

Technische Universität München

Wissenschaftszentrum Weihenstephan  
Ingenieurwissenschaften für Lebensmittel und biogene Rohstoffe



Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik

*Telemetrische Erfassung von Standort- und Verhaltensdaten  
extensiv gehaltener Viehherden und deren Analyse zur Ab-  
schätzung des Potentials für ein nachhaltiges Landschaftsma-  
nagement*

Abschlussbericht über ein Versuchsvorhaben,  
gefördert unter dem AZ: 23781-34  
von der  
Deutschen Bundesstiftung Umwelt

von

Prof. Dr. agr. Hermann Auernhammer & Dipl.-Ing.agr. Christine Braunreiter  
(TUM)  
Februar 2008

06/02		<i>Projektkennblatt</i>			
		der <b>Deutschen Bundesstiftung Umwelt</b>			
Az	<b>23781</b>	Referat	<b>34</b>	Fördersumme <b>48.575 €</b>	
<b>Antragstitel</b>		<b>Telemetrische Erfassung von Standort- und Verhaltensdaten extensiv gehaltener Viehherden und deren Analyse zur Abschätzung des Potenzials für ein nachhaltiges Landschaftsmanagement</b>			
<b>Stichworte</b>		Landwirtschaft, Tierproduktion Tier, Naturschutz, Teilflächenbewirtschaftung, Fernerkundung			
Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)		
<b>17 Monate</b>	<b>23.01.2006</b>	<b>23.06.2007 bzw. 30.11.2007</b>			
Zwischenberichte		---			
<b>Bewilligungsempfänger</b>		Technische Universität München (TUM)		Tel	08161/71-34 42
		Department Ingenieurwissenschaften für Lebensmittel und biogene Rohstoffe		Fax	08161/71-38 95
		Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik		Projektleitung	
		Am Staudengarten 2		Prof. Dr. H. Auernhammer	
		85354 Freising		Bearbeiter	
				Dipl.-Ing. agr. C. Braunreiter	
<b>Kooperationspartner</b>		---			
<b><i>Zielsetzung und Anlass des Vorhabens</i></b>					
<p>Bedingt durch die Probleme der Weidewirtschaft in extensiven Regionen fallen im Zuge des agrarstrukturellen Anpassungsprozesses immer mehr Gebiete aus der Nutzung. Um diese zum Erhalt der Kulturlandschaft offen zu halten, werden extensiv gehaltene Viehherden als geeignet angesehen. Jedoch werden diese Viehherden in der Regel nicht mehr behirtet, der Auftrieb erfolgt zu früh und in zu hohen Besatzzahlen. Dies führt zu Problemen wie Überbeweidung und damit einhergehenden Trittbelastungen, partieller Überdüngung und Verbiss. Durch den Einsatz moderner Technologien aus dem Precision Livestock Farming soll gezeigt werden, dass durch die Analyse von Standort- und Verhaltensdaten von Rindern und Ziegen auf Standweide und Rindern auf Almweide, Potenziale für ein intelligentes und nachhaltiges Weide- und Landschaftsmanagement abgeleitet werden können. Diese sollen auch eine Hilfestellung für die Almwirtschaft hinsichtlich Dokumentation und Herdenmanagement darstellen.</p>					
<b><i>Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden</i></b>					
<p>Die im Rahmen des Forschungsvorhabens durchgeführten Untersuchungen wurden in der Weideperiode 2006 auf einer Versuchsstation der Technischen Universität München (TUM) durchgeführt. Dazu wurden GPS-Halsbänder mit integrierten Beschleunigungssensoren zur Verhaltenserfassung zweier Hersteller an Ziegen auf Standweide getestet. Aufgrund der Fehler eines Halsbandtyps und des Zeitdruckes durch die bereits beginnende Vegetationsperiode wurde die Entscheidung für die Halsbänder des anderen Herstellers getroffen. Zunächst wurden statische GPS-Test durchgeführt, um Aussagen über die Positionsgenauigkeiten des Empfängers zu erhalten. Folgeversuche an Ziegen und Rindern zeigten, dass insbesondere hinsichtlich der Aussagekraft der Verhaltensdaten durch den direkten Vergleich mit Direktbeobachtungsdaten eine weitere Modifikation der GPS-Halsbänder bzw. ihrer Software erforderlich war. Durch diese konnte die Datengenauigkeit und damit ihre Aussagekraft nochmals verbessert werden.</p>					
Deutsche Bundesstiftung Umwelt £ An der Bornau 2 £ 49090 Osnabrück £ Tel 0541/9633-0 £ Fax 0541/9633-190 £ <a href="http://www.dbu.de">http://www.dbu.de</a>					

In einem weiteren Versuch 2007 wurden während der Vegetationsperiode Aktivitäts- und Verhaltensdaten von Rindern auf einer Alm im Nationalpark Kalkalpen unter ‚frei-Weide‘-Bedingungen erhoben. Um die Verhaltensaussage noch zu verbessern, wurden im Almweideversuch zusätzlich 4 ALT-Pedometer eingesetzt, mit deren Hilfe die Aktivität als Schrittzahl, die Liegezeit in Bauch- und Seitenlage sowie die Knöcheltemperatur erfasst wurde.

In diesem 2007 durchgeführten Versuch wurden mehrere Rinder einer Großherde (54 Stück) mit GPS und ALT-Pedometern besendert und Direktbeobachtungen auf 650 ha Weiderechtsfläche durchgeführt. Zudem wurden Wetterdaten und Schutzflächen berücksichtigt.

### ***Ergebnisse und Diskussion***

Trotz einiger Schwierigkeiten in der Versuchsdurchführung aufgrund von Witterung, Windwurf und unvorhergesehenen Ereignissen wie Ausbruch der Rinderherde, konnte eine Vielzahl von hochaufgelösten Positions- und Aktivitätsdaten erfasst werden.

Durch die Analyse der erfassten standortsbezogenen Basisdaten in einer GIS-Software wurden Erkenntnisse über das Raumnutzungsverhalten der Nutztiere gewonnen. Daraus wurden die Potenziale für ein nachhaltiges Weide- und Landschaftsmanagement abgeleitet.

Wider Erwarten verhielten sich die Tiere sehr gleichförmig in ihrem räumlich-zeitlichen Verhalten. Es konnten jedoch deutlich Zusammenhänge zwischen exogenen Einflussfaktoren wie z.B. Witterung, Vegetation (Zusammensetzung und Aufwuchs), sowie Windwurf herausgearbeitet werden. Eine besondere Rolle kam dem Leittier einer jeden Kleinerde zu, da von ihrem Verhalten aus auf das der anderen Herdenmitglieder geschlossen werden kann. Die Versuche zeigten, dass insbesondere Rinder, die bereits gealpt wurden, ruhiger auf die Einflussfaktoren reagierten und ihr Verhalten sehr gut einzuschätzen war.

Die Ergebnisse lassen sich vom Versuchsgebiet auf andere Regionen des Alpenraumes übertragen, in denen die von der Alpenkonvention von 1991 gesteckten Ziele zum nachhaltigen Erhalt der Kulturlandschaft verfolgt werden.

### ***Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation***

Das Projekt wurde im Rahmen des CIGR World Kongresses 09/2006 in Bonn als Vortrag präsentiert und im Tagungsband publiziert. Des Weiteren wurde das Versuchsvorhaben als Poster zur EuroTier2006 am Messestand des Lehrstuhls für Landtechnik ausgestellt. Erste Ergebnisse wurden in der Landtechnik 02/2007 (Landtechnik-Net) und auf der ECPLF- Tagung 2007 in Skiathos, Griechenland vorgestellt. 2007 wurde auf der Agritechnica 2007 in Hannover ein Modell und Poster auf dem Stand der DBU präsentiert. Eine Publikation zur Datenverarbeitung ist in der Landtechnik 01/2008 zu finden. Ein weiteres Proposal für das ASABE Meeting auf Rhode Island, USA im Juni 2008 ist bereits angenommen.

### ***Fazit***

Mit Hilfe geeigneter Ortungstechnik und Aktivitätssensorik kann und wird es in Zukunft möglich sein, nicht mehr behirtete Weiden (v.a. Almen) mit Hilfe von Beweidung (Rinder, Schafe, Ziegen) offen zu halten. Durch die Chancen einer online Datenverarbeitung kann den Landwirten ein Managementinstrument an die Hand gegeben werden, das ihnen erlaubt, als Frühwarnsystem Veränderungen auf den oftmals schwierig zu passierenden Almweideflächen zu registrieren und lenkend einzugreifen. Dies bedeutet konkret, dass Verbiss und Trittschäden vermieden und auf Folgen von Umweltkatastrophen besser reagiert werden kann.

Auf diese Weise kann „Precision Landscape Management“, d.h. intelligentes Landschaftsmanagement auf Basis von einzeltierbezogenen Daten, einen wichtigen Beitrag zum Umweltschutz leisten.

## **Inhaltsverzeichnis**

<i>Projektkennblatt .....</i>	<i>II</i>
<i>Verzeichnis von Abbildungen und Tabellen.....</i>	<i>V</i>
<i>Symbole und Abkürzungen .....</i>	<i>VII</i>
<i>Begriffe und Definitionen .....</i>	<i>VIII</i>
ZUSAMMENFASSUNG .....	1
1. EINLEITUNG, UMWELTRELEVANZ UND ZIEL .....	3
2. MATERIAL UND METHODE .....	5
2.1 Erarbeitung des Stand des Wissens .....	5
2.2 Technikerprobung und Validierung .....	10
2.3 Versuch Feichtaualm .....	20
2.4 Datenverarbeitung .....	27
3. ERGEBNISSE UND DISKUSSION .....	30
4. FAZIT UND AUSBLICK .....	43
<i>Literaturverzeichnis .....</i>	<i>45</i>
<i>Anhang.....</i>	<i>50</i>

## Verzeichnis von Abbildungen und Tabellen

### Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Schemaskizze des GPSplus Halsbandes für Rinder, Vectronic-Aerospace GmbH, Berlin Stand 2007 (Zeichenbüro des Lehrstuhls für Agrarsystemtechnik, 2007). ....	10
Abb. 2:	GPSplus Halsband der Firma Vectronic Aerospace GmbH, Berlin, (eigene Aufnahme, 2007) .....	11
Abb. 3:	Lageplan des TU-München Versuchsgutes Grünschwaige mit den Versuchsflächen für Rinder und Ziegen. ....	12
Abb. 4:	Abweichung der GPS- Positionen vom Mittelwert während eines statischen 24 h Tests. ....	13
Abb. 5:	Abweichung der GPS- Positionen vom Mittelwert während eines statischen 24 h Tests. ....	13
Abb. 6:	Prüfstand zur Validierung der Aktivitätsdatensätze (eigene Aufnahme, 2006). ....	15
Abb. 7:	„Stupsie“ mit dem GPSplus-Halsband (eigene Aufnahme, 2006). ....	16
Abb. 8:	Versuchskühe auf der Versuchsstation Grünschwaige während der Direktbeobachtung „Grooming“ (eigene Aufnahme, 2006).....	17
Abb. 9:	Aktivitätsrhythmik eines Tages bei vier weidenden Rindern, aufgezeichnet mit GPS-Halsbändern.....	17
Abb. 10:	ALT Pedometer (Ingenieurbüro Holz, Falkenhagen, 2007).....	19
Abb. 11:	Kenndaten der GPS-plus und ALT-Pedometertechnik (Anbringung am Rind) .....	20
Abb. 12:	GPS-plus und ALT-Pedometertechnik am Rind zur Erfassung raumbezogener Verhaltensdaten (Zeichenbüro des Lehrstuhls für Agrarsystemtechnik und eigene Aufnahme, 2007).....	21
Abb. 13:	Yagi-Antenne, Tracking Receiver und Peilsender zur Funkpeilung via VHF (eigene Aufnahme, 2007). ....	21
Abb. 14:	Kartenskizze des Nationalparks Kalkalpen mit Zonengliederung. ....	22
Abb. 15:	Weiderechtsgrenze (rot) der Feichtau-Alm mit zugehörigen Weideflächen (Namen) und Windwurfllächen (Nummern). ....	24
Abb. 16:	Pedometerdatentransfer über Funkmodem (eigene Aufnahme, 2007).....	26
Abb. 17:	Datenbank und Datenfluss.....	27
Abb. 18:	Streifgebiete der Versuchstiere und Gesamtnutzung der Weidefläche.....	30
Abb. 19:	Aufenthaltsorte aller Tiere im gesamten Versuchszeitraum in Abhängigkeit von Weidefläche und Windwurf. ....	31
Abb. 20:	Summe der Aufenthaltshäufigkeiten aller Tiere im gesamten Versuchszeitraum in 50 x 50 m Gitter. ....	32
Abb. 21:	Butzi 2007-06-17 und 18 (quarter days).....	33
Abb. 22:	Butzi 2007-07-09 und 10 (quarter days).....	33
Abb. 23:	Grid50_avg_climate humidity.....	34
Abb. 24:	Grid50_avg_climate rainfall. ....	34
Abb. 25:	Grid50_avg_climate wind.....	35
Abb. 26:	Zurückgelegte Wegstrecke (Distanz) je Tier und Tag in km.....	36
Abb. 27:	Täglich zurückgelegte Wegstrecke (Distanz) in m und Schrittzahl von ‚Butzi‘ im gesamten Versuchszeitraum. ....	37
Abb. 28:	Gemittelte Head up Ratio und Schrittzahl von ‚Butzi‘ am 18.06.2007.....	38
Abb. 29:	Messestand der DBU auf der Agritechnica 2007 in Hannover.....	42

**Tabellenverzeichnis**

Tab. 1:	Übersicht über am Markt erhältliche GPS-Systeme für den Einsatz an großen Herbivoren.....	8
Tab. 2:	relative Übereinstimmung von Direktbeobachtung und Messwerten von Ziege „Stupsie“ am 09.08.2006.....	16
Tab. 3:	Versuchstiere und Besenderung. ....	25
Tab. 4:	Aufzeichnungsfrequenzen der erfassten Größe und ihre Tabellenzuordnung in der Datenbank.....	28
Tab. 5:	Übersicht der Tiere im Versuch. ....	30

*Symbole und Abkürzungen*

ASABE	American Society of Agricultural and Biological Engineering
AZ	Aktenzeichen
bzw.	beziehungsweise
CIGR	Commission Internationale du Genie Rurale (International Commission of Agricultural Engineering)
cm	Zentimeter
D	Deutschland
DB	Database
ECPLF	European Conference for Precision Livestock Farming
EG	Europäische Gemeinschaft
et al.	et altera
etc.	et cetera
g	Gramm
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
GPS	Global Positioning System
GIS	Geoinformationssystem
h	Stunden
ha	Hektar
HUR	Head up Ratio
Hz	Hertz
ID	Idaho
ID	Identity
i.d.R.	in der Regel
kg	Kilogramm
km	Kilometer
US	United States
z.B.	zum Beispiel
m	Meter
min	Minuten
MN	Minnesota
MS	Microsoft
ms	Millisekunden
N.N.	normal Null
s	Sekunden
SQL	Structured Query Language
TUM	Technische Universität München
UK	United Kingdom
VHF	Very High Frequency
°	Grad
%	Prozent

## *Begriffe und Definitionen*

### *Normalverhalten*

Normalverhalten wird als das Verhalten definiert, das Tiere zeigen, wenn sie in Normalbedingungen (natürliches Biotop) hineingeboren wurden. Die Norm ist nach TSCHANZ (1993) gegeben, wenn es dem Tier gelingt, sich selbst aufzubauen, zu erhalten und fortzupflanzen. Normalverhalten bei höher entwickelten Tieren besteht aus einer Vielzahl arttypischer Verhaltensweisen mit hoher Formkonstanz. Eine Verhaltensweise kann dabei durch ihre Aktivierungshäufigkeit, Dauer und Form charakterisiert werden. Grundsätzlich wird das Ausleben eines konsolidierten Rhythmus als positives Zeichen für die Befindlichkeit gewertet, da dieser auf eine geglückte Adaptation an die Umwelt hinweist. Externe Stressoren stören diese Synchronisation und beeinträchtigen besonders ultradiane Rhythmen [Kam93; Ber03].

### *Raumnutzungsverhalten, Habitate*

In der Biologie ist ein Habitat ein charakteristischer Wohn- bzw. Standort, den eine Art besiedelt. Das Raumnutzungsverhalten in einem Habitat wird von einer Vielzahl von exogenen und endogenen Faktoren beeinflusst. Für frei äsende Wild- bzw. frei weidende Nutztiere wird innerhalb eines Habitats insbesondere das Streifgebiet für das Raumnutzungsverhalten herangezogen, da es die Wanderung bzw. Ausbreitung des Tiere in km<sup>2</sup> im jahreszeitlichen Verlauf beschreibt.

### *Positionierung (GNSS)*

*Global Navigation Satellite System* (GNSS), zu deutsch „Satellitensystem zur weltweiten Navigation“, ist die Bezeichnung für ein System zur Positionsbestimmung und Navigation auf der Erde und in der Luft durch den Empfang von Satellitensignalen und Signalen von Pseudoliten. Die Positions- oder Ortsbestimmung ist die Ermittlung des eigenen Standortes in einem globalen oder regionalen Koordinatensystem. Ist die Position veränderlich (wie etwa bei der Navigation eines Fahr- oder Flugzeuges), so spricht man auch von Ortung.

### *GPS*

Ein **Global Positioning System** (GPS) ist jedes weltweite, satellitengestütztes Navigationssystem. Der Begriff GPS aber wird speziell für das NAVSTAR (**N**avigational **S**atellite **T**iming and **R**anging)-GPS des US-Verteidigungsministeriums verwendet das seit 1995 offiziell in Betrieb ist.

### *Definition Kulturlandschaft*

Nach BRIEMLE (1978) wird sie definiert als "eine vom Menschen zwar intensiv genutzte, jedoch durch kleinräumige Wirtschaftsweisen geprägte Agrarlandschaft, deren Haushalt durch eine Vielzahl von Landschaftselementen ökologisch relativ stabil ist und in ihrer Physiognomie naturräumliche Verschiedenheiten wahrt." Wichtige Faktoren (sogenannte Wirkfaktoren) für die Entstehung und Entwicklung der Kulturlandschaft sind sowohl Beschaffenheit (Standortbedingungen) des Naturraums, die ursprüngliche Fauna und Flora, die menschlichen Einflüsse als auch die daraus resultierenden Wechselwirkungen.

### *GIS*

Per Definitionem ist ein Geoinformationssystem (GIS) „ein rechnergestütztes System, das aus Hardware, Software und Daten und den Anwendungen besteht. Mit ihm können raumbezogene Daten digital erfasst und redigiert, gespeichert und reorganisiert, modelliert und analysiert sowie alphanumerisch und graphisch präsentiert werden“ [BIL99a]. Nach BARTHELME (2000) dient es (...) „der Erfassung, Speicherung, Analyse und Darstellung aller Daten, die einen Teil der Erdoberfläche und die darauf befindlichen technischen und administrativen Einrichtungen sowie geowissenschaftliche, ökonomische und ökologische Gegebenheiten beschreiben.“

Daten allgemein sind strukturierte, codierte und speicherbare Angaben zur quantitativen und qualitativen Beschreibung von Objekten der realen Welt.

### *Geodaten*

Geodaten sind Daten über Gegenstände, Geländeformen und Infrastrukturen an der Erdoberfläche, wobei als wesentliches Element ein Raumbezug vorliegen muss. Sie beschreiben die einzelnen Objekte der Landschaft. Geodaten lassen sich über den Raumbezug miteinander verknüpfen, woraus insbesondere unter Nutzung von GIS-Funktionalitäten wiederum neue Informationen abgeleitet werden können.

## ZUSAMMENFASSUNG

Für die Offenhaltung der ursprünglichen Weideflächen und Flächen benachteiligter, schwer zu bewirtschaftender Grünlandregionen, die aufgrund des Strukturwandels aus der Nutzung fallen, sprechen vor allem Aspekte des Natur- und Artenschutzes und die Erhaltung der Kulturlandschaft (Tourismus, Erholungsraum).

Großflächige extensive Weidesysteme mit Rindern und/oder Schafen bzw. Ziegen werden zur Offenhaltung und zur Sicherung der ökologischen Potenziale solcher Gebiete als geeignet angesehen [OL02]. Darüber hinaus gilt es, gemäß dem Protokoll zur Durchführung der Alpenkonvention von 1991, im Bereich der Berglandwirtschaft, alles daran zu setzen, dieses zu fördern und die Flächen für eine standortgemäße und umweltschonende landwirtschaftliche Nutzung vorzusehen.

Vor dem Hintergrund rechnergestützter Systeme im Precision Livestock Farming wird die Bedeutung der Ansätze der Informationstechnik wie Sensorik, Robotik und Ortungstechnik auch in extensiv genutzten Gebieten zunehmende Bedeutung erlangen. Um sensible Weideareale hinsichtlich Verbiss, Über- und Unterdüngung, Trittbelastungen bis hin zu Erosionen und Murenbildungen nachhaltig zu schützen und zugleich offen zu halten, wird der Einsatz moderner Technologien, mit deren Hilfe Flächenmanagement möglich wird, erforderlich. Positionierungstechnik in Kombination mit Aktivitätssensorik bietet die Möglichkeit, die verschiedenartigen Verhaltensmuster der Tiere zu erfassen und sich für das Weidemanagement zu Nutze zu machen.

Ziel des Projektes ist es, zum einen anhand einer Referenzimplementierung mit Ziegen und Mutterkühen auf einer Standweide mit geeigneter Technik, die Verhaltensmuster und Standorte zu erfassen und die eingesetzte Technik durch die Datenanalyse zu validieren. Zum anderen soll das System auch in der Almwirtschaft angewendet und dort präferierte Fress- und Ruhezone der Tiere im Hinblick auf das Verhalten beeinflussende Umweltparameter (wie z.B. Witterung, Aufwuchs, Windwurf etc.) detektieren können.

Die konkrete technische Innovation ergibt sich aus den Nutzungsmöglichkeiten der durch die Technik erfassten objektiven und hoch aufgelösten Positions- und Verhaltensdaten. NAVSTAR GPS und später GALILEO, als Schlüsseltechnologie im Precision Farming (teilflächenspezifische Bewirtschaftung), wird bisher im tierischen Bereich vor allem bei Wildtieren zur Positionsbestimmung und Habitatserkundung verwendet. Die aufgezeigten Untersuchungen sollen helfen, eine nachhaltige Landnutzung sicherzustellen und zugleich die Umwelt für das Einzeltier zuverlässiger zu gestalten. Eine intelligente „online“ Kulturlandschaftspflege mit Nutztieren könnte damit zu einer neuen Strategie im Naturschutz führen.

Das Versuchsvorhaben wurde von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) unter dem Aktenzeichen 23781-34 gefördert.

Besonderer Dank gilt neben der DBU als Förderinstitution der Nationalpark Kalkalpen GmbH, hier besonders Stefan Briendl und Andreas Gärtner, den Mitarbeitern des TUM-Versuchsgutes Grünschaige und der Landwirtsfamilie Rosa und Gerd Rettenbacher, ohne deren Unterstützung und fachlichen Gedankenaustausch diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

## 1. EINLEITUNG, UMWELTRELEVANZ UND ZIEL

„Die Weide- und Almwirtschaft bewirkt durch ihre unterschiedlich genutzten Flächen das charakteristische, strukturreiche Landschaftsmosaik unserer alpinen Kulturlandschaft [AEGB03]“. Diese Nutzungsvielfalt und der „Zwang zur Kleinräumigkeit“ führen zu einer Ausbildung einer großen Vielfalt an Lebensräumen und Arten [Gra99; EA99].

Somit spielt die Weide- und Almwirtschaft nicht nur eine wesentliche wirtschaftliche und ökologische Rolle, sondern ist überdies hinaus für die Alpenstaaten von hohem landeskulturellem Wert insbesondere in Bayern und Österreich.

Die Kulturlandschaft im Berggebiet stellt somit ein wichtiges Begleitprodukt der landwirtschaftlichen Produktion dar. Gemäß der Alpenkonvention von 1991 ist es demnach erforderlich, die Berglandwirtschaft zu fördern und die Fläche für eine standortgemäße und umweltschonende landwirtschaftliche Nutzung vorzusehen.

Traditionell werden die rund 1380 (40.000 Hektar Futterfläche) Almweiden in Bayern mit rund 50.000 Rindern, Schafen und Ziegen während der Vegetationsperiode bestoßen [BA02]. In Österreich sind es rund 9016 Almen (526.000 Hektar Futterfläche), die im Jahr 2002 mit insgesamt 430.000 Tieren beweidet wurden [AA02]. Hinzu kommt eine Vielzahl von Flächen, die aufgrund des agrarstrukturellen Anpassungsprozesses in Extremlagen oder bei sehr hohem Grundwasserstand aus der Nutzung fallen und zu ihrer Offenhaltung ganzjährig oder i.d.R. saisonweise beweidet werden müssen.

Diese frei weidenden Tiere beeinflussen, ebenso wie herbivore Wildtiere die Struktur und Zusammensetzung ihrer Habitate durch ihr unterschiedliches Verhalten.

Den positiven Effekten der Offenhaltung der Kulturlandschaft mittels Beweidung mit verschiedenen Nutztierspezies stehen Probleme wie Tritt, Verbiss, Über- und Unterdüngung sowie Nährstoffverlagerung und Erosion gegenüber. Extensiv gehaltene Tierherden werden zudem in aller Regel nicht mehr behirtet. Bis heute sind diese Probleme nicht gelöst. Ortungs- und Verhaltenssensorik als neue Entwicklungen aus dem Bereich des Precision (Livestock) Farming könnten genutzt werden um den Druck auf die Umwelt zu reduzieren. Für die Entwicklung von modernen nachhaltigen Weidestrategien bedarf es eines Basiswissens über das Landnutzungsverhalten von Nutztieren in der Alpung.

Im Rahmen des Projektes sollen zunächst anhand einer Referenzimplementierung mit Ziegen (Rasse Burenziege) und Mutterkühen (Rasse Limousin) auf einer Standweide (Versuchsgut Grünschwaige, TU- München) die Verhaltensmuster und das Standortverhalten erfasst werden um die ausgewählte Technik zu bewerten und gegebenenfalls modifizieren zu können.

Als Nutztiere für die Beweidung wurden im ersten Schritt Rinder und Ziegen gewählt, weil Rinder einer traditionellen und sinnvollen Weidenutzung entsprechen und Ziegen leicht im Handling sind.

Dieser Versuch wurde dann in einem weiteren Schritt auf ein großes Areal, ohne Einzäunung in einem Almgebiet ausgedehnt. Dabei sollte vor allem die Rolle des Leittieres beachtet werden. Zeigt sich, dass die Äsungsareale der Rinder heterogen sind, sich ergänzen oder ganz besondere Präferenzen in einem vorgegebenen Gebiet bestehen, dessen Aufwuchs und Bonität bekannt ist, dann können daraus Weidemanagementkonzepte für die Landwirte erstellt werden.

Die Zielgruppe des Projektes sind folglich die Landwirte und im Speziellen die Almbauern, welchen ein System an die Hand gegeben werden soll, mit dessen Unterstützung sie ihre Herden ohne direkte Behirtung managen können. Die im Projekt entwickelten Managementstrategien sollen zur Offenhaltung der Landschaft, zur Erhaltung der Kulturlandschaft und zur Bewahrung der biologischen Vielfalt beitragen. Diese positiven Effekte erfüllen zusätzlich gesellschaftlich wertvolle Funktionen (Attraktivität ländlicher Gebiete hinsichtlich Tourismus und Erholungsraum, Verhinderung der Landflucht). Auf diese Weise könnte die Alping zur Erhaltung der Kulturlandschaft und von touristisch wichtigen Gebieten auch in Zukunft uneingeschränkt erhalten werden.

## 2. MATERIAL UND METHODE

### 2.1 Erarbeitung des Stand des Wissens

#### *Natürliche Verhaltensweisen von Rindern und Ziegen*

Die allgemeine Bewegungsaktivität eines Tieres bietet sich besonders an, um in Rhythmusanalysen Aussagen zum Wohlbefinden zu gewinnen.

Das Fressverhalten sowie die zeitliche Verteilung über den Tag wird von endogenen und exogenen Faktoren bestimmt. Zu den endogenen Faktoren gehören die Parameter: Nährstoffbedarf, nervale und humorale Signale, Verdauungstraktfüllung, Wiederkautätigkeit etc. Zu den exogenen Faktoren zählen das Weidemanagement, die Futterqualität sowie die Tageszeit und -länge und das vorherrschende Klima [Ste01].

Weidende *Rinder (Grazer)* fressen im Tagesverlauf von 24 Stunden in 3 bis 5 Perioden [Ste01]. Als Zeitgeber für die Aktivitätsphasen wirkt bei Freilandhaltung der Tag-Nacht-Wechsel [Sam91]. Auf der Weide beginnt die erste Fressperiode zu Beginn der Morgendämmerung und dauert 2,5-3 Stunden. Eine weitere Fressperiode beginnt immer etwa 2 Stunden vor Beginn der Abenddämmerung und wird erst bei völliger Dunkelheit beendet. Zahl und Verteilung der weiteren Perioden sind von der Tageslänge abhängig. Während der Sommerzeit werden zwei weitere Fressperioden eingeschoben, im August wird eine Fressperiode unter Tags ausgelassen und diese nach Mitternacht nachgeholt [Por69; ETB90, AA97]. Rinder fressen auf der Weide circa 8 bis 10 Stunden des 24 h-Tages [Sam91]. Andere Autoren geben eine durchschnittliche Grasedauer von 4 bis 14 Stunden an, wobei diese vor allem von der Futterqualität sowie der Verfügbarkeit abhängig ist [Wal94].

Grundsätzlich wird das Weidefutter im langsamen Vorwärtsgen aufgenommen. Der Kopf wird dabei von einer zur anderen Seite geführt und umschreibt dabei einen Kreisbogen von ca. 60-90° [Ste01]. Mit der sehr beweglichen Zunge umschlingt das Rind den Futterbüschel, zieht ihn in das Maul und beißt es ab, in dem es die Schneidzähne gegen die Kauplatte des Oberkiefers presst. Bei dieser Form der Futteraufnahme kann nicht tiefer als 3 cm gefressen werden. 30-60 min. nach Beendigung des Fressens setzt das Wiederkauen ein. Ungefähr 80% der Wiederkautätigkeit wird im Liegen ausgeführt und zwar meist in den Nachtstunden. Die Gesamtdauer beträgt ca. 5-8 Stunden pro Tag. Diese Zeit ist in 10-15 Perioden à 30 Minuten unterteilt.

Die Häufigkeit des Trinkens ist bei Rindern von der Tränkeentfernung abhängig. Durchschnittlich trinken Rinder auf der Weide 2-5mal täglich. Ist die Tränke sehr weit entfernt wird

in der Regel nur einmal am Tag oder noch seltener Wasser aufgenommen. Auf der Weide dauert ein Trinkvorgang 2-3 Minuten, wobei 20-30 Liter Wasser ausgenommen werden.

*Ziegen* als *Mischäser* (Intermediärtypen) fressen auch bei reichhaltigem Angebot nicht büschelweise, sondern selektieren einzelne Partikel aus. Sie gelten als Generalisten, da sie bevorzugt Blätter von Bäumen und Büschen, Gräser in frischer Form sowie Zweige, Baumrinde und Wurzeln aufnehmen. Die Neigung zu Laub ist allerdings so groß, dass Ziegen auch bei bestem Grünfutter versuchen an Laub zu kommen. Im Frühjahr bevorzugen sie Grünfutter, im Herbst saftige Kräuter. Pflanzenteile werden mit ihren beweglichen Lippen erfasst, zwischen Kauplatte und Schneidezähne geschoben und mit schnellen Vor- und Aufwärtsbewegungen des Kopfes abgerissen. Dadurch kann die verbleibende Stoppelhöhe sehr kurz (10-20 mm) gehalten werden. Der Tagesrhythmus der Ziege wird nicht nur durch den Hell-Dunkel-Wechsel bei Tag und Nacht bestimmt, denn Ziegen weiden ungern, wenn morgens das Futter vom Tau nass ist. Normalerweise beginnt die erste Fressperiode ebenso wie bei Rindern zu Beginn der Morgendämmerung und dauert zwei bis drei Stunden. Eine weitere Periode beginnt am späten Vormittag und endet mittags. Ihr folgt eine Fressperiode am frühen Nachmittag und schließt mit der Letzten in den Stunden vor Sonnenuntergang ab. In Abhängigkeit vom Futterangebot fressen Ziegen auf der Weide 30-40% des 24 h-Tages (7-10 h). Rund 75% dieser Zeit entfallen auf den Tag.

Zwischen Beendigung der Futteraufnahme und dem Beginn des Wiederkauens vergehen 30-60 min. Die Tiere legen sich meist an einem ruhigen Platz ab um Wiederkauen. Eine Periode dauert in etwa eine Stunde. Die mittlere Wiederkauzeit beträgt pro Tag 6 bis 8 h.

Ziegen trinken in etwa 3- bis 4-mal täglich eine durchschnittliche Menge von 0,5 Liter bei Frischfutteraufnahme.

### Ruheverhalten

In wechselhaftem Gelände werden von *Rindern* vegetationsreiche Plätze zum Liegen bevorzugt. Die erste Liegeperiode beginnt bei Rindern auf der Weide nach der ersten Fressperiode, in etwa drei Stunden nach Beginn der Morgendämmerung. Die Nachtruhe beginnt ungefähr eine halbe Stunde nach Eintritt der völligen Dunkelheit. Unterbrechungen der Liegephase in der Nacht, sowie das Auftreten weiterer Liegeperioden sind von der Taglänge abhängig. Während kurzer Nächte im Sommer wird die Nachtruhe nur von einzelnen Tieren kurzzeitig unterbrochen (Harnen, Koten, Liegeseitenwechsel). An den langen Tagen kommt es zu weiteren Liegeperioden am Vormittag, mittags und nachmittags. In den längeren Nächten entstehen zwei Nachtruheperioden durch die Unterbrechung der oben beschriebenen zusätzlichen Fress- (Aktivitäts-)Phase. An den kurzen Tagen werden nur zwei Ruhephasen beobachtet [Sam91]. Im Mittel beträgt die Gesamtliegedauer bei weidenden Rindern 10 Stunden des 24 h-Tages.

*Ziegen* ruhen dagegen mit Vorliebe auf erhöhten Plätzen, um die Umgebung besser beobachten zu können. Die Härte des Untergrundes ist dabei im Gegensatz zum Rind eher unbedeutend. Geißen liegen im Durchschnitt 11-12 Stunden, Böcke eine Stunde länger. Als tagaktive Tiere ruhen die Ziegen vorwiegend nachts. Bei Weidehaltung wird die Futteraufnahme durch 2-3 Liegeperioden unterbrochen.

### Sozialverhalten

Bei Herdentieren ist die Synchronizität von Verhalten ein Anhaltspunkt für Wohlbefinden [Bor02]. Entfernt sich ein Rind oder eine Ziege von der Herde dann folgen die übrigen Tiere nach. Dies ist nicht auf Stimmungsübertragung zurückzuführen, sondern auf den Drang den Kontakt zu den Artgenossen aufrecht zu erhalten.

*Rinder* meiden, obwohl sie soziallebend sind, gewöhnlich Körperkontakt. Sie sind Distanztier, deren Ausweichdistanz 0,5-3,0 m beträgt. Sie ist abhängig vom Rangverhältnis der Tiere und muss stets vom rangniederen Tier eingehalten werden; gilt jedoch nur für den Kopf und die Hörner (wenn vorhanden). Andernfalls handelt es sich um einen Kopfabstand, der die Annäherung an andere Körperteile erlaubt (z.B. gegenseitiges Lecken, „Grooming“). Die Rangordnung bei Rindern ist i.d.R. linear mit verschiedenen Indizes ausgeprägt.

*Ziegen* sind ebenfalls soziallebende Tiere mit einer deutlich demonstrierten Rangordnung. Eine Besonderheit ist das Vorkommen von Einzeltieren, die Schlichterfunktion bei Auseinandersetzung von zwei anderen Ziegen übernehmen, welche bei andern Nutztierarten nicht beobachtet werden kann.

Das Raumnutzungsverhalten von Tieren wird vor allem von Umweltfaktoren und tierspezifischen Faktoren beeinflusst. Bei den Umweltparametern ist insbesondere der Abstand zur nächsten Wasserquelle (Tränke) [Hol88], die Zusammensetzung des Graslandes [SESSH00 und SRW85], die Hangneigung [SESSH00, GV87], die Mineralstoffversorgung [MW73] und der Anteil an Waldweide entscheidend. Auch Gezeiten und Winde [LHA92] können das Raumnutzungsverhalten der Tiere beeinflussen. Weiterhin finden sich in der Literatur die Parameter der Weidefläche, Zaunnähe [HBSW93] und Witterung [EB66]. Bei den Nutztieren ist die Spezies und Rasse [LHA92] entscheidend und essentiell ihre Verhaltensweisen zu kennen, aber auch ihre Fluchtdistanz und ob ihnen das Gebiet bekannt ist [Stu91] nimmt Einfluss auf die Weidenutzung.

Diese Faktoren stehen in gegenseitiger Beziehung und beeinflussen komplex das Weideverhalten.

### GPS-Halsbänder mit integrierten Aktivitätssensoren

Global Positioning System (GPS) findet in der Wissenschaft, insbesondere der Verhaltensforschung von Tieren (Wildtiere, Zootiere) immer häufiger Anwendung. Für einfache Habitats- und Streifgebietsuntersuchungen bei Wildtieren ist ein einfaches GPS-Halsband mit einer relativ niedrigen Aufzeichnungsfrequenz in der Regel ausreichend. Gilt es aber konkrete Verhaltensweisen und ihre Ursachen zu detektieren (wie z.B. Abkalbeverhalten von Rindern), ist ein kombiniertes System mit zusätzlich integrierten Aktivitätssensoren und erhöhter Aufzeichnungsfrequenz sinnvoll (siehe Tab. 1)

Tab. 1: Übersicht über am Markt erhältliche GPS-Systeme für den Einsatz an großen Herbivoren (alphabetisch geordnet).

	Gewicht [g]	Anwendungsbereich Säugetiere	optionale Sensoren
Advanced Telemetry Systems Isanti, MN (USA)	350-1100	kleine-mittlere-große	activity (cumulative count of tilt switch movements), mortality, temperature
Blue Sky Telemetry Aberfeldy, (Scotland)	180-540	kleine-mittlere-große	activity, heart rate, sound, mortality, temperature
Greenway Systeme Frankfurt/Oder (Deutschland)	300-400	>30 kg Lebendgewicht	activity (acceleration, head position (head up/down))
HABIT research Victoria (Kanada)	<500	kleine-mittlere-große	activity, mortality
Lotek Ontario (Kanada)	750-950	mittlere-große	activity (acceleration), mortality, hibernation, recovery, temperature
Sirtrack Havelock (Neuseeland)	>350	kleine-mittlere-große	activity, mortality
Toma Track (Telemetry solutions, Concord, CA (USA))	600	mittlere-große	temperature, mortality
Televilt (Schweden)	300-950	kleine-mittlere-große	activity, mortality, temperature
Telonics	200-1450	kleine-mittlere-große	activity (motion sensitive switch), temperature
Vectronic-Aerospace/ Environmental Studies Berlin, (Deutschland)	300-1450	kleine-mittlere-große	activity (acceleration), (mortality, hibernation, temperature, virtual fence option)
Wildlife Track Cumberland, ID (USA)	1100	mittlere-große	activity, mortality

Zur differenzierten Verhaltensanalyse existiert eine Vielzahl von Aktivitätssensoren, wie z.B. (ALT-) Pedometer (Ing.büro Holz, Falkenhagen und diverse Melktechnikhersteller), WAS, ETHOSYS® (beide Firma Greenwaysysteme GmbH, Frankfurt/Oder, D), APEC und Acti-

watch (Firma MiniMitter, Bend; USA und Cambridge Neurotechnology; Cambridge, UK). Sie basieren auf Prinzipien der Beschleunigungsmessung bzw. Impulszählung (Pedometer). Blau hinterlegt in Tabelle 1 sind die beiden Halsbandhersteller und die jeweils integrierten Aktivitätssensoren, die für den Vorversuch ausgewählt wurden und nachfolgend genauer beschrieben werden.

## 2.2 Technikerprobung und Validierung

Zu Versuchsbeginn wurden zwei unterschiedliche GPS-Halsbänder deutscher Firmen getestet. Das ETHOLOG®-Halsband der Firma Greenwaysysteme GmbH, Frankfurt/Oder und das GPSplus Halsband der Firma Vectronic-Aerospace GmbH, Berlin (siehe Abbildung 1 und 2), sind Systeme für die Forschung an größeren Wild- und Nutztieren, die bereits im Stand des Wissens dargestellt wurden.

Da das Halsband der ersten Firma bereits bei den ersten Versuchen nicht zuverlässig lief und zudem Lieferschwierigkeiten kamen, wurde das andere Halsband intensiv getestet. Da es die besten Optionen für die Fragestellung bot und zugleich die Firma in Deutschland ansässig ist, entschieden wir uns für dieses System. Ein weiteres Argument für diese Technologie war die langjährige Erfahrung der Vectronic-Aerospace GmbH im Bereich der Wildtierforschung und der gute Support.

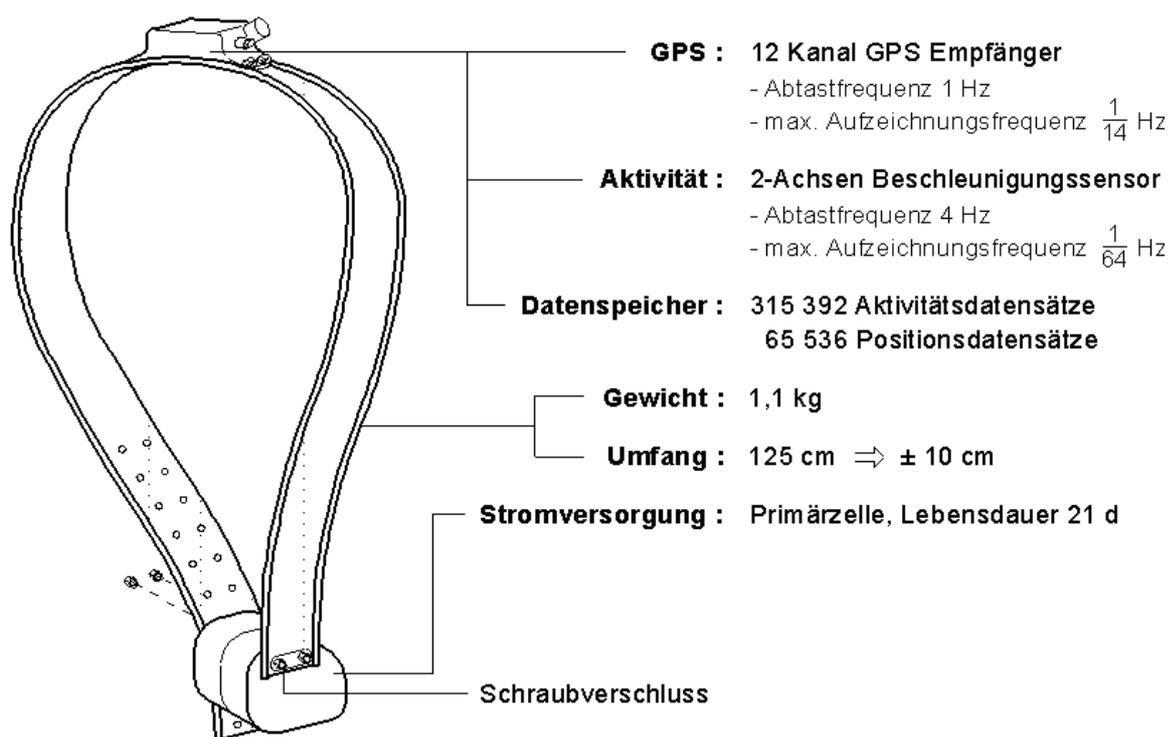


Abb. 1. Schemaskizze des GPSplus Halsbandes für Rinder, Vectronic-Aerospace GmbH, Berlin Stand 2007 (Zeichenbüro des Lehrstuhls für Agrarsystemtechnik, 2007).

Für die durchgeführten Untersuchungen wurden 5 Halsbänder mit folgenden Komponenten erworben: Ein 12- Kanal GPS Empfänger, der die Position des besenderten Tieres alle 14 s bzw. 32 s, je nach Einstellung, erfasst und im internen Speicher des Halsbandes ablegt. In der Summe können rund 65.536 GPS Positionen abgespeichert werden.



Abb. 2: GPSplus Halsband der Firma Vectronic Aerospace GmbH, Berlin (eigene Aufnahme, 2007).

Weiterhin enthält das System einen 2-Achsen Beschleunigungssensor, der die Beschleunigung des Halsbandes in x- und y-Achse misst und als einen akkumulierten Wert im 64 s Intervall von 0 bis 255 speichert. Insgesamt können 315392 Aktivitätsdatensätze abgespeichert werden. Die Batterielebenszeit ist abhängig vom verwendeten Batterietyp und dem eingestellten Logging-Intervall.

Bei einem 14 s GPS Aufzeichnungsintervall bedeutet dies eine Aufzeichnung von 11 Tagen non Stopp, bei 30 s verdoppelt sich die mögliche Aufzeichnungszeit auf bis zu 21 Tage.

### *Standort*

Die Technikvalidierung wurde auf dem Versuchsgut Grünschwaige der Technischen Universität München- Weihenstephan durchgeführt. Es handelt sich dabei um einen ca. 100 Mutterkühe (+ Nachzucht und Ochsenmast) haltenden Versuchsbetrieb (Dr. Heinrich-Baur-Hochschulschenkung), der nach den Richtlinien der EG-Öko-Verordnung Nr. 2092/91 rund 160 ha Grünland bewirtschaftet. Dort wird eine große Zahl grünlandwissenschaftlicher und futterbaulicher Studien durchgeführt.

In Abbildung 3 ist der Lageplan des Versuchsgutes dargestellt. Das Versuchsgut liegt ca. 5 km im Osten von Freising und grenzt unmittelbar an den Flughafen „Franz-Josef-Strauss“ (München) an. Die Grünschwaige liegt am äußersten nördlichen Ende der nach Norden leicht abfallenden Münchner Schotterebene. Das Grünland ist in 21 Koppeln unterschiedlicher Größe (1,1-16,0 ha) eingeteilt. 6 Koppeln werden als Wiesen zur Winterfutterbergung genutzt. Drei Koppeln sind sogenannte Ausweichflächen, die überwiegend gemäht werden aber auch bei akuter Futterknappheit beweidet werden können. Die zwölf restlichen Weideflächen (siehe Abb. 3) sind die speziellen Ökosystem-Versuchsflächen. Dabei wird bei jeder Koppel zwischen einer Kernzone, die während der Auftriebsperiode ständig beweidet wird und einer Zuteilungszone unterschieden, die je nach saisonalen Wuchsbedingungen zu- oder abgeteilt wird, um eine konstante Beweidungshöhe einhalten zu können.



Abb. 3: Lageplan des TU-München Versuchsgutes Grünswaige mit den Versuchsfeldern für Rinder und Ziegen.

### *Tiermaterial*

Die Versuche wurden an vier aus 8 Ziegen der Rasse Burenziege durchgeführt. Wie in Abbildung 3 ersichtlich ist, stand diesen Tieren eine Weidefläche von rund 0,72 ha zur Verfügung. Burenziegen wurden gewählt, weil es sich dabei um eine extensive Robustrasse handelt, die rein der Fleischerzeugung dient. Ihr Fressverhalten ist insbesondere im Hinblick auf Wechselbeweidungsstrategien mit Rindern von Interesse. Ziegen sind weiterhin kostengünstig und wirken durch ihr Fressverhalten der Verbuschung von Weideflächen entgegen.

Den fünf aus zwölf besenderten Mutterkühen (Rasse Limousin) wurde eine Fläche mit 5.91 ha zugeteilt (siehe Abb. 3). Zur Datenübertragung wurden die Tiere in einer Fanganlage fixiert.

### 2.2.1 Statische GPS-Tests

Zunächst wurden mit einem Halsband wiederholte statische GPS-Tests über drei Tage durchgeführt, um Aussagen über die GPS-Datenqualität treffen zu können. Der 12-Kanal GPS-Empfänger erfasst die Position 4 mal in der Sekunde und speichert den akkumulierten Wert alle 14 Sekunden im internen Speicher ab.

Die 50% besten Ergebnisse waren maximal 3.18 m vom Mittelpunkt (Referenzpunkt) entfernt (siehe Abb. 4).

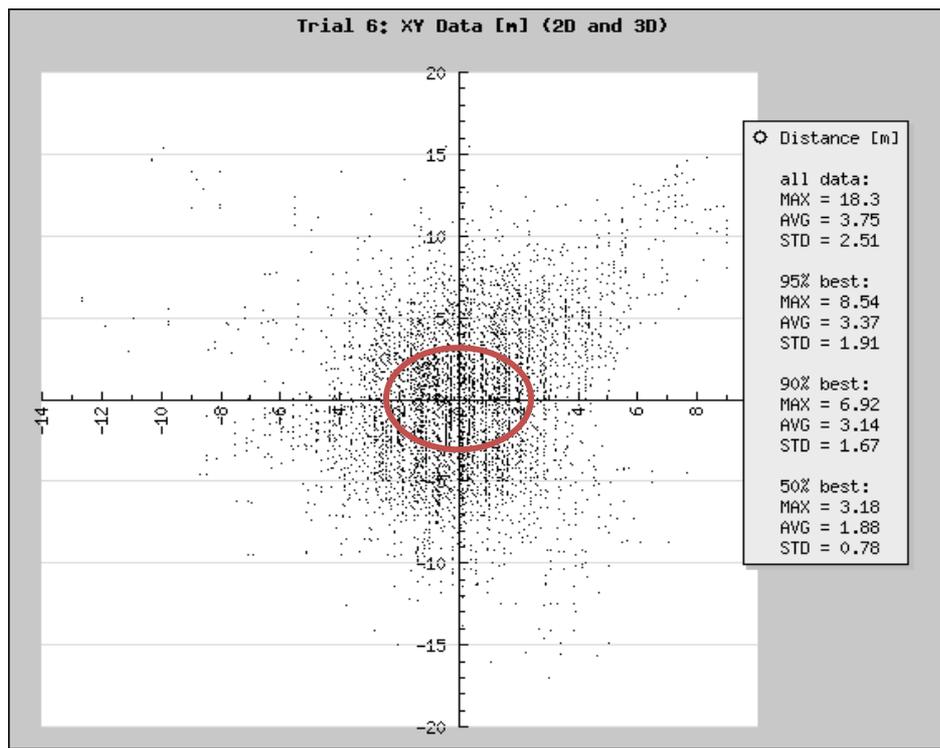


Abb. 4: Abweichung der GPS- Positionen vom Mittelwert während eines statischen 24 h Tests.

Im Ergebnis zeigte sich, dass nur 2,5% der aufgezeichneten Positionen eine relative Abweichung von mehr als 10 m aufwiesen (siehe Abb. 5). Die damit festgestellte relative Genauigkeit von <10 m in mehr als 97% der Zeit ist für die gestellten Anforderungen als ausreichend anzusehen.

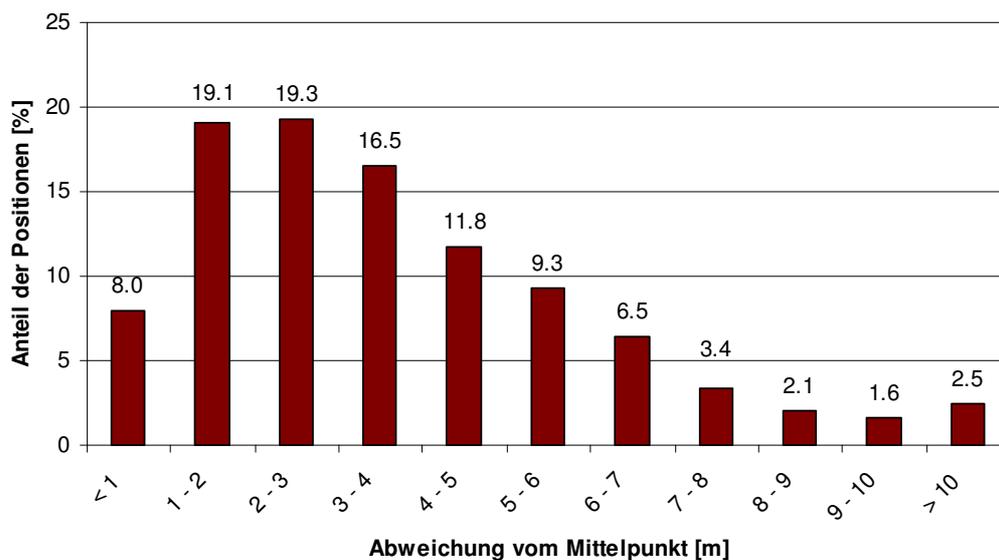


Abb. 5: Abweichung der GPS- Positionen vom Mittelwert während eines statischen 24 h Tests.

In einem weiteren Versuch wurde die GPS-Aufzeichnungsfrequenz der Halsbänder unter Laubbäumen über 24 h hinweg getestet. 98,09% der Positionsbestimmungen waren erfolgreich, für die übrigen Messungen konnte keine Position bestimmt werden.

Es zeigte sich eine größere Streuung der Werte um den Mittelpunkt (Standardabweichung 6,9 m) als bei der vorherigen Situation.

### 2.2.2 Tests auf Standweide an Ziegen und Rindern (Aktivitätsdatenvalidierung)

Zunächst wurden Prüfstandversuche durchgeführt, um Zusammenhänge zwischen den Kopfpositionen herauszufinden. Der in Abbildung 6 dargestellte Prüfstand, bestand aus einer einfachen Hebelkonstruktion, die mittels Stellschrauben in verschiedenen Positionen gehalten, bzw. bei einer Bewegung immer in bestimmter Position gestoppt werden konnte. Das GPS-Halsband wurde mit Hilfe von Styropor am linken (oberen) Ende des Hebels im zuvor in der Praxis erhobenen Kopfpositionswinkel befestigt.



Abb. 6: Prüfstand zur Validierung der Aktivitätsdatensätze (eigene Aufnahme, 2006).

Die gleichförmigen Bewegungen wurden an drei Positionen „90° oben“, „45° Mitte“ und „90° unten“ gemessen. An jeder Position wurde über 15 min fortlaufend, einmal 10 min fortlaufend und dreimal 5 min fortlaufend die GPS-Positionen gemessen. Jeweils am Ende einer Messperiode wurden die Daten aus dem Halsband ausgelesen und in Excel verglichen. Die statistische Auswertung erfolgte mittels t-Test, wobei keine Unterschiede bezüglich der Position des „Kopfes“ und der gemessenen Werte aufgestellt werden konnte. Die Werte variierten in ihrer Höhe deutlich in Abhängigkeit von der manuell bewirkten Beschleunigung, jedoch konnte in X (vor-zurück Beschleunigung) - und Y (rechts-links-Beschleunigung) Richtung kein Zusammenhang festgestellt werden. Die t-Variablen lagen zwischen 0,86 und  $2,7 \times 10^{-12}$  und P-Werten um 0,5. Aus den Rohdaten konnte somit in diesem Versuchsaufbau nicht zwischen Aktivität mit erhobenem und gesenktem Kopf unterschieden werden.

In einem nächsten Schritt, wurden mit Hilfe von Direktbeobachtung und Protokollierung des Verhaltens der Tiere, die mit den Halsbändern erfassten Aktivitätsdaten an Ziegen und Rindern überprüft (Abb. 7). Die angewandte Methode war das sogenannte „event-sampling“ [Faß79], bei der jede Aktivitätsänderung genau mit Uhrzeit notiert wird. Die Ergebnisse der Messungen des integrierten zwei Achsen-Beschleunigungssensors (X-Achse: vor-zurück-

Beschleunigung und Y-Achse: rechts-links-Beschleunigung) zeigten, dass die Qualität der aus den Messwerten berechneten Verhaltensausgabe (Mittelwert: 81,7% Übereinstimmung mit Direktbeobachtung bei Rindern und 77% bei Ziegen) nicht zufriedenstellend war.



Abb. 7: „Stupsie“ mit dem GPSplus-Halsband (eigene Aufnahme, 2006).

Exemplarisch für eine Ziege sind die Ergebnisse in Tabelle 2 dargestellt:

Tab. 2: relative Übereinstimmung von Direktbeobachtung und Messwerten von Ziege „Stupsie“ am 09.08.2006.

	Anzahl der Ereignisse aus Beobachtung	Messung stimmt mit Beobachtung überein	Übereinstimmung in %	Vertrauensintervall
Gesamt	133	102	77	0,84<p<0,70
Ruhen	38	24	63	0,78<p<0,48
Gehen	24	17	71	0,80<p<0,62
Fressen	53	49	92	0,99<p<0,85
Laufen	14	14	100	-----

Danach wurden für die Aktivität „Ruhen“ und „Fressen“ relativ häufig fälschlicher Weise als „Gehen“ eingestuft. Hingegen konnte „Fressen“ mit 92% am Sichersten erkannt werden.

Aus diesem Grund wurde die Messwertverarbeitung modifiziert. Vor Versuchsbeginn erfolgte nun die Konfiguration der Halsbänder mit einem empirisch ermittelten tierartspezifischen Schwellenwert, welcher die Grenze der Kopf oben- /Kopf unten-Situation wiedergibt. Aus der Abtastung des Aktivitätssensors alle 250 ms wird dann die „Head up ratio“ als Anteil der Zeit mit Kopf-oben-Situation alle 64 s abgespeichert. Die ganzzahlige Werteskala von 0 bis 255 ergibt dabei eine Auflösung der „Head up Ratio“ von rund 0,4%. Die Validierung des modifizierten Systems erfolgte wiederum durch eine rund 17h dauernde Datenerfassung mit Direktbeobachtung an Rindern als Referenz (Abb. 8). Die Übereinstimmung der Messwerte mit den beobachteten Verhaltensweisen betrug nun 97,1% und wurde damit als sehr gut für die folgenden Versuche erachtet. Abbildung 9 zeigt beispielhaft für einen Tag vergleichend die

Tagesrhythmik des Verhaltens von vier Mutterkühen. Die Rinder # 2, #3 und #4 hatten zum Zeitpunkt der Datenerhebung bereits ein Kalb bei Fuß.



Abb. 8: Versuchskühe auf der Versuchsstation Grünschwaige während der Direktbeobachtung „Grooming“ (eigene Aufnahme, 2006).

Der Kurvenverlauf zeigt, dass die Kühe zwar individuell leicht verschiedene Rhythmiken haben, die grundsätzlichen Aktivitäten aber weitgehend zeitgleich beginnen bzw. enden und wiederkäuertypisch (Wechsel Aktivität (Wert < 125) und Ruhephasen (Wert > 125)) sind. Daraus kann geschlossen werden, dass die Rinder in ihrem Verhalten und Wohlbefinden durch das Tragen des GPS-Halsbandes nicht beeinflusst werden.

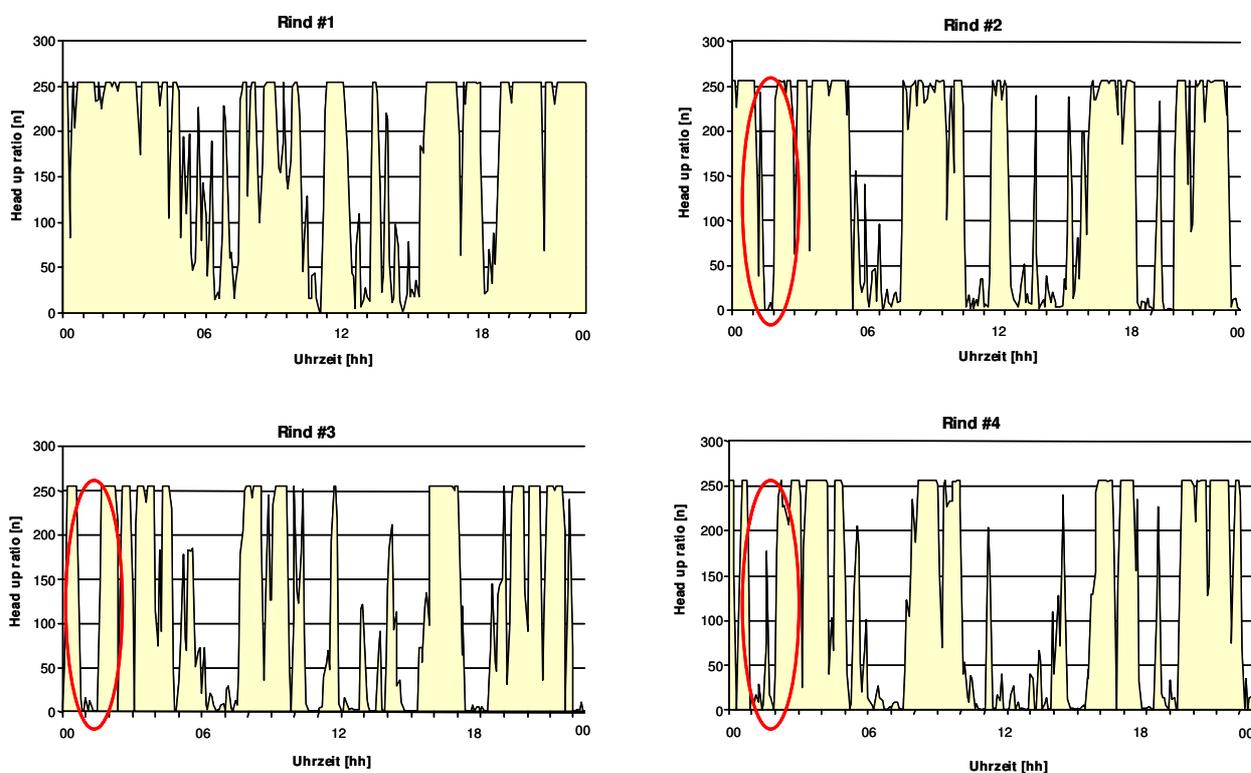


Abb. 9: Aktivitätsrhythmik eines Tages bei vier weidenden Rindern, aufgezeichnet mit GPS-Halsbändern.

### 2.2.3 Modifikationen

Wie bereits unter 2.2 beschrieben sollten aufgrund einer umfassenden Literaturrecherche ETHOLOG® Halsbänder der Firma Greenwaysysteme GmbH (Frankfurt an der Oder) für das Versuchsvorhaben zum Einsatz kommen. Da sich der Liefertermin immer stärker verzögerte, wurde aus zeitlichen Gründen parallel ein GPSplus-Halsband der Firma Vectronic Aerospace GmbH, Berlin beschafft, getestet und hinsichtlich der Verwertbarkeit der Daten validiert. Nach der Lieferung (3 Monate nach dem schriftlich vereinbarten Termin) des ersten ETHOLOG®-Bandes wurde zudem festgestellt, dass dieses fehlerhaft arbeitete. Deshalb wurden weitere Halsbänder von Vectronic-Aerospace GmbH, Berlin erworben und das Gerät der Firma Greenwaysysteme zurückgegeben. Die GPSplus Halsbänder lieferten sehr präzise GPS-Positionen, die Aktivitätsdatenausgabe konnte gemeinsam mit der Firma Vectronic-Aerospace GmbH auf Basis der Untersuchungen an Ziegen und Rindern für die weiteren geplanten Versuche modifiziert werden.

Trotz aller Bemühungen verzögerte sich jedoch durch die Lieferschwierigkeiten der ersten Firma der gesamte Versuch, der von der Weidesaison zeitlich definiert war.

Für die weiterführenden Untersuchungen des raumbezogenen Verhaltens von freiweidenden Rindern wurden zusammenfassend, folgende Halsband-, und Sensormodifikationen durchgeführt:

Um die Daten besser verarbeiten zu können, wurden verschiedene Aggregationslevels fixiert. Da das minimale Aufzeichnungsintervall für die Aktivitätsdaten des GPSplus-Halsbandes bei 64 s lag, wurde nun das GPS Logging-Intervall auf 32 s festgelegt um trotz allem hoch aufgelöste Positionsdaten zu erhalten. Wie bereits unter 5.1.2 beschrieben, war zudem eine Softwaremodifikation des im Halsband integrierten Beschleunigungssensors erforderlich. Die Verhaltensaussage war bei Kontrollbeobachtungen stets unbefriedigend. Nach der Modifikation konnten 97,1% Übereinstimmung der Daten aus dem Halsband und der Verhaltensbeobachtung erreicht werden, die als ausreichend für die gestellten Fragen angesehen wurden.

Um jedoch noch detailliertere Aussagen über das Verhalten machen zu können, wurde mit dem sogenannten ALT-Pedometer ein weiterer Aktivitätssensor hinzugenommen, welcher in Abbildung 10 dargestellt ist.

Dieses System erfasst als multifunktionales Fesselpedometer direkt die Beinbewegungen eines Tieres. Aktivität (A), Liegezeit (L) und Temperatur des Tieres und der Umgebung (T) werden bei diesem Pedometer in frei wählbaren Zeitintervallen, maximal aber stündlichem Abstand erfasst [BSHS04]. Für die Versuchsanstellung wurde das minimal mögliche Intervall von 900 s verwendet.

Bestandteil des Pedometers sind zwei Liegesensoren zur Unterscheidung von Bauch- und Seitenlage, der Schrittzähler, die Temperatursensoren, eine Echtzeituhr und ein Prozessor, der die kontinuierlich erfassten Daten im gewählten Zeitintervall summiert bzw. die Temperatur zuordnet.



Abb. 10: ALT Pedometer (Ingenieurbüro Holz, Falkenhagen, 2007).

Ein Funkmodul ermöglicht die Übertragung der Daten von einem Datenspeichermodul an einen PC. Da die Brunsterkennung Antrieb der Pedometerentwicklung ist, wird keine umfangreiche Datenspeicherung angestrebt, sondern regelmäßiges Auslesen vorausgesetzt. Hierfür muss das Pedometer in die Nähe einer entsprechenden Antenne gebracht werden. Auch wenn das Hauptanwendungsgebiet sicherlich die Brunsterkennung im Milchviehbereich ist, bewährt sich das System auch bei anderen Tierarten, wie Mutterkühen und Schafen zur Tierbeobachtung [BB03].

## 2.3 Versuch Feichtaualm

### 2.3.1 Technik

Zielgröße für die Datenspeicherung im Halsband war eine Zeitspanne von 18-21 Tagen, da die Tiere so selten wie möglich durch die Manipulation in ihrem Verhalten gestört werden sollten. Für die Pedometer war die Zielgröße der Speicherung nicht entscheidend, da die Datenübertragung via Funkmodem erfolgte. Aufgrund der in Abbildung 11 dargestellten Datenspeicherkapazitäten wurden folgende Messintervalle für das Hals-, bzw. Fußband gewählt:

Für das GPS-Halsband 32 s Aufzeichnungsintervall für die Position und 64 s für den Aktivitätsdatensatz, bestehend aus der „Head up Ratio“ als Summenwert über bzw. unter einem fixiertem Schwellenwert zur Erfassung des Fress-, bzw. Ruheverhaltens und der Aktivitätsschwellenwert um detektieren zu können ob grundsätzlich Aktivität stattgefunden hat oder nicht.

In den ALT-Pedometern wurde eine Aufzeichnungsfrequenz von 15 min eingestellt. Dies Intervall kann am besten mit den anderen erfassten Daten aggregiert werden. Außerdem sollte der Datentransfer, der im Feld via mobilem Funkmodem durchgeführt wurde, in einem für das Gesamtvorhaben sinnvollen Ausmaß erfolgen, um die Tiere nicht zu sehr in ihrem natürlichen Verhalten durch die eigene Präsenz zu beeinflussen. Der hauptsächlich limitierende Faktor für die Aufzeichnungsfrequenz war der Datenspeicher des Fußbandes, der mit rund 700 Datensätzen relativ niedrig war (bei der eingestellten Aufzeichnungsfrequenz also für knapp eine Woche ausreichte).

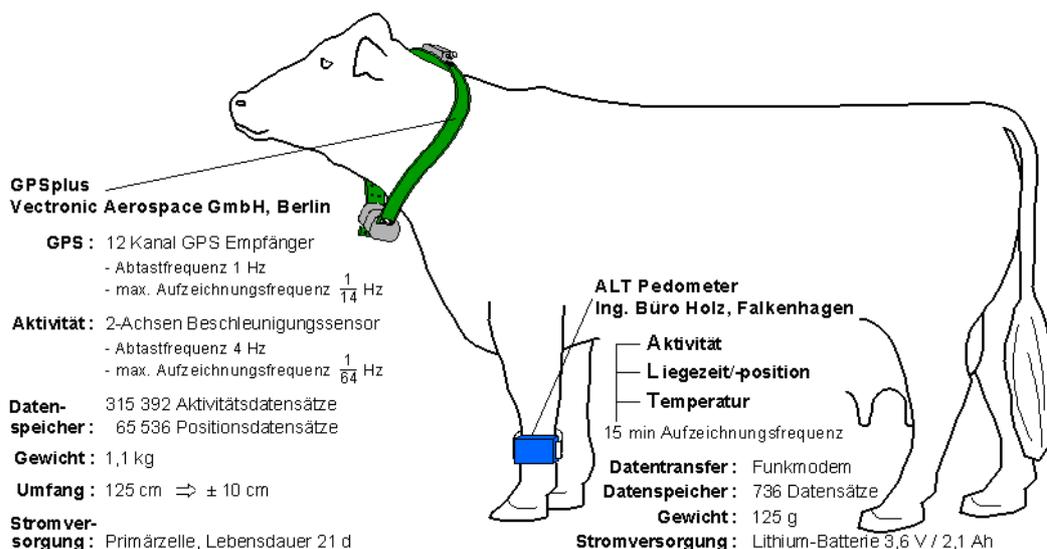


Abb. 11: Kenndaten der GPS-plus und ALT-Pedomertechnik (Anbringung am Rind)



Abb. 12: GPS-plus und ALT-Pedometertechnik am Rind zur Erfassung raumbezogener Verhaltensdaten (Zeichenbüro des Lehrstuhls für Agrarsystemtechnik und eigene Aufnahme, 2007).

Um bei einem eventuellen Halsbandverlust das Halsband wiederzufinden wurde zudem jedes GPS-Halsband mit einem Peilsender bestückt. Mittels Yagi-Antenne und einem Tracking Receiver (Abbildung 13) aus der Wildtierforschung konnte die Richtung des Signals sowie seine Stärke detektiert werden.

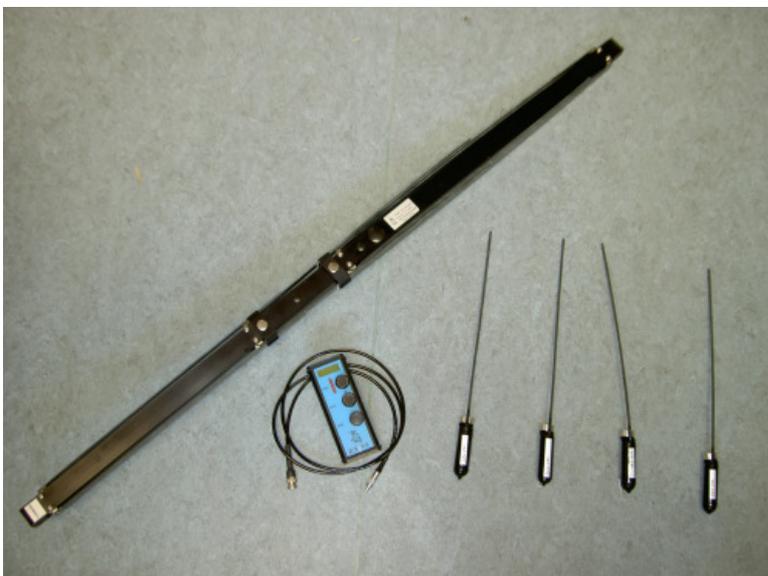


Abb. 13: Yagi-Antenne, Tracking Receiver und Peilsender zur Funkpeilung via VHF (eigene Aufnahme, 2007).

Alle versuchsrelevanten Ereignisse wurden während der Versuchsphase bei der alle 3-5 Tage durchgeführten Tiersuche- und Kontrolle mittels Garmin GPS-Handempfänger und Diktiergerät protokolliert.

### 2.3.2 Fläche

#### Nationalpark Kalkalpen

Der seit nun 10 Jahren verordnete Nationalpark liegt im Süden des Bundeslandes Oberösterreich und umfasst eine Schutzfläche von rund 20.800 ha. Er zählt zur Grobheit der Nördlichen Kalkalpen. Rund 87% der Fläche befindet sich auf montaner Stufe zwischen 550 und 1.450 Meter über N.N. Der Waldanteil beträgt 81%, und stellt so das größte Waldschutz-Gebiet Österreichs und eines der letzten, erhaltenen montanen Großwaldgebiete in Mitteleuropa dar. Elf Prozent (2.320 ha) des Gebietes sind baumlose Freiflächen (Rasen, Schutt, Fels), die zu einem Drittel aktuell als Almweiden genutzt werden.

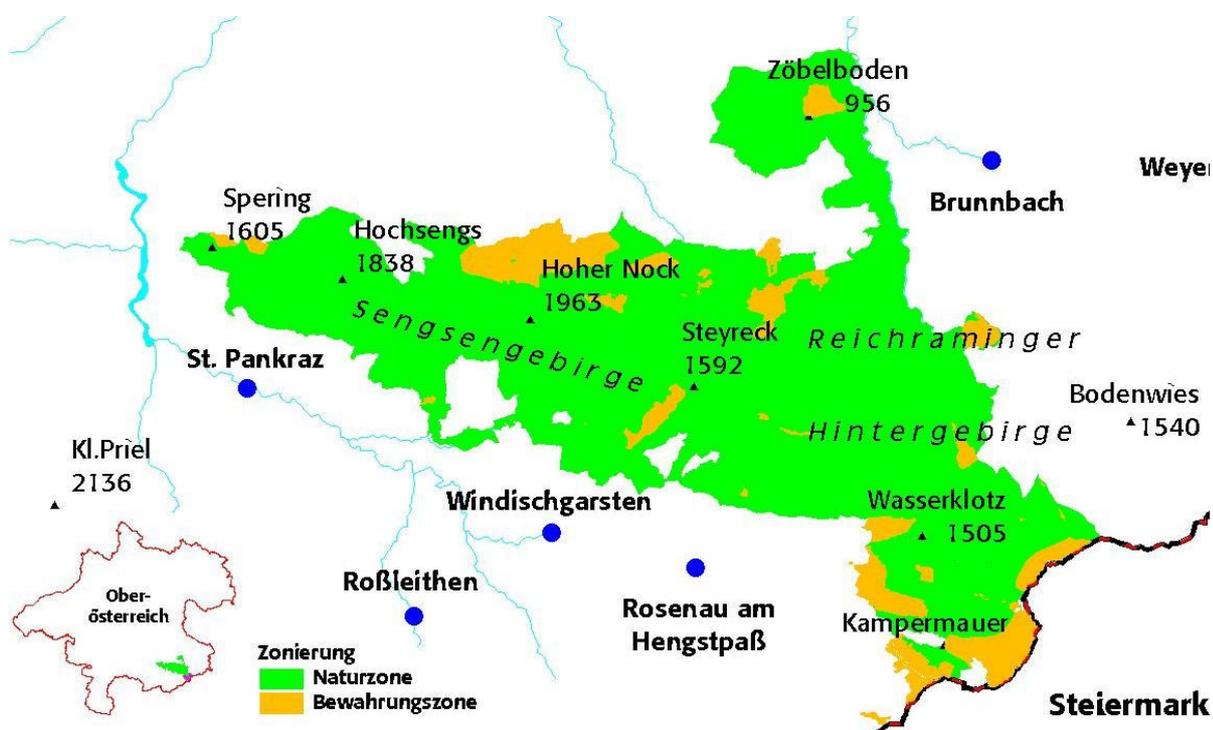


Abb. 14: Kartenskizze des Nationalparks Kalkalpen mit Zonengliederung.

Das Gebiet ist schwer zugänglich, teils verkarstet und von einem dichten Schluchtennetz durchzogen. Dadurch hat sich eine Vielzahl von natürlichen und naturnahen Teilräumen bewahrt. Das Biotopmosaik birgt weit über 800 Pflanzenarten, darunter 112 Rote Liste Arten und ist Basis für das Vorkommen prioritärer Tierarten wie z. B. Raufußhühner (*Tetrao tetrix*, *Tetrao urogallus*, *Bonasa bonasia*, *Lagopus mutus*), dem Weißrückenspecht (*Picoides leucotos*), der Gelbbauch-Unke (*Bombina variegata*) und dem Alpenbockkäfer (*Rosalia alpina*). Weiterhin ist das Nationalparkgebiet wichtiges Grundwassererneuerungsgebiet mit insgesamt 470 Kilometer an natürlichen Bachläufen und über 500 Quellen.

Es dominieren Fichten (*Picea abies*) und Laubmischwaldbestände und mehrere Urwaldreste wie mesophile Buchenwälder und orchideenreiche Trockenhang Buchenwälder, Latschengebüsche an der Baumgrenze.

Im Rahmen des LIFE-Projektes (LIFE99NAT/A/5915, Titel: „Management von Naturwäldern im Nationalpark Kalkalpen“) 1999-2003, das von der Nationalpark GmbH 1998 eingereicht und bewilligt wurde, wurden Managementpläne für 6.025 ha (28%) der Schutzfläche erarbeitet und umgesetzt. Das Vorhaben umfasste die Bereiche Waldmanagement, Wiltiermanagement, Zielarten-Management, Almmanagement, Beweissicherung und Öffentlichkeitsarbeit.

#### Feichtau-Alm

Bei der Feichtau-Alm (Servitutsalm) handelt es sich um die größte, landschaftlich attraktivste, aber durch Verkarstung problematischste Alm des Nationalparks Kalkalpen. Sie liegt auf einer Seehöhe von 1370 m und besteht aus Magerweiden und beweideten alpinen Rasen (v.a. Rostseggenrasen, Blaugras-Magerrasen und hochmontanen Bürstlingsrasen), sowie einem Biotopmosaik mit zahllosen Pionier- und Sonderstandorten. Die Feichtau schließt auf ihrer 617 ha Weideberechtigungsfäche urwaldähnliche Totholzbestände, Moore, Tümpel- Quell- und Feuchtgebiete mit ein.

Bei der Nationalparkwerdung vor 10 Jahren stand die Feichtau als verkarstete „Galtalm“, die nur mehr mit unbeaufsichtigtem Jungvieh bestoßen wurde, knapp vor der Auflassung. Im Jahre 1993, indem die Almhütte wieder aufgebaut wurde, lag folgende Situation vor: Die Weideflächen waren stark reduziert, die Tränken verfallen und das Weidevieh drang in die Wald- und Feuchtgebiete sowie angrenzende Nebentäler ein. Diese Entwicklung bahnte sich bereits seit den 70er Jahren an. Der Großteil der Flächen begann zunehmend zu verbrachen und lokal, bei immer eingeschränkterem Weideraum, aufgrund von übermäßigem Tritt und Aufdüngung kollabierte das Gebiet Feichtau – Jaidhausgraben – Rotgsoll.

Im Rahmen des LIFE-Projektes wurden auf der Feichtau-Alm eine Reihe von Managementmaßnahmen in den Jahren 1999-2003 durchgeführt. Es wurden 5 neue Tränken installiert, rund 20 ha gefährdete Feuchtgebiete und Tümpel ausgezäunt (flexibler Zaun, 1690 m Länge), Schwend- und Mahdarbeiten durchgeführt und Moore durchschneidende Wege neu gebaut. Die Feichtau umfasst mit ihrer 617 ha Weideberechtigungsfäche rund 28% der Nationalpark Bewahrungszone und etwa 10% des im LIFE-Projekt (LIFE99NAT/A/5915, Titel: „Management von Naturwäldern im Nationalpark Kalkalpen“) bearbeiteten Gebietes. Die reine Weidefläche beträgt circa 50 ha.

#### Versuchszeitraum

Der Versuchszeitraum begann am 16.06.2007 mit dem Auftrieb von insgesamt 54 Jungrindern der Rasse Fleckvieh, Braunvieh, Murbodner und Kreuzungstieren vom Tal aus. Zudem wurden vier Milchkühe aufgetrieben, die jedoch über die Vegetationsperiode hinweg auf dem Almboden auf Standweide gehalten wurden. Der Abtrieb erfolgte aufgrund intensiver Schneefälle vorzeitig am 05. und 06.09.2007 und nicht wie zuvor geplant am 23.09.2007.

Abbildung 15 zeigt die Weiderechtsgrenze der Feichtau-Alm mit den einzelnen Weide- und Windwurfflächen (1-10).

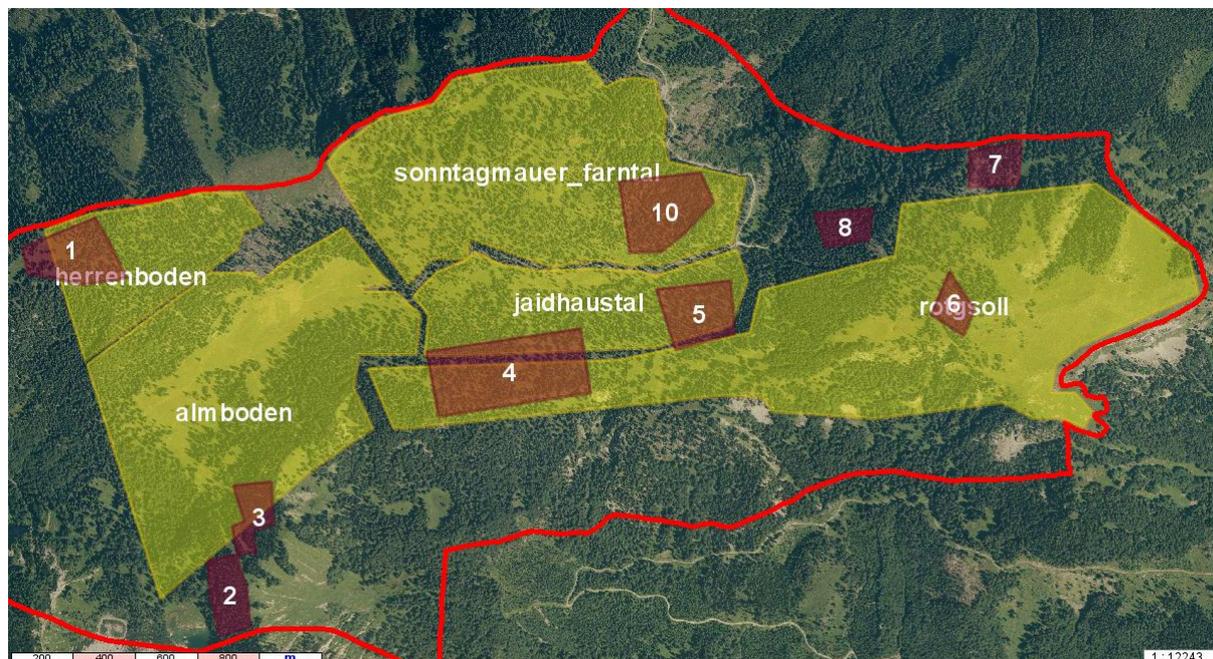


Abb. 15: Weiderechtsgrenze (rot) der Feichtau-Alm mit zugehörigen Weideflächen (Namen) und Windwurfflächen (Nummern).

Der Versuchszeitraum kann in drei Phasen auf unterschiedlichen Weideflächen gegliedert werden. Diese Vorgehensweise beruht auf früheren bereits umgesetzten Weidestrategien, die in Zusammenarbeit des Senners und des Nationalparks erarbeitet worden sind.

1. Almboden: 2007-06-16 bis 2007-07-04 Gruppe 1 und 2
2. Rotzoll: 2007-07-05 Gruppe 1 und 2  
ab 2007-07-15: Gruppe 2 im Jaidhaustal/ Sonntagmauer  
Gruppe 1 weiterhin Rotzoll
3. Alle Weideflächen: ab 2007-08-05 frei zugänglich für beide Gruppen

### 2.3.3 Tiermaterial

Über den gesamten Versuchszeitraum wurden vier Jungrinder mit ALT-Pedometern besen- dert. Zudem erhielten sie GPS-Halsbänder. Da sich im Laufe des Versuchs sehr deutliche und stabile Gruppen bildeten und sich die Einzeltiere sehr gleichförmig verhielten, wurden die GPS-Halsbänder an unterschiedlichen Tieren bei den Datentransfers angebracht um eine bessere Aussage über das Herdenverhalten machen zu können.

Die verschiedenen Tiere und Gruppenzugehörigkeiten, sowie die Daten der Halsbandwechsel sind der Tabelle 3 zu entnehmen.

Tab. 3: Versuchstiere und Besenderung.

Idanimal	Nameanimal	group	idpedo	ldcollar	from...	to...
no1	Butzi	1	1	2971	17.06.2007	05.07.2007
no1	Butzi	1	1	2971	09.07.2007	24.07.2007
no1	Butzi	1	1	2971	28.07.2007	15.08.2007
no3	Murli	3	3	2971	19.08.2007	09.09.2007
no2	Stolze	2	2	2973	17.06.2007	05.07.2007
no5	Simmerl	4	0	2973	09.07.2007	24.07.2007
no5	Simmerl	4	0	2973	09.08.2007	02.09.2007
no3	Murli	1	3	2975	17.06.2007	26.06.2007
no7	Berta	2	0	2975	22.07.2007	07.08.2007
no1	Butzi	1	1	2975	23.08.2007	09.09.2007
no4	Flinke	2	4	2976	17.06.2007	05.07.2007
no3	Murli	1	3	2976	09.07.2007	24.07.2007
no3	Murli	1	3	2976	28.07.2007	17.08.2007
no8	Monky	2	0	2976	20.08.2007	07.08.2007
no6	Burli	1	0	2227	22.07.2007	07.08.2007
no7	Berta	2	0	2227	14.08.2007	02.09.2007

#### 2.3.4 Datentransfer

Aufgrund der maximalen Speicherkapazität von 65.536 Positionsdatensätzen musste bei dem gewählten Aufzeichnungsintervall von 32 s alle 21 Tage das Halsband abgenommen, und die Daten via serielle Schnittstelle (Link Manager) an einen Laptop transferiert werden. Die Daten wurden dann vom Halsband gelöscht und ein neues Aufzeichnungsschedule eingespielt. Somit konnte gewährleistet werden, dass es zu keinem Datenverlust kam.

Die vom Pedometer erfassten Werte werden als speziell aggregierte Werte (Liegezeit in Bauch- und Seitenlage, Schritte und Knöcheltemperatur) alle 15 min im internen Speicher abgelegt. Die Daten wurden aufgrund des internen Speichervolumens spätestens alle 5 Tage über ein Funkmodem im Feld ausgelesen (siehe Abbildung 16).



Abb. 16: Pedometerdatentransfer über Funkmodem (eigene Aufnahme, 2007).

### 2.3.5 Probleme und Änderungen des Arbeitsplans

In der ursprünglichen Versuchsplanung war als Testgebiet der Nationalpark Berchtesgaden und die Nutzung des Galileo-Testbeds vorgesehen. Von diesem Vorhaben musste jedoch Abstand genommen werden, weil sich die Inbetriebnahme des Galileo-Testbeds verzögerte und auch in der Weideperiode 2007 noch nicht nutzbar war. Des Weiteren war die Organisationsstruktur des Nationalparks Berchtesgaden (Lage: Südosten Bayerns mit Grenze zu Österreich) für die geplanten Versuche nicht geeignet, da letztere kurze Wege und Flexibilität während des Versuches erforderten. Somit wurde nach alternativen Almen gesucht, die ähnliche strukturelle Bedingungen aufweisen wie die Region Berchtesgaden. Der Nationalpark Berchtesgaden ist jedoch der einzige deutsche Nationalpark in den Alpen.

Aufgrund des Orkans Kyrill (Januar 2007) ergab sich eine interessante und aktuelle Zusatzfrage des Vorhabens, nämlich inwieweit Windwurfflächen ein Problem für das Weidevieh (Beeinflussung ihres Raumnutzungsverhaltens) und somit für das Weidemanagement darstellen. Aufgrund optimaler Zusammenarbeitsbedingungen wurde im Februar 2007 entschieden, die Almversuche auf der Feichtaualm (1450 m N.N. und 600 ha Weiderechtsfläche) in Oberösterreich, im Nationalpark Kalkalpen durchzuführen. Die Ergebnisse hinsichtlich Weidedokumentation und Managementalgorithmen sind auf die Berglandregionen Bayerns übertragbar, da die Gegebenheiten in Flora und Fauna sowie die gegebenen (Umwelt-)Probleme (wie z.B. Tritt, Verbiss, Windwurf etc.) weitgehend ähnlich sind.

## 2.4 Datenverarbeitung

Über die von Mitte Juni bis Mitte September dauernde Vegetationsperiode wurden insgesamt rund 720.000 GPS-, 333.000 Aktivitäts-, und 31.500 Pedometerohdatensätze erfasst.

Für die erforderlichen Auswertungen und die Visualisierung der Ergebnisse ist die gleichzeitige Berücksichtigung von geographischer und zeitlicher Information, sowie diverser Sensordaten notwendig. Die Möglichkeiten in unspezifischen GIS-Lösungen oder Tabellenkalkulationen sind dazu nicht ausreichend.

Ziel war es deshalb eine Infrastruktur zu schaffen, in der die verschiedenen Informationen nicht nur gemeinsam gehalten, sondern auch verarbeitet, analysiert und zur Präsentation der Ergebnisse zusammengestellt werden können.

### *Technikauswahl*

Aufgrund der Anforderungen wurde ein Datenbank basierter Ansatz verfolgt. Hierfür wurde PostgreSQL, eine leistungsfähige Open Source Datenbank ([www.postgresql.de](http://www.postgresql.de)) ausgewählt. Mit der Erweiterung PostGIS (<http://postgis.refractory.net>) können auch geographische Informationen gespeichert und analysiert werden, so zum Beispiel das Bilden von Pfaden aus Punkten, Distanzberechnungen oder Projektionen.

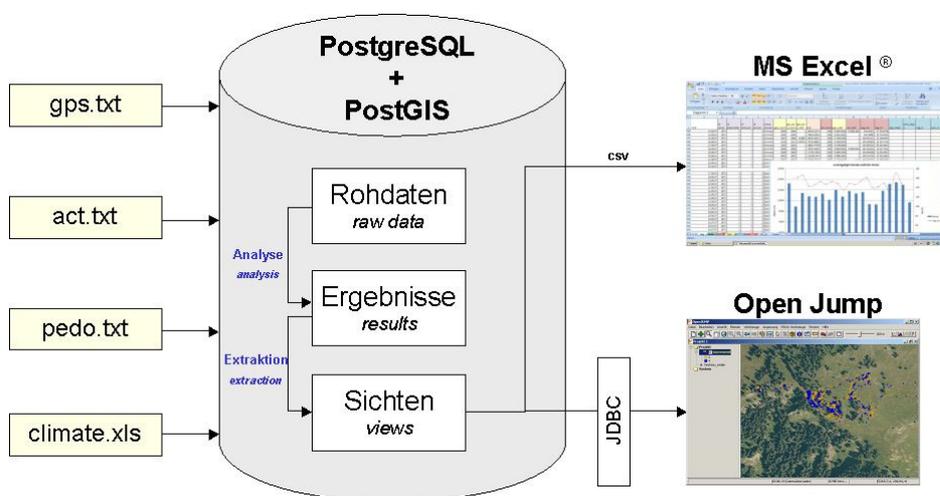


Abb. 17: Datenbank und Datenfluss.

So verarbeitete und gehaltene Daten können entsprechend zusätzlicher Auswertungsziele zusammengestellt, als csv-Dateien exportiert und in Excel weitergehend analysiert und in Diagrammen visualisiert werden, wie dies für Verhaltensdaten, Rhythmiken und Zeitbudgets von Nutztieren üblich ist. Zur Visualisierung von Geographieinformationen kommt das Open Source Geoinformationssystem (GIS) Open Jump (<http://openjump.org>) zum Einsatz. Im

Forschungsprojekt PIROL ([www.piol.fh-osnabrueck.de](http://www.piol.fh-osnabrueck.de)) wurden zahlreiche nützliche Tools entwickelt, die hier zum Teil zum Einsatz kamen. Über ein zusätzliches PostGIS-Plugin (<http://sourceforge.net/projects/jump-pilot>) können Daten aus der Datenbank über eine JDBC-Schnittstelle abgerufen und dargestellt werden. Eine der jeweiligen Fragestellung angepasste Zusammenstellung der Daten in 'Views' ist dabei möglich (siehe Abbildung 17).

### *Datenstruktur*

Die Daten werden in getrennten Tabellen für jede Erfassungseinheit abgelegt (siehe Tabelle 4).

Tab. 4: Aufzeichnungsfrequenzen der erfassten Größe und ihre Tabellenzuordnung in der Datenbank.

Auflösung (in Sekunden)	Größe (Parameter)	Tabelle
32	Position	gps
32	Zeit	gps
64	Head up Ratio	act
64	Activity Treshold	act
64	Zeit	act
900	Schrittzahl	pedo
900	L 1 (Liegezeit Bauch)	pedo
900	L 2 (Liegezeit Seitenlage)	pedo
900	Knöcheltemperatur	pedo
900	Zeit	pedo
3600	Temperatur	climate
3600	Niederschlag	climate
3600	Luftfeuchte	climate
3600	Windgeschwindigkeit	climate
3600	Windrichtung	climate
3600	Böe	climate
3600	Zeit	climate

Zusätzlich wurde die Gesamtweiderechtsfläche und Flächen von besonderem Interesse (z.B. Weide- und Windwurfflächen, Wasserstellen) in weiteren Tabellen gespeichert. Außerdem wurden über die komplette Versuchsfläche Gitter mit 50 x 50 m bzw. 100 x 100 m angelegt. Damit ist für jeden Punkt die Zuordnung zu besonderen Flächen und den Grids mit Datenbankfunktionen möglich. Für einen schnellen Datenzugriff wurde jeder Punkt (gps) über die IDs den verschiedenen Flächen fest und indizierbar zugeordnet.

Um den verschiedenen Erfassungsfrequenzen der Daten gerecht zu werden, werden die Informationen schrittweise aggregiert. Dafür werden für jede Tabelle mit der nächst höheren Genauigkeit die Daten über Aggregatsfunktionen (Durchschnitt, Summe) ergänzt. Während also bei einem Niveau von 32 s pro Datensatz nur die Daten des GPS zur Verfügung stehen, werden diese bei 64 s um die des Aktivitätssensors im Halsband erweitert und sind beim

Niveau 15 min und den Pedometerdaten vollständig. Um zu testen, welche Erfassungsfrequenzen für zukünftige Anwendungen noch ausreichend sind, wurden zusätzlich Tabellen auf der Basis von Stunden, Tagen und der gesamten Versuchszeit erstellt. Zur Kontrolle der Daten werden für alle Größen auch Minimum, Maximum und Standardabweichung berechnet. Ab dem Stundenniveau werden Pfade und Streifgebiete erzeugt.

Die Nutzung von Funktionen der Datenbank für die Datenanalyse ermöglichte den effizienten Zugriff auf die Daten. Innerhalb einer erweiterten SQL-Syntax können Algorithmen zur Lösung komplexer Probleme formuliert werden. Dies gilt bei der gewählten Technologie sowohl für Sensordaten als auch für Zeit- und Positionsangaben. Eine Einarbeitung in zusätzliche Programmiersprachen, die zur Problembeschreibung in verschiedenen Geoinformationssystemen (GIS) verwendet werden ist nicht notwendig. Für die Visualisierung im GIS stehen vorgefertigte Datenstrukturen zur Verfügung. Im GIS selbst, ist lediglich das Layout anzupassen. Gleiches gilt auch für den Export in die Tabellenkalkulation. Zusätzlich können dabei Informationen, die durch das Verschneiden von geographischen Informationen entstanden sind (z.B. Distanzen, Flächenzuordnungen) genutzt werden.

### 3. ERGEBNISSE UND DISKUSSION

#### *Ergebnisse*

Die Jungrinder standen insgesamt wie folgt im Versuch:

Tab. 5: Übersicht der Tiere im Versuch.

idanimal	nameanimal	days [d]
1	Butzi	54
2	Flinke	19
3	Murli	66
4	Stolze	19
5	Simmerl	41
6	Burli	17
7	Berta	20
8	Monky	21

Auf Basis von Stundenwerten (mittlere Position) wurden die Streifgebiete über die Versuchsdauer und Versuchszeiten der jeweiligen Rinder ermittelt, um eine Aussage über das Gesamt-Raumnutzungsverhalten der Rinder in Abhängigkeit vom Vegetationsverlauf treffen zu können. Die gelbe Linie umfasst die genutzte Gesamtfläche während der Weidesaison und enthält insgesamt rund 233 von 650 ha Weiderechtsfläche (35,8%).

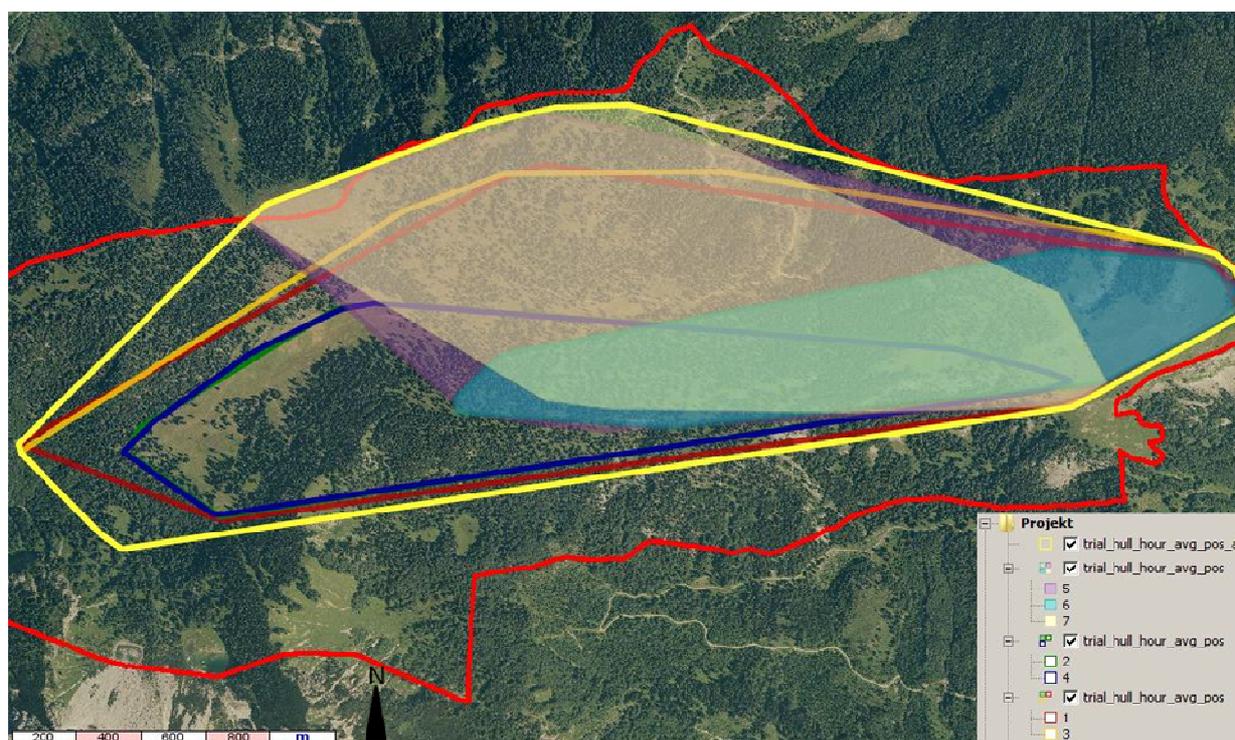


Abb. 18: Streifgebiete der Versuchstiere und Gesamtnutzung der Weidefläche

Das Tier mit der ID 8 ‚Monky‘ wurde für diese Betrachtung entfernt, da das Halsband auch den Abtrieb aufgezeichnet hatte und dieser die Gesamtflächennutzung verfälschen würde.

Tier ID 2 und ID 4 standen beide zugleich nur 19 d im Versuch. Anhand der sich nahezu überlagernden grünen und blauen Linie im Zentrum von Abb. 18 kann geschlossen werden, dass diese beiden Tiere sich gemeinsam mit ihrer Gruppe sehr ähnlich hinsichtlich ihrer Raumnutzung verhalten haben (zu Almweidebeginn). Ihr Streifgebiet umfasst in beiden Fällen rund 109 ha Weidefläche. Ebenfalls in einer Gruppe gemeinsam liefen die Tiere ID 1 und 4, bei denen sich dieses Geschehen wiederholt, ihr Streifgebiet ist dabei mit 246 bzw. 274 ha deutlich größer, doch standen beide Tiere wie aus Tab. 5 ersichtlich ist auch deutlich länger im Versuch. Bei den transparent hinterlegten Rindern 5, 6 und 7 wurde der Versuchszeitraum August-September genauer untersucht. Ein jedes Tier war ein Vertreter einer anderen Herdengruppe, was die Unterschiede in ihren Streifgebieten erklärt.

Die Darstellung aller erfassten GPS-Positionen (Abb. 19) zeigt, dass wie zu erwarten war, vor allem Freiweideflächen sehr intensiv von den Rindern genutzt wurden. Zu beachten ist jedoch, dass der ‚Herrenboden‘ aufgrund der aktuellen Windwurfflächen gar nicht mehr von den Tieren genutzt wurde. Ebenso wurde das südliche Weidegebiet nahezu nicht mehr genutzt. Windwurfflächen in letzterem konnten jedoch nicht kartiert werden, da der Windwurf nicht mehr eingrenzbar war. In den intensiven Windwurfflächen (gelb) wurden lediglich Rangflächen und Schneisen genutzt, wobei die Tiere darüber hinaus gehende Flächen nicht mehr genutzt haben.

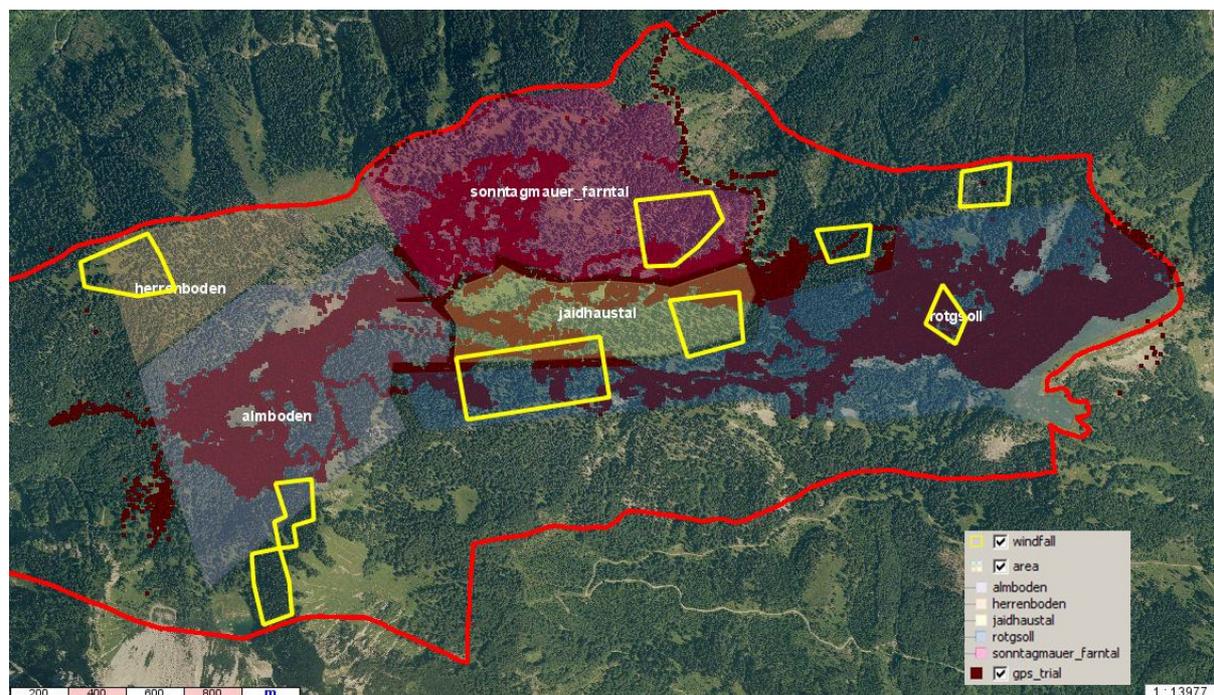


Abb. 19: Aufenthaltsorte aller Tiere im gesamten Versuchszeitraum in Abhängigkeit von Weidefläche und Windwurf.

Durch intensive Direktbeobachtung zeigte sich des Weiteren, dass Einzeltiere (vor allem Jüngere bei schlechter Witterung) sich immer wieder in den Windwurfflächen versteckten und dann nicht mehr zurück zu ihrer Herdengruppe fanden.

Ein weiterer interessanter Aspekt war, dass die Tiere zweimal (Rotgsoll, Jaidhaustal) aus ihrem Weidegebiet ausbrachen. Der Grund hierfür ist nicht genau bekannt. Vermutlich wurden sie von einem durchziehenden Braunbär erschreckt, oder die Tiere folgten Wanderern mit Hunden. Die Nachvollziehbarkeit der Aufenthaltsorte bietet Chancen für zukünftige Entwicklungen für nicht mehr behirtete Almen um „Frühwarnsysteme“ zu erhalten, die wie bei einem unsichtbaren Weidezaun online sofort den Halter vor oder über eine Grenzübertretung informieren könnten.

Nachfolgende Abbildung 20 beschreibt die anhand der Positionsdaten aus den GPS-Halsbändern ermittelten Aufenthaltshäufigkeiten in einem 50 x 50 m Gitter. Besonders intensiv genutzt wurden dabei die Freiweideflächen, sowie Waldränder.

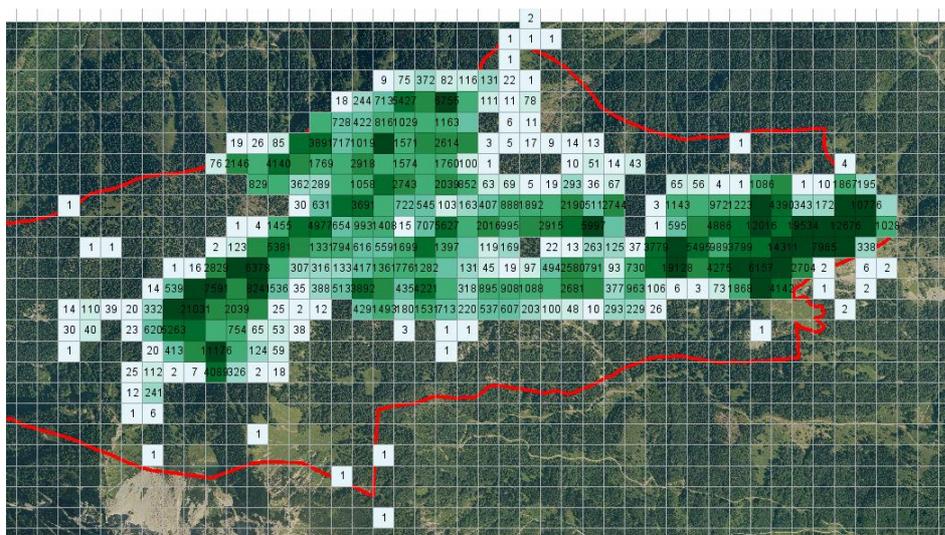


Abb. 20: Summe der Aufenthaltshäufigkeiten aller Tiere im gesamten Versuchszeitraum in 50 x 50 m Gitter.

Abbildung 21 stellt die Streifgebiete und Tracks von ‚Butzi‘ an den ersten beiden Tagen nach Almauftrieb als 15 Minuten Mittelwerte dar. Der erste Tag (17.06.2007), mit gelb gefärbten Streifgebieten zeigt deutlich die Unruhe des Tieres durch das ausgeprägte Erkundungsverhalten. Am darauffolgenden Tag (hellblau) war das Nutzungsareal deutlich kleiner und das Tier hat längere Zeit des Tages mit Ruhen verbracht.

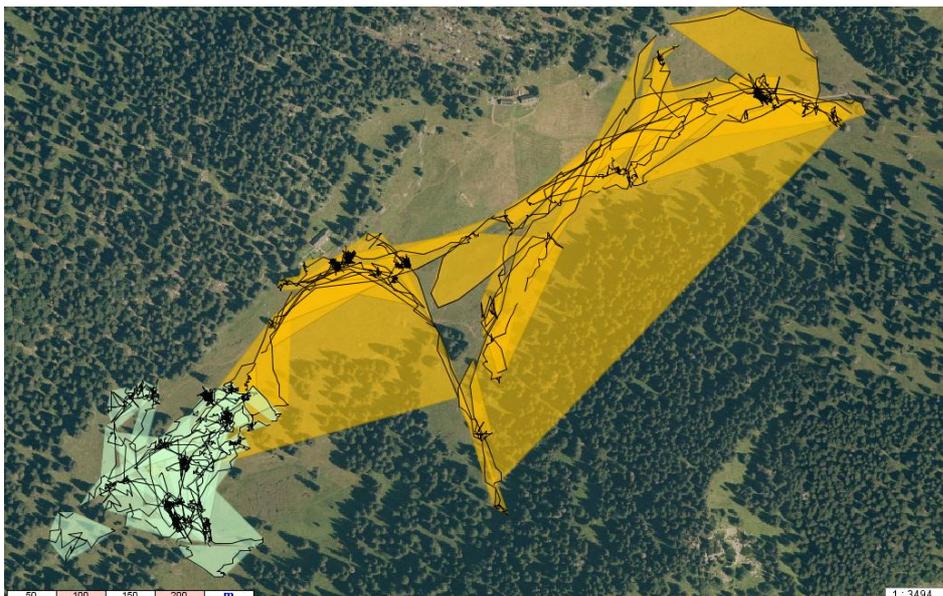


Abb. 21: Butzi 2007-06-17 und 18 (quarter days).

Im Laufe der Vegetationsperiode wurden die Rinder in das ‚Rotgsoll‘ ausgezäunt, damit auch die magereren Standorte möglichst gleichmäßig abgeweidet werden.

Abbildung 22 zeigt das Verhalten von ‚Butzi‘ in den ersten Nutzungstagen des neuen Weidegebietes Rotgsoll. Weide- und Ruhezone lassen sich wiederum deutlich unterscheiden. Zudem ist die Überschneidungsfläche zwischen lila 2008-07-09 und grün 2008-07-10 als Nachtruheplatz erkennbar. Die Wanderung im Tagesverlauf Richtung Osten zeigt ausgeprägtes Fressverhalten. Das Verhalten dieses Einzeltieres ist repräsentativ für die gesamte Herde.

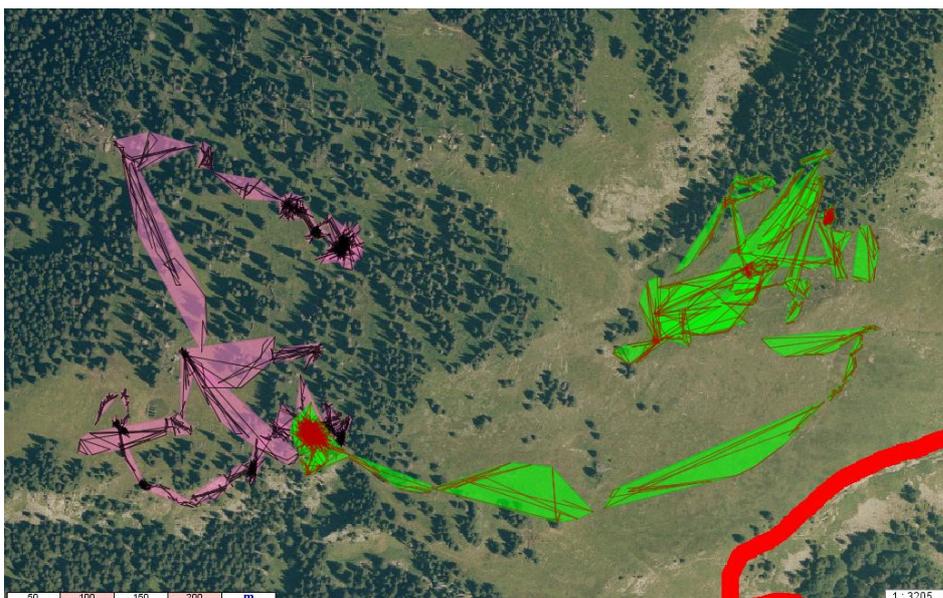


Abb. 22: Butzi 2007-07-09 und 10 (quarter days).

## Witterungseinflüsse

Aufgrund der stündlich von einer stationären Wetterstation auf der Feichtau-Alm erfassten Wetterdaten, können Aussagen über den Witterungseinfluss auf das Tierverhalten getroffen werden. In den nachfolgenden Abbildungen wird die Weiderechtsfläche als Orthofoto mit einem 50 x 50 m Gitter (Grid) dargestellt.

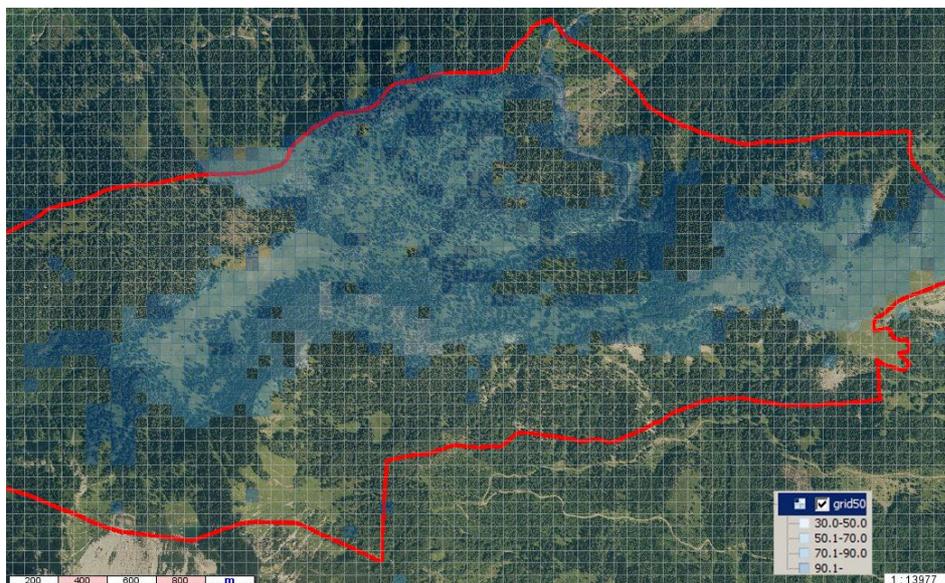


Abb. 23: Grid50\_avg\_climate humidity.

Wie der jeweiligen Legende zu entnehmen ist, bedeutet eine dunklere Einzel-Gridfärbung eine intensivere Nutzung (Aufenthaltshäufigkeit gemäß erfasster GPS-Positionen) durch die gesamte Herde. Es zeigte sich, dass den größten Einfluss, nicht wie zuerst erwartet die Temperatur, sondern Luftfeuchtigkeit (Abb. 23) und Niederschlag (Abb. 24) haben.

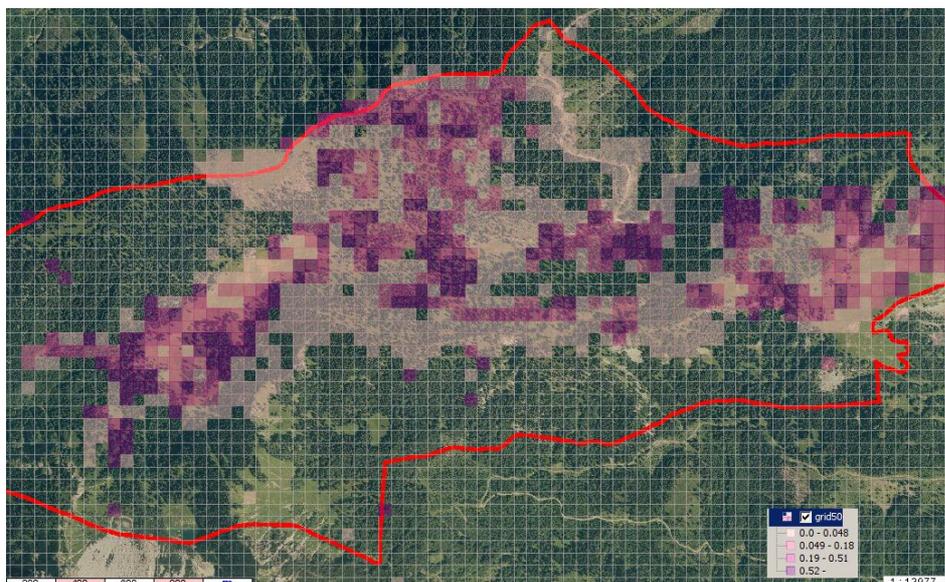


Abb. 24: Grid50\_avg\_climate rainfall.

Ein weiterer Einflussfaktor ist der Wind, sowie die Windgeschwindigkeit (Abb. 25), wobei die Nutzungsintensität der Kleinareale sehr ähnlich der Luftfeuchtigkeit ist. Jüngere Tiere neigten zudem bei schlechten Witterungsbedingungen eher im Wald zu verbleiben, während die älteren Rinder unabhängig von der Witterung die Flächen relativ gleichmäßig nutzten. Ein Einfluss der Nutzungsintensität aufgrund der verschiedenen Weidearten konnte über die gesamte Weideperiode nicht statistisch belegt werden.

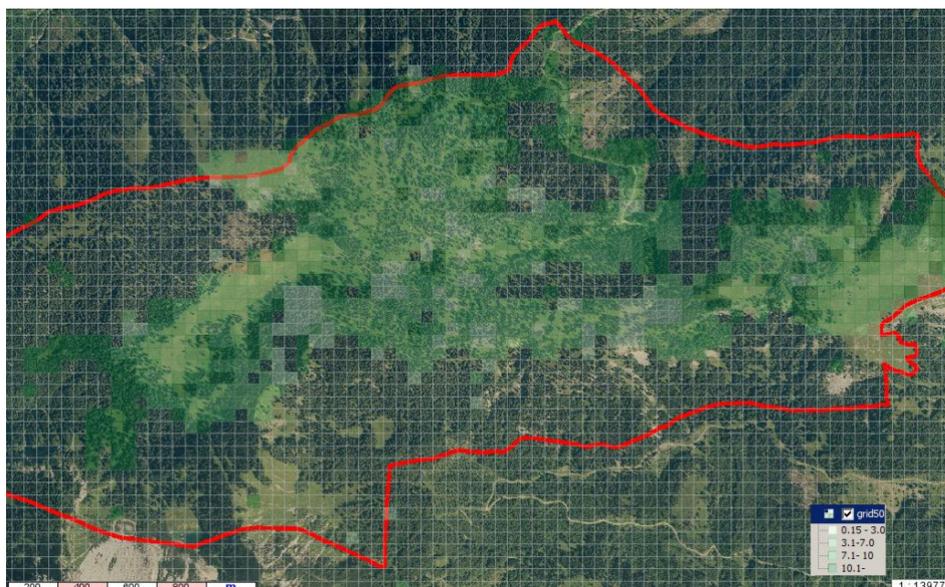


Abb. 25: Grid50\_avg\_climate wind.

Zwar wurden in den ersten Tagen einer neuen Flächenzuteilung offene Weideflächen bevorzugt, doch zeigte sich, dass auch die mageren Wiesen und Hutweiden gleichmäßig von den Herdengruppen beweidet wurden. Einzeltierpräferenzen überdeckten nicht das Herdenverhalten.

## Verhaltensanalyse:

Im Zuge der Auswertungen wurden nach den raumbezogenen Betrachtungen, die Aktivitätsdaten aus dem GPS-Halsband und dem ALT-Pedometer einzeln für jedes Tier analysiert, um Aussagen über das Verhalten der Tiere treffen zu können.

Besonders interessant ist die im Durchschnitt zurückgelegte Wegstrecke in km/d eines jeden Tieres. Nach Abbildung 26 zeigen die Tiere ‚Butzi‘, ‚Flinke‘, ‚Murli‘, ‚Simmerl‘ und ‚Stolze‘ mit 10-12 km/d zurückgelegter Strecke exakt jenen Wert, der auch in der Literatur unter dem Normalverhalten von Weiderindern zu finden ist [Sam91].

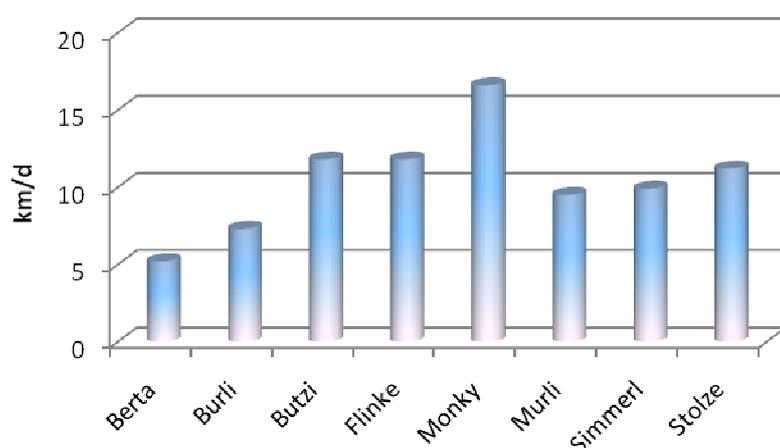


Abb. 26: Zurückgelegte Wegstrecke (Distanz) je Tier und Tag in km.

‚Berta‘ und ‚Burli‘ zeigen dagegen deutlich geringere zurückgelegte Strecken, da ‚Berta‘ sehr ortstreu und ‚Burli‘ krank war, beide wurden bereits nach 20 bzw. 17 Tagen wie aus Tabelle 5 ersichtlich ist aus dem Versuch genommen.

‚Monky‘ lief über alle Versuchstage überdurchschnittlich viel, was sich darauf zurückführen lässt, dass Monky ein „Vagabund“ war, der oft die Gruppen wechselte und deshalb sehr weite Strecken zurücklegen musste.

In Abbildung 276 ist die tägliche Wegstrecke und die dazugehörigen Schrittzahlen exemplarisch anhand von ‚Butzi‘ im gesamten Versuchszeitraum dargestellt. Zu Anfang des Versuches zeichnete das ALT-Pedometer eine sehr hohe tägliche Schrittzahl auf. Durch Direktbeobachtung konnte eine anfängliche Nervosität der insbesondere jüngeren Tiere, wie ‚Butzi‘ mit circa 18 Monaten, festgestellt werden. Da sie noch nicht zuvor geaplt wurden liefen sie in den ersten Tagen nach Almauftrieb deutlich mehr als die bereits im Vorjahr aufgetriebenen Färsen und Ochsen.

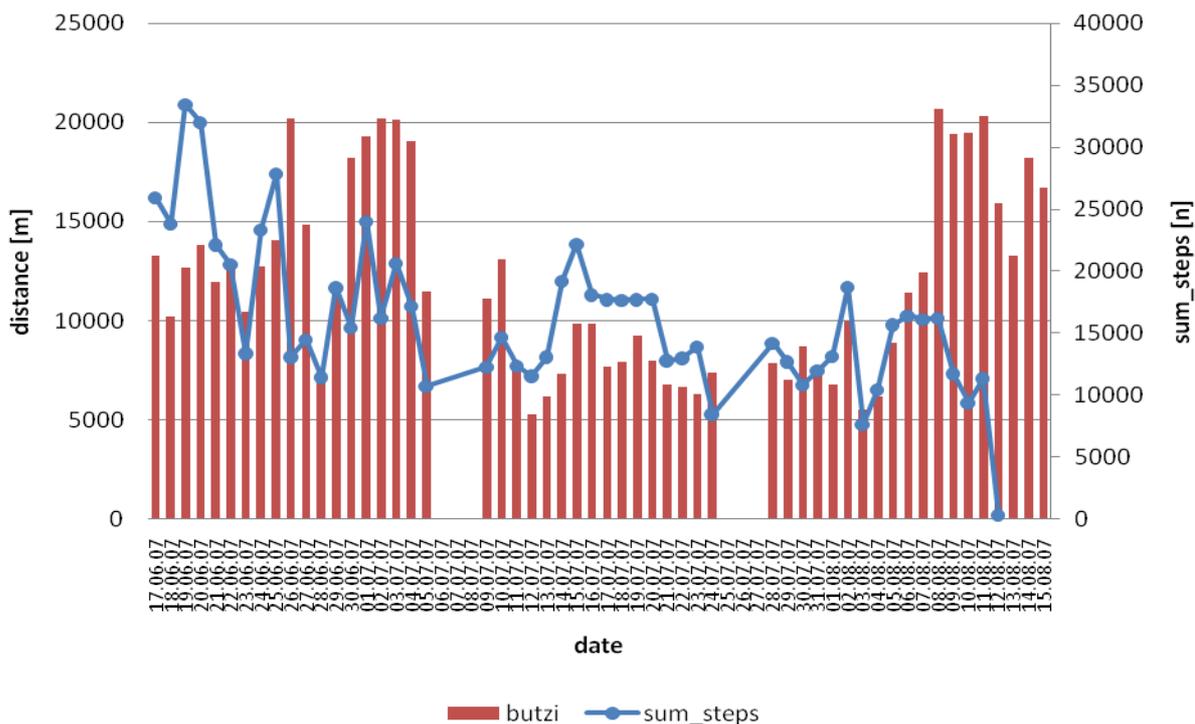


Abb. 27: Täglich zurückgelegte Wegstrecke (Distanz) in m und Schrittzahl von ‚Butzi‘ im gesamten Versuchszeitraum.

Am 20.06.2007 und an den darauffolgenden Tagen erholte sich ‚Butzi‘ zunehmend und es pendelte sich ein witterungsabhängiger Zyklus ein. Der mittlere Datenblock in Abbildung 26 zeigt die Phase auf neuer Weidefläche im Rotgsoll. Die Schrittsummen liegen über den zurückgelegten Strecken, da in diesem kleineren Weidegebiet ausreichend Aufwuchs vorhanden war, die Tiere jedoch stets um bestimmte Windwurfsschneisen herum wandern mussten um an die Wasser- Salzstelle kommen zu können.

Ab dem 08.08.2007 wurden die vorhandenen Auszäunungen entfernt und die Tiere durften das gesamte Weidegebiet nutzen, was sich durch den Anstieg der täglich zurückgelegten Strecken zeigt. Die Tiere wanderten mehr und fraßen weniger. Am 12.08.2007 fiel das Pedometer leider aus und es konnte kein weiterer Datentransfer durchgeführt werden. Insgesamt ist ‚Butzi‘ ein äußerst repräsentatives Beispiel für das Verhalten der gealpten Rinder im Versuch.

Ein weiterer exemplarischer Tag (18.06.2007) ist in Abbildung 28 dargestellt. Auf der x-Achse ist die Zeit in Stunden aufgetragen, auf der y-Primärachse (links) die gemittelte Head up Ratio (HUR) aus dem GPS-Halsband und auf der y- Sekundärachse (rechts) die Schrittzahl aus dem Pedometer, sowie die Liegezeit in Bauchlage als speziell berechneter Wert zwischen 0 und 60 pro 15 Minuten Intervall. Dabei bedeutet 60, dass im gesamten Zeitintervall in Bauchlage geruht wurde, 0 hingegen, dass keine Bauchlage stattfand, d.h. Ruhen im

Stehen bzw. Fress- oder Erkundungsverhalten wurde durchgeführt in Abhängigkeit von der Schrittzahl (steps).

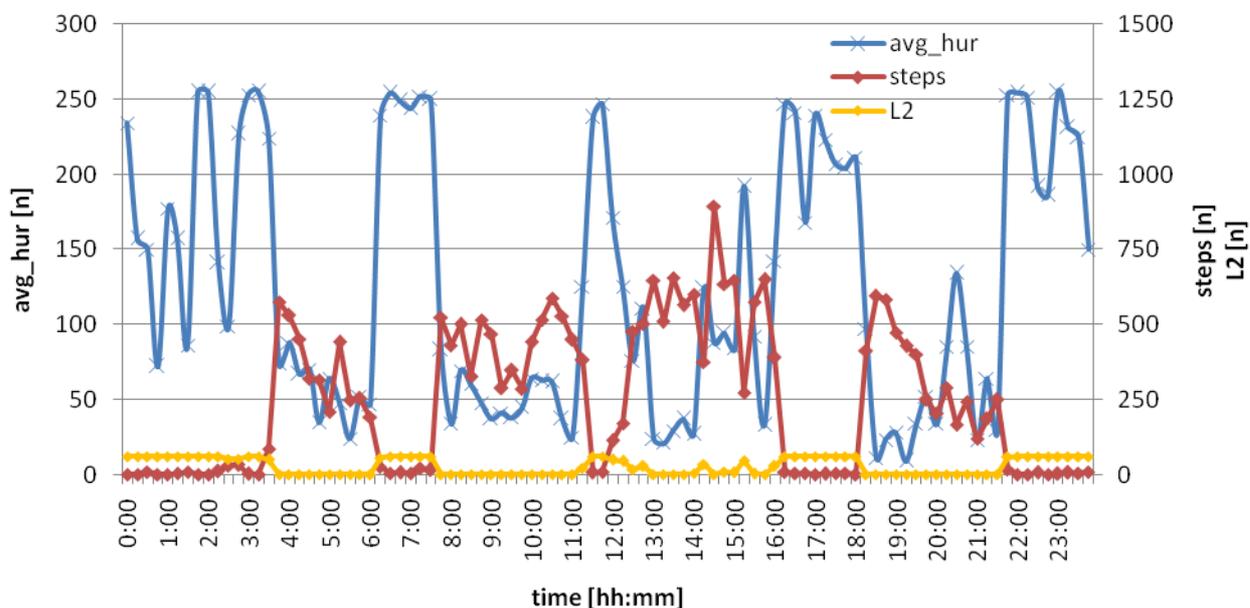


Abb. 28: Gemittelte Head up Ratio und Schrittzahl von ‚Butzi‘ am 18.06.2007.

Als Schwellenwert kann für die Verhaltensanalyse, wie bereits an den Mutterkühen auf Standweide gezeigt, der HUR-Wert 125 für die Definition von ‚Kopf oben‘ und ‚Kopf unten‘ definiert werden. Zusammen mit der Schrittzahl aus dem Pedometer kann nun zwischen Fress- und Ruhe-(Stehen und Liegen)verhalten unterschieden werden.

Zu beachten ist, dass die dargestellte Zeit GPS-Sommerzeit entspricht und somit von der dargestellten Zeit zwei Stunden addiert werden müssen. Zwischen 00:00 und 03:00 Uhr (d.h. 02:00 bis 05:00 Uhr UTC) zeigt ‚Butzi‘ Ruheverhalten im Liegen mit einigen Lagewechseln. Ab 03:00 Uhr bis 06:00 Uhr (05:00 bis 08:00 Uhr) erfolgt eine erste Fressperiode, die nach SAMBRAUS (1979) zu Beginn der Morgendämmerung startet und circa 2,5-3 Stunden dauert. Bis zur Abenddämmerung folgen zwei weitere Fressperioden. Nach der Abenddämmerung bis zur völligen Dunkelheit wird eine weitere Fressperiode durchgeführt. Es folgt daraufhin eine ausgeprägte Ruhephase. Rinder auf der Weide grasen im Durchschnitt 8-10 Stunden auf der Weide. Die Dauer der Grasezeit hängt neben den individuellen Gegebenheiten vor allem von der Vegetation ab.

Die gemeinsame Darstellung von Head up Ratio, Schrittzahl und Liegezeit in Bauchlage (L2) verdeutlicht den Zusammenhang zwischen dem Grasens im langsamen Vorwärtsgen und dem Ruheverhalten im Liegen und Stehen.

## *Diskussion*

Entgegen der - vielleicht zu optimistischen - Planung mussten im Verlaufe des Versuchsvorhabens wesentliche Modifikationen vorgenommen werden. Insbesondere musste die auf dem Markt verfügbare Technik an die Versuchsbedingungen angepasst werden, um entsprechend aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten (siehe 2.3.3).

Zudem mussten Änderungen am Arbeitsplan gemacht werden (siehe 2.3.5), um zum Einen den Zeitplan einzuhalten und zum Anderen repräsentative Aussagen treffen zu können. Beides wurde erfolgreich gemeistert. Mit der Feichtau-Alm wurde eine der größten Almweideflächen innerhalb eines Nationalparks gewählt. Die Beweidung mit Fleckvieh, Braunvieh und Murbodner, wie auch die Beweidungsform und Vegetation ist für die Region ebenfalls wie für die bayerischen Almen typisch. Gleiches gilt für die Probleme dieser Region wie Feuchtflächen, Verbiss und Windwurf infolge von diversen Stürmen sowie akut Kyrill.

Somit lassen sich die Ergebnisse abstrahieren und auf ein anderes Almweidegebiet mit ähnlichen Voraussetzungen transferieren.

Unerwartete Probleme im Verlauf des Almweideversuches waren:

- Der Windwurf und die damit verbundenen Aufräumarbeiten der Bundesforste erschwerten den Weg samt Equipment, da ein Seilkran und aufgehäuften Stämme den Forstweg versperrten und den Übergang an manchen Tagen fast unmöglich machte.
- Probleme des Wiederauffindens der besenderten Rinder trotz entsprechender Ortungstechnik (VHF-Receiver) bei schlechter Witterung und in Windwurfgebieten.
- Zersplitterung der Gruppen im Versuchsverlauf erschwerte das Wiederauffinden und den Datentransfer zusätzlich.
- Einige Halsbänder funktionierten nicht einwandfrei, so dass die Datenbank um diese Daten bereinigt werden musste und diese nicht zur Auswertung verwendet werden konnten.
- Die Tiere brachen zweimal aus, was in den Jahren noch nie vorgekommen war. Als Ursache werden ein durch das Gebiet streifender Braunbär oder Wanderer vermutet.
- Der zu frühe Wintereinbruch beendete am 06.09.2007 unvorhergesehen den Versuch.

Doch trotz aller dieser Widrigkeiten können die durchgeführten Arbeiten dank des enormen Engagements der Sachbearbeiterin als umfassend und sehr erfolgreich eingestuft werden. Die vorgesehenen Arbeitsziele wurden insgesamt erreicht und viele neue unerwartete Ergebnisse konnten ermittelt werden.

Insgesamt zeigte sich:

Durch die umfassende Datenmenge konnte herausgearbeitet werden, dass frei-weidende Tiere insbesondere durch exogene Faktoren, wie die Witterung und die Vegetation beeinflusst werden. Sie verhalten sich trotz ihrer Individualität in den verschiedenen Kleingruppen weitgehend gleichförmig und nutzen die Weideflächen bis auf die Windwurfflächen und Windwurfschneisen, die den Zugang zu bestimmten Arealen versperren, weitestgehend homogen.

Besonders hervorzuheben ist das neuartige Datenmanagement und die Auswertung der Daten mittels PostgreSQL Datenbank und Open Source Software. Innerhalb der erweiterten SQL-Syntax können Algorithmen zur Lösung komplexer Probleme formuliert werden. Aufgrund der Datenmenge konnte auf ein Tabellenkalkulationsprogramm lediglich für die Verhaltensanalyse zurückgegriffen werden.

Wesentliche Punkte, die durch das Datenmanagement erreicht wurden:

- 1.) Exemplarische Analysen mit hoher Aussagekraft.
- 2.) Unerwartete Ergebnisse.
- 3.) Möglichkeit weitere detailliertere Aussagen zu treffen.

Die Offenhaltung der Kulturlandschaft kann, wie das Projekt gezeigt hat, durch die Beweidung mit Rindern gewährleistet werden. Da dies jedoch nachhaltig geschehen soll, war es wichtig das raumbezogene Verhalten der Tiere zu erfassen und ihre Präferenzen herauszustellen. In der kommenden Almnutzung auf der Feichtau müssen dann aber in einem nächsten Schritt folgende Managementmaßnahmen durchgeführt werden:

- Ausschneiden der Windwurfschneisen für eine noch homogenere Nutzung der Weidefreiflächen.
- Entfernung der Auszäunungen von Feuchtgebieten, da Konkurrenzpflanzen zu stark ausbreiten und die heimischen zu schützenden Arten verdrängen.
- Anlegen von neuen Wasserstellen.

Wider Erwarten verhalten sich Kleingruppen von Rindern sehr gleichmäßig in ihrer Raumnutzung, weshalb für künftige Untersuchungen dieser Aspekt besonders berücksichtigt werden muss. Insgesamt bestätigen aber die Untersuchungen, dass eine nachhaltige Umweltentlastung durch Verbesserungen des Weidemanagements erreicht werden kann.

### *Maßnahmen zur Verbreitung der Ergebnisse*

ECKARDT, C., ROTHMUND, M. und H. AUERNHAMMER: *Sustainable pasture management with high resolution location and behavioural data of farm animals* – In: Agricultural Engineering for a better world Sept. 2006; CIGR World Congress, Bonn, 2006.

Vortrag zum Paper: “*Sustainable pasture management with high resolution location and behavioural data of farm animals*”. CIGR World Congress “Agricultural Engineering for a better World, Bonn, September 2006.

ECKARDT, C., ROTHMUND, M. und H. AUERNHAMMER: Poster zur EuroTier 2006 am Messestand der Technischen Universität München:  
 „*Nachhaltiges Weidemanagement auf Basis von Standort- und Verhaltensdaten extensiv gehaltener Nutztiere*“, 2006.

BRAUNREITER, C., ROTHMUND, M., STEINBERGER, G. und H. AUERNHAMMER: *Einsatzpotentiale von GPS-Halsbändern für das alpine Weidemanagement* - In: Landtechnik 207, Heft 2/2007.

BRAUNREITER, C., ROTHMUND, M., STEINBERGER, G. und H. AUERNHAMMER:  
*Potentials of GPS-Collar Application in Alpine Pasture Farming*, (Landtechnik-NET), 2007.

BRAUNREITER, C., ROTHMUND, M., STEINBERGER, G. und H. AUERNHAMMER: *Potentials of GPS-collar application in Pasture Farming* - In: Precision Livestock Farming '07 - Wageningen Academic Publishers, p.87-94. ISBN 978-90-8686-023-4, 2007.

Vortrag zum Paper: “*Potentials of GPS-collar application in Pasture Farming*”, ECPLF 2007, Skiathos, Greece 3.-6.06.2007.

BRAUNREITER, C. und H. AUERNHAMMER: Präsentation des Projektes am Stand der DBU auf der Agritechnica 2007. – Besenderte Modellkuh in Lebensgröße und Power Point Präsentation zur Veranschaulichung der Ergebnisse für die Messebesucher, Poster und Flyer (Flyertext siehe Anhang)



Abb. 29: Messestand der DBU auf der Agritechnica 2007 in Hannover.

BRAUNREITER, C., STEINBERGER, S. und H. AUERNHAMMER: *Analyse von raumbezogenen Verhaltensdaten frei weidender Rinder - Infrastruktur und Strategien.* - In: Landtechnik, Heft 1/2008.

BRAUNREITER, C., STEINBERGER und H. AUERNHAMMER: *Potentials of spatio-temporal behavior data of cattle in Alpine Pasture Farming.* – In: 2008 ASABE Annual International Meeting Paper Proposal, Rhode Island USA, June 2008 (Status: angenommen).

## 4. FAZIT UND AUSBLICK

Mit dem Forschungsvorhaben konnte gezeigt werden, dass Managementmaßnahmen für ein Frei-Weide Gebiet mit Hilfe geeigneter Technik erarbeitet und in einem weiteren Schritt für die Gewährleistung des Erhalts der Biodiversität wertvoller Naturschutzflächen umgesetzt werden können.

Durch die konkrete Umweltentlastung durch Schadreduktion bei zugleichiger Gewährleistung der Offenhaltung der Alpengen, und schwierig zu bewirtschaftenden Flächen leistet das Projekt gemäß der Ziele der Agrarumweltpolitik einen konkreten Beitrag.

In diesem Sinne kann „Precision Landscape Management“ eine neue Strategie im Naturschutz sein!“

### Ausblick

Die Datenbank basierte Analyse dieser Daten ist eine Alternative zur alleinigen Datenbearbeitung im GIS. Vor allem durch die Möglichkeit der Automatisierung des Datenflusses durch 'Rules' und 'Triggers', ließen sich so nahezu autonome Web basierte Systeme aufbauen. Bei entsprechender Abdeckung können die Daten eines Tieres über eine Funkstrecke (z.B. GSM) an einen Server übertragen werden. Über eine Website oder per SMS können dem Landwirt Kennzahlen und Karten oder Besonderheiten, bezogen auf Einzeltier oder Herde, zur Verfügung gestellt werden. Gleichzeitig können aber auch Auswertungen über Flächen-nutzung oder Trittbelastung für einzelne kritische Flächen oder ganze Gebiete für die Koordination der Beweidung oder Naturschutzmaßnahmen erstellt werden.

Weiterhin wäre es denkbar, gezielte Steuerungsmöglichkeiten auf Basis dieser Algorithmen umzusetzen.

Die gezielten Steuerungsmöglichkeiten der Tiere vom landwirtschaftlichen Betrieb können jedoch nur Gegenstand eines Folgeantrags sein. Mögliche Ansätze hierzu werden im Folgenden in vier Stufen kurz beschrieben.

#### 1. Automatische Torsteuerung

Aufgrund der Verhaltens- und Standortdaten kann eine automatische Torsteuerung entwickelt werden. In Gebieten, wo derzeit Tore bestimmte Areale begrenzen, kann eine intelligente, automatische Torsteuerung den Tieren Zugang zu anderen Bereichen gewähren oder verbieten.

## 2. Lockstimmen über Remote Control

Ein zweiter Ansatz kann der Einsatz von Lockstimmen über Remote Control sein, welche die Aufgaben des fehlenden Hirten zum Treiben übernehmen.

## 3. Olfaktorische Reize

Eine weitere Möglichkeit wäre die Anbringung von Bitterstoffe enthaltenden Duftsäckchen an das GPS- Halsband des Leittieres einer Herde. Dem Leittier (als Einzeltier) und dem natürlichen Sozialverhalten von Rindern und Ziegen kommt dabei eine zentrale Rolle zu. Bitterstoffe könnten abgegeben werden, sobald die Ortungs-, und Verhaltensdaten zeigen, dass das Tier oder die Herde ein bestimmtes Areal verlässt oder zu einseitig nutzt. Kombiniert man den olfaktorischen Reiz mit einem akustischen Signal, kann den Rindern bzw. Ziegen mittels klassischer Konditionierung angelernt werden, ein anderes Gebiet aufzusuchen. Eine indirekte Belohnung stellt das bitterstofffreie Grünfutter im Sollgebiet dar.

## 4. Mobile (Treibe-) Roboter

Werden mobile (Treibe-) Roboter in Kombination mit Trackingsystemen und entsprechenden Sensoren eingesetzt, kann die Effizienz und Flexibilität durch Nutzung des Lernverhaltens (klassische und operante Konditionierung) der Tiere verbessert werden [Eck04; Ums05]. Diese Systeme können selbstlernend sein oder mittels Wissensdatenbank (Expertensystem) und Entscheidungsfindungssystemen das Tierverhalten beeinflussen. Diese neuen Technologien ermöglichen es das tierische Wohlbefinden in kybernetischen Haltungssystemen zu verbessern. Intelligente Lernapparaturen in Form von mobilen Robotern oder auch stationären Einheiten bereichern die Haltungsumgebung maßgeblich, schaffen neue Anreize und tragen auf diese Weise zur Verbesserung der Tiergerechtigkeit bei, da die unterschiedlichen Haltungsformen für Nutztiere berechenbarer werden.

Dass diese Steuerung, unter Nutzung modernster Technologien, prinzipiell möglich ist, zeigen Forschungsprojekte wie z.B. das „robot sheepdog project“ [VSHFC00] in dem Enten von einem Roboter an bestimmte Zielpositionen gelockt werden und das US Patent von VAN DEN BERG (2002). Letzterer beschreibt ein unbemanntes Fahrzeug zur Feststellung des Gesundheitszustandes und des Verhaltens der Tiere sowohl im Stall als auch auf der Weide.

*Literaturverzeichnis*

- [AA97] ALBRIGHT, J.L. und ARAVE, C.W.: *The behaviour of cattle*. CAB international, New York, 306 S, 1997.
- [AA02] AGRARMARKT AUSTRIA: *Flächenverteilung der Almen und ihre Futterflächen und Anzahl der gealpten Tiere*. - In: AIGNER, S., EGGER, G., GINDL, G. und BUCHGRABER, K. (2003). *Almen bewirtschaften- Pflege und Management von Almweiden*. Leopold Stocker Verlag, Graz-Stuttgart, S.18, 2002.
- [AEGB03] AIGNER, S., EGGER, G., GINDL, G. und BUCHGRABER, K.: *Almen bewirtschaften- Pflege und Management von Almweiden*. Leopold Stocker Verlag, Graz-Stuttgart, 2003.
- [BA02] BAYERISCHER AGRARBERICHT (HRSG.): *Land- und Forstwirtschaft in Bayern-Daten und Fakten 2002*. München, 2002.
- [Bar00] BARTHELME, R.: *Geoinformatik – Modelle, Strukturen, Funktionen*. Springer-Verlag, Berlin, 2000.
- [BB03] BAHR, C.; BREHME, U.: *Analysen von Tieraktivitätsmessungen mit Pedometern zur Einschätzung des Verhaltens von Mutterkühen im geburtsnahen Zeitraum*. - Internationale Tagung "Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung", Vechta, 21.-23.3.2003 (Poster), 2003.
- [Ber02] VAN DEN BERG, K.: *Unmanned vehicle to be used in a stable or a meadow*. United State Patent No. EP 0635203, 2002.
- [Ber03] BERGER A.: *Chronobiologische Untersuchungen an Przewalskipferden (*Equus ferus przewalski*) und Rothirsch (*Cervus elaphus*) unter naturnahen Bedingungen und Möglichkeiten der chronobiologischen Belastungsdiagnostik*. Dissertation Halle-Wittenberg, Naturwissenschaftlich-technische Fakultät der Martin-Luther- Universität, 2003.
- [Bil99a] BILL, R.: *Grundlagen der Geo-Informationssysteme. Band 1: Hardware, Software und Daten*. Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg, 1999a.
- [Bil99b] BILL, R. *Grundlagen der Geo-Informationssysteme. Band 2: Analysen, Anwendungen und neue Entwicklungen*. Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg, 1999b.
- [Bor02] Von BORELL, E.: *An evaluation of indexing welfare in farm animals*. - In: *Animal Welfare and Animal Health*, S.41-46, 2002.

- [Bri78] BRIEMLE, G.: *Flurbereinigung. Bereicherung oder Verarmung der Kulturlandschaft?* - In: Schwäbische Heimat, 29. Jg., Heft 4, S. 226–233, 1978.
- [BRSA07] BRAUNREITER, C., ROTHMUND, M., STEINBERGER, G. und H. AUERNHAMMER: *Einsatzpotentiale von GPS-Halsbändern für das alpine Weidemanagement* - In: Landtechnik 207, Heft 2/2007.
- [BRSA07a] BRAUNREITER, C., ROTHMUND, M., STEINBERGER, G. und H. AUERNHAMMER: *Potentials of GPS-Collar Application in Alpine Pasture Farming* (Landtechnik-NET), 2007.
- [BRSA07b] BRAUNREITER, C., ROTHMUND, M., STEINBERGER, G. und H. AUERNHAMMER: *Potentials of GPS-collar application in Pasture Farming* - In: Precision Livestock Farming '07 - Wageningen Academic Publishers, p.87-94. ISBN 978-90-8686-023-4, 2007.
- [BSHS04] BREHME, U., STOLLBERG, U., HOLZ, R. und SCHLEUSNER, T.: *Sichere Brunsterkennung mit sensorgestützten ALT-Pedometern*. – In: Landtechnik 59, 4, S. 230-231, 2004.
- [BSMS03] BERGER, A., SCHEIBE, K.M., MICHAELIS, S. und STREICH, W.J.: *Evaluation of living conditions of free-ranging animals by automated chronobiological analysis of behavior*. – In: Behavior Research Methods, Instruments & Computers 35 (3): 458-466, 2003.
- [EA99] EGGER, G. und AIGNER, S.: *Naturschutz und Almwirtschaft in Kärnten*. – In: Kärntner Naturschutzberichte 4/99: 52-74, Klagenfurt, 1999.
- [EB66] EHRENREICH, J.H. und BJUGSTAD, A.J.: *Cattle grazing time is related to temperature and humidity*. – In: J. Range Manage. 19: 141-142, 1966.
- [Eck04] ECKARDT, C.: *Das Lernverhalten landwirtschaftlicher Nutztiere und dessen Nutzung zur Verbesserung der Tiergerechtheit am Beispiel der Mastschweinehaltung*. Diplomarbeit, Lehrstuhl für Landtechnik, Freising- Weihenstephan, 2004.
- [ERA06] ECKARDT, C., ROTHMUND, M. und H. AUERNHAMMER: *Sustainable pasture management with high resolution location and behavioural data of farm animals* – In: Agricultural Engineering for a better world Sept. 2006; CIGR World Congress, Bonn, 2006.

- [ETB90] ERLINGER, L.L., TOLLESON, D.R. und BROWN, C.J.: *Comparison of bite size, rate and grazing time of beef heifers from herds distinguished by mature size and rate of maturity.* – In: J. Animal Science 68, 3578-3587, 1990.
- [Faß79] FABNACHT, G.: *Systematische Verhaltensbeobachtung - Einführung in die Methodologie und Praxis.* - München, Basel: E. Reinhardt, Uni-Taschenbücher 889 ISBN:3-497-00886-9, 218 S., 1979.
- [Gan01] GANSKOPP, D.: *Manipulating cattle distribution with salt and water in large arid-land pastures: a GPS/GIS assessment.* - In: Appl. Anim. Behav. Science, 73, 251- 262, 2001.
- [Gra99] GRABHERR, G.: *Naturschutz und alpine Landwirtschaft in Österreich.* – In: Z. Ökologie und Naturschutz 2, S. 113-117, 1999.
- [GV87] GANSKOPP, D. und VAVRA, M.: *Slope use by cattle, feral horses, deer, and big-horn sheep.* Northwest Sci. 61, 74-81, 1987.
- [HBSW93] HART, R.H., BISSIO, J., SAMUEL, M.J. und WAGGONER, J.W. JR.: *Grazing systems, pasture size, and cattle grazing behavior, distribution and gains.* J. Range Manage. 44: 262-266, 1993.
- [HHL91] HAUBRICH, H., HUG, W. und LANGE, H.: *Das große Buch vom Schwarzwald.* Stuttgart, 1999.
- [Hof88] HOFMANN, R.R.: *Evolutionary Steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system.* – In: Oecologia, Volume 78, Issue 4, march 1989, S. 443-457, 1988.
- [Hol88] HOLECHEK, J.L.: *An approach for setting the stocking rate.* – In: Rangelands 10, 10-14, 1988.
- [Kam93] KAMINSKI, U.: *Untersuchungen über die Bemühungen zur Meliorisierung der Ferkel- und Mastschweinehaltung in Baden- Württemberg im Sinne der Tiergerechtigkeit.* Dissertation Stuttgart-Hohenheim. Institut für Tiermedizin und Tierhygiene mit Tierklinik der Universität Hohenheim, 1993.
- [Lan03] LANGLEY, R.B.: *In simple terms, how does GPS work?* GPS World, www.gpsworld.com, 2003.
- [LHA92] LYNCH, J.J., HINCH, G.N., und ADAMS, D.B.: *The Behaviour of sheep: Biological Principles and Implications for Production.* CSIRO Publications, East Melbourne, 237 pp., 1992.

- [LHL01] LARSSON, P. und HENRIKSSON-LARSEN, K: *The use of dGPS and simultaneous metabolic measurement during orienteering.* - In: Med. Sci. Sports Exerc., 33, 1919-1924, 2001.
- [LZ02] LIBERATI, P. und ZAPPAVIGNA, P.: *Implementing the automated monitoring system in dairy cow.* - In: Messsysteme für Tierdaten und ihre Bedeutung für das Herdenmanagement von Milchviehbetrieben, 99-108, Institut für Agrartechnik Bornim, Ger. (Hrsg.), ISSN 0947-7314, 2002.
- [MW73] MARTIN, S.C. und WARD, D.E.: *Salt and meal-salt help distribute cattle use on semidesert range.* – In: J. Range manage. 26, 94-97, 1973.
- [OL02] OPPERMAN, R. und R. LUICK: *Extensive Beweidung und Naturschutz-Charakterisierung einer dynamischen und naturverträglichen Landnutzung.*- In: Vogel und Luftverkehr 22, 2002, S. 46-54, 2002.
- [OS99] ORIHUELA, A. und SOLANO, J. J.: *Grazing and browsing times of goats with three levels of herbage allowance.* - In: Appl. Anim. Behav. Science, Volume 61, Issue 4, 28 January 1999, pp. 335-339, 1999.
- [PEA98] PHILLIPS, H., ELVEY, C.R. und ABERCROMBIE C.L.: *Applying GPS to the study of primate ecology: a useful tool?* - In: Am. J. Primatology, 46, 167- 72, 1998.
- [Por69] PORZIG, E.: *Verhalten von Rindern* – In: Das Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere. Ed. PORZIG, E., TEMBROCK, G., ENGELMANN, C., SIGNORET, J.P. und CZAKO, J. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin. 121-135, 1969.
- [Sam91] SAMBRAUS, H.H.: *Nutztierkunde - Biologie, Verhalten, Leistung und Tierschutz.* Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart, 377 S., 1991.
- [SESSH00] SCHEIBE, K. M., EICHHORN, K., SCHLEUSENER, TH., STREICH, W. J. und HEINZ, C.: *Chronobiological analysis of animal locations - development of an automatic recording system and principles of data processing.* - In: Eiler, J. H., Alcorn, D. J., Neuman, M. R. (Eds.). Biotelemetry 15. Wageningen, pp. 398-407, 2000.
- [SHMB03] SCHLECHT, E., HÜLSEBUSCH, C., MAHLER, F. und BECKER, K.: *The use of differentially corrected global positioning system to monitor activities of cattle at pasture.* - In: Appl. Anim. Behav. Sci., 85,185- 202, 2003.
- [SRW85] SENFT, R.L., RITTENHOUSE, L.R. und WOODMANSE, R.G.: *Factors influencing patterns of grazing behavior on shortgrass steppe.* – In: J. Range Manage. 38, 82-87, 1985.

- [Ste01] STEINWIDDER, A.: *Aspekte zur Weidehaltung von Milchkühen*. 28. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Mai 2001, BAL (Austria), S. 53-67, 2001.
- [Stu91] STUTH, J.W.: *Foraging behaviour*. - In: Heitschmidt, R.K., Stuth, J.W. (Eds.), *Grazing Management: An Ecological Perspective*. Timber Press, Portland, OR, pp.65-83, 1991.
- [Tsc93] TSCHANZ, B.: *Leiden und Verhaltensstörungen bei Tieren*. Tierhaltung 23, Birkhäuser Verlag, Basel, Boston, Berlin, 65-76, 1993.
- [Ums05] UMSTÄTTER, C.: *The future role of robotic systems in Precision Livestock Farming*. - In: *Precision Livestock Farming '05*. pp: 297-304, Wageningen Academic Publishers, The Netherlands 2005, ISBN: 907699868-X, 2005.
- [VSHFC00] VAUGHAN, R., SUMPTER, N., HENDERSON, J., FROST, A. und CAMERON, S.: *Experiments in automatic flock control*. – In: *Robotics and Autonomous Systems* (31) 109-117, 2000.
- [Wal94] WALTL, B.: *Einfluss der Selektion auf Milchleistung auf das Weideverhalten von Rindern*. Dissertation Universität für Bodenkultur, Wien, 1994.
- [Zie03] ZIEGLER, P.-M.: *Nachgemessen* - In: *Magazin für Computertechnik*, 8, 82- 84, 2003.

*Anhang*

A1: ECKARDT, C., ROTHMUND, M. und H. AUERNHAMMER: *Sustainable pasture management with high resolution location and behavioural data of farm animals*, CIGR World Congress, Bonn, 2006.

A2: ECKARDT, C., ROTHMUND, M. und H. AUERNHAMMER: Poster zur EuroTier am Messestand der Technischen Universität München: *Nachhaltiges Weidemanagement auf Basis von Standort- und Verhaltensdaten extensiv gehaltener Nutztiere*, 2006.

A3: BRAUNREITER, C., ROTHMUND, M., STEINBERGER, G. und H. AUERNHAMMER: *Einsatzpotentiale von GPS-Halsbändern für das alpine Weidemanagement* - In: Landtechnik 207, Heft 2/2007.

A4: BRAUNREITER, C., ROTHMUND, M., STEINBERGER, G. und H. AUERNHAMMER: *Potentials of GPS-collar application in Pasture Farming* - In: Precision Livestock Farming '07 - Wageningen Academic Publishers, p.87-94. ISBN 978-90-8686-023-4, 2007.

A5: *DBU Flyer* für den Messeauftritt zur Agritechnica, Hannover, 2007.

A6: BRAUNREITER, C., STEINBERGER, S. und H. AUERNHAMMER: *Analyse von raumbezogenen Verhaltensdaten frei weidender Rinder - Infrastruktur und Strategien*. - In: *Landtechnik*, Heft 1/2008.