dem Ökoprüfstand.- Institut für

- Landschaftsökologie und Naturschutz (ILN) Singen im NABU, Naturschutzbund Deutschland (Hrsg.): Grüne Reihe, 1. Auflage.
- FRANZ, G. (1969): Die Geschichte der Landtechnik im 20. Jahrhundert.- DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt/Main, 449 S.
- GÜNTHER, R. (Hrsg.) (1996): Die Amphibien und Reptilien Deutschlands.- Gustav Fischer Verlag, Jena, Stuttgart, Lübeck, Ulm, 826 S.
- HIRLER, A. (1994): Verluste bei Vogelnestern durch Prädatoren in verschiedenen Vegetationstypen - eine experimentelle Untersuchung.- Dipl.arb. Univ. Konstanz.
- KOSSOWSKA-CEZAK, U. (1984): Climate of the Biebrza ice-marginal valley.- Pol. ecol. Stud. **10** (3-4): 253-270.
- LICZNER, Y. (1999): Populationsdichten und Wanderungsbewegungen von Amphibien in der Narewniederung (Nordostpolen) und deren Beeinflussung durch die Mahd.- Dipl.arb. Univ. zu Köln.
- NÖLLERT, A. & R. GÜNTHER (1996): Knoblauchkröte – *Pelobates fuscus*.- In: GÜNTHER, R. (Hrsg.): Die Amphibien und Reptilien Deutschlands.- Gustav Fischer Verlag, Jena.
- OPPERMANN, R., Y. LICZNER & A. CLAßEN (1997): Erarbeitung von Handlungsempfehlungen zur Sicherung und Wiederaufbau von Amphibienpopulationen im Feuchtgrünland.- Institut für Landschaftsökologie und Naturschutz (ILN) Singen im NABU Deutschland, Selbstverlag.
- OPPERMANN, R. & A. CLAßEN (1998): Naturverträgliche Mähtechnik – Moderne Mähgeräte im Vergleich.- Institut für Landschaftsökologie und Naturschutz (ILN) Singen im NABU Deutschland (Hrsg.): Grüne Reihe, 1. Auflage.
- SACHS, L. (1992): Angewandte Statistik: Anwendung statistischer Methoden.- Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 7. Aufl., 849 S.
- ZUREK, S. (1968): Natural the development of the Wizna peatland.- Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol. **83**: 233-266.

## **Anschrift des Verfassers**

Yvonne Liczner, Heideweg 22a, D-53343 Wachtberg