

Einfluss von Management und Umweltfaktoren auf die Bewegung alpiner Weideschafe

Thomas Guggenberger^{1*}, Ferdinand Ringdorfer¹, Albin Blaschka¹,
Reinhard Huber¹ und Petra Haslgrübler¹

Zusammenfassung

Die Bewegungsgeschwindigkeit von 19 Weideschafen in den österreichischen Alpen wurde mit GPS-Halsbändern erfasst und auf ihre Einflussfaktoren untersucht. Für die Tagesmittelwerte konnte ein statistisches Modell mit hohem Erklärungsgrad erstellt werden. Die mittlere Geschwindigkeit von 110,9 Meter pro Stunde wird in absteigender Reihenfolge von der Stunde des Tages, der Kalenderwoche, der Beweidungsart, von der Steilheit des Geländes, von der Umgebungstemperatur und der Veränderung der Temperatur erklärt.

Schlagwörter: GPS-Halsbänder, Weideschafe, Geschwindigkeit

Summary

The pace of 19 pasturing sheep was recorded with GPS collars in the austrian alps and influencing factors were studied. For daily means, it was possible to create a statistical model with a high explanatory power. The average speed of 110.9 metres per hour is influenced, in decreasing order, by hour of day, week of the year, grazing system, steepness of slope, ambient temperature and changes in temperature.

Keywords: GPS-collars, pasture sheep, speed

Einführung

Schafe, die im Sommer auf Almen weiden, erleben ein breites Spektrum an externen Einflüssen. Steiles Gelände und weite Wege, verschiedenartige Futterzusammensetzungen und klimatische Besonderheiten zählen zu den bedeutendsten Gruppen. Zusätzlich wirkt der Mensch durch seine Managementtätigkeit. Von einer sehr engen Führung durch einen Schäfer bis zur völligen Selbstüberlassung sind alle Varianten möglich. Ein besseres Verstehen der Einflussfaktoren ist hilfreich im Umgang mit der Alm und den weidenden Tieren.

Für die vorliegende Arbeit wurde deshalb folgende These erstellt: „Was immer auf die Schafe einwirkt, wird seinen Niederschlag in der momentanen Bewegung finden.“

Für die Bearbeitung dieser These wurden zwischen 2009 und 2013 insgesamt 19 erwachsene Schafe als stellvertretende Mitglieder einer Herde mit GPS-Halsbändern ausgestattet. Diese erfassen in 30-Minuten-Intervallen während des gesamten Almsommers die exakte Position der Tiere, sowie die Umgebungstemperatur. Die Tiere wurden so ausgewählt, dass unterschiedlichste Managementformen und verschiedene Almtypen in Österreich abgedeckt werden. Bereits die Sichtung der Rohdaten zeigt, dass sich die Schafe gelegentlich sehr wenig, meistens durchschnittlich und manchmal sehr intensiv bewegen. Diese Unterschiede können in Bezug auf bekannte Faktoren mit statistischen Methoden untersucht werden. In Folge können stärker wirksame Faktoren bei Planung von Weideverfahren berücksichtigt werden.

Material und Methoden

Technik

Für die Untersuchung wurden insgesamt vier GPS-Halsbänder des deutschen Unternehmens Vectronic Aerospace eingesetzt (AEROSPACE 2014). Die verwendeten Halsbänder beinhalten eine GPS-Einheit und einen Temperatursensor in Kombination mit einer Speichereinheit innerhalb eines kleinen, kompakten Gehäuses. Dieses wird so auf einem Polyurethan-Gurt verschraubt, dass die Richtung des GPS-Messsystems immer in Richtung Zenit (*dorsal*) verbleibt. Dafür sorgt die Batterieeinheit, die das Halsband durch ihr Eigengewicht von 650 Gramm aufrichtet. Ein halbstündiges Messintervall wurde berücksichtigt. Für die Positionsbestimmung der GPS-Halsbänder liegen Grundinformationen über die Genauigkeit bzw. Einzeldaten über die Verlässlichkeit der Messung vor. Diese werden als Art der Positionierung (2D bzw. 3D) und über eine Prüfung der Gültigkeit (Validität) ausgedrückt. Für die Untersuchung der Faktoren wurden alle Ergebnisse einer 2D-Positionierung sowie alle Punkte mit fehlender Validität entfernt. Die Zeitaufzeichnung der GPS-Halsbänder wird im Rahmen einer Programmierung vor Weidebeginn auf die mitteleuropäische Zeit (CET/MEZ) eingestellt. Eine Korrektur auf UTC wird nicht vorgenommen, da die Zeitzone nicht verlassen wird. Während der fünfjährigen Messkampagne wurden insgesamt 75.799 Datensätze gespeichert. Nach Festlegung der internen Datenprüfung wurden 3.108 Datensätze entfernt. Zusätzlich wurde für die stündlichen 3-D Distanzen nach

¹ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit, Stabstelle Akquisition, Institut für Nutztierforschung, Raumberg 38, A-8952 Irdning

* Ansprechpartner: Mag. Thomas Guggenberger MSc, email: thomas.guggenberger@raumberg-gumpenstein.at



empirischer Prüfung, je eine 2,5 % breitere Randsteife an Extremwerten – insgesamt 6.076 Datensätze – entfernt. Die Anzahl der so eliminierten Daten beträgt 12,12 %. Dieser Wert liegt im Bereich vergleichbarer Untersuchungen (THURNER et al. 2011) und entsteht vor allem durch die starke Abschattung des GPS-Signals im alpinen Terrain und innerhalb verschiedener Vegetationsarten. Die Kürzungsmaßnahme unterdrückt außerdem das extreme Rauschen der Bewegungsgeschwindigkeit und erleichtert somit das Auffinden tatsächlicher Einflussfaktoren.

Untersuchungsgebiete

Insgesamt stehen 5 verschiedene Untersuchungsgebiete für die Bewertung des Mobilitätsverhaltens zur Verfügung. Diese liegen in den österreichischen Ost- bzw. Zentralalpen. Die ostalpinen Gebiete Hauser Kaibling, Finsterkar und Putzentalm liegen in den Schladminger bzw. Wölzer Tauern. Geprägt durch das kristalline Grundgestein und ausreichende Niederschläge entwickelt sich eine Vegetation, die im ursprünglichen Almgebiet gelegentlich auch üppige Magerweide zur Verfügung stellt. In den Zentralalpen verfügen wir über Beobachtungen auf der Mutterbergalm in den Stubai Alpen bzw. auf einer Talweidefläche in der Nähe von Mutters/Tirol. Die Weide auf der Mutterbergalm liegt hochalpin über 2.000 Meter Seehöhe und ist entsprechend mager (Abbildung 1).

Die vier größeren Almgebiete haben eine horizontale Ausdehnung von 2 bis 6 km und unterscheiden sich in Höhenlage und -profil. Auffällig sind das flache Profil der Finsterkaralm sowie die größere Höhe der Mutterbergalm (Abbildung 2).

Einflussfaktoren 3D-Bewegung

Die Bewegung im Raum wird durch einen 3D-Vektor bestimmt, der mit den Ursprungskordinaten $(X_1, Y_1, Z_1)_t$ beginnt und mit einem Messintervall (t) später an den Endkordinaten $(X_2, Y_2, Z_2)_{t+1}$ endet. Der Vektor approximiert die Bewegung

der Tiere im Intervall und gibt keine Informationen über die tatsächliche, exakte Bewegung (z. B. Zick-Zack Route im steilen Anstieg). Die Vektoren werden zuerst einem einfachen Erklärungsmodell für die Bewegung von Weidetieren zugeführt. Dieses besteht aus drei Hauptgruppen von Faktoren, die in Summe für den einzelnen Raumvektor verantwortlich sind.

Formel 1: Einflussgruppen Bewegung

$$\text{Bewegung}_{x_1,y_1,z_1;x_2,y_2,z_2} = \text{Individuum} + \text{Faktoren} + \text{Messfehler}$$

Der Messfehler im Bewegungsvektor ist die einzige Größe, die technisch bestimmt werden kann. Zum einen stehen direkte Informationen über die Qualität einer Messung zur Verfügung, zum anderen begrenzt das NAVSTAR-GPS (UNITED STATES DEPARTMENT OF DEFENSE 1978) die eigenen Fehler in einem Bereich unter 10 Meter. Die Messfehler verhalten sich konstant und werden nicht weiter analysiert. Die zweite Hauptgruppe besteht aus der Summe an Faktoren, die eine Entscheidung auslösen können. Die maximale Liste wird allerdings auf jene Faktoren reduziert, für die auch Daten zur Verfügung stehen. Diese Faktoren werden in dieser Arbeit umfassend aufgearbeitet. Alle anderen Bewegungen fallen in den Bereich des individuellen Verhaltens der Weidetiere und entziehen sich einer Analyse. Der Focus der Analyse liegt somit auf der Untersuchung von Faktoren, die eine Bewegungshandlung in Art und Intensität ausgelöst haben könnten (Abbildung 3).

Stunde des Tages

Schafe sind, gezwungen durch das Verdauungssystem, an einen natürlichen Rhythmus von Fressen und Wiederkauen gebunden. Um die lebensnotwendigen Nährstoffe aufzunehmen, müssen diese beiden Aufgaben ausreichend erfüllt werden. Almfutter hat nicht jenen hohen Nährwert, der ihm gelegentlich unterstellt wird. Vielmehr bauen die Gräser und Kräuter kompakte Strukturen auf und verstärken ihr Pflanzenskelet mit schwer verdaulichen Stoffen, um der rauen Witterung Stand zu halten. Weidetiere in hoher Lage

müssen deshalb unbedingt die maximale Weidezeit ausnützen und benötigen auch entsprechende Ruhephasen, um das „kompakte“ Futter gut wiederzukauen. Die Klassifikation der Stunde entspricht der zeitlichen Notation.

Licht

Die Zeit bildet eine Konstante, aus der die Lichtverhältnisse abgeleitet werden können. Diese sind eine stetige Größe, die aber in vier Bereiche eingeteilt werden kann:

- Zeit zwischen Sonnenaufgang und Sonnenuntergang: Beide Ereignisse definieren sich im globalen Zusammen-

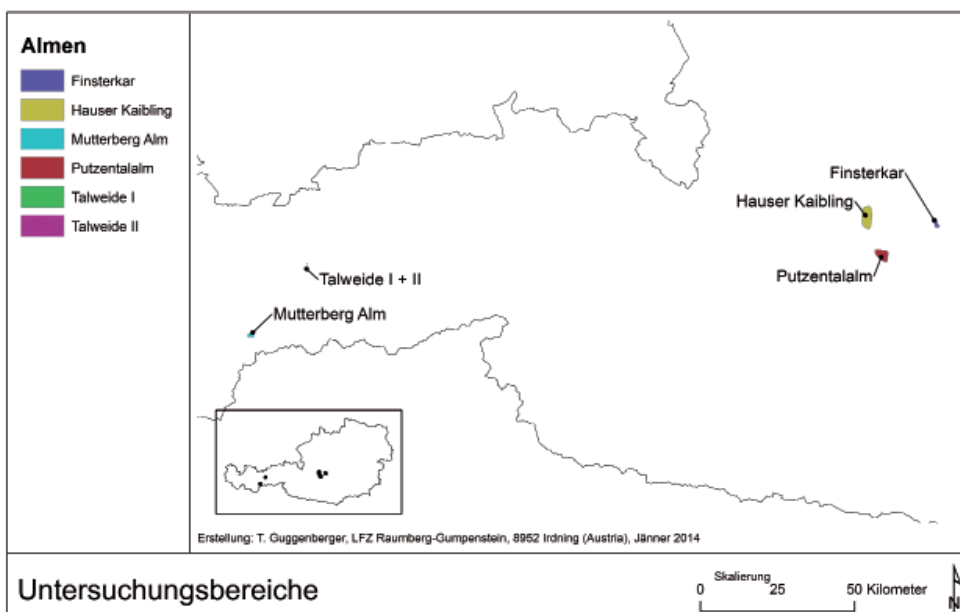


Abbildung 1: Geographische Lage der Untersuchungsgebiete

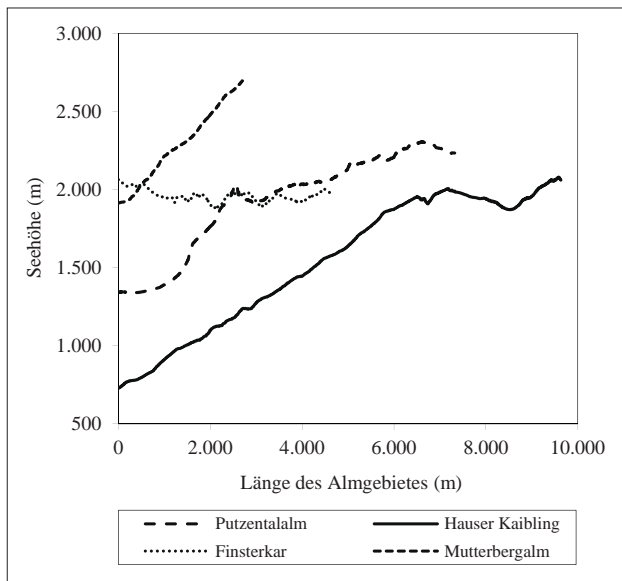


Abbildung 2: Profilinien der Untersuchungsgebiete

hang über den Höhenwinkel des globalen Horizontes. Dieser Höhenwinkel wird durch die beiden Faktoren Tag des Jahres und Lage des Standortes bestimmt. Auf großen, völlig freien Flächen (z. B. am Meer) kann dieses Ereignis praktisch fehlerfrei beobachtet werden. Innerhalb der alpinen Hochlagen sind Abweichungen in beide Richtungen möglich, wobei die Tendenz zur längeren Abschattung viel bedeutender ist. Sie entstehen als Folge des lokalen Geländes.

- **Morgen- und Abenddämmerung:** Je nach Breitengrad des beobachteten Standortes entsteht zwischen völliger Nacht und Sonnenschein eine Dämmerungsphase unterschiedlicher Länge. In dieser Zeit wirkt Licht, das durch die Erdatmosphäre gekrümmt wird. Die Intensität der Wahrnehmung ist für die Festsetzung des Zeitpunktes von Bedeutung. Wir unterscheiden die bürgerliche, nautische und astronomische Dämmerung. Verwendet wurde die bürgerliche Dämmerung, das ist der Zeitpunkt, an dem der erste Stern am Himmel (meist Venus und Jupiter) erkannt werden kann. Die Zeitdifferenz zum Sonnenauf- bzw. Sonnenuntergang beträgt in Österreich etwa eine $\frac{3}{4}$ Stunde.

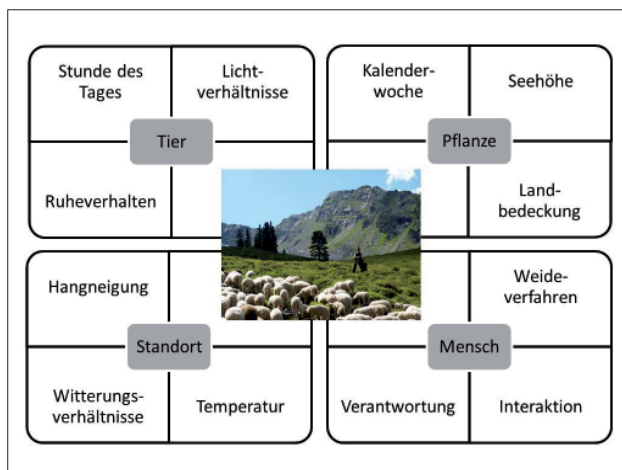


Abbildung 3: Faktoren, die auf die Bewegung wirken

- **Nacht:** Zeit zwischen der Abend- und Morgendämmerung.
- **Mondschein:** Unter der Annahme einer Wirkung des natürlichen Faktors Licht/Helligkeit wird für jeden Punkt die Helligkeit des Mondes bewertet (LACKNER 2014). Dazu wird der Füllgrad der hellen Mondfläche in Prozent bestimmt und eine Einteilung in die üblichen acht Mondphasen vorgenommen. Für die Bewertung werden nur Zeiten, die in die Licht-Klasse Nacht fallen und nur Tiere, die sich auch völlig frei bewegen können herangezogen.

Die verschiedenen Varianten des Tageslichtes werden unter Verwendung bestehender Algorithmen berechnet (DUFFETT-SMITH 2011). Dafür wurden die allgemeine Zeitgleichung, die Deklination der Sonne und die lokale Zeitdifferenz berücksichtigt und das Formelwerk für jeden gemessenen Punkt angewendet.

Kalenderwoche

Die ersten Schafe wurden in der Kalenderwoche 20 (Mitte Mai) auf Weideflächen im Tal aufgetrieben. Die Tiere haben sich bis maximal zur Kalenderwoche 39 (Ende September) auf der Weide befunden. In der Zwischenzeit werden alle Managementfaktoren und vor allem die Vegetationsdynamik wirksam. Futter steht am Beginn der Weidezeit noch ausreichend und in bester Qualität zur Verfügung. Zunehmend wechseln die einzelnen Pflanzen aber von der vegetativen in die generative Phase und verlieren so an Attraktivität für die Schafe. Diese natürliche Entwicklung verschiebt sich entlang des Höhengradienten einer Alm sehr stark und kann durch entsprechendes Weidemanagement positiv beeinflusst werden (GRUBER et al. 1998).

Höhenlage

Der Datensatz des digitalen Höhenmodells zeigt in den untersuchten Almgebieten eine sehr hohe Geländeenergie. Almweiden reichen praktisch von der Talsohle bis an die Vegetationsgrenze im Hochgebirge. Lokal wird dabei das gesamte Höhenmodell überstrichen (Abbildung 2). Mittels Clusteranalyse wurden 5 Zonen mit unterschiedlicher Breite definiert. Die Einheit wurde mit Meter definiert, der Ursprung liegt im Pegel Triest.

Landbedeckung

Die Landbedeckungsdaten werden nur sehr grob aus dem Datensatz CORINE LANDCOVER LEVEL 3 (CL3) der Europäischen Union entnommen (EEA 1995). Für das Untersuchungsgebiet am Hauser Kaibling liegt eine sehr genaue Erfassung der Vegetation vor. Im allgemeinen Zusammenhang wurde aber darauf Wert gelegt, alle Daten mit gleicher Qualität einzupflegen, weshalb CL3 verwendet wurde. Für die vier verschiedenen Almen stehen die Klassen Grünland inklusive Piste, Waldweide, Almweide und Felsen zur Verfügung.

Gelände

Landwirtschaftliche Nutztiere können natürliches Gelände nicht unbeschränkt begehen. Das Eigengewicht der Tiere und deren Veränderung im Rahmen der Zucht schränken die natürliche Beweglichkeit im Vergleich zu den noch wild lebenden Urhaaren ein. Die lokale Art des Geländes wird über die Hangneigung in Grad beschrieben.

Temperatur

Die Temperatur des GPS-Halsbandes bildet, wie auch der Tages- und Wochenverlauf, sehr stark die Dynamik des Almsommers ab. Die Tag-Nacht-Schwankungen und die aktuelle Seehöhe überlagern die gemessenen Temperaturen systematisch. Zusätzlich bilden sich extreme Wetterereignisse mit ab. Die einzelnen Temperaturen werden mit einer Cluster-Analyse in fünf Klassen eingeteilt, als Einheit werden Grad Celsius verwendet. Der Sensor sitzt in einem dunklen Gehäuse *dorsal* am Halsband des Tieres, weshalb der Temperaturwert als relativ zu betrachten ist und von der klimatologischen Lufttemperatur deutlich abweichen kann. Ein Prüfungsprotokoll dafür liegt nicht vor.

Veränderung der Temperatur

Temperaturgradienten können sich – je nach Wetterentwicklung – bei gleichbleibender Höhe unterschiedlich entwickeln. Geringe – positive oder negative – Veränderungen zum Vortag deuten auf konstante Bedingungen hin, während starke Temperaturzunahmen den Übergang von einer Schlechtwetterphase zu einer Schönwetterperiode anzeigen. Umgekehrt zeigt ein starkes Gefälle das Eintreffen einer Schlechtwetterphase an.

Herdenführung

Die Intensität der Betreuung von Schafen auf alpinen Weideflächen schwankt je nach Alm und Jahr stark zwischen völlig unregelmäßiger, freier Weidehaltung als hochdynamische, extensive Form der Herdenführung und der Koppelhaltung als intensive, statische Form. Als Zwischenformen finden sich die klassische, aktive Führung der Herde (gehütet) oder die lockere Begleitung der Herde (begleitet) durch einen professionellen Schäfer. Die eigentliche Unterscheidung dieser zwei Formen liegt im Willen des Menschen, die Herde aktiv zu beeinflussen und systematisch zu lenken.

In den fünf Untersuchungsjahren wurden die unterschiedlichen Varianten je nach Verfügbarkeit von GPS-Halsbändern und dem Wunsch nach Wissenserweiterung beobachtet.

Bewegungsmuster

Neben dem Wunsch nach Klärung der Einflussfaktoren spielt auch die räumliche Struktur der Herdenbewegung eine Rolle. Die gesuchten Muster können grundsätzlicher Natur sein oder als Reaktion auf ein besonderes Ereignis auftreten.

Querungswinkel

Im Tagesverlauf bewegen sich Weideschafe über das Geländemodell und müssen dabei ihr Bewegungsmuster an die Steilheit anpassen. Diese Maßnahme wird einerseits durch die Beweglichkeit der Tiere, aber auch durch die aufzubringende Bewegungsenergie mitbestimmt. Im halbstündigen

Tabelle 1: Varianten der Herdenführung

Jahr	Halsband			
	6481	6815	7965	10184
2009	gehütet	gehütet		
2010	gehütet	gekoppelt	gehütet	
2011	begleitet	begleitet	frei	
2012	begleitet	begleitet	begleitet	begleitet
2013	frei/gekoppelt		frei	frei/gekoppelt

Messintervall bilden Start- und Endpunkt eine Gerade. Ebenso kann aus dem digitalen Geländemodell (BEV, 2012) – es liegt mit einer Auflösung von 10 Metern vor – ein Hangneigungsvektor bestimmt werden. Der Schnittwinkel zwischen diesen beiden Geraden wird als Querungswinkel bezeichnet. Dieser liegt im Intervall 0 - 90 wobei der Wert 0 der Bewegung entlang des Hangneigungsvektors entspricht. Aufwärts- bzw. Abwärtsbewegungen werden durch ein zusätzliches Attribut ausgedrückt. Das aktuelle Messintervall von 30 Minuten könnte für diese Technik gelegentlich zu weit sein, da die Tiere in dieser Zeit auch im kleinräumigen Zick-Zack auf- bzw. absteigen könnten (Abbildung 4).

Ruheverhalten

Eine erste visuelle Kontrolle der Daten zeigt, dass die Tiere während der Nachtruhe auf eine begrenzte Anzahl von Liegeplätzen zurückgreifen. Über die Häufung der Punkte zur Nachtzeit wird ein kleinräumiges Polygon bestimmt. Die Anzahl an Polygonen und deren Benutzungsfrequenz, sowie der Zeitpunkt des Ein-/Austrittes geben Auskunft über das lokale Ruheverhalten der Tiere. Diese Untersuchung wird nur bei jenen Tieren angewandt, die sich völlig frei bewegen konnten.

Sonstige Beobachtungen

Die Daten wurden für jedes Halsband in der Reihenfolge ihrer Erfassung geplottet und dabei wurden einige Muster entdeckt, die als Ergebnis kurz dargestellt werden.

Methodik zur Bewertung der Daten

Für die Bewertung der Daten wurden einerseits die Rohdaten, als auch die daraus gebildeten Tagesmittelwerte einer statistischen Analyse zugeführt. Vorliegende Verteilungsprobleme konnten zum Teil durch entsprechende Transformationen geklärt werden. Für die statistische Auswertung wurde ein General Linear Model (GLM) verwendet. Die Analyse wurde mit Statgraphics Centurion XVI durchgeführt (STATPOINT 2009).

Die statistische Prüfung der Tagesdaten wurde über drei Ansätze vorgenommen:

- Ansatz 1: Die Grundstruktur des statistischen Modells wurde zuerst mit den Faktorenklassen und der Wirkung des Einzeltieres untersucht. In dieser Analyse musste der

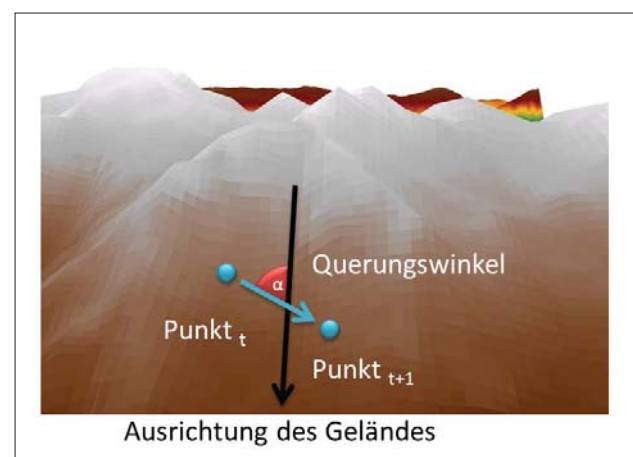


Abbildung 4: Berechnung des Querungswinkels

Folgendes Modell wurde erstellt:

$$y_{ijkl} = my + W_i (+S_j) + KW_k + A_l + G_m + T_n + DT_o$$

wobei

$y_{ijklmno}$ = Beobachtungswert der abhängigen Variable → Zurückgelegte Distanz pro Stunde entlang des 3D-Vectors

my = gemeinsame (mittlere) Konstante

W_i = fixer Effekt der Weideart (frei, semi-frei, Schäfer, Koppel)

(S_j) = fixer Effekt der Stunde (0 - 23) → nur in den Rohdaten

KW_k = fixer Effekt der Kalenderwoche (20 - 38)

A_l = fixer Effekt der Höhenstufe m (<1.000, 1.000<1.500, 1.500<1.800, 1.800<2.200, >2.200)

G_m = fixer Effekt der Hangneigung $^\circ$ (<11, 11<18, 18<25, 25<33, >=33)

T_n = fixer Effekt der Temperatur $^\circ$ (<15, 15<21, 21<29, 29<38, >=38)

DT_o = fixer Effekt der Temperaturdifferenzen zwischen zwei Tagen $^\circ$ (<-2,3, -2,3<-0,5, -0,5<0,8, 0,8<2,4, >=2,4)

Managementeffekt aber aus dem Modell genommen werden, da eine lineare Abhängigkeit zum Einzeltier besteht.

- Ansatz 2: Gemäß des dargestellten Modells im Datensatz der Tagesmittelwerte.
- Ansatz 3: Gemäß dem dargestellten Modell im Rohdatensatz. Die Stunde wird als zusätzliche Klasse eingeführt.

Das Modell wurde teilweise durch Wechselwirkungen erweitert. Da diese aber gelegentlich nicht vollständig sind, wurden die Werte für einige Abbildungen als arithmetisches Mittel aus den Daten entnommen.

Ergebnisse

Bewegungssummen

Die addierten Jahresleistungen zeigen enorme Weglängen und Höhendifferenzen, die sich letztlich als Energiebedarf im Bereich der Ernährung oder als Fitness im Bereich der Tiergesundheit abbilden. Im gewichteten Mittel über alle Systeme legen die Tiere im Sommer eine Strecke von 220 km zurück und überwinden dabei im Auf-/Abstieg 100.000 Höhenmeter. Die einzelnen Verfahren beeinflussen diesen statischen Mittelwert stark. Die individuelle Wegleistung in 100 Tagen liegt im Minimum einer Koppelhaltung bei 135 km und erreicht mit 385 km in einer semi-freien Variante ein Maximum. Die gleichen Tiere überwinden in dieser Zeit eine Höhe von 77.000 Meter bzw. von 183.000 Meter. Das Verhältnis von Weglängen zum bewältigten Höhenunterschied liegt im Bereich von 1:0,4 bis 1:6.

Erklärungsgrad der statistischen Modelle

Als Einführung in den Ergebnissteil wird zum besseren Verständnis der Datensatz der einzelnen Messkampagnen kurz dargestellt: Die 19 unabhängigen Messkampagnen zeigen eine individuelle Messdauer zwischen 93 und 120 Tagen. Innerhalb dieser Zeit wurde pro Tagesstunde im Mittelwertvergleich aller Halsbänder mindestens 77 und maximal 191 Meter zurückgelegt. Die Schwankung der Bewegung ist aber größer als der Mittelwert und beträgt zwischen 82 und 210 Meter pro Stunde. Die gleichen Werte betragen im Mittel entlang des Höhengradienten zwischen 24 und 42 Meter, bei einer Streuung zwischen 28 und 48 Metern (*Abbildung 5a+b*).

Da die Streuung die Medianwerte der Messung überschreitet, darf die kritische Frage nach der Sinnhaftigkeit des Ansatzes gestellt werden. Bei derartig großen Unsicherheiten könnte jede Aussage ja auch rein zufällig sein. Deshalb wurden drei statistische Ansätze geprüft:

- Für die Tagesdaten konnten alle verwendeten Klassen (Einzeltier, Kalenderwoche, Höhenstufe, Hangneigung, Temperatur, Veränderung der Temperatur) als hoch signifikant ($p < 0,005$) bewertet werden. Das Bestimmtheitsmaß R^2 erreicht 54,3 %. Da hier die Tagesmittelwerte einfließen, verbleiben der Einfluss der Stunden und die individuellen Entscheidungen der Tiere als nicht erklärte Restkomponente.
- Wird das Tier gegen die Klasse Weideart ausgetauscht, verbleiben alle Klassen (Weideart, Kalenderwoche, Höhenstufe, Hangneigung, Temperatur, Veränderung der Temperatur) im hoch signifikanten Bereich. Das Bestimmtheitsmaß R^2 sinkt aber auf 43,5 %. Es gibt also zwischen dem Individuum und seinen Faktoren noch rund 11 % an Streuung, für die kein erklärender Faktor verfügbar ist.
- Wird die Untersuchung auf den Rohdatensatz (im halbstündigen Intervall gemessen) angewandt, verändert sich die Signifikanz der Klassen nur marginal. Alle verbleiben im hoch signifikanten Bereich ($p < 0,005$). Die Erklärungsgenauigkeit R^2 bricht aber auf 16,8 % ein. Die Integration der täglichen Zeitachse bringt also viel mehr an zufälliger Streuung mit sich, als dieser Faktor erklären könnte.

Das heißt: Zusammengefasste Tagesdatensätze ohne individuellen Einfluss erklären grundlegende Faktoren überraschend gut. Je näher die Daten aber zum Tier oder zur zeitlichen Auflösung kommen, umso zufälliger werden die Aussagen. Eine spontane Bewegungsgeschwindigkeit kann nicht beschrieben werden, diese obliegt dem freien Willen des Individuums (Gott sei Dank!).

Wirkung der einzelnen Faktoren

Stunde

Die Weidetiere ruhen in der Kernphase der Nacht und weiten ihre Bewegungsphase vom tatsächlichen Tag in die Dämmerungsphase aus. Während des Tages finden sich bei frei weidenden Tieren zwei Phasen der Mobilität. Die erste Phase beginnt um 4:00 Uhr früh und erreicht um 7:00 ihren Höhepunkt, die zweite Phase beginnt um 15:00 Uhr

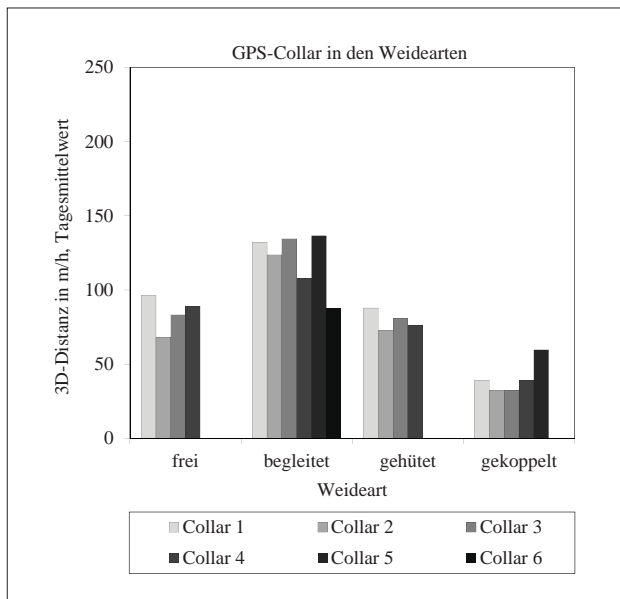


Abbildung 5a: Mittelwert der GPS-Halsbänder

und erreicht ihren Höhepunkt um 19:00 Uhr. Beide Phasen ergeben einen Aktivitätsraum von 9 Stunden. Um die Mittagszeit finden wir eine deutliche 5 stündige Ruhephase. Mit einer Nachtphase von 9 Stunden überwiegen insgesamt die Ruhephasen. Dieses Muster gilt auch für die begleitete Beweidung, allerdings sind hier die Wegstrecken länger. Die Arbeitszeit des Schäfers bildet sich deutlich im Bewegungsmuster der Herde ab. Ab 7:00 Uhr tritt eine verstärkte Bewegung auf, die um 9:00 ein Plateau erreicht, welches bis 16:00 gleich bleibt. Danach sinkt die Bewegungsdynamik wieder ab. Die Koppelhaltung entspricht klarer der Technik des Schäfers und weniger einer freien Beweidung (Abbildung 6).

Licht (Tag, Dämmerung, Nacht, Mondschein)

Während der Nacht ruhen sich Schafe aus. Das heißt aber nicht, dass sie immer statisch an einem Platz liegen und sich gar nicht bewegen. Die Verfolgung einzelner Tracks zeigt, dass sich die Tiere in gutem Gelände auch nachts langsam fortbewegen. Insgesamt beträgt die Geschwindigkeit aber nur 31 ± 59 Meter pro Stunde. Mit zunehmender Helligkeit steigt die Bewegungsfrequenz auf das Vierfache an und beträgt dann 132 ± 159 Meter pro Stunde. Das Verhältnis zwischen der Nachtruhe und der aktivsten Fressphase beträgt etwa 1:5. Die Phasen unterscheiden sich hoch signifikant. Frei weidende Tiere sind im Übergang, der bürgerlichen Morgen- bzw. Abenddämmerung noch sehr aktiv, während bei der gehüteten oder gekoppelten Variante Ruhe eingetreten ist. Die Ergebnisse der Bewegungsanalyse der Mondphasen sind nicht schlüssig. Die Lichtverhältnisse zu Vollmond werden keinesfalls stärker genutzt als andere Zeiten. Die vorgestellte Analyse ist aber noch mangelhaft, da die Bewölkungsverhältnisse nicht bekannt sind (Abbildung 7).

Kalenderwoche

Die Betrachtung der Wegstrecken in den einzelnen Kalenderwochen zeigt einen deutlichen Verlauf. Die Weidesaison beginnt in der Mitte des Monats Mai mit einer geringen Bewegungsdynamik. Dies liegt auch an der hier bei allen

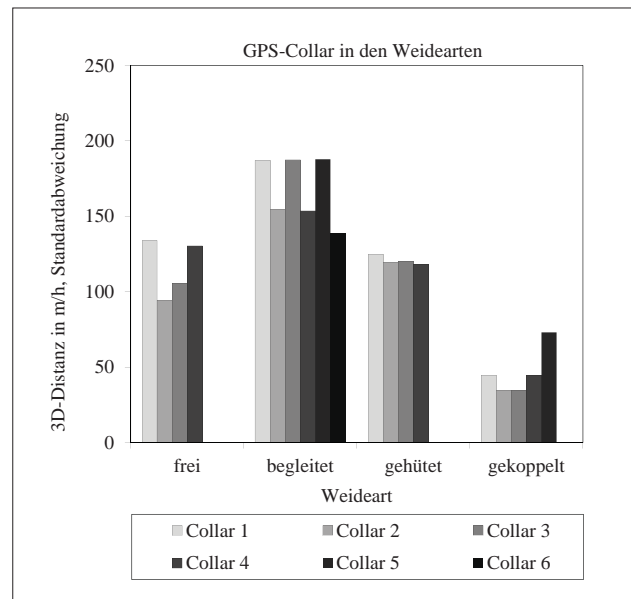


Abbildung 5b: Standardabweichung der GPS-Halsbänder

Varianten noch dominierenden Koppelhaltung. Um Woche 23 findet in den Almgebieten der tatsächliche Auftrieb in das freie Almgebiet/Piste statt. Je nach Weideart ergeben sich zwei Muster. Völlig frei weidende Tiere beginnen ihre Bewegungsdynamik auf einem Niveau von 100 Meter/h und reduzieren im Verlauf des Sommers langsam ihre Bewegungsgeschwindigkeit. Da die freien Weidetiere ihre Saison in größerer Höhe starten, mag hier auch das Futterangebot eine Rolle spielen. Bei der begleitenden Variante beginnen die Tiere ihre Bewegungsdynamik auf fetten Weiden im Tal ebenfalls mit 100 Meter/h, werden aber mit zunehmender Höhenlage immer schneller. Wird die Herde von einem Schäfer geführt, tritt derselbe Effekt auf, aber die Geschwindigkeit ist insgesamt um etwa 43 Meter/h langsamer. Bei beiden Varianten sieht man die zwischenzeitliche Rückkehr der Herde in niedrigere Lagen. Gegen Weideende kehren alle Herden auf, in die noch ertragreicheren, niedrigen Lagen zurück (Abbildung 8).

Höhenlage

Das Geländerelevier der verschiedenen Almen (Abbildung 2) – Ausnahme ist die Finsterkaralm – zeigt häufig eine flache Struktur in den Tallagen, der eine aufstrebende, steile Geländestruktur folgt. In den Hochlagen geht das Weidegebiet gelegentlich wieder in flachere Kar- bzw. Gipfelstrukturen über. Diese Beobachtung lässt sich auch an der Verteilung der Bewegungsvektoren ablesen. Das steilere Zwischengebiet benötigt längere 3D-Wegstrecken, um überwunden/beweidet zu werden. Diese Wegstrecken sind etwa doppelt so lang wie jene in den Tallagen. Die Tal- bzw. Gipfelregion unterscheidet sich hoch signifikant von den drei Zwischenklassen. Auffällig ist die lange Wegstrecke der begleiteten Weidetiere in der oberen Region des Hauser Kaiblings, die auf die Aktivitäten des Schäfers bzw. mögliche Einflüsse durch Touristen zurückzuführen ist (Abbildung 9).

Landbedeckung

Bei der Untersuchung der Landbedeckung konnte kein Unterschied zwischen den drei Klassen festgestellt werden. Vergleichend mit fein aufgelösten botanischen Erhebungen

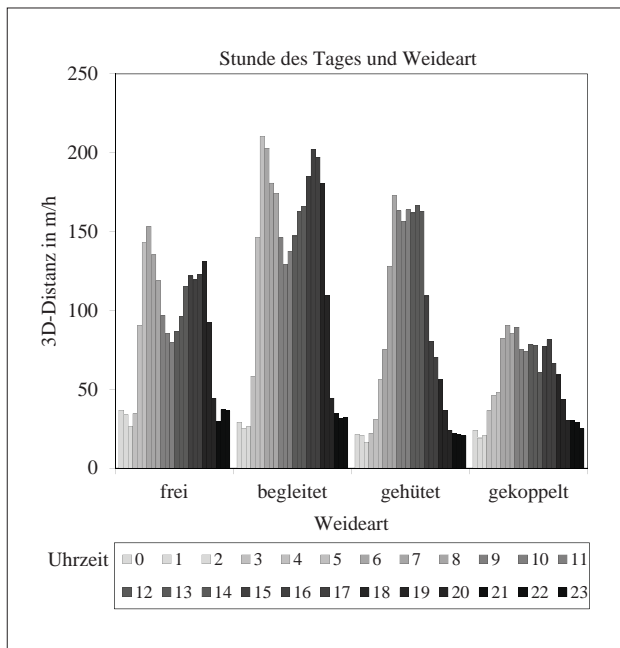


Abbildung 6: Wegdistanzen im Tagesverlauf in Meter/Stunde

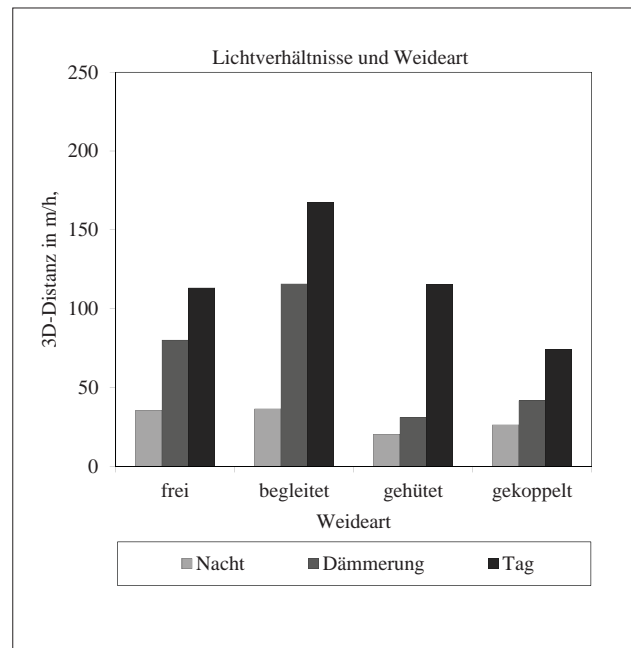


Abbildung 7: Wegdistanzen nach Lichtverhältnissen in Meter/Stunde

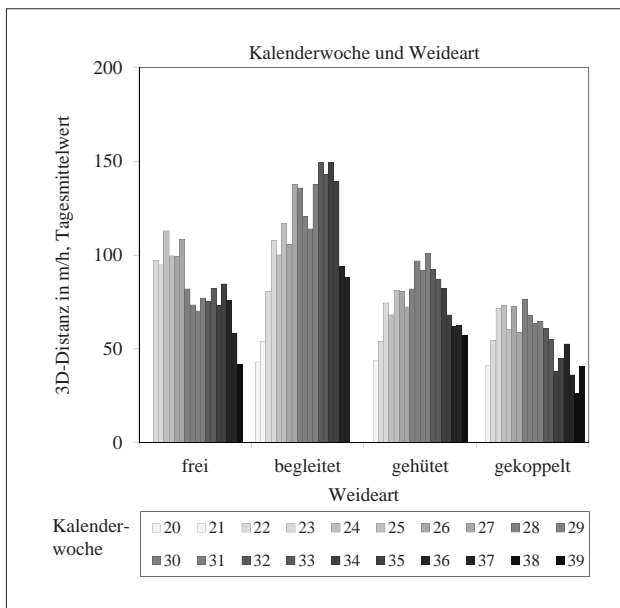


Abbildung 8: Wegdistanzen im Wochenverlauf in Meter/Stunde

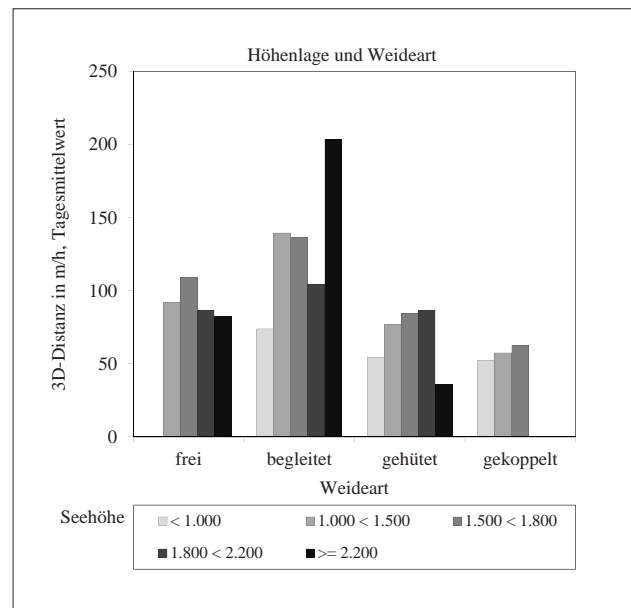


Abbildung 9: Wegdistanzen in Abhängigkeit der Höhenlage in Meter/Stunde

am Hauser Kaibling, liegt dies aber mit hoher Wahrscheinlichkeit an der Qualität der Landbedeckungsdaten. Diese differenzieren im untersuchten Bereich der potenziellen Weiden nicht genau genug.

Gelände

Das Gelände der Almweiden scheint nur eine geringe Auswirkung auf die Bewegung der frei weidenden Tiere zu haben. Die Hangneigungsklassen unterschieden sich bei diesen statistisch nicht und die Tiere bewegen sich auch im steilen Gelände auf kurzen Wegen und damit in Hangrichtung. Wird die Herde von Menschen begleitet, werden die Wege mit zunehmender Steilheit länger und die Tiere queren das Gelände zunehmend in weiteren Bögen. Diese Methode

benötigt nach der Faktorenanalyse von LACHICA et al. (1997) auch weniger Energie, wird aber von den frei weidenden Schafen anders praktiziert (Abbildung 10).

Temperatur

Die Temperaturwerte wurden – ebenso wie die räumlichen Koordinaten – im Halbstundentakt erfasst. Mit zunehmender Erwärmung steigt die Bewegungsgeschwindigkeit der Tiere bis zum Überschreiten eines Wendepunktes bei 33 - 34°. Danach sinkt die Geschwindigkeit. Die Aussage ist kongruent mit empirischen Beobachtungen, aber es darf nicht vergessen werden, dass nur geringe Anteile des Tagesklimas interpretiert werden, da sich auch die Tageszeit mit abbildet (Abbildung 11).

Veränderung der Temperatur

Da sich aktuelles Wetter und Tageszeit überlagern, wird in einem zweiten Ansatz die Veränderung der Tagesmittelwerte zweier benachbarter Tage untersucht. Dieser Ansatz soll uns zeigen, wie die Tiere auf starke Wetterveränderungen reagieren. Die Ergebnisse zeigen, dass mit Ausnahme der begleitenden Varianten keine deutliche Entwicklung abgelesen werden kann. Stark negative Werte zeigen hier einen Schlechtwettereinbruch an, stark positive den Übergang zu einer Schönwetterperiode (*Abbildung 12*).

Herdenführung und Alm

Es darf davon ausgegangen werden, dass frei laufende Herden ihre Ansprüche bezüglich Futtermenge und Qualität frei wählen und ihre Bewegungsgeschwindigkeit danach anpassen. Die Topografie der einzelnen Almen wird die zu erwartende Bewegungsgeschwindigkeit systematisch beeinflussen. Die vorliegenden Beobachtungen zeigen, dass frei weidende Schafe im Mittel während der hellen Tagesphase rund 110 Meter pro Stunde zurücklegen und dabei rund 20 Höhenmeter überwinden. Dieser Wert entspricht in etwa der Geschwindigkeit, die ein Schäfer bei der Behirtung wählt. Die Zwischenform aus freier Weidewahl und Rückstellung der Tiere in einen Pferch – als begleitet bezeichnet – steigert die Wegstrecken hoch signifikant auf 119 Meter und der Höhenunterschied auf 27 Höhenmeter. Die signifikant kürzesten Wegstrecken werden in Koppeln zurückgelegt (*Abbildung 13*).

Die Almen stehen in starker Verbindung mit den Weidearten. Ein Vergleich sollte deshalb nur bei den freien Varianten auf der Finsterkaralm, der Putzentalm und der Mutterbergalm angestellt werden. Die drei mittleren Säulen in *Abbildung 14* zeigen deutliche Unterschiede. Die Schafe auf der Putzentalm legen die geringste Wegstrecke zurück, überwinden aber mehr an Höhe. Obwohl sich die Finsterkaralm von der Mutterbergalm unterscheidet, entsteht ein ähnliches Bewegungsmuster.

Bewegungsmuster

Die frei laufenden Schafe bewältigen im Laufe eines Almsommers große Wegstrecken und wählen dabei – beeinflusst durch einige Faktoren – ihre Geschwindigkeit selbstbestimmt. Physikalisch müssen sich die Tiere allerdings den Geländebedingungen anpassen und queren deshalb im steilen Gelände über 25 Grad Hangneigung doppelt so häufig das Gelände in einem großen Schnittwinkel (= Quer zum Hang auf Triebwegen) wie in flacheren Gebieten. Dies gilt für die sich aufwärts bewegenden Schafe ebenso wie für die Abwärtsbewegung. Abwärts ist dieser Effekt noch stärker ausgeprägt wie aufwärts. Umgekehrt finden sich in der Aufwärtsbewegung im flachen Bereich höhere Anteile an Bewegungen in Richtung des Hanges. Diese Ergebnisse können in der Natur auch empirisch gut erkannt werden (*Abbildung 15, 16, 17*).

Ruheverhalten

Frei weidende Schafe benutzen in der Nacht im Verlauf des Almsommers zu etwa 70 % nur 4 - 8 unterschiedliche Schlafplätze. Deren Größe variiert und meistens gibt es zumindest eine ausgezeichnete Stelle, auf der rund 40 %

der Nachtstunden verbracht werden. Diese Stellen tragen gelegentlich auch entsprechende Namen und sind ein wertvoller Hinweis für das Auffinden der Schafe. Allerdings beginnen die Schafe ihre Nachtruhe erst dann, wenn wirklich Dunkelheit eintritt. Nur in 27,6 % der analysierten Ruhezeiten (233 von 322) waren die Schafe bereits in der bürgerlichen Abenddämmerung am Platz bzw. haben diesen vor Anbruch der Morgendämmerung am nächsten Tag verlassen. Die Auswahl der Nachtlager wird vor allem durch die Topographie der Alm definiert. Deshalb kann auch keine allgemeine Definition für bevorzugte Kriterien bei der Wahl des Nachtlagers umgesetzt werden. Wichtig ist die Tatsache, diese Stellen zu kennen. Die Tiere bewegen sich nicht allzu rasch vom Lagerplatz weg, weshalb in der Morgendämmerung eine durchaus hohe Wahrscheinlichkeit besteht, die Tiere beim Kontrollgang rasch aufzufinden (*Abbildung 18*).

Am Beispiel der Finsterkaralm kann das kurz erklärt werden: Das Almgebiet hat einen schwach ausgeprägten Höhengradienten. Die Tiere bevorzugen den sanft verlaufenden Rücken, steigen aber auch häufig um einige 100 Höhenmeter in die ost- oder westseitigen Flanken, die nicht sehr steil sind. Gelegentlich nächtigen sie auch in diesen, aber in der Mehrheit der Tage werden 4 Kuppen gewählt, die sich leicht über den Kamm erheben. Die Topographie der Finsterkaralm ist bestens für die Haltung der Tiere geeignet. Die Wegachsen verursachen geringere Höhenunterschiede. Allerdings ist die Futterqualität auf dem Rücken deutlich schlechter als in den gekammerten Flanken. Insgesamt kann die Kontrolle der Herde leicht durchgeführt werden.

Diskussion

Für die Untersuchung der Einflüsse von Management und Umweltfaktoren auf die Bewegung alpiner Weideschafe stehen 19 Messkampagnen in fünf Jahren (insgesamt über 75.000 Punkte) zur Verfügung. Auf fünf verschiedenen Standorten wurden vier Managementverfahren geprüft, wobei zwei Verfahren nur auf einem Standort angewendet wurden. Eine Reihe von Erkenntnissen kann in folgenden Aussagen beschrieben werden:

Die Bewegung kann statistisch beschrieben werden

Pro Tag wurden maximal 48 Einzelmessungen von Position und Temperatur durchgeführt. Aus diesen Messungen wurden 3D-Vektoren berechnet. Diese bilden die Bewegung der Tiere entlang der Geländeoberfläche ab. Die Vektoren wurden zusätzlich mit zeitlichen Attributen, Lageparametern und Wetterdaten ergänzt, in Tagesmittelwerte umgewandelt und statistisch geprüft. Das Ergebnis der Rohdaten zeigt, dass sich die Schafe pro Stunde im Tagesmittel um 128,4 Meter ($\pm 68,5$ Meter) bewegen. Wird das Einzeltier im statistischen Modell berücksichtigt, können 54,3 % der Streuung erklärt werden. Der Fehler des GPS-Systems von 7,8 Meter (DOD 2008) erklärt weitere 11,4 % der Streuung, womit nur 34,3 % unerklärt bleiben. Wird das Einzeltier aus dem Modell entfernt und durch die Klassen Weideart ersetzt, steigt der nicht erklärbare Anteil um 10,8 %. Ähnliche Untersuchungen in Norwegen erklären 36,6 % (MYSTERUD et al. 2007). Es ist also möglich, aus der Summe der

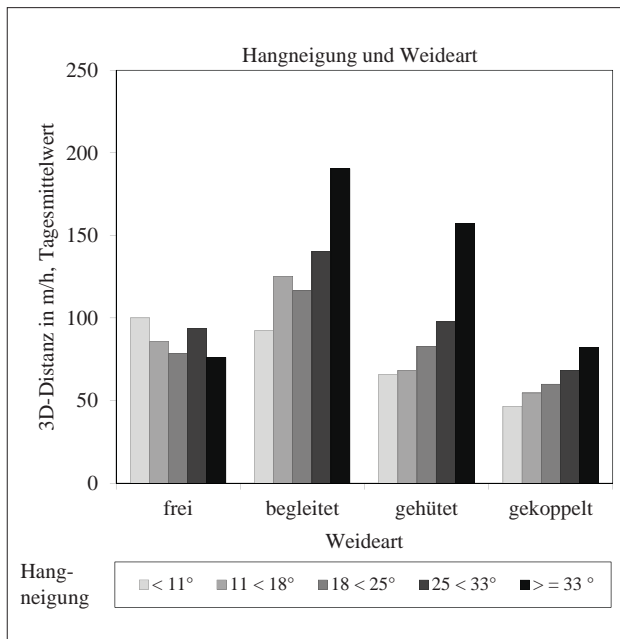


Abbildung 10: Wegdistanzen in Abhängigkeit der Hangneigung

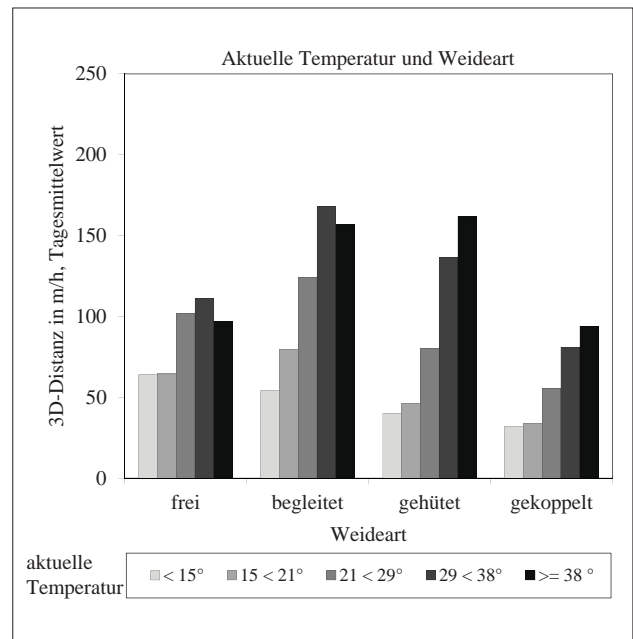


Abbildung 11: Wegdistanz in Abhängigkeit der Temperatur

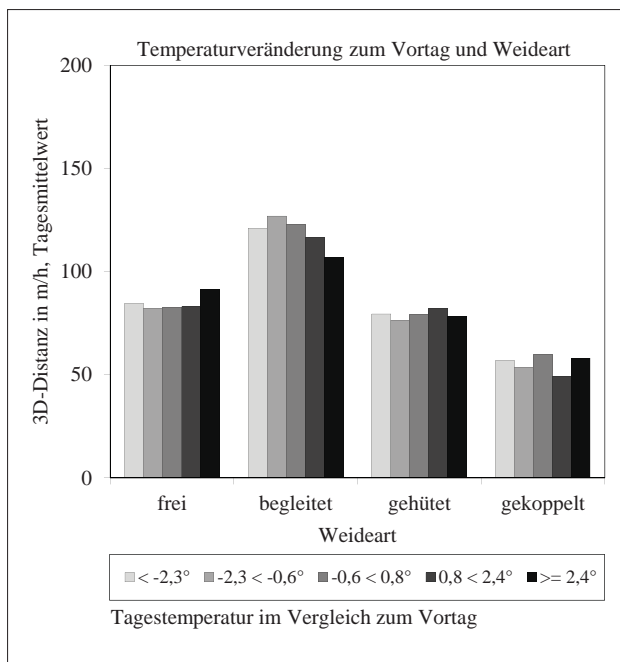


Abbildung 12: Wegdistanz in Abhängigkeit der Wetteränderung

Einzelinformationen ein allgemeines, tragfähiges Muster für die Bewegungsfaktoren einer Schafherde abzuleiten.

Eine genaue Prognose über die aktuelle Bewegung ist nicht möglich

Wird das gleiche Model auf Basis der Rohdaten geprüft, sinkt der Anteil der erklärbaren Streuung R^2 auf 28,2 %. Die Tiere entscheiden also während des Tages stark situationsbedingt über ihre Bewegungsgeschwindigkeit und Richtung. Eine Prognose über theoretische Aufenthaltsorte frei weidender Tiere in Abhängigkeit eines Startpunktes ist unmöglich.

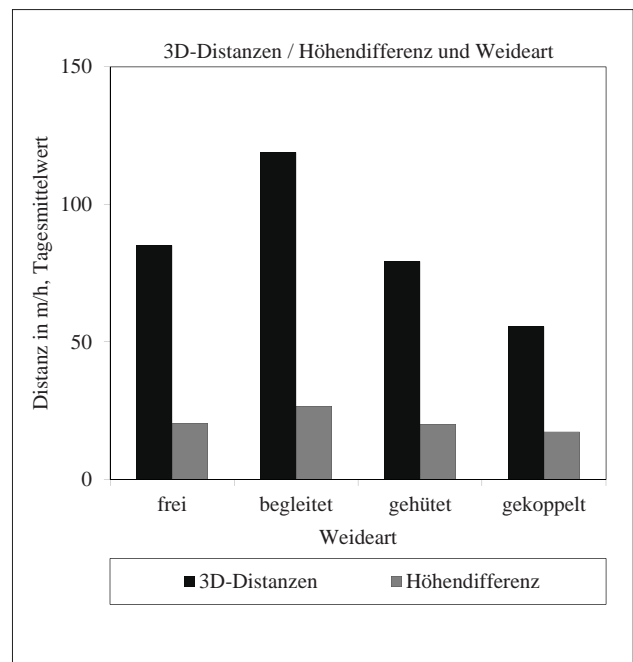


Abbildung 13: Wegdistanzen in Abhängigkeit der Herdenführung in Meter/Stunde

Frei weidende Tiere folgen einem klaren Muster

Schafe, die sich frei bewegen können, definieren ein Grundmuster, an dem sich die geprüften Managementverfahren orientieren sollten. Folgende Aspekte wurden in den Rohdaten erkannt:

Möglichst geringe Wegstrecken: Die Schafe bewegen sich im Tagesschnitt mit 84,9 Meter/h (Nacht: 35,5 Meter/h, Dämmerung: 80,1 Meter/h, Tag: 113,2 Meter/h; (Abbildung 7) und überwinden dabei 20,4 Höhenmeter. In Summe legen die Tiere in 24 Stunden 2,04 km an Wegstrecke zurück und überwinden dabei in Auf- und Abstieg 490 Höhenmeter.

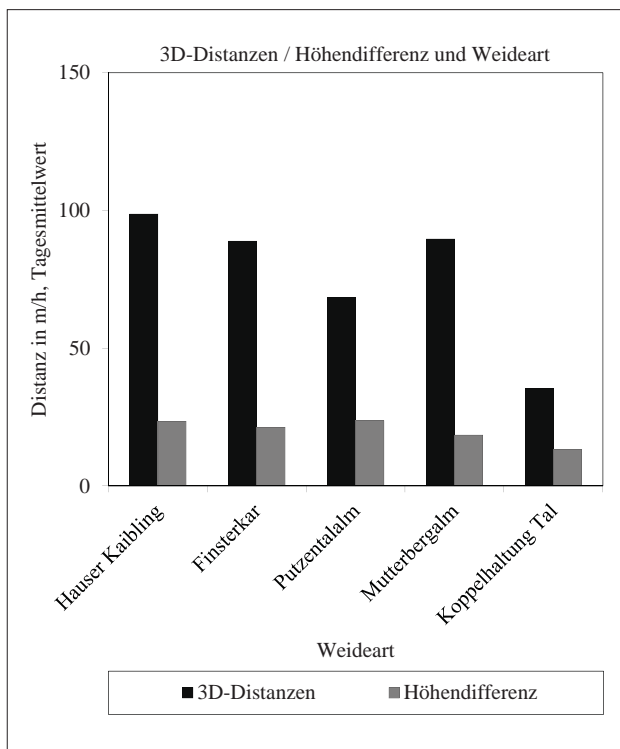


Abbildung 14: Wegdistanzen in Abhängigkeit der Almgebiete in Meter/Stunde

Die Untersuchung von Milchschaafen in der Schweiz – diese wurden allerdings nur zu einer 11 stündigen Tagweide entlassen und Nachts im Stall gehalten – ergab eine Weglänge von 4,3 km und eine Höhendifferenz von 312 Metern (LEIBER et al. 2009). THURNER et al. (2011) geben für Rinder (Jungvieh bis 2 Jahre) eine Weglänge von 1,89 km an. Der Wunsch nach geringen Mobilitätsraten ist mit der dafür notwendigen Energie verbunden. Die Anwendung der Formel von LACHICA et al. (1997) zur Berechnung der Wärmeenergie (Joule/kg Lebendgewicht/Stunde) – diese wurde allerdings für Ziegen entwickelt – lautet:

$$\begin{aligned} \text{Wärmeenergie} &= 6.724 \\ &+ 3,31 \times \text{Meter}_{\text{horizontal}} \\ &+ 31,7 \times \text{Meter}_{\text{vertikal}} - 13,2 * \text{Meter}_{\text{vertikal}} \end{aligned}$$

Für frei weidende Schafe steigt im vorliegenden Untersuchungsfall der Energiebedarf für die Bewegung um mindestens 10 % an.

- Klares Muster während des Tages: Frei weidende Schafe sind Frühaufsteher, die bereits am Beginn der Morgendämmerung aktiv werden. Zwischen 10:00 und 14:00 Uhr wird die Bewegung reduziert, dann wieder bis 18:00 Uhr erhöht (Abbildung 6). Diese Aussage ist deckungsgleich zu den Lichtverhältnissen (Abbildung 7), wobei der Mond keinen Einfluss hat.
- Häufiges Nutzen von gewohnten Nachtlagern: Die Tiere kehren sehr häufig in den Bereich von schon genutzten Nachtlagern zurück. Diese können zwar nicht explizit beschrieben werden (Aussichtslage, Senke, ...), aber die Tierhalter sollten Kenntnis über die Lager haben, um die Tiere in der Morgendämmerung möglichst rasch zu finden.

- Geringer Einfluss von Gelände und Klima: Die Faktorklassen Höhenlage, Hangneigung, aktuelle Temperatur und Wetteränderung haben nur moderate Einflüsse auf das Bewegungsverhalten der Tiere.

Insgesamt erleben frei weidende Schafe den Almsommer statisch und passen sich energieeffizient an die Tatsache des erhöhten Energieverbrauches und schlechteres Futter an.

Wirkung des Schäfers auf das Bewegungsmuster

Wird eine Schafherde von Menschen begleitet oder gehütet, verändert sich das natürliche Muster.

- Begleitendes Verfahren: Dieses Verfahren orientiert sich stark am natürlichen Rhythmus der Tiere, die ihr Tagesmuster beibehalten. Allerdings verstärkt sich die Bewegung ab dem Zeitpunkt des menschlichen Eingreifens und bleibt hoch, so lange der Schäfer die Herde begleitet. Die mittlere Wegstrecke steigt um 34 m/h (Meter pro Stunde) und die Höhendifferenz um 6,3 m/h an. Das steigert den zusätzlichen Energiebedarf für die Mobilität um 37,7 %. Die längeren Wege treten vor allem in den oberen Lagen und gegen Ende der Alpungszeit auf. Dies hat damit zu tun, dass der Schäfer zunehmend mehr Mühe hat, die Tiere am Berg zu halten. Außerdem führt der Schäfer in steilem Gelände die Herde stärker am Hang entlang, als dies von den Tieren selbst praktiziert würde. Bei starken Temperaturzunahmen schont der Schäfer die Herde mehr, als dies bei frei weidenden Tieren zu beobachten ist.
- Gehütetes Verfahren: Durch das nächtliche Pferchen kann die Herde des Schäfers erst nach dessen Eintreffen (7:00 - 8:00 Uhr) aktiv werden. Dies geschieht dann aber kontinuierlich und ohne Berücksichtigung einer allfälligen Mittagspause. Die Wegstrecken sind im Vergleich zur freien Weide um 6 m/h geringer, die Höhenleistung ist vergleichbar. Der Schäfer hat im Jahresvergleich die Hochlagen früher verlassen und nutzt gegen Weideende die mittleren Lagen (die Pistenflächen des Hauser Kaibling) besser aus.
- Gekoppeltes Verfahren: Die Koppeln wurden hier nur in Lagen bis 1.800 m auf guten Weideflächen errichtet. Die Tiere verhalten sich in Koppelhaltung wie eine vom Schäfer geführte Herde. Allerdings sparen diese Tiere deutlich an Wegstrecke (ca. 30 m pro Stunde weniger im Vergleich zur freien Weide) und Höhe ein.

Der Schäfer hat im begleitenden Verfahren das natürliche Verhalten der Tiere nicht verändert, erhöht aber die Bewegungsgeschwindigkeit erheblich. Das hütende Verfahren bricht den natürlichen Tagesablauf, wählt aber ein moderates Tempo, das unter dem der freien Herde liegt. In Bezug auf Geländeeignung und Temperatur schlagen die eigenen Bedürfnisse des Schäfers durch.

Empfehlung für die praktische Anwendung

Aus dem nun gesammelten Wissen um das natürliche Bewegungsverhalten der Tiere und die Veränderung der Futter- und Nährstoffversorgung werden in Zusammenhang mit der Energiebilanz folgende Empfehlungen abgegeben:

- Es bestehen keine Rekultivierungsziele und keine Nutzungskonflikte im Almgebiet: Die Schafe nutzen die Alm-

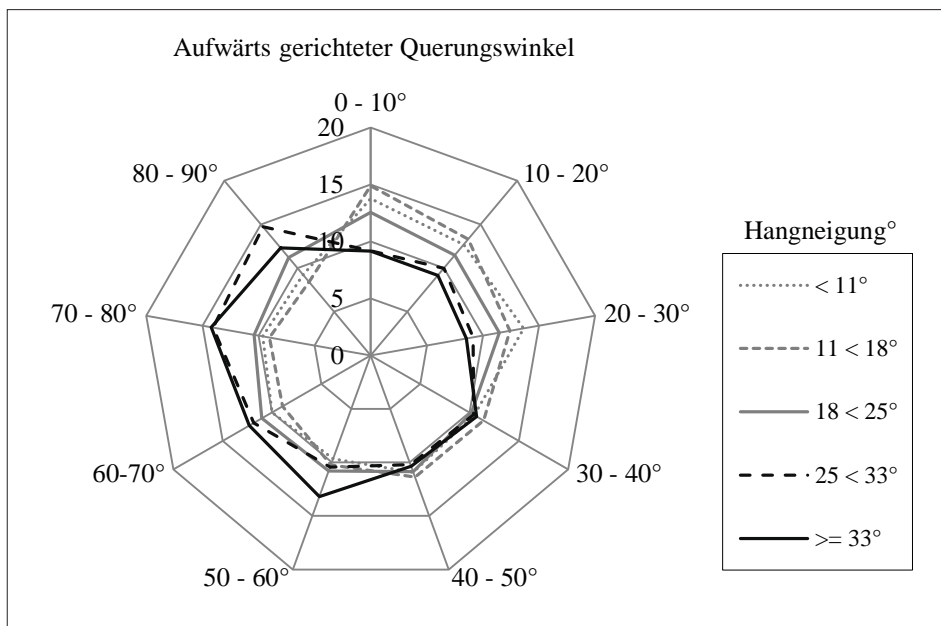


Abbildung 15: Aufwärts gerichteter Querungswinkel

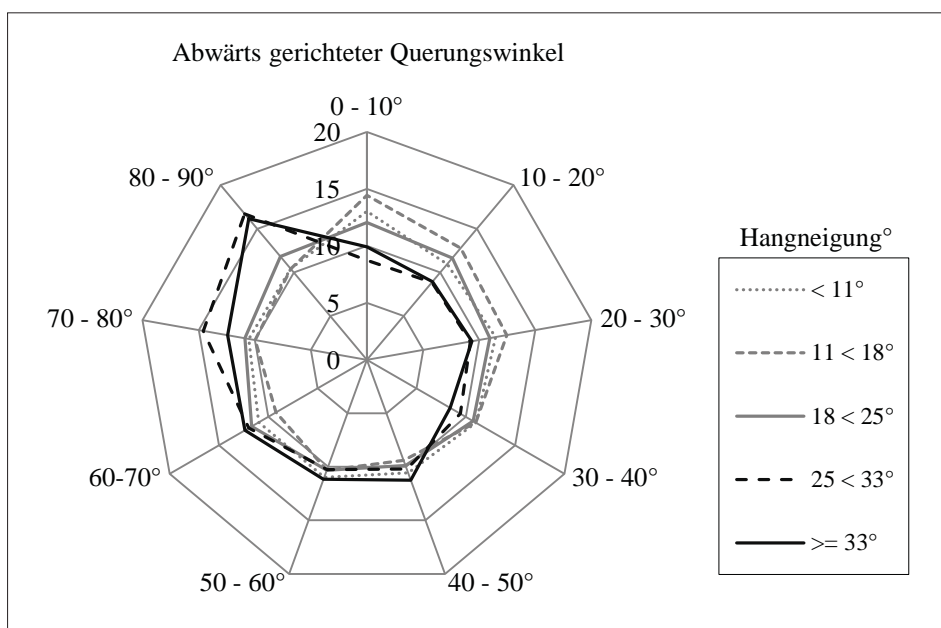


Abbildung 16: Abwärts gerichteter Querungswinkel

weide im freien Verfahren. Die Tierhalter kontrollieren die Tiergesundheit im Sinne des § 20 (2) Tierschutzgesetzes zumindest ein- bis zweimal in der Woche.

- Es bestehen keine Nutzungskonflikte, aber der Wunsch nach Rekultivierung: Die zu rekultivierenden Gebiete werden so großräumig eingezäunt, dass die Tiere sowohl noch gute Almweiden als auch die zu beseitigenden Zwergsträucher nutzen. Die Mindestbesatzstärke muss über 0,4 GVE/ha liegen. Diese Maßnahme findet zu einem möglichst frühen Zeitpunkt in der Vegetationsperiode statt. Eine zusätzliche Fütterung, auch im Sinne des Tierschutzgesetzes, ist denkbar. Danach werden die Tiere in das freie Verfahren entlassen.
- Es bestehen Nutzungskonflikte und ein Wunsch nach Rekultivierung: Der Schäfer lenkt die Herde grob im Sinne der Nutzungskonflikte und unterstützt den Re-

kultivierungsauftrag durch ein großräumig eingezäuntes Gebiet im Sinne des vorhergehenden Punktes. Die Begleitung wird über den ganzen Almsommer aufrechterhalten. Der Schäfer hält die Bewegungsgeschwindigkeit niedrig.

Zusammenfassung

Mit 19 Tieren wurden die Einflüsse unterschiedlicher Managementmethoden und Umweltfaktoren auf die Bewegungsmuster von Schafen untersucht. Die Tiere bewegten sich auf 5 Weidegebieten zwischen 1.000 und 2.600 Metern Seehöhe in den österreichischen Zentral- und Ostalpen.

Die frei weidenden Schafe wählen eine moderate Bewegungsgeschwindigkeit von 84,9 Meter/Stunde und überwinden dabei 20 Höhenmeter. Sie entwickeln im Tagesverlauf ein deutliches Verhaltensmuster. Mit Beginn der Morgendämmerung beginnt die Aktivität und wird um die Mittagszeit durch eine lange Ruhezeit unterbrochen. Danach weiden die Tiere bis zum Ende der Abenddämmerung und bleiben dann in der Nacht standorttreu auf wenigen Plätzen. Temperaturschwankungen, verschiedene Höhenlagen oder Hangneigungen haben kaum Einfluss. Begleitet ein Schäfer die Schafe, um mit ihnen Rekul-

tivierungsarbeit zu leisten, bleibt das tägliche Muster erhalten, aber die Wegstrecken verlängern sich um 33,8 Meter/Stunde. Dies steigert den Energiebedarf – im Vergleich zu frei weidenden Schafen – um mindestens 10 %. Zusätzlich bringt der Schäfer seine menschlichen Muster (flacheres Querungsverhalten im Hang, größeres Bedürfnis nach Futtersuche im Spätsommer, Empfindlichkeit gegen höhere Temperaturen bzw. Temperaturschwankungen) ein. Leistet der Schäfer gezielte Rekultivierungsarbeit und hütet er die Schafe strenger, verändert sich vor allem das natürliche Verhalten im Tagesablauf. Die Wegstrecken können im Vergleich zu frei weidenden Tieren um 6 Meter pro Stunde kürzer sein. Weiters bringt auch der Schäfer seine persönlichen Mobilitätsbedürfnisse und Temperatursprüche ein. Der Schäfer führt die Herde im Herbst wieder früher in die Tallagen. Wird die Fläche in Koppelhaltung bewirtschaftet, sinkt

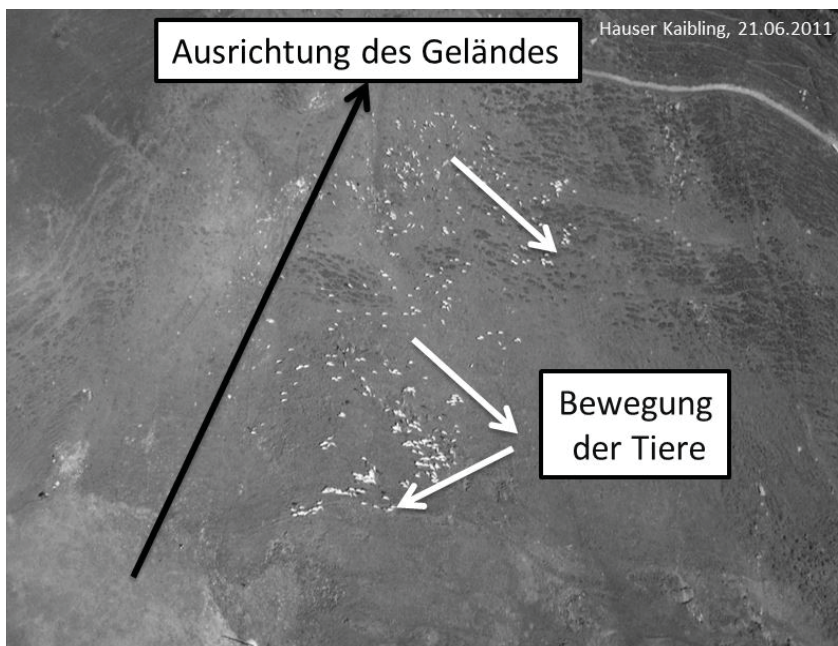


Abbildung 17: Luftbild der Herdenbewegung im steilen Gelände

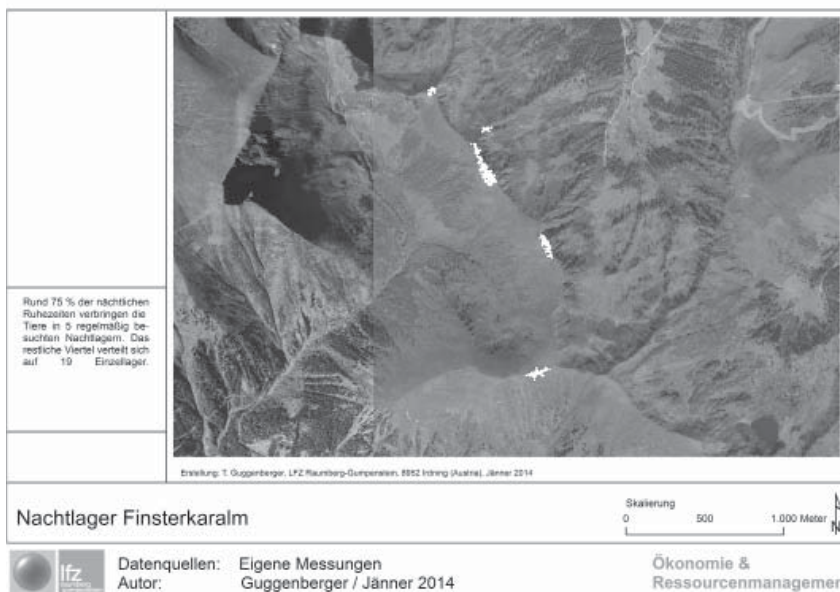


Abbildung 18: Punktdichte und Nachtlager Finsterkaralm

die Bewegungsgeschwindigkeit im Tagesschnitt auf 55,5 Meter pro Stunde. Das verwendete Gesamtmodell erklärt die Streuung der Daten im Datensatz der Tagesmittelwerte mit 65,7 %. Eine Ableitung des tatsächlichen Bewegungsvektors ist daraus aber nicht möglich. Empfehlungen, die für verschiedene Beweidungsziele ausgesprochen wurden, orientieren sich stark am Energiehaushalt der Tiere, unter den erschwerten Futter- und Nährstoffbedingungen während der Rekultivierungsarbeit oder in Hochlagen.

Literatur

AEROSPACE, V., 2014: Wildlife Monitoring with GPS Plus. <http://www.vectronic-aerospace.com>, 2014-01-20.

BEV, 2012: Digitales Geländemodells (DGM). Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Wien.

DOD, 2008: Global positioning system – Standard positioning service – Performance Standard, US Department of Defense, Washington, 160 S.

DUFFETT-SMITH, P., 2011: Practical Astronomy with your Calculator or Spreadsheet, Cambridge University Press, Cambridge, 238 S.

EEA, 1995: CORINE land cover – Part One – Methodology, European Environment Agency, Copenhagen, 94 S.

GRUBER, L., T. GUGGENBERGER, A. STEINWIDDER, A. SCHAUER, J. HÄUSLER, R. STEINWENDER und M. SOBOTIK, 1998: Ertrag und Futterqualität von Almfutter des Höhenprofils Johnsbach in Abhängigkeit von Standortfaktoren. Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, 4. Alpenländisches Expertenforum – Zeitgemäße Almbewirtschaftung sowie Bewertung von Almflächen und Waldweiden, 63-93 S.

LACKNER, C., 2014: C#-Bibliothek:Sun-Moon-Engine. <http://lexikon.astronomie.info/java/sunmoon/>, 2014-01-20.

LEIBER, F., C. KAULFERS, S. SCHMID, M. KREUZER und A. LIESEGANG, 2009: Differences in spatial grazing behaviour of sheep and goats in a heterogeneous high alpine environment. 15th Meeting of the FAO-CIHEAM Mountain Pastures Network, Les Diablerets, 161-164 S.

MYSTERUD, A., C. IVERSEN und G. AUSTRHEIM, 2007: Effects of density, season and weather on use of altitudinal gradient by sheep. Applied animal Behaviour 108, 104-113.

STATPOINT, 2009: Statgraphics Centurion XVI - User Manual, Warrenton, 305 S.

TURNER, S., G. NEUMAIER und G. WENDL, 2011: Management of young cattle on alpine pastures using a GPS-based livestock tracking system. Proceedings of the 16th Symposium of the European Grassland Federation, Gumpenstein, Austria, 103-105 S.

UNITED STATES DEPARTMENT OF DEFENSE, 1978: Navigational Satellite Timing and Ranging. <http://www.gps.gov/governance/agencies/defense/>, 2014-01-20.