

DIERK CONRADY, SABINE KATHKE, WOLFRAM RÖSCH, ADRIAN JOHST, ANNETT BAASCH, KAREN RUNGE,  
VALESKA KREBS, NORBERT GROSSER, ERIK FINDEISEN, THOMAS HERING & CHRISTIAN WEISER

## Landschaftspflege ohne Schäfer? Ergebnisse aus dem Pilotprojekt „Biodiversität und Energieholz“

Das von der Naturstiftung David und ihren Partnern durchgeführte Modell-Projekt „Biodiversität und Energieholz“ untersucht durch praktische Umsetzung, wie der Erhalt von wertvollen Offenlandlebensräumen mit ihren seltenen Arten und die energetische Nutzung von Landschaftspflegeholz verbunden werden kann. Während der 3,5-jährigen Projektlaufzeit werden seit Mitte 2009 auf bis zu 34 Flächen in Brandenburg und Thüringen verschiedene Methoden der Holzernte mit dem Ziel der Kostenreduktion erprobt und hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit und Naturverträglichkeit praxisnah untersucht. Durch die modellhafte Beerntung der Flächen soll eine belastbare Datenbasis für konkrete Optimierungen der Maßnahmen-Abstimmungen sowie zur Abschätzung des Biomassepotenzials, der Verfahrenstechnik und Wirtschaftlichkeit, der Qualität des Landschaftspflegeholzes und der Treibhausgasbilanz der Verfahrensketten geschaffen werden. Wissenschaftlich begleitet werden die Maßnahmen von einer naturschutzfachlichen Effizienzkontrolle, auch zur Abschätzung der Technikfolgen. Ein weiterer Teil des Projektes untersucht die Erhaltung naturschutzfachlich wertvoller Lebensräume mit der besonderen Erschwernis der Munitionsbelastung (aufgegebene Truppenübungsplätze). Bisher wurde auf 25 Flächen die Freistellung abgeschlossen. Im Rahmen des Projektes hat sich aus der Verknüpfung des Erhalts der naturschutzfachlich wertvollen Biotope in der Kulturlandschaft mit einer energetischen Nutzung des Landschaftspflegeholzes bereits nach den ersten Maßnahmenumsetzungen ein positiver Mehrwert gezeigt. Auch wenn eine kostendeckende Refinanzierung von Freistellungsmaßnahmen durch den Verkauf der holzigen Biomasse als Hackschnittel derzeit nur in Ausnahmefällen möglich ist (hohe Biomassemenge besonders durch stärkere Bäume, leichte Bearbeitung der Fläche), kommt es doch zu einer deutlichen Kostenreduktion.

### Zusammenfassung

### **Landscape management without shepherd? – Results based on the pilot project “Biodiversity and firewood”**

The pilot project “Biodiversity and firewood” conducted by Naturstiftung David and their partners examines the use of wood from landscape management for energy production to maintain the natural value of open habitats with their important biodiversity in cultural landscapes. Since 2009, different methods of timber harvesting have been tested on up to 34 areas in Brandenburg and Thuringia – with a special focus on cost reduction, economic efficiency and environmental compatibility. Based on experiences and results of the different harvesting measures a broad dataset should be a framework for optimization of agreements, estimation of woody biomass, process technology and economic efficiency, reduction of greenhouse gases and quality of wood from landscape management. All measures were accompanied by scientific investigations in terms of control of success for species richness etc. (vegetation survey and faunistic investigations) and effects of using different harvesting technology. Also the investigation of nature conservation efforts to maintain valuable open habitats on decommissioned military training areas with contamination of ammunition is part of the project. So far, the woody biomass is already harvested on 25 areas.

### Abstract

The project shows the benefit of combining efforts to maintain open habitats in our cultural landscape with using harvested woody biomass as fuel wood. This benefit was visible already after the first few measures – economically and ecologically. Even if the economic returns are only exceptionally completely cost-covering (high amount of biomass, especially out of trees, good conditions of the area for harvesting woody biomass), the total cost to maintain the high natural value of the open habitats is reduced.

## 1

## Einleitung

In den letzten Jahrzehnten wurde insbesondere auf landwirtschaftlich wenig rentablen Flächen, die naturschutzfachlich meist von hoher Bedeutung sind, die Nutzung zeitweise oder vollkommen eingestellt. Als Folge wachsen Gehölze auf, was zu einem Verlust an biologischer Vielfalt auf den ehemals mit Schafen und Ziegen beweideten Offenlandlebensräumen führen kann. Dieser Rückgang kann nur durch eine nachhaltige Nutzung der Lebensräume aufgehalten werden (BFN 2007, KATHKE et al. 2012). Der zunehmende Bedarf an Holz für Heizzwecke oder zur Verstromung und die damit drohende „Holzlücke“ (THRÄN et al. 2011) bietet die Chance, das in diesen Lebensräumen wachsende holzige Material energetisch nutzbar zu machen. Im von der Naturstiftung David durchgeführten 3,5-jährigen Modellprojekt wird deshalb durch praktische Umsetzung untersucht, wie der Erhalt von naturschutzfachlich wertvollen Offenlandlebensräumen und die energetische Nutzung von Landschaftspflegeholz verbunden werden können. Seit Mitte 2009 werden auf bis zu 34 Flächen in Brandenburg und Thüringen verschiedene Methoden der Holzernte erprobt (CONRADY et al. 2010, 2012, JOHST et al. 2010, NATURSTIFTUNG DAVID 2011, RUNGE et al. 2010). Hierbei gibt es jedoch vielfältige Herausforderungen. Beispielsweise mangelt es an Erfahrung mit unterschiedlichen Verfahrensketten, die für eine effiziente und kostengünstige Freistellung notwendig sind. Weiterhin sind auf Seiten des Naturschutzes teilweise Vorbehalte gegenüber der Technikauswirkung und der Maßnahmeneffizienz vorhanden.

Das Projekt „Energieholz und Biodiversität“ wird durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit im Rahmen des Förderprogramms „Energetische Biomassennutzung“ der Klimaschutz-Initiative der Bundesregierung, durch den NaturSchutzFonds Brandenburg sowie das Land Brandenburg und den Freistaat Thüringen, jeweils im Rahmen von EU-kofinanzierten Programmen gefördert.

## 2

## Die Ergebnisse am Beispiel von zwei ausgewählten Modell- flächen

Die Abb. 1 gibt einen Überblick über die Lage der 34 ausgesuchten Modellflächen. Neun Flächen liegen in Brandenburg, davon acht im Landkreis Uckermark und eine Modellfläche in Landkreis Spree-Neiße (munitionsbelastete Modellfläche „Reicherskreuzer Heide“ auf dem ehemaligen Truppenübungsplatz „Lieberose“). In Thüringen liegen 25 Modellflächen, verteilt auf die Landkreise Kyffhäuser (6), Nordhausen (1), Sömmerda (1), Unstrut-Hainich (4), Ilm (2), Wartburg (2), Hildburghausen (5), Saale-Orla (1), Greiz (1) und die Stadt Suhl (3).

Tab. 1:  
Anzahl der Modellflächen je  
Biotoptyp in Thüringen (TH) und  
Brandenburg (BB)

Biotoptyp	Anzahl in TH	Anzahl in BB	Gesamt
Sand-Trockenrasen	-	6	6
Halb-Trockenrasen	9	-	9
Heide	2	1	3
Hecke	1	2	3
Mesophiles Grünland	7	-	7
Lesesteinriegel	2	-	2
Streuobstwiese	4	-	4
<b>Summe</b>	<b>25</b>	<b>9</b>	<b>34</b>

Abb. 1:  
Übersicht über die Lage der  
34 Modellflächen in den  
Bundesländern Thüringen und  
Brandenburg sowie die Lage der  
ausgesuchten Beispielflächen



An Biotoptypen überwiegen die Trockenrasen mit 15 Modellflächen (Tab. 1). Sechs Sand-Trockenrasen liegen in Brandenburg, neun Halb-Trockenrasen in Thüringen. Weiterhin häufig sind mesophile Grünländer. Aber auch zugewachsene Heiden, Lesesteinriegel, Streuobstbestände sowie überalterte Hecken wurden beprobt.

**2.1 Vorstellung der ausgewählten Modellflächen**

Die ersten Ergebnisse des Vorhabens sollen am Beispiel von zwei ausgesuchten Modellflächen (Abb. 1) vorgestellt werden, am Halb-Trockenrasen (teilweise mit lückigem Streuobst-Bestand) „Rainberg“ in Thüringen und am Sand-Trockenrasen „Charlottenhöhe“ in Brandenburg. Der „Rainberg“ liegt im Landkreis Sömmerda, rund 2 km westlich von Frömmstedt, an der Grenze zum Unstrut-Hainich-Kreis.

Der Sand-Trockenrasen „Charlottenhöhe“ liegt im Landkreis Uckermark bei Schmachtenhagen, rund 6 km südwestlich von Prenzlau.

In der Tab. 2 wurden die charakteristischen Merkmale beider Modellflächen zusammengestellt. Die Modellfläche umfasst die Gesamtfläche mit unbestockten Teilbereichen, während die Maßnahmefläche die Gehölzbestandenen Teilflächen wiedergibt.

Flächen-Merkmal	„Rainberg“	„Charlottenhöhe“
Biotoptyp	Halb-Trockenrasen, Streuobstwiese	Sand-Trockenrasen
Schutzstatus	§ 30 (BNatSchG), § 18 (ThürNatG)	Natura-2000-Gebiet, NSG
Größe Modellfläche	10,0 ha	10,0 ha
Größe Maßnahmefläche	9,8 ha	7,3 ha
Anzahl Eigentümer	> 10	1
Zeitpunkt Beerntung	Winterhalbjahr 2009/10	Winterhalbjahr 2010/11
Folgenutzung	Beweidung mit Schafen und Rindern	Beweidung mit Schafen

Tab. 2: Merkmale der ausgesuchten Modellflächen „Rainberg“ in Thüringen und „Charlottenhöhe“ in Brandenburg

**2.2. Abstimmung der Maßnahmen**

In der Tab. 3 sind die Zeitaufwände für die Abstimmung der Maßnahme beginnend mit der Vorbesprechung und Konzeptentwicklung bis hin zur Abnahme der Maßnahmenumsetzung für die beiden ausgesuchten Modellflächen aufgeführt. Auf beiden Modellflächen war der Zeitaufwand mit 93 bzw. 68 Stunden im Vergleich zu den anderen Modellflächen im Projekt überschaubar. Der erhöhte Abstimmungsaufwand für den „Rainberg“ ist ausschließlich auf die höhere Anzahl an Flächeneigentümern (5-10 Eigentümer) und der dadurch erhöhte Zeitaufwand für die Eigentümerrecherche und -abstimmung zurückzuführen.

Die Abstimmung wird erheblich zeitaufwändiger, wenn der Gehölzbewuchs auf der Modellfläche als Wald eingestuft wird und deshalb ein Antrag auf Nutzungsartenänderung gestellt werden muss. Das Thüringer Waldgesetz (ThürWaldG) erlaubt nach § 10, Abs. 3 eine ersatzlose Änderung der Nutzungsart, wenn im Rahmen einer Schutzgebietsausweisung oder eines Pflege- und Entwicklungsplans eine Pflegemaßnahme durchgeführt wird. Allerdings können diese Anträge nur mit schriftlicher Zustimmung des Flächeneigentümers in Verbindung mit einem Nachweis des Eigentumsrechtes gestellt werden. Ist gleichzeitig das Grundbuch nicht aktualisiert, sind damit die aktuellen Flächeneigentümer nicht im Grundbuch eingetragen, steigt der Arbeitsaufwand für die Abstimmung der Maßnahmenumsetzung leicht auf über 600 Stunden für eine Modellfläche. Gleichermaßen arbeitsintensiv ist die Lösung der häufig auftretenden Konflikte während der Maßnahmenumsetzung. Auch bei optimaler Maßnahmenabstimmung ergeben sich häufig Konflikte, sobald die Freistellung mit Technik auf der Fläche beginnt. Für die Lösung dieser Konflikte sind Ortstermine, schriftliche Stellungnahmen bis hin zu Projektvorträgen erforderlich.

Tab. 3:  
Zeitaufwand (Stunden) für notwendige Abstimmungsschritte zur Beerntung des Gehölzaufwuchses auf den beiden Modellflächen „Rainberg“ in Thüringen und „Charlottenhöhe“ in Brandenburg (UNB = Untere Naturschutzbehörde, UFB = Untere Forstbehörde).

Arbeitsschritt	„Rainberg“			„Charlottenhöhe“		
	Stiftung	UNB	Gesamt	Stiftung	UNB	Gesamt
Vorbesprechung	6	3	9	2	1	3
Konzeptentwicklung	3	1	4	2	1	3
Ortstermine UNB/UFB	4	4	8	4	4	8
Eigentümerrecherche	0	6	6	0	1	1
Eigentümerabstimmung	2	12	14	0	1	1
Ortstermine Eigentümer	0	0	0	0	0	0
Antrag Nutzungsartenänderung	0	0	0	0	0	0
Ausschreibung + Vergabe	40	0	40	40	0	40
Kontrolle Maßnahmenumsetzung	4	2	6	0	6	6
Konfliktlösung/Vorrottermine	0	0	0	0	0	0
Abnahme der Maßnahmen	4	2	6	3	3	6
<b>Summe</b>	<b>64</b>	<b>29</b>	<b>93</b>	<b>51</b>	<b>17</b>	<b>68</b>

Als Zwischenbilanz für das Teilprojekt „Abstimmung“ lässt sich festhalten:

1. Der Abstimmungsaufwand für die Freistellung der Flächen ist hoch und unter den augenblicklichen Voraussetzungen auch nur bedingt reduzierbar.
2. Jede Modellfläche ist ein Unikat und erfordert deshalb ein individuelles Vorgehen, das mit den regionalen Akteuren abgestimmt werden sollte, da so Zeit gespart werden kann.
3. Durch die Beteiligung sehr vieler unterschiedlicher Akteure kommt es häufig zu Konflikten bei der Freistellung. Diese sind aber lösbar, teilweise allerdings mit erheblichem Zeitaufwand.
4. Eine erhebliche Vereinfachung der Abstimmung ist erreichbar, wenn es gelingen würde, auf die Anträge zur Nutzungsartenänderung zu verzichten (Lösung auf politischer Ebene).

Es muss darauf hingewiesen werden, dass die Abstimmungen auch dann erforderlich wären, wenn die Dendrobiomasse nicht energetisch genutzt würde – die Energieholznutzung erfordert also keinen Abstimmungsmehraufwand. Um jedoch die Nutzung von holziger Biomasse aus der Landschaftspflege breiter als bisher anzuwenden und regionale Wertschöpfungsketten zu etablieren, muss es gelingen den Abstimmungsaufwand insgesamt deutlich zu reduzieren. Ohne die zeitaufwendige Unterstützung durch die zuständige Untere Naturschutzbehörde wäre die Nutzung von Landschaftspflegeholz für einen Unternehmer wirtschaftlich derzeit nicht darstellbar.

### 2.3 Bestimmung der Dendrobiomasse

Die Abschätzung der zu entnehmenden Gehölzbiomasse ist erforderlich, damit Unternehmer Aufwand und Ertrag sicher abschätzen und ein realistisches Angebot abgeben können (z. B. Erlöse aus dem Verkauf der Hackschnitzel). Da für eine Abschätzung des überwiegend gebüschartigen Holzaufwuchses keine erprobten Verfahren bestehen, werden im Pilotprojekt drei unterschiedlich Methoden auf ihre Eignung geprüft:

1. Als aus der Forstwirtschaft bekanntes Vorgehen ein forstliches Stichprobenverfahren.
2. Als weiter zu entwickelndes Vorgehen ein Referenzflächenverfahren.
3. Als neues Vorgehen ein luftbildgestütztes Verfahren mittels Drohnenbefliegung (OktoKopter).

Auf den Modellflächen „Rainberg“ und „Charlottenhöhe“ wurde das erste und zweite Verfahren erprobt. Die Ergebnisse zeigen, dass das forstliche Stichprobenverfahren die tatsächliche Gehölzbiomasse auf der Fläche „Rainberg“ um 24 % unterschätzte, das Referenzflächenverfahren auf der Fläche „Charlottenhöhe“ die Biomasse um 7 % überschätzte (Tab. 4).

Die Ergebnisse von anderen Modellflächen bestätigen, dass das Stichprobenverfahren zur Schätzung gebüschgeprägter Biomasse keine Alternative ist. Der Fehler des Referenzflächenverfahrens

Tab. 4:  
Nach zwei unterschiedlichen Methoden geschätzte Dendromasse auf den Modellflächen „Rainberg“ und „Charlottenhöhe“ im Vergleich zur tatsächlich geernteten holzigen Biomasse.

Verfahren	„Rainberg“	„Charlottenhöhe“
Stichprobenverfahren	768 Srm	-
Referenzflächenverfahren	-	772 Srm
Tatsächlich geerntete Biomasse	953 Srm	720 Srm

schwankt innerhalb 10 %, in Einzelfällen bis maximal 20 % um die tatsächlich geerntete Dendromasse. Aufgrund der Genauigkeit wird dieses Verfahren weiterentwickelt und dient als Grundlage, um mit Projektende einfache Biomassetafeln zu erarbeiten. Die Tafeln sollen die Biomasse unterschiedlich dimensionierter Gehölze (Höhe, Durchmesser) bei verschieden hohem Deckungsgrad darstellen und eine Schätzhilfe zur einfachen Biomassebestimmung im Gelände sein.

**2.4 Verfahrensketten und Ökonomie**

**2.4.1 Eingesetzte Verfahrensketten**

Auf den beiden Trockenrasen wurden folgende Verfahrensketten eingesetzt (Abb. 2–5):

1. Halb-Trockenrasen „Rainberg“ (Abb. 2–3): Die Holzernte erfolgte motormanuell mit Motorsäge. Die abgeschnittenen Gehölze wurden manuell an Arbeitslinien vorkonzentriert, dort von einem Forwarder in den Rungenkorb verladen und über eine mittlere Entfernung von 600 m zum Polterplatz an einem für die wenig geländegängigen LKW gut erreichbaren Südhang transportiert und abgelagert. Etwa 2 Wochen nach Beendigung der Rückung wurde das Holz gehackt und über eine Entfernung von 29 km mit LKW (Container) zum Endabnehmer transportiert (Heizwerk).
2. Sand-Trockenrasen „Charlottenhöhe“ (Abb. 4–5): Die Holzernte wurde hochmechanisiert mit einem Schwachholz-Fällkopf am Forwarder begonnen, der das geschnittene Holz im Rungenkorb ablegte. Da der Durchmesser des zu fällenden Holzes allerdings zu gering war, arbeitete diese Technologie nicht effizient. Deshalb wurde im laufenden Verfahren auf eine motormanuelle Ernte umgestellt. Mit einem Forwarder wurde das Holz an die Arbeitsgasse vorgerückt, in den Rungenkorb geladen und zum durchschnittlich 380 m entfernten Polterplatz transportiert. Nach Beendigung der Rückung wurde das Holz gehackt und mit LKW (Container) zum 35 km entfernt liegenden Heizwerk transportiert.

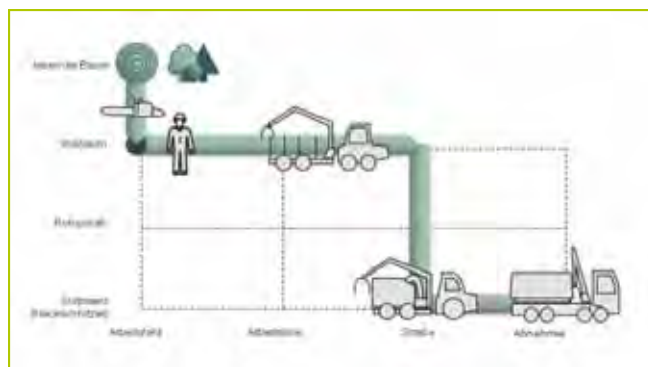


Abb. 2: Piktogramm über die Arbeitsabläufe der Flächenbeerntung auf dem Halb-Trockenrasen „Rainberg“ als Beispiel für ein motormanuelles Ernteverfahren (Thüringen; Grafik: Findeisen & Partner).

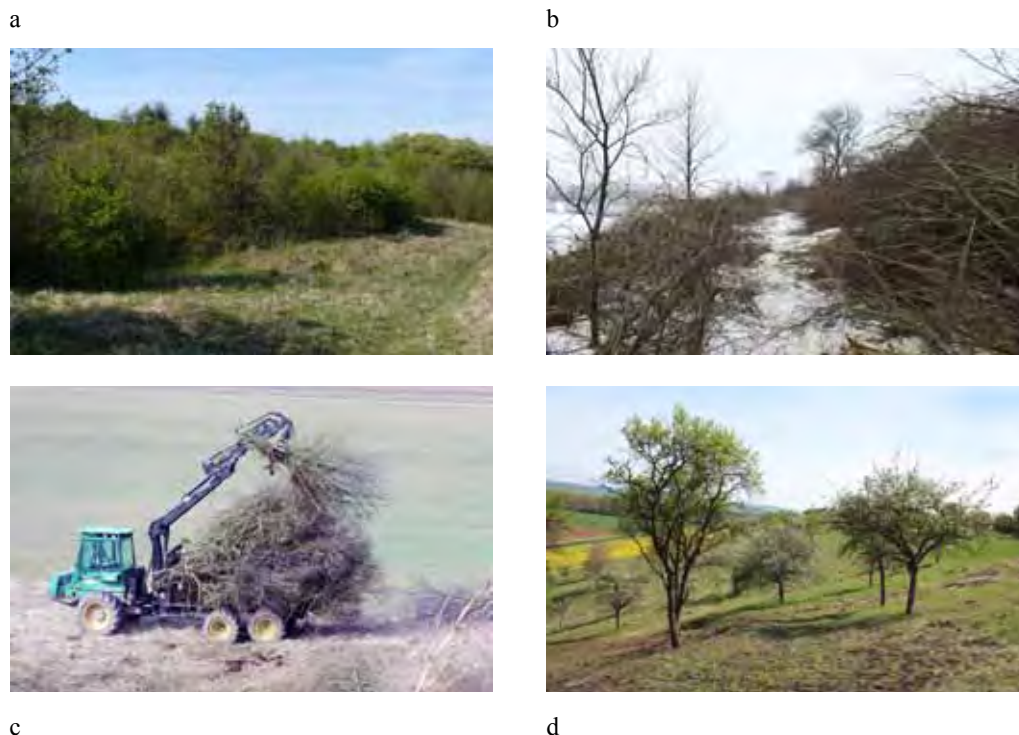


Abb. 3: a-d: Der Halb-Trockenrasen „Rainberg“ vor (a), während (b = vorkonzentriertes Holz an Arbeitsgassen) c = Aufladen mit Forwarder und nach der Beerntung (d) (Fotos a, d: Naturstiftung David; b, c: Marcel Raube).



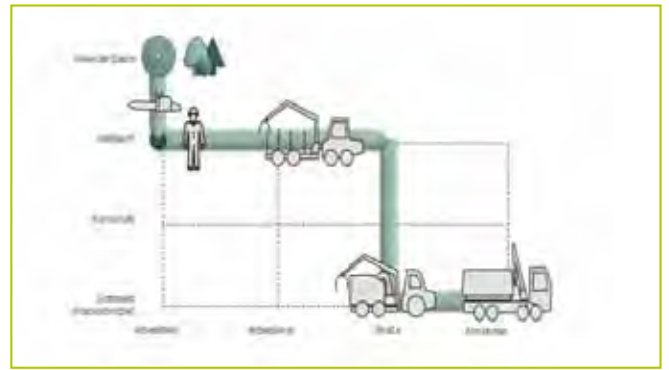
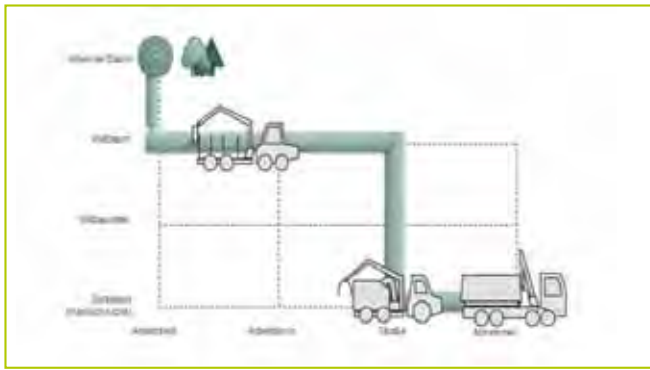


Abb. 4: Piktogramme über die Arbeitsabläufe der Flächenbeerntung auf dem Sand-Trockenrasen „Charlottenhöhe“ als Beispiel für ein hochmechanisiertes und ein motormanuelles Ernteverfahren (Brandenburg; Grafik: Findeisen & Partner).

Abb. 5: Der Sand-Trockenrasen „Charlottenhöhe“ vor und nach der Beerntung (Fotos: Naturstiftung David).



#### 2.4.2 Die Ökonomie der Maßnahmen

Die Tab. 5 zeigt die Ökonomie beider Maßnahmen, dargestellt anhand der Kosten für die einzelnen Arbeitsschritte im Vergleich zum bisher üblichen Verbrennen der holzigen Biomasse. Durch die energetische Verwertung des geernteten Holzes konnten rund 20 % („Rainberg“; 720 €/ha) bzw. 28 % („Charlottenhöhe“; 700 €/ha) der Kosten eingespart werden.

Ein Vergleich der Ökonomie bei energetischer Nutzung zwischen beiden Modellflächen zeigt mit 30,36 €/Srm auf dem „Rainberg“ und 18,81 €/Srm auf der Fläche „Charlottenhöhe“ erhebliche Kostenunterschiede, die folgendermaßen zu erklären sind:

1. Die manuelle Holzernte und manuelle Vorkonzentration verursachte deutlich höhere Kosten im Vergleich zur hochmechanisierten Ernte und Vorrücken.

Tab. 5: Kosten für die einzelnen Arbeitsschritte der Energieholzernte (€/Srm) auf den Modellflächen „Rainberg“ und „Charlottenhöhe“ im Vergleich zum Verbrennen der Dendromasse auf der Fläche.

Arbeitsschritte	Rainberg		Charlottenhöhe	
	Energieholz	Brennen	Energieholz	Brennen
Motormanuelle Holzernte	-12,88	-12,88	-6,95	-6,95
Hochmechanisierte Holzernte			-3,34	-3,34
Vorkonzentration Arbeitslinie	-10,05	-10,05	-6,10	-6,10
Transport Arbeitslinie – Polterplatz	-4,56		-6,67	
Hacken und Befüllen Container	-4,00		-3,00	
Transport LKW (Container) Endabnehmer	-2,50		-2,00	
Räumen zu Haufen/Vorschneiden		-9,34		-6,15
Brennen		-2,13		-2,05
Nacharbeiten/Baustellenräumung	-3,37	-3,37	-1,25	-1,25
Einnahme Hackschnitzelverkauf	+7,00		+10,50	
<b>Gesamt</b>	<b>-30,36</b>	<b>-37,77</b>	<b>-18,81</b>	<b>-25,84</b>

2. Trotz des umfangreicheren Technik-Transports auf die Fläche fallen die Kosten für die Baustelleneinrichtung und -räumung bei der hochmechanisierter Verfahrenskette deutlich niedriger aus. Dies ist im hohen Aufwand für die Nachräumung des Holzigen Restmaterials auf dem „Rainberg“ begründet.
3. Der erzielte Preis für den Schüttraummeter Hackschnitzel lag auf „Charlottenhöhe“ erheblich über dem auf „Rainberg“.

#### 2.4.3 Zwischenbilanz für Verfahrensketten und Ökonomie

Zusammenfassend kann folgende Zwischenbilanz für das Teilprojekt Verfahrensketten und die Ökonomie am Beispiel der beiden Maßnahmen gezogen werden:

1. Es ist kaum an die Flächenvoraussetzungen angepasste Spezialtechnik für die Arbeitsschritte „Ernte“, „Vorrücken“ und „Transport Arbeitslinie – Polterplatz“ vorhanden. Auf den Trockenrasen überwiegen Schwachholzsortimente, die Flächen liegen i. d. R. in Hanglagen und haben ein sehr bewegtes Mikrorelief. Diese Besonderheiten stellen gehobene Ansprüche an die Verfahrenstechnik. Teilweise kann die vorhandene Technik aber mit geringem Aufwand verbessert werden.
2. Die Unternehmen verfügen – wenn überhaupt – nur über wenig Erfahrung mit der Freistellung naturschutzfachlich wertvoller Offenland-Lebensräume. Vor diesem Hintergrund ist es beispielsweise schon bei Ernte, Vorrücken und Transport des Holzes von der Fläche wichtig, die Restholzaufgabe so gering wie möglich zu halten, da eine meist manuell durchzuführende Nachräumung teuer ist. Über diese Erfahrungen verfügen die Unternehmen nicht.
3. Die ökonomische Bilanz ist im Vergleich zu den Alternativen grundsätzlich positiv.
4. Potenzial für Einsparung bzw. Kostenreduktion ist vorhanden.

### 2.5 Qualitätsmerkmale der Hackschnitzel

Analysen für die Qualitätsmerkmale der Hackschnitzel liegen nur vom Halb-Trockenrasen „Rainberg“ vor. Wassergehalt (32,7 %), unterer Heizwert (17,59 MJ/kg Trockenmasse [TM]) und Schüttdichte (200 kg/m<sup>3</sup>) entsprechen den Werten von Hackschnitzeln aus Waldrestholz bzw. erreichen bessere Werte. Die durchschnittliche Partikelgröße fällt dagegen mit 9,6 mm (Median) klein aus. Auffällig ist dabei ein hoher Anteil kleiner und sehr großer Partikel, der für die Zuführung in den Verbrennungsprozess problematisch sein kann (CONRADY et al. 2012). Vergleichsweise hoch fällt der Rohasche-Anteil an der TM (3,51 %), der Stickstoff-Anteil an der TM (0,37 %) sowie der Anteil verschlackungsrelevanter Elemente an der TM (1,05 %) aus. Diese Werte sind auf den hohen Rindenanteil an den Hackschnitzeln zurückzuführen.

Zusammenfassend lassen sich folgende Tendenzen für die Qualitätsmerkmale der Hackschnitzel festhalten:

1. Die Werte für die chemisch-stofflichen Parameter Rohasche, Stickstoff und verschlackungsrelevante Elemente lassen sich durch den hohen Rindenanteil kaum optimieren. Möglicherweise kann durch eine verstärkte Vortrocknung des Holzes (längere Lagerung auf einem südexponierten Hang) der Rindenanteil verringert werden.
2. Das Potenzial für eine Qualitätsverbesserung der Stückigkeit der Hackschnitzel sollte durch die Verwendung optimalerer Hackertechnologien dringend untersucht werden.
3. Der Wassergehalt und die Stückigkeit entscheiden über die Höhe des Verkaufspreises. Der Wassergehalt kann höchstwahrscheinlich durch die Lage des Polterplatzes an einem Südhang und die Länge der Lagerung der Hackschnitzel noch optimiert werden. Hierzu sind zusätzliche Untersuchungen erforderlich. Durch entsprechende Verbesserungen könnte ein Verkaufspreis von über 20 €/Srm (anstelle der beim „Rainberg“ erzielten 7 €/Srm) und damit ein erheblich höherer Deckungsbeitrag erzielt werden.

### 2.6 Treibhausgasbilanzen

Für beide auf den Modellflächen eingesetzten Verfahrensketten liegen Treibhausgasbilanzen vor (Tab. 6). Die Bilanzierung der Emissionen an Treibhausgasen (THG) erfolgt mithilfe der Ökobilanzierung (Life Cycle Analysis, LCA) durch das Deutsche Biomasseforschungszentrum. Für die Erstellung der Bilanz bestehen die international gültigen Normen ISO 14040 bis ISO 14043.

Der Vergleich der THG-Emissionen zwischen den beiden Verfahrensketten zeigt höhere Werte für die Arbeitsschritte „Vorkonzentration an der Arbeitslinie“ und „Transport Arbeitslinie – Polterplatz“ auf „Charlottenhöhe“ (mittlere Transportentfernung Arbeitslinie – Polterplatz = 380 m) im Vergleich zum „Rainberg“ (mittlere Transportentfernung = 600 m; vgl. Kap. 2.4.1). Auf dem „Rainberg“ er-

folgte die Vorkonzentration an der Arbeitslinie manuell, auf „Charlottenhöhe“ dagegen mit einem Forwarder. Die Rückung wurde auf beiden Flächen mit einem Forwarder durchgeführt. Die vergleichsweise hohen THG-Emissionen für das Rücken des Holzes erklären sich vor allem durch die hohe Anzahl an notwendigen Fahrten des Forwarders, da pro Fahrt nur maximal 6,5 Srm transportiert werden können. Die geernteten Gebüsche und bekrönten Bäume sind sperrig und können mit der Forwarder-Technologie nicht kostensparend komprimiert werden (vgl. Abb. 3c).

Insgesamt gesehen verbrauchten die Verfahrensketten aber mit 1,72 % („Rainberg“) und 3,87 % („Charlottenhöhe“) gemessen am CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzial (Bezug fossile Wärmeerzeugung) einen nur geringen Anteil. Mit der auf dem „Rainberg“ geernteten Hackschnitzelmenge von 952 Schüttraummeter (Srm) kann die Wärmeversorgung von 31 mit fossilen Energieträgern (Heizöl) beheizten Einfamilienhäusern (12 kW Heizlast) ein Jahr lang abgedeckt werden, die auf dem Sand-Trockenrasen „Charlottenhöhe“ geernteten Hackschnitzelmenge von 720 Srm reicht für die Wärmeversorgung von 23 Einfamilienhäusern über ein Jahr aus.

Tab. 6:  
Treibhausgas-Emissionen (kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente/Srm) der Verfahrensketten auf dem Halb-Trockenrasen „Rainberg“ (Thüringen) und dem Sand-Trockenrasen „Charlottenhöhe“ (Brandenburg) im Vergleich zum Einsparpotenzial durch Verwendung der Hackschnitzel zur Wärmeerzeugung  
(<sup>1</sup>: angenommene Dichte von 330 kg/Srm und ein Heizwert von 15 MJ/kg.)

Arbeitsschritte	Rainberg	Charlottenhöhe
1. Motormanuelle Holzernte	0,85	0,40
2. Hochmechanische Holzernte		1,15
3. Vorkonzentration an Arbeitslinie		5,35
4. Transport Arbeitslinie – Polterplatz	2,69	4,02
5. Hacken und Befüllen Container	1,70	1,72
6. Transport mit LKW (Container)	0,87	0,78
7. Nacharbeiten/Baustellenräumung		0,27
<b>CO<sub>2</sub>-Emissionen Verfahrenskette gesamt</b>	<b>+ 6,11</b>	<b>+ 13,69</b>
<b>Einsparung CO<sub>2</sub>-Äquivalente<sup>1</sup></b>	<b>- 354,69</b>	<b>- 354,69</b>
<b>Gesamtbilanz</b>	<b>- 348,58</b>	<b>- 341,00</b>

## 2.7 Naturschutzfachliche Erfolgskontrolle und Technikfolgen-Abschätzung

Naturschutzfachliche Effekte der Maßnahmen sowie die Technikfolgen werden vegetationskundlich und tierökologisch untersucht.

### 2.7.1 Naturschutzfachliche Erfolgskontrolle

Die ökologische Effizienz der realisierten Maßnahmen wird durch eine standardisierte naturschutzfachliche Erfolgskontrolle erfasst und bewertet. Dazu wird vor einer Maßnahme in Abhängigkeit von der Festlegung des Ziel-Lebensraumes ein idealer Ziel-Flächenzustand festgelegt. Vor der Freistellung wird der *Status quo* einer Fläche mit Hilfe des Nachweises und der Häufigkeit von Leit- und Zielarten entsprechend des definierten Zielzustandes der Fläche ermittelt. Nach Durchführung der Maßnahme erfolgt jährlich eine erneute Untersuchung, um die Effekte der durchgeführten Freistellung zu dokumentieren.

Die Zielbiotope der Modellflächen „Rainberg“ und „Charlottenhöhe“ sind Halb-Trockenrasen, teilweise mit lückigem Streuobst-Bestand, bzw. Sand-Trockenrasen mit den entsprechenden Leit- und Zielarten. Die vegetationskundliche Bewertung erfolgt anhand des Vorkommens sowie des Deckungsgrades von Zielarten in der Krautschicht. Die zoologischen Leitarten differieren nicht nur zwischen den Biototypen, sondern teilweise auch zwischen den Modellflächen (aufgrund von Berücksichtigung regionaler Differenzen in der Verbreitung von Leitarten und Größe der Maßnahmeflächen).

#### *Halb-Trockenrasen „Rainberg“*

Der „Rainberg“ wurde vor der Freistellung im Jahr 2009 vegetationskundlich mit der Kategorie „Zielbiotop nicht ausgeprägt“ und nach der Freistellung im Winterhalbjahr 2009/2010 mit der Kategorie „Zielbiotop kaum ausgeprägt“ bewertet. In der ersten Vegetationsperiode nach Freistellung (Jahr 2010) konnte eine Zunahme der Krautschicht verzeichnet werden (Tab. 7). Neben einer leichten Zunahme von charakteristischen Arten der Halbtrockenrasen war insbesondere im westlichen Bereich des Hanges ein verstärktes Auftreten von Ruderalarten zu erkennen. In der zweiten Vegetationsperiode nach Freistellung (Jahr 2011) wurden kaum Veränderungen gegenüber dem Vorjahr



hinsichtlich der Deckung der Gehölzschichten, der Anzahl der charakteristischen Arten und deren Deckung in der Krautschicht festgestellt. Die im Mittel ca. 15 % deckende Strauchschicht bestand im Wesentlichen aus nach der Freistellung wieder ausgetriebenen Gehölzen. Aufgrund des vorhandenen Artenpools in den verbliebenen Offenlandbereichen weist die Fläche allerdings ein gutes Entwicklungspotenzial in Richtung des Zielbiotops auf. Wichtig ist jedoch, die Gehölzdeckung durch geeignete Pflegemaßnahmen zu verringern. Neben einer entsprechenden Umstellung im Beweidungsmanagement sollte deshalb eine Schwächung des Wiederaustriebvermögens der Gehölze zusätzlich durch mechanische Maßnahmen erreicht werden.

Die tierökologische Entwicklung des „Rainbergs“ wurde mithilfe von Leitarten der Biotoptypen „Halb-Trockenrasen“ und „Streuobstwiese“ aus den Gruppen Tagfalter und Widderchen, Heuschrecken und Vögel bestimmt. Es muss darauf hingewiesen werden, dass durch einen verspäteten Start in der Vegetationsperiode die Artenausstattung vor der Freistellung nur unzureichend untersucht werden konnte. Demnach wurde vor Freistellung keine Leitart innerhalb der Untersuchungstransecte erfasst. Ein Jahr nach der Beerntung konnten 11 und zwei Jahre danach 13 Leitarten in den Transecten nachgewiesen (Bewertung der Habitatannahme Kategorie „gut“). Durch die Durchführung der Maßnahme verbesserten sich die Habitatstrukturen für die Leitarten erheblich. Wurden vor der Freistellung die Habitatausstattungen als „gut“ bis „schlecht“ eingeschätzt, so konnte zwei Jahre nach Freistellung für die überwiegenden Anzahl der Leitarten von einer „guten“, für zwei Leitarten sogar von einer „sehr guten“ Verfügbarkeit der Habitatanprüche ausgegangen werden (Tab. 8). Bei den Vogelarten Stieglitz (*Carduelis carduelis*) und Schwarzkehlchen (*Saxicola rubicola*) ist durch das Aufkommen von hochwüchsiger Staudenvegetation auf den Ruderalflächen, welche als Ansitz- oder Singwarten genutzt werden könnten, weiterhin von einer positiven Entwicklung der Lebensräume auszugehen.

Tab. 7: Biotopstruktur und floristische Artenzusammensetzung auf den Maßnahmeflächen „Rainberg“ (Thüringen) und „Charlottenhöhe“ (Brandenburg): Mittelwerte und Standardabweichungen der einzelnen Parameter.

Parameter	Rainberg			Charlottenhöhe	
	Vor Freistellung (2009)	Jahr 1 nach Freistellung (2010)	Jahr 2 nach Freistellung (2011)	Vor Freistellung 2010	Jahr 1 nach Freistellung 2011
Gehölzschichten (gesamt) [%]	48,8 (± 17,7)	22,1 (± 12,8)	22,8 (± 13,4)	39,0 (± 17,5)	3,0 (± 5,2)
Artenanzahl (gesamt)	25,0	30,5 (± 5,5)	36,5 (± 8,5)	32,8 (± 8,5)	37,2 (± 8,2)
Krautschicht					
Deckung [%]	15,0	64,4 (± 26,0)	61,9 (± 11,3)	15,2 (± 14,0)	28,0 (± 16,4)
charakteristische Arten [%]	4,9	19,3 (± 15,5)	15,5 (± 11,3)	4,5 (± 3,7)	12,5 (± 5,3)
Artenanzahl	24,0	26,8 (± 6,0)	34,0 (± 8,7)	32,2 (± 8,5)	36,4 (± 7,9)
charakteristische Arten	7,0	8,6 (± 4,6)	10,9 (± 5,7)	15,2 (± 2,3)	17,2 (± 3,4)

Tab. 8: Leitartenzahlen in den Untersuchungstransecten und den Modellflächen „Rainberg“ (Thüringen) und „Charlottenhöhe“ (Brandenburg), sowie Bewertungen der Habitatannahme<sup>1</sup> und der Habitatausstattung<sup>2</sup>.

Parameter	Rainberg			Charlottenhöhe	
	Vor Freistellung (2009)	Jahr 1 nach Freistellung (2010)	Jahr 2 nach Freistellung (2011)	Vor Freistellung 2010	Jahr 1 nach Freistellung 2011
Anzahl Leitarten im Transect	0	11	13	3	5
Anzahl Leitarten im Modellgebiet	2	13	14	5	7
Bewertung Habitatannahme	C	A	B	B	B
Bewertung Habitatausstattung					
Anzahl Leitarten mit sehr guter Verfügbarkeit (A)	0	6	2	0	2
Anzahl Leitarten mit guter Verfügbarkeit (B)	1	7	12	2	4
Anzahl Leitarten mit schlechter Verfügbarkeit (C)	1	0	0	3	1

### 2.7.2 Sand- und Trockenrasen „Charlottenhöhe“

Die Freistellung des Sand-Trockenrasens „Charlottenhöhe“ erfolgte im Winterhalbjahr 2010/2011. Hinsichtlich Biotopstruktur und floristischer Artenzusammensetzung wurde die Fläche sowohl vor als auch nach der Freistellung der Kategorie „Zielbiotop gut ausgeprägt“ zugeordnet. Bereits vor der Freistellung (Jahr 2010) wurde die relativ hohe Anzahl von Arten der Sand- und Halbtrockenrasen als positiv bewertet. Auch nach der Freistellung konnte eine weitere positive Entwicklung verzeichnet werden (Tab. 7). Erfasst wurden eine leichte Zunahme an charakteristischen Arten sowie eine etwas erhöhte Deckung dieser Arten innerhalb der Krautschicht. Der Gehölzaufwuchs nach der Freistellung war mit nur durchschnittlich 3 % sehr gering. Als potentielle Problemart tritt auf der Maßnahmefläche *Calamagrostis epigejos* auf. Bei weiterer regelmäßiger Pflege durch Schafbeweidung weist die Fläche insgesamt aber ein sehr gutes Entwicklungspotenzial auf.

Zoologisch wurden die Leitarten aus den Gruppen Tagfalter und Widderchen, Heuschrecken und Sandlaufkäfer untersucht. Innerhalb der Untersuchungstransecte konnten vor der Maßnahme drei und im ersten Jahr nach der Freistellung fünf Leitarten nachgewiesen werden, die Habitatannahme wurde sowohl vor der Maßnahme, als auch im ersten Jahr danach als „mäßig“ eingestuft (Tab. 8). Die Habitatstrukturen haben sich für die Leitarten als Folge der Freistellung wesentlich verbessert. Für die Arten *Cicindela hybrida* und *Myrmeleotettix maculatus* kann nach der Freistellung von einer „sehr guten“ Verfügbarkeit ihrer Habitatansprüche ausgegangen werden, für vier weitere Leitarten von einer „guten“ Habitatausstattung. Einzig für die Leitart *Zygaena transalpina* wird das Angebot an Raupenfutterpflanzen im ersten Jahr nach der Freistellung als ungenügend eingeschätzt, so dass auch die Habitatausstattung nur mit „schlecht“ bewertet werden kann.

### 2.7.3 Abschätzung der Technikfolgen

Die Technikfolgen werden an den vier Parametern „vegetationsfreie Bereiche“, „Fahrspuren“, „Höhe der verbliebenen Gebüsch-/Baumstümpfe“ und „Auflage von holzigem Restmaterial“ beurteilt.

Im Vergleich zu den Ergebnissen vor Durchführung der Maßnahmen wurden nach den Freistellungen höhere Anteile von vegetationsfreien Bereichen auf den Untersuchungsflächen festgestellt (Tab. 9). Der Flächenanteil mit Fahrspuren sowie die Tiefe der Fahrspuren sind gering. Dies trifft ebenfalls für die Restholzaufgaben zu. Die auf den Flächen verbliebenen Baum-/Gebüschstümpfe waren im Mittel rund 11 bzw. 16 cm hoch.

Tab. 9:  
Mittelwerte vier verschiedener Parameter der Technikfolgen auf dem Halb-Trockenrasen „Rainberg“ (Thüringen) und dem Sand-Trockenrasen „Charlottenhöhe“ (Brandenburg).

Parameter	Rainberg	Charlottenhöhe
Vegetationsfreie Bereiche [%]	10,0	2,2
Fahrspuren Flächenanteil [%]	4,5	1,6
Tiefe (cm)	1,1	0,6
Restholzaufgabe [%]	4,0	1,3
Höhe der Baumstümpfe [cm]	11,3	16,0

### 2.7.4 Zwischenfazit Erfolgskontrolle und Technikfolgen

Bereits zum jetzigen Zeitpunkt kann festgestellt werden, dass der Erfolg der Freistellungsmaßnahmen sehr stark von der anschließenden Pflege bzw. Nutzung abhängt. Meist wurde auf Maßnahmeflächen mit guter Nährstoffversorgung, bei denen nach der Freistellung viele vegetationsfreie Bereiche vorhanden waren, ein erhöhter Anteil an Arten der Ruderal- und Segetalgesellschaften ermittelt. Auch RÖDER & KIEHL (2007) wiesen mit ihren Untersuchungen zur Ansiedlung von lebensraumtypischen Pflanzen in neu angelegten Kalkmagerrasen nach, dass in den ersten Jahren nach Umbruch von Flächen ohne Oberbodenabtrag – und damit ohne Nährstoffentzug – vor allem Ruderal- und Segetalarten dominieren. In vielen Fällen müssen die Flächen nach der Freistellung also erst durch die anschließende Nutzung in Richtung Zielbiotop entwickelt werden. Unterschieden werden sollte daher zwischen der Entwicklungspflege in den ersten Jahren nach Freistellung und einer kontinuierlichen extensiven Folgepflege. Die Notwendigkeit und die Intervalle der Entwicklungspflege sind vor allem vom Wiederaustrieb der Gehölze aber auch vom sonstigen Zustand der Flächen (z.B. Nährstoffstatus) abhängig. Je nach Rahmenbedingungen ist eine gezielte Anpassung der Entwicklungspflege notwendig. Eine Entwicklungspflege kann vorrangig mittels angepasster Beweidung, aber auch durch Mahd und/oder erneuter Gehölzentnahme erfolgen. Anschließend an die Entwicklungspflege kann nach Wiederherstellung des Zielbiotops zu einer standortangepassten, extensiven Folgenutzung übergegangen werden.

Bei den Technikfolgen ist die Höhe der verbliebenen Stümpfe als problematisch einzuschätzen. Obwohl die beiden Beispielflächen „Rainberg“ und „Charlottenhöhe“ gut von holzigem Restmaterial beräumt wurden, zeigt die Erfahrung anderer Modellflächen, dass auch die Auflagen mit holzigem Restmaterial nach Abschluss der Maßnahmen in Einzelfällen zu hoch sind. Die Menge des Holzigen Restmaterials sowie die Höhe der Baum-/Gebüschstümpfe beeinflussen die Flächenentwicklung und die Folgenutzung zumindest teilweise negativ. Besonders auf nährstoffarmen Lebensraumtypen, wie etwa Sand-Trockenrasen, können größere Mengen an holzigem Material Störstellen in der Vegetationsentwicklung hervorrufen. Dornen in holzigem Restmaterial und lange, dicht stehende Gebüschstümpfe erhöhen die Verletzungsgefahr von Schafen. Als Folge werden diese Teilflächen nicht ausreichend beweidet. Mangelnde Beweidung fördert die Entwicklung von Störstellen und das Wachstum der Stockausschläge.

Zusammenfassend können folgende Zwischenergebnisse des Vorhabens „Biodiversität und Energieholz“ festgehalten werden:

1. Naturschutzfachlich wertvolle Flächen können durch die energetische Nutzung des Holzes unter Kostenreduktion um durchschnittlich 33 % im Vergleich zu bisher üblichen Verfahrensweisen freigestellt werden.
2. Es besteht ein erhebliches Potenzial zur Kosteneinsparung: Optimierung der vorhandenen Technik und wachsende Professionalität, vor allem der Unternehmen, verringern die Kosten, die Verbesserung der Hackschnitzelqualität fördert die Erlöse.
3. Kompromisse zwischen ökonomisch machbarem und naturschutzfachlich wünschenswertem Vorgehen haben eine realistische Chance auf breite Umsetzung.
4. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Verfahrensketten erreichen im Vergleich zur CO<sub>2</sub>-Einsparung (bei Wärmeerzeugung) nur niedrige Werte.
5. Freistellungen mit Technikeinsatz sind sinnvoll und kostensparend, aber sie schaffen nur eine Voraussetzung für die anschließende Beweidung: Trockenrasen, Heiden oder artenreiche Grünlandssysteme können ohne landwirtschaftliche Folgenutzung nicht erhalten werden.
6. Deshalb sollten der Naturschutz und die Landwirtschaft die Schäfer in deutlich höherem Maß unterstützen, als aktuell üblich, denn die Erhaltung naturschutzfachlich wertvoller Offenlandlebensräume ohne Schäfer ist nicht möglich.

### 3 Zusammenfassende Bewertung

- BFN (Bundesamt für Naturschutz) (2007): Biologische Vielfalt – Das Netz des Lebens. Selbstverlag, Bonn.
- CONRADY, D., KATHKE, S., JOHST, A. & RÖSCH, W. (2010): Biodiversität und Energieholz – Die Nutzung von Energieholz als Ansatz zur Erhaltung und Entwicklung national bedeutsamer Lebensräume. In VÖSSING, A. (Hrsg.): Nationalpark-Jahrbuch Unteres Odertal **2010**, 94–100.
- CONRADY, D., KATHKE, S., JOHST, A. & RÖSCH, W. (2012): Biodiversität und Energieholz – Untersuchung zur Erhaltung national bedeutsamer Lebensräume durch Nutzung von Energieholz. Jahrbuch für Naturschutz und Landschaftspflege (Manuskript eingereicht).
- JOHST, A., KATHKE, S., CONRADY, D. & RÖSCH, W. (2010): Kulturlandschaft erhalten – Biomasse nutzen. Naturmagazin **3/2010**: 39.
- KATHKE, S., CONRADY, D., JOHST, A. & RÖSCH, W. (2012): Biodiversität und Energieholz – Die Nutzung von Energieholz als Ansatz zur Erhaltung und Entwicklung nationalbedeutsamer Lebensräume. In: BRICKWEDDE, F., STOCK, R. & WAHMHOF, W. (Hrsg.): Initiativen zum Umweltschutz **85**: 153–159.
- NATURSTIFTUNG DAVID (2011): Praktiker tauschen sich über den Erhalt östlicher Heiden aus. Natur und Landschaft **86**: 558–559.
- RÖDER, D. & KIEHL, K. (2007): Ansiedlung von lebensraumtypischen Pflanzen in neu angelegten Kalkmagerrasen. Naturschutz und Landschaftsplanung **39**: 304–309.
- RUNGE, K., HEFTER, I., KIRMER, A. & TISCHEW, S. (2010): Lebensräume im Offenland renaturieren und managen. Naturschutz und Landschaftsplanung **43**: 221–222.
- THRÄN, D., EDEL, M., PFEIFFER, J., PONITKA, J., RODE, M. & KNISPEL, S. (2011): Identifizierung strategischer Hemmnisse und Entwicklung von Lösungsansätzen zur Reduzierung der Nutzungskonkurrenzen beim weiteren Ausbau der Biomassennutzung. Report Nr. 4 (Leipzig).
- Thüringer Waldgesetz (ThürWaldG): [www.thueringen.de/de/de/forst/recht/waldgesetz/](http://www.thueringen.de/de/de/forst/recht/waldgesetz/)

### Literatur

### Anschriften der Autoren

Dr. Dierk Conrady  
Dr. Sabine Kathke  
Wolfram Rösch  
Adrian Johst  
Naturstiftung David  
Trommsdorffstr. 5  
99084 Erfurt  
DEUTSCHLAND

E-Mail: [dierk.conrady@naturstiftung-david.de](mailto:dierk.conrady@naturstiftung-david.de)

Karen Runge  
Prof. Dr. Annett Baasch  
Hochschule Anhalt (FH)  
Fachbereich 1 (LOEL)  
Strenzfelder Allee 28  
06406 Bernburg  
DEUTSCHLAND

E-Mail: [karen.runge@loel.hs-anhalt.de](mailto:karen.runge@loel.hs-anhalt.de)

Valeska Krebs  
Prof. Dr. Norbert Grosser  
Fakultät Landschaftsarchitektur, Gartenbau und Forst  
Fachhochschule Erfurt  
Leipziger Str. 77  
99085 Erfurt  
DEUTSCHLAND

E-Mail: [grosser-norbert@t-online.de](mailto:grosser-norbert@t-online.de)

Prof. Erik Findeisen  
Forsttechnisches Ingenieur- und Sachverständigenbüro  
Herderstr. 42  
98693 Ilmenau  
DEUTSCHLAND

E-Mail: [e.findeisen@forsttechnik-beratung.de](mailto:e.findeisen@forsttechnik-beratung.de)

Thomas Hering  
Christian Weiser  
Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft  
Zentrum nachwachsende Rohstoffe  
Apoldaer Str. 4  
07778 Dornburg  
DEUTSCHLAND

E-Mail: [t.hering@dornburg.tll.de](mailto:t.hering@dornburg.tll.de)