



Angepasstes Befahren von Niedermoor- grünland

1. Die Befahrbarkeit – ein zentrales Problem der Niedermoornutzung

Niedermoore sind organische Standorte, d.h. über eine Tiefe von mindestens 30 cm beträgt der Anteil organischer Substanz mindestens 30 %. In Deutschland nehmen Niedermoore eine Fläche von etwa 1 Mio. ha ein. Sie erfüllen wichtige ökologische Funktionen im Wasser- und Nährstoffhaushalt der Landschaft sowie als Lebensraum

für Pflanzen- und Tierarten. Niedermoore werden überwiegend landwirtschaftlich als Grünland genutzt und müssen dafür mit Maschinen befahren werden. Voraussetzung für die Erhaltung der Niedermoore ist eine ganzjährig ausreichende Wasserversorgung mit Grundwasserflurabständen von höchstens 30 cm und Bodenfeuchten

von mehr als 70 Vol.-%. Damit wird die Befahrbarkeit zu einem zentralen Problem für die angepasste Bewirtschaftung.

Die Belastung beim Befahren ist auf die Tragfähigkeit der Flächen abzustimmen.

2. Tragfähigkeit der Fahrbahn Niedermoorgrünland

Beim Befahren wird der Boden mechanisch belastet. Diese Belastung darf die Tragfähigkeit der Fahrbahn nicht überschreiten und soll keine unzulässigen Schäden verursachen. Die Tragfähigkeit der Fahrbahn ist eine komplexe, standortspezifische Größe und kann durch bodenmechanische Kennwerte beschrieben werden.

Niedermoorgrünland gehört zu den bewachsenen organischen Böden. Diese sind hinsichtlich ihrer Tragfähigkeit im Gegensatz zu mineralischen Ackerböden dadurch charakterisiert, dass sich an der Oberfläche eine durchwurzelte Schicht mit hoher Festigkeit befindet, während der darunter liegende Torf eine wesentlich geringere Festigkeit aufweist. Die Zerstörung der Grasnarbe durch mechanische Belastung führt daher zu einer erheblichen Abnahme der Tragfähigkeit und ist sowohl aus fahrmechanischen als auch aus ökologischen Gründen zu vermeiden. Die kritische Fahrspurtiefe, bei der die Grasnarbe durchbricht, ist abhängig von der Tiefe der durchwurzelten Schicht und beträgt auf Niedermoorgrünland in der Mehrheit der Fälle 7 cm.

Zur Kennzeichnung der Tragfähigkeit von Niedermoorgrünland hat sich die Scherfestigkeit als geeignet erwiesen, die mit

einem Scherflügel gemessen wird (Bild 1). Der Scherflügel besteht aus einem Schaft mit Flügelsonde und Drehmomentenschlüssel. Beim Drehen der Flügelsonde wird eine zylindrische Bodensäule abgesichert und das dabei auftretende maximale Drehmoment gemessen. Anhand der Flügelgeometrie wird daraus die Scherfestigkeit berechnet und am Schleppzeiger abgelesen.

Die Tragfähigkeit von Niedermoorgrünland wird vorrangig von der Grasnarbe bestimmt und ist vor allem von der Vegetationsform, der Bewuchsdichte und der Bodenfeuchte abhängig (Tab. 1). Zwischen den Scherfestigkeiten der Grünlandbiotope bestehen aufgrund der sehr verschiedenartigen Durchwurzelung erhebliche Unterschiede. Die Scherfestigkeiten sind bei Flutrasen am niedrigsten und nehmen über Feuchtwiesen bis zu den Frischwiesen hin zu, um bei Großseggenwiesen die höchsten Werte zu erreichen. Innerhalb der Biotoptypen steigen die Scherfestigkeiten mit wachsender Bewuchsdichte und sinken mit zunehmender Bodenfeuchte. Die gemessenen mittleren Scherfestigkeiten auf Niedermooren liegen zwischen 15 kPa für wassergesättigte Flutrasen mit geringer Bewuchsdichte und 57 kPa für dicht bewachsene Großseggenwiesen in trockenen Zeitspannen.



Bild 1: Scherflügel

Die angegebenen Scherfestigkeiten gelten für degradierte Niedermoore. Sie sind nicht übertragbar auf kaum noch vorhandene wachsende Niedermoore, wobei diese für das Befahren nicht relevant sind, da Torfwachstum eine Grünlandnutzung ausschließt. Die Werte treffen für anthropogen stark überprägte Niedermoore wie Sanddeckkulturen oder aufgelassene Torfstiche mit direkt unter der Grasnarbe anstehenden Mudden ebenfalls nicht zu.

Anhand der mittleren Scherfestigkeiten werden fünf Tragfähigkeitsklassen für die Biotoptypen und Bodenfeuchtebereiche abgeleitet und den Bodenfeuchteklassen zugeordnet (Tab. 2). Die Abstufung erfolgt dabei analog zu den Belastungsklassen für die Technik (s. Kap. 4). Für die Bewertung der Tragfähigkeit wird im folgenden nur noch die mittlere Bewuchsdichteklasse herangezogen, da niedrige und hohe Bewuchsdichten nur mit geringen Flächenanteilen auftreten.

Tabelle 1: Mittlere Scherfestigkeiten auf degradiertem Niedermoorgrünland in Abhängigkeit von Biotoyp, Bewuchsdichte und Bodenfeuchte

Biotoyp	Flutrasen	arme Feuchtwiesen	reiche Feuchtwiesen	Frischwiesen/ Rohrglanzgras- röhrichte	Gross- seggenwiesen
Haupt- bestandsbildner	Knickfuch- schwanz, Weißes Straußgras	Pfeifengras	Wolliges Honiggras, Wieserrippe, Wiesenschwingel	Wiesenfuchs- schwanz, Glatthafer	Schlanksegge, Sumpfssegge Rispensegge
Bewuchsdichte ¹⁾	gering mittel hoch	gering mittel hoch	gering mittel hoch	gering mittel hoch	gering mittel hoch
Bodenfeuchte [Vol.-%]	mittlere Scherfestigkeit [kPa]				
≤ 60	– 28 31	29 32 36	29 34 41	33 45 50	– 46 57
> 60 – 70	23 24 27	27 27 29	21 33 39	33 39 44	– 45 48
> 70 – 80	17 20 27	22 25 29	21 28 37	28 36 44	31 40 46
> 80	15 19 26	22 25 28	19 25 28	22 31 44	29 40 46

1) Deckungsgrad, bezogen auf die verbleibende Stoppel: gering < 40 %, mittel 40 – 80 %, hoch > 80 %

Mit steigender Bodenfeuchte nehmen die Tragfähigkeiten innerhalb der Biooptypen ab (Tab. 2). Lediglich bei den Großseggenwiesen bleibt die Tragfähigkeit auch bei steigenden Bodenfeuchten sehr hoch. Für alle anderen Biooptypen gilt, dass sich die Tragfähigkeit beim Übergang von sehr trockenen Verhältnissen mit Bodenfeuchten

unter 60 Vol.-% bis zur Wassersättigung bei Bodenfeuchten über 80 Vol.-% um zwei Klassen verringert. Bei Einstellung torferhaltender Bodenfeuchten von 70 bis 80 Vol.-% nimmt die Tragfähigkeit im Vergleich zu Bodenfeuchten von 60 bis 70 Vol.-% um eine Klasse ab.

Tabelle 2: Tragfähigkeiten auf degradiertem Niedermoorgrünland

Biooptyp	Flutrasen	arme Feuchtwiesen	reiche Feuchtwiesen	Frischwiesen/ Rohrglanzgrasröhrichte	Grossseggenwiesen
Bodenfeuchte [Vol.-%]	Tragfähigkeitsklasse (bei mittlerer Bewuchsdichte)				
≤ 60	mittel	hoch	hoch	sehr hoch	sehr hoch
> 60 – 70	gering	mittel	hoch	sehr hoch	sehr hoch
> 60 – 80	sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch
> 80	sehr gering	gering	gering	mittel	sehr hoch

3. Mechanische Belastung beim Befahren von Niedermoorgrünland

Die mechanische Belastung beim Befahren umfasst vertikale und horizontale Komponenten.

Die vertikale Belastung der Fahrbahn erfolgt durch Radlasten und Druck in der Kontaktfläche von Reifen und Boden. Bei Überschreitung kritischer Werte führt sie zur Bodenverformung durch Verdichtungs- und Verlagerungsprozesse. Es entstehen Fahrspuren bis hin zum Durchbruch der Grasnarbe. Die Verdichtung nimmt mit steigender Bodenfeuchte, sinkender Ausgangslagerungsdichte und wachsendem Kontaktflächendruck zu. Die Tiefenwirkung

steigt mit der Bodenfeuchte und der Radlast. Mit zunehmender Anzahl von Überrollungen treten die genannten Wirkungen in abgeschwächter Form auf, da sich nachlaufende Räder in vorgeformten Spuren bewegen. Auch wenn die zusätzliche Beanspruchung des Bodens mit jeder weiteren Überrollung abnimmt, kann jedes Rad die Überschreitung einer kritischen Belastung bewirken.

Die horizontale Belastung der Fahrbahn erfolgt durch das Aufbringen von Zugkräften, die von den Triebrädern über den Boden abgestützt werden. Der dabei ent-

stehende Schlupf trägt in Abhängigkeit von seiner Höhe ebenfalls zu Bodenverdichtung und Fahrspurbildung bei und führt zum horizontalen Abscheren der Grasnarbe. Damit keine bleibenden Schäden entstehen, ist der Zugkraftbedarf und damit die Gesamtmasse von Anhängern und Arbeitsmaschinen zu beschränken.

Im Ergebnis umfangreicher Befahrversuche kann die erforderliche Scherfestigkeit der Fahrbahn aus Radlasten, Reifenabmessungen und Zugkraftbedarf mit Hilfe eines Rechenmodells bestimmt werden. Damit ist es möglich, für das Befahren von Niedermoorgrünland mit beliebigen Technikvarianten die mindestens erforderliche Scherfestigkeit zu berechnen und der tatsächlich vorhandenen Scherfestigkeit bei gegebenen Standortbedingungen gegenüberzustellen. Vorgehensweise und Ergebnis sollen anhand von Beispielen verdeutlicht werden:

- Für das Befahren von Niedermoorgrünland mit einem sehr leichten Hangtraktor mit Frontmäherwerk und einer Gesamtmasse von 2,4 t ist eine Scherfestigkeit der Fahrbahn von mindestens 19 kPa erforderlich. Damit sind Niedermoorstandorte ab mittlerer Bewuchsdichte immer befahrbar, da selbst die wenig tragfähigen Flutrasen und Feuchtwiesen bei voller Wassersättigung Scherfestigkeiten von mindestens 19 kPa aufweisen (Tab. 1). Lediglich bei kleinräumig vorkommenden

geringen Bewuchsdichten ist ein Durchbruch der Grasnarbe zu erwarten.

- Bei einem Standardtraktor mit einer Motornennleistung von 52 kW, Einfachbereifung und Frontmäherwerk beträgt bei einem Gesamtgewicht von 4,2 t die erforderliche Scherfestigkeit 31 kPa. Bei mittleren Bewuchsdichten reicht die Tragfähigkeit von Flutrasen dafür auch bei sehr niedrigen Bodenfeuchten nicht aus. Feuchtwiesen sind während trockener Zeitspannen und die tragfähigen Frischwiesen und Großseggenwiesen in allen Feuchtebereichen befahrbar (Tab. 1). Bei Ausstattung des Traktors mit Doppelrädern sinkt die erforderliche Scherfestigkeit auf 26 kPa. Diese Variante ist zusätzlich auf Flutrasen in sehr trockenen Zeitspannen und auf reichen Feuchtwiesen bei Bodenfeuchten von 70 bis 80 Vol.-% einsetzbar (Tab. 1).
- Für einen Standardtraktor mit einer Motornennleistung von 100 kW und zwei beladenen Kippanhängern liegt bei einem Gesamtgewicht von 20,2 t die erforderliche Scherfestigkeit bei 42 kPa. Damit ist ausschließlich ein Befahren von Frischwiesen und Großseggenwiesen in trockenen Zeitspannen möglich (Tab. 1).

Anhand standortkundlicher und technischer Daten kann somit die Befahrbarkeit von Niedermoorgrünland abgeschätzt werden.

4. Belastungsklassen

Um die Ermittlung standortangepasster Technik zu vereinfachen, erfolgt die Abstufung von fünf Belastungsklassen (Tab. 3). Die erforderlichen Scherfestigkeiten sind

vor allem mit bestimmten maximalen Radlasten eng verbunden, so dass diese ergänzend zur Einstufung herangezogen werden können. Die Vermeidung schlupfbedingter

Schäden erfordert zusätzlich eine Begrenzung des Zugkraftbedarfs von Anhängern und Arbeitsmaschinen, da dieser auf das

Zugkraftvermögen der Traktoren abgestimmt sein muss.

Tabelle 3: Belastungsklassen für Technik zur Bewirtschaftung von Niedermoorgrünland

Be- lastungs- klasse	Bewertung der Belastung	erforderliche Scherfestigkeit der Fahrbahn kPa	maximale Radlast t	mittlerer Zugkraftbedarf daN
1	sehr gering	≤ 20	≤ 0,9	0
2	gering	> 20 – ≤ 26	> 0,9 – ≤ 1,2	< 0 – ≤ 500
3	mittel	> 26 – ≤ 31	> 1,2 – ≤ 1,8	< 500 – ≤ 900
4	hoch	> 31 – ≤ 36	> 1,8 – ≤ 2,5	< 900 – ≤ 1500
5	sehr hoch	> 36 – ≤ 46	> 2,5 – ≤ 4,0	< 1500 – ≤ 2200

Die Belastungsklassen ermöglichen die Abschätzung der Belastung durch Technikvarianten aus leicht verfügbaren technischen Daten (Tab. 4). Dazu gehören z.B. die Motornennleistung oder die Gesamtmasse von Traktoren und Selbstfahrern, die Arbeitsbreiten von Mähwerken, das Ladevolumen von Ladewagen oder die Gesamtmassen von Anhängern.

Mit Hilfe der Tragfähigkeits- und Belastungsklassen können Technik und Standort in einfacher Weise aufeinander abgestimmt werden. So sind z.B. Standorte mit mittlerer Tragfähigkeit maximal mit mittleren Belastungen befahrbar, während Standorte mit sehr hoher Tragfähigkeit auch sehr hohe Belastungen zulassen. Somit kann den Belastungsklassen der mögliche Einsatzbereich der Maschinen auf Niedermoorgrünland zugeordnet werden.

Die Belastungen in der Klasse 1 sind sehr gering. Damit können wenig tragfähige

Biotoptypen wie Flutrasen bei voller Wassersättigung befahren werden. Diese Standorte sind weniger häufig. Da keine nennenswerten Zugkräfte aufgebracht werden können, ist die Bergung des Aufwuchses auf diesen Extremflächen nur mit Handarbeitsverfahren, Bergeplanen oder Ladegabeln am Traktor möglich.

Technik der Klasse 2 ist durch geringe Belastungen gekennzeichnet. Dazu gehört leichte Standardtechnik mit breiten Niederdruckreifen oder Doppelrädern an allen Achsen. Damit können Feuchtwiesen bei Wassersättigung befahren werden.

Der Klasse 3 ist Technik mit mittleren Belastungen zuzuordnen, die sich für das Befahren der weit verbreiteten Frischwiesen bei voller Wassersättigung sowie von reichen Feuchtwiesen bei torferhaltenen Bodenfeuchten eignet. Um diese Klasse zu erreichen, müssen neben der Begrenzung der Maschinenmassen häufig

die Fahrwerke von Anhängern und angehängten Arbeitsmaschinen angepasst werden.

Der Einsatz von Technik der Klasse 4 ist mit hohen Belastungen verbunden. Die erforderlichen Scherfestigkeiten kommen bei den Biotoptypen Frischwiese und reiche Feuchtwiese vor, wobei letztere dann sehr trocken sind. Infolge hoher Radlasten erreichen nur wenige selbstfahrende Erntemaschinen und Quadergroßballpressen diese Klasse.

Für den Einsatz von Technik mit sehr hohen Belastungen in Klasse 5 müssen auf den Frischwiesen die Grundwasserstände übermäßig abgesenkt werden, während Feuchtwiesen und Flutrasen selbst in trockenen Zeitspannen nicht die entsprechende Tragfähigkeit aufweisen. Zu dieser Klasse gehören Kombinationen mit einachsigen Quadergroßballpressen, Transporteinheiten mit schweren Kippanhängern, Plattformwagen oder Ballenladewagen sowie die meisten selbstfahrenden Mäher, Feldhäcksler und Quadergroßballpressen. Der Einsatz dieser Technik auf Niedermoorgrünland kann nur durch starke Absenkung des Grundwassers und damit weitere Degradierung dieser Standorte erzwungen werden.

Mit Maschinen, deren Belastungskennzahlen die Richtwerte der Klasse 5 überschreiten, sind Niedermoorstandorte auch in trockenen Zeitspannen nicht befahrbar. Aufgrund der zahlreichen Kombinationsmöglichkeiten und unterschiedlichen technischen Daten von Maschinen für die Grünlandbewirtschaftung kann an dieser Stelle nur auf eine beschränkte Auswahl von Technikvarianten eingegangen werden. Dabei liegt der Schwerpunkt auf Maschinenkombinationen, die bei entsprechender

Zusammenstellung und Fahrwerksgestaltung den Grenzbereich der Belastungsklassen verdeutlichen. Im folgenden sollen einige Tendenzen bei veränderten Ausgangsdaten erläutert werden.

In den angeführten Beispielen sind der Antriebsleistungsbedarf der Arbeitsmaschinen und die Motornennleistung der Traktoren aufeinander abgestimmt. So sind z.B. bei der Begrenzung der Arbeitsbreiten von Mähwerken oder des Ladevolumens bei Ladewagen die Belastungskennzahlen der Arbeitsmaschinen in Verbindung mit denen eines passenden Traktors berücksichtigt. In der Praxis werden dagegen häufig Traktoren mit höherer Motornennleistung eingesetzt, als für die gekoppelten Arbeitsmaschinen erforderlich wäre. Aufgrund der damit verbundenen höheren Masse der Traktoren würde eine solche Übermotorisierung zur Einstufung der Maschinenkombination in die nächsthöhere Belastungsklasse führen.

Tabelle 4: Ausgewählte Technikvarianten in den Belastungsklassen

Be-lastungs-klasse	Traktoren, Selbstfahrer	Arbeitsmaschinen, Geräte, Anhänger	Bereifung
1	Standardtraktor, $P_N \leq 50$ kW, $m_G \leq 3,1$ t, Hangtraktor, $P_N \leq 50$ kW, $m_G \leq 2,0$ t, Einachstraktoren, Raupenfahrzeuge	Rotationsmäherwerk im Frontanbau, $b_A \leq 2,50$ m; Rotationsmäherwerk im Heckanbau, $b_A \leq 2,00$ m; Doppelmessermäherwerk, $b_A \leq 5,80$ m, Bergeplanen, Ladegabeln	Breit-/Doppelreifen
	Standardtraktor, $P_N \leq 60$ kW, $m_G \leq 3,7$ t	Rotationsmäherwerk im Frontanbau, $b_A \leq 3,00$ m; Rotationsmäherwerk im Heckanbau, $b_A \leq 2,50$ m, Wender, $m_G \leq 1,4$ t, $b_A \leq 10,00$ m	Breit-/Doppelreifen Breit-/Doppelreifen
2	Standardtraktor, $P_N \leq 35$ kW, $m_G \leq 2,2$ t	Einkreiselschwader, $m_G \leq 0,8$ t, $b_A \leq 4,50$ m Rundballenpressen, $m_G \leq 1,8$ t, $d_B \leq 1,0$ m Ladewagen mit Tandemachse, $m_G \leq 3,5$ t, $V_L \leq 10$ m ³	Breit-/Doppelreifen
	Standardtraktor, $P_N \leq 30$ kW, $m_G \leq 1,9$ t	zweiachsige Anhänger, $m_G \leq 2,7$ t	Breit-/Doppelreifen
3	Standardtraktor, $P_N \leq 80$ kW, $m_G \leq 4,8$ t	Anhängemäherwerke, $b_A \leq 3,20$ m; Rotationsmäherwerke in Kombination, $b_A \leq 4,50$ m	Breit-/Doppelreifen
	Standardtraktor, $P_N \geq 60$ kW, $m_G \leq 3,7$ t	Wender, $m_G \geq 1,4$ t, $b_A \geq 10,0$ m Zweikreiselschwader, $m_G \leq 1,5$ t, $b_A \leq 7,50$ m	Standardreifen
	Standardtraktor, $P_N \leq 50$ kW, $m_G \leq 3,1$ t	Rundballenpressen, $m_G \leq 2,5$ t, $d_B \leq 1,2$ m Ladewagen mit Tandemachse, $m_G \leq 4$ t, $V_L \leq 15$ m ³	Breit-/Doppelreifen
	Standardtraktor, $P_N \leq 100$ kW, $m_G \leq 5,8$ t	Anbaufeldhäcksler, $m_G \leq 1,4$ t	Breit-/Doppelreifen
	Standardtraktor, $P_N \leq 40$ kW, $m_G \leq 2,5$ t	zweiachsige Anhänger, $m_G \leq 3,7$ t	Breit-/Doppelreifen

P_N – Motorenleistung [kW], m_G – Gesamtmasse [t], b_A – Arbeitsbreite [m], V_L – Ladevolumen [m³] (nach DIN 11741)
 d_B – Ballendurchmesser [m]

Tabelle 4 (Fortsetzung): Ausgewählte Technikvarianten in den Belastungsklassen

Be- lastungs- klasse	Traktoren, Selbstfahrer	Arbeitsmaschinen, Geräte, Anhänger	Bereifung
4	Standardtraktor, $P_N \leq 120$ kW, $m_G \leq 6,6$ t	Rotationsmähwerke in Kombination, $b_A \leq 5,80$ m	Standard-/Breitreifen
	Standardtraktor, $P_N \leq 90$ kW, $m_G \leq 5,3$ t	Schwader, $m_G \leq 3,0$ t, $b_A \leq 12,0$ m	Standard-/Breitreifen
	Standardtraktor, $P_N \leq 60$ kW, $m_G \leq 3,7$ t	Rundballenpresse, $m_G \leq 3,2$ t, $d_B \leq 1,5$ m zweiachsige Anhänger, $m_G \leq 6,5$ t	Standard-/Breitreifen Breit-/Doppelreifen
	Standardtraktor, $P_N \leq 80$ kW, $m_G \leq 4,8$ t	Ladewagen mit Tandemachse, $m_G \leq 6,5$ t, $V_L \leq 21$ m ³	Breit-/Doppelreifen
	Standardtraktor, $P_N \leq 100$ kW, $m_G \leq 5,8$ t	Quadergroßballenpresse mit Tandemachse, $m_G \leq 6,5$ t	Breit-/Doppelreifen
	selbstfahrende Erntemaschinen, $P_N \leq 200$ kW, $m_G \leq 7$ t	–	Breit-/Doppelreifen
5	Standardtraktor, $P_N \leq 170$ kW, $m_G \leq 8,3$ t	3 Rotationsmähwerke in Kombination, $b_A \leq 8,50$ m	Standard-/Breitreifen
	Standardtraktor, $P_N \leq 90$ kW, $m_G \leq 5,3$ t	Rundballenpresse, $m_G \leq 3,8$ t, $d_B \leq 1,8$ m	Standard-/Breitreifen
	Standardtraktor, $P_N \leq 100$ kW, $m_G \leq 5,8$ t	Quadergroßballenpressen mit Einzelachse, $m_G \geq 5$ t; Ladewagen mit Tandemachse, $m_G \leq 14$ t, $V_L \leq 30$ m ³ ; zweiachsige Anhänger, $m_G \leq 11$ t, auch im Doppelzug	Standard-/Breitreifen
	selbstfahrende Erntemaschinen $P_N \leq 400$ kW, $m_G \leq 12$ t	–	Standard-/Breitreifen

P_N – Motormenleistung [kW], m_G – Gesamtmasse [t], b_A – Arbeitsbreite [m], V_L – Ladevolumen [m³] (nach DIN 11741)
 d_B – Ballendurchmesser [m]

Die Begrenzungen der Maschinenmassen in den verwendeten Beispielen sind in Verbindung mit Breit- oder Doppelreifen gültig, durch die die Reifenbreite gegenüber Standardreifen mindestens auf 150 % vergrößert wird. Bei Standardbereifung würden die aufgeführten Technikvarianten in die nächsthöhere Belastungsklasse einzuordnen sein bzw. müssten für den Verbleib in der gleichen Belastungsklasse die Radlasten verringert werden.

Durch Ausstattung von Maschinen mit Breitreifen wird jedoch nicht zwangsläufig die jeweils niedrigere Belastungsklasse erreicht. Breite Bereifung wird nur in Verbindung mit angepassten Radlasten wirksam. Dies verdeutlichen z.B. die Varianten der Belastungsklasse 5, die aufgrund der hohen Radlasten auch mit breiter Bereifung in diese Klasse einzustufen sind.

Darüber hinaus müssen alle Achsen einer Maschinenkombination ausreichend bereift sein. Arbeitsmaschinen und Anhänger stellen häufig die Räder mit dem maximalen Druckindex und haben erheblichen Anteil an der Summe der Druckindizes. Gerade die leichteren Arbeitsmaschinen wie Wender, Schwader, Anhängemähwerke und Rundballenpressen verfügen oft über zu schmale Räder, die dann trotz geringer

Radlasten einsinken. Auch Anhänger sind häufig ungenügend bereift.

Die Reifenabmessungen finden über den Druckindex Eingang in die Abschätzung der erforderlichen Tragfähigkeit. Unterschiede zwischen Breit- und Zwillingsreifen, verschiedenen Reifenbauarten und Reifenprofilen sind relativ zu Radlast und Reifenabmessungen gering, so dass eine gesonderte Berücksichtigung bei der Einstufung in Belastungsklassen unterbleibt.

Die höchsten Belastungen beim Befahren von Niedermoorgrünland werden durch die Transportfahrzeuge verursacht. Neben den maximalen Radlasten tragen hier auch die sonst oft untergeordneten Belastungen durch Mehrfachüberrollung und Aufbringen von Zugkräften in erheblichem Maße zur kritischen Gesamtbelastung bei. Die möglichen maximalen Radlasten sind daher meist niedriger als bei Kombinationen mit Arbeitsmaschinen oder bei Selbstfahrern. Um die möglichen Lademassen innerhalb einer Belastungsklasse auszuschöpfen, muss die Gesamtmasse auf möglichst viele Räder verteilt werden. Ladewagen, Ballenladewagen oder sonstige Anhänger sollten daher nicht mit einachsigen Fahrwerken eingesetzt werden.

5. Vermeidung schlupfbedingter Schäden

Schlupf entsteht beim Aufbringen von Zugkräften und führt zum horizontalen Abscheren der Grasnarbe. Dauerhafte Schäden setzen in Abhängigkeit von der Fahrzeugvariante bei einem Schlupf von 10 bis 20 % ein, so dass Zugkräfte entsprechend zu beschränken sind. Das Zugkraftvermögen der Traktoren ist vor allem ab-

hängig von der Treibachslast, der Antriebsart, der Aufstandsfläche der Reifen und dem Reifenprofil. Standardtraktoren erreichen bei Allradantrieb und mit Standardreifen auf Niedermoorgrünland einen Zugkraftbeiwert von 0,49, ohne dass der zugehörige Schlupf bleibende Schäden verursacht. Das bedeutet, dass die Hälfte des

Gesamtgewichtes des Traktors als Zugkraft abgestützt werden kann.

Der Zugkraftbedarf der Anhänger und Arbeitsmaschinen wird aus deren Gesamtgewicht und dem Rollwiderstandsbeiwert berechnet und darf das Zugkraftvermögen des Traktors nicht überschreiten. Der Rollwiderstandsbeiwert ist abhängig von den Fahrbahnbedingungen. Bei hoher und sehr hoher Tragfähigkeit der Fahrbahn beträgt der Zugkraftbedarf eines Anhängers 10 % seines Gesamtgewichtes, bei mittlerer und geringer Tragfähigkeit sind es 40 %.

Die Begrenzung der maximalen Radlasten in den Belastungsklassen ist so gewählt, dass sie auch die Entstehung dauerhafter schlupfbedingter Schäden ausschließt. Der Zugkraftbedarf der Anhänger und Arbeitsmaschinen in den einzelnen Belastungsklassen liegt unter dem Zugkraftvermögen, das Allradtraktoren ohne bleibende Schädigung der Grasnarbe erreichen.

Zusätzlich trägt insbesondere bei Transportarbeiten in kritischen Bereichen der Einsatz spezieller Grünlandreifen zur Schonung von Boden und Vegetation bei. Grünlandreifen sind Breitreifen, die niedrige Reifeninnendrucke zulassen und über ein besonderes Profil verfügen (Bild 2). Dazu gehören abgerundete Schultern, flache Stollen und eine große Stollenaufstandsfläche, die entweder durch sehr breite Stollen oder eine hohe Stollenzahl realisiert wird. Günstig ist eine möglichst weite Überlappung der Stollen in der Laufflächenmitte.

Grünlandreifen ermöglichen eine gute Verzahnung mit der Grasnarbe und vermeiden

weitgehend ein Einschneiden von Kanten in die Vegetation. Deshalb können die Traktoren höhere Zugkräfte aufbringen, ohne die Grasnarbe zu zerstören. Auf Ackerstandorten weisen Grünlandreifen nur eine geringe Selbstreinigung auf, so



Bild 2: Grünlandreifen

dass sich die Stollenzwischenräume leicht zusetzen. Die Verwendung von Grünlandreifen ist daher vor allem dann zu empfehlen, wenn der Traktor ausschließlich oder ganz überwiegend auf Grünland eingesetzt wird.

Auf den Anschaffungspreis hat das Profil des Reifens nur einen untergeordneten Einfluss. Beim Kauf sollte darauf geachtet werden, dass die Bezeichnung Grünlandreifen tatsächlich die zuvor genannten Eigenschaften beinhaltet.

6. Verfahrenskosten

Für die einzelnen Arbeitsgänge der Bewirtschaftung von Niedermoorgrünland können die Verfahrenskosten innerhalb der

Belastungsklassen berechnet werden (Tab. 5), wobei eine optimale jährliche Ausnutzung der Technik angenommen wird.

Table 5: Verfahrenskosten¹⁾ für Arbeitsgänge der Bewirtschaftung von Niedermoorgrünland in Belastungsklassen

	Belastungsklasse				
	1	2	3	4	5
	Verfahrenskosten [DM/ha]				
Mähen ohne Aufbereiter	96	61	47	40	39
Mähen mit Aufbereiter	–	114	64	49	44
Wenden	–	17	14	–	–
Schwaden	–	24	21	17	–
Pressen von Rundballen	–	154	147	134	118
Laden von Rundballen	–	26	23	13	9
Transportieren von Rundballen	–	99	66	60	49
Pressen von Quaderballen	–	–	–	96	79
Laden von Quaderballen	–	–	–	18	8
Transportieren von Quaderballen	–	–	–	73	43
Schwadladen und Transportieren von Welkgut mit Ladewagen	–	218	154	152	140
Häckseln von Welkgut	–	–	129	105	80
Transportieren von Häckselgut	–	–	83	68	52
Mähen mit Sense	1.100	–	–	–	–
Mähen mit Einachstraktor	250	–	–	–	–
Mähgut von Hand zum Feldrand transportieren	200 bis 800	–	–	–	–
Auf- und Umsetzen von Feldrandmieten, Aufladen und Ausbringen von Kompost auf Ackerflächen	250 bis 350				

¹⁾ Die Verfahrenskosten wurden für eine optimale jährliche Ausnutzung der Technik berechnet und umfassen Maschinenkosten (fixe und variable Kosten, wie Abschreibung, Zinsanspruch, Steuern, Versicherung, Unterbringungskosten sowie Betriebsstoffe, Hilfsstoffe, Reparaturkosten, Wartung/Instandhaltung) plus Lohnkosten (ermittelt aus Flächenleistung [ha/h] und Stundensatz [DM/h], wobei nach KTBL 25 DM/h einschließlich Lohnnebenkosten angesetzt wurden). In den Beträgen sind keine Gemeinkosten, Wagnis- und Gewinnzuschläge und Mehrwertsteuer enthalten.

Erwartungsgemäß sinken die Verfahrenskosten mit zunehmenden Belastungsklassen. Eine standortspezifische Begrenzung der mechanischen Belastung beim Befahren von Niedermoorgrünland limitiert gleichzeitig die Leistungsfähigkeit der Maschinen. Damit erhöhen sich die Lohnkosten infolge des zunehmenden Arbeitszeitaufwandes. Die Anpassung von Fahrwerken z.B. durch Ausstattung mit Tandemachsen und Breitreifen trägt zur Erhöhung der Maschinenkosten bei. Die Verfahrenskosten der einzelnen Arbeitsgänge können zu Gesamtkosten für Verfahrenslinien der Futterernte addiert werden (Tab. 6). Mit abnehmender Bodenbelastung steigen die Kosten innerhalb der Verfahrenslinien. Die Höhe der zusätzlichen Aufwendungen

hängt dabei von den konkreten Standortbedingungen eines Betriebes ab. Die weit verbreiteten Frischwiesen können z.B. bereits mit Technik der Belastungsklasse 4 bei torferhaltenden Bodenfeuchten befahren werden. Die Mehraufwendungen im Vergleich zu Klasse 5 betragen je nach Verfahrenslinie etwa 10 bis 55 DM/ha. Wird Technik der Klasse 3 für das Befahren der ebenfalls häufigen reichen Feuchtwiesen benötigt, erhöhen sich die Verfahrenskosten gegenüber der Klasse 5 um 30 bis 110 DM/ha, sofern die gleiche Verfahrenslinie angepasst werden kann. Ein aus funktionellen Gründen notwendiger Wechsel der Verfahrenslinie z.B. von Quaderballen auf Rundballen bewirkt eine höhere Kostensteigerung. Eine weitere Anpassung der Technik an die geringen Tragfähigkeiten

Tabelle 6: Verfahrenskosten ¹⁾ für die Bewirtschaftung von Niedermoorgrünland

Verfahrenslinie	Belastungsklasse				
	1	2	3	4	5
	Verfahrenskosten [DM/ha]				
<i>Heulinie:</i> Mähen, 3 x Wenden, Schwaden, Pressen, Laden und Transportieren von Rundballen	–	440	370	320	290
<i>Heulinie:</i> Mähen, 3 x Wenden, Schwaden, Pressen, Laden und Transportieren von Quaderballen	–	–	–	295	240
<i>Silagelinie:</i> Mähen, Wenden, Schwaden, Häckseln, Transportieren	–	–	315	255	205
<i>Silagelinie:</i> Mähen, Wenden, Schwaden, Schwadladen und Transportieren mit Ladewagen	–	325	250	230	220
<i>Kompostlinie:</i> Mähen und Schwaden mit Einachstraktor, Transport zum Feldrand von Hand auf Bergepläne, Auf- und Umsetzen von Feldrandmieten, Aufladen und Ausbringen des Kompostes	1.020	–	–	–	–

armer Feuchtwiesen führt zu Mehraufwendungen von 105 bis 150 DM/ha verglichen mit Belastungsklasse 5. Sprunghaft steigen die Verfahrenskosten in Klasse 1, vor allem wenn Arbeitsgänge von Hand erledigt werden müssen. Solche Pflegemaßnahmen kommen nur auf wenigen, für den Naturschutz sehr wertvollen Flächen mit extremen Standortbedingungen in Betracht. Die Höhe der Mehraufwendungen hängt von den konkreten Standortbedingungen eines Betriebes oder einer Region ab. Berechnungen für eine Beispielsregion in Brandenburg weisen zusätzliche Verfahrenskosten von 24 DM/ha für die Anpassung des derzeit vorhandenen Technikbestandes an die gegenwärtigen Standortbedingungen mit niedrigen Grundwasserständen während der Bearbeitungszeitspannen aus. Bei Anpassung der Technik an moorschonende Standort-

bedingungen mit ganzjährigen Grundwasserflurabständen von weniger als 30 cm betragen die zusätzlichen Verfahrenskosten 52 DM/ha. Die genannten Beträge können als Richtwerte für die Mehraufwendungen bei unterschiedlichen Graden der Technikanpassung dienen.

In der Vergangenheit geschätzte Mehraufwendungen von bis zu 100 % je Arbeitsgang durch verschlechterte Befahrbarkeit sind demnach nicht zu erwarten. Dies wäre nur der Fall, wenn sich die Tragfähigkeit bei Vernässung um drei bis vier Klassen verringern würde. Für die befahrbarkeitsrelevanten Biototypen der Niedermoore gilt jedoch, dass bei torferhaltenden Bodenfeuchten von 70 bis 80 Vol.-% die Tragfähigkeit gegenüber Bodenfeuchten von 60 bis 70 Vol.-% lediglich um eine Klasse abnimmt (s. Tab. 2).

7. Schlussbetrachtungen

Das angepasste Befahren von Niedermoorgrünland ist nur in Ausnahmefällen ein technisches Problem. Auf dem Markt wird für die meisten Bedingungen geeignete Technik angeboten, die sich in landwirtschaftliche Betriebe eingliedern lässt. In einigen Fällen könnte allerdings der anhaltende Trend zu immer leistungsfähigeren und schwereren Maschinen dazu führen, dass in absehbarer Zeit keine Technik mehr in den unteren Belastungsklassen verfügbar ist.

Das angepasste Befahren von Niedermoorgrünland ist vor allem ein ökonomisches Problem. Auch wenn die Technikanpassung anhand der Standortbedingungen erfolgt und hinsichtlich der Kosten optimiert wird, entstehen Mehraufwendungen.

Erhebungen in Niedermoorgebieten Brandenburgs zeigen, dass der vorhandene Technikbestand überwiegend hohe und sehr hohe Belastungen verursacht. Damit besteht zwangsläufig die Notwendigkeit zur starken Absenkung der Grundwasserstände während der Bewirtschaftungszeitspannen mit den entsprechenden negativen Folgen für die Niedermoorstandorte. Technikanpassung ist daher ein wesentliches Erfordernis für die Erhaltung und schonende Nutzung der Niedermoore. Die Mehrkosten liegen weit unter früheren Schätzungen. Wenn angepasste Technik vorhanden ist, wird deren Einsatz in Abhängigkeit von den Standortbedingungen im Mittel um 24 bis 52 DM/ha teurer als bei den gegenwärtig verwendeten

Maschinen. Im Rahmen der verschiedenen Förderprogramme für die Grünlandnutzung werden die standortbedingt unterschiedlichen Verfahrenskosten bisher kaum berücksichtigt. Umfassende Ansätze zur Verbesserung der Situation der Nieder-

moore müssen auch die Auswirkungen einer Vernässung auf die Kosten für die Flächenbearbeitung einbeziehen. Eine differenzierte Betrachtung ist mit den vorgestellten Erkenntnissen möglich.

8. Literatur

Angepasstes Befahren von Niedermoorgrünland. Schriftenreihe des Landschaftsfördervereins Nuthe-Nieplitz-Niederung e.V., Heft 3, Stücken, 1999, 106 S.

PROCHNOW, A.: Verfahrenstechnische Grundlagen für die großflächige Land-

schaftspflege am Beispiel der Nuthe-Nieplitz-Niederung. Forschungsbericht Agrartechnik 265 (1994), Diss., Humboldt-Universität zu Berlin, 197 S.

(ausführliche Literaturhinweise in den genannten Quellen)

Herausgegeben von der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft, Fachbereich Landtechnik, Ausschuss für Landschaftspflege, Umwelt und Kommunaltechnik. Bearbeitet von: Dr. Annette Prochnow, Dipl.-Ing. sc. agr. Sven Kraschinski (†), Humboldt-Universität zu Berlin auf der Grundlage des Forschungsprojektes "Befahrbarkeit von Niedermoorflächen bei Maßnahmen zu deren Schutz und angepasster Nutzung", gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück.



*Impulse für
den Fortschritt*

Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V.
Eschborner Landstraße 122, D-60489 Frankfurt a.M.
Telefon: 0 69 / 2 47 88 - 0, Fax: 0 69 / 2 47 88 - 110
E-mail: Info@DLG-Frankfurt.de, Internet: www.DLG-Frankfurt.de