



Wissenschaftszentrum Weihenstephan  
Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik

Projektarbeit

## *Analyse GPS-gestützter Beobachtungsdaten zum Lokomotions- und Fressverhalten von Weiderindern unter Almbedingungen*

**Bearbeiter:** B.Sc. Thomas Machl

**1. Prüfer:** Prof. Dr.agr. Dr.agr.habil Hermann Auernhammer

**2. Prüfer:** Dipl.-Ing.agr. Markus Heckmann

**Betreuung:** Prof. Dr.agr. Dr.agr.habil Hermann Auernhammer  
Dipl.-Ing.agr. Christine Braunreiter  
Dipl.-Ing.agr. Georg Steinberger  
Dipl.-Ing.agr. Markus Heckmann

## Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>II</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>III</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>IV</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>V</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>VI</b>
<b>1 Einführung</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Zielstellung der Arbeit</b> .....	<b>3</b>
<b>3 Material und Methode</b> .....	<b>4</b>
3.1 Erhobene Daten .....	4
3.2 Verwendete Software und Prozess der Datenverarbeitung .....	4
3.3 Format verrechneter Daten .....	5
3.3.1 Datenformat verrechneter Positionsdaten .....	5
3.3.2 Beschreibung der Kopfhaltung durch „Head-Up-Ratio“ .....	6
3.3.3 Format erhobener Witterungsdaten.....	7
3.4 Beurteilung der Datenqualität erhobener Daten.....	7
3.4.1 Abschätzung der statischen Genauigkeit der GPS-Halsbänder.....	7
3.4.2 Vollständigkeit erhobener Positionsdaten .....	7
3.5 Durchgeführte Berechnungen zur Beschreibung des Tierverhaltens .....	8
3.5.1 Berechnung der Individualdistanzen .....	8
3.5.2 Parameter zur Beschreibung der Tieraktivität .....	8
<b>4 Ergebnisse</b> .....	<b>12</b>
4.1 Statische Genauigkeit der Positionsermittlung.....	12
4.2 Qualität erhobener Daten .....	13
4.3 Individualdistanzen der beobachteten Tiere .....	14
4.4 Parameter zur Beschreibung der Tieraktivität.....	17
4.4.1 Tages- und Stundenradien als Indikator der Tieraktivität .....	17
4.4.2 Abschätzung der überstrichenen Fläche durch Rasterung .....	17
4.4.3 Beschreibung des Fressverhaltens anhand des Head-Up-Ratios.....	18
4.5 Abschätzung der beweideten Fläche .....	20
<b>5 Diskussion und Folgerungen</b> .....	<b>22</b>
5.1 Genauigkeit der Positionsermittlung.....	22
5.2 Bewertung der Datenqualität.....	22
5.3 Ermittlung der Individualdistanzen .....	22
5.4 Tages- und Stundenradien als Indikator der Tieraktivität.....	23
5.5 Abschätzung der überstrichenen Fläche durch Rasterung .....	23
5.6 Head-Up-Ratio als Kenngröße des Fressverhaltens.....	23
<b>Anhang</b> .....	<b>XXIX</b>
<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>XXXVII</b>

## Abbildungsverzeichnis

1	Anteile von Grasland- und Weideflächen in % der pro Pixel abgebildeten Landfläche (eigene Darstellung nach FAO, 2007) .....	1
2	Übersicht der Beobachtungszeiträume ausgewählter Weidetiere.....	4
3	Ablauf der Datenverarbeitung mit einer Übersicht der verwendeten Software und der erstellten Ergebnisdateien .....	5
4	Österreichisches Bundesmeldenetz und geografisches Koordinatensystem (DE LANGE, 2006).....	6
5	Prinzip der Bildung von Tages- bzw. Stundenradien mit den zugehörigen Quantilen .....	9
6	Quadratische Rasterung der Weidefläche zur Ableitung der überstrichenen Fläche (Rasterung hier 10m x 10m).....	10
7	Streuung ermittelter Positionsdaten über einen Zeitraum von 24 Stunden und relative Häufigkeit der Abweichungen vom Gesamtmittelwert (n=956)...	12
8	Histogramm der Gesamtabweichungen vom Gesamtmittel mit zugehörigen Quantilen .....	13
9	Anzahl aufgezeichneter Positionsdatenpunkte je GPS-Collar und Abweichung vom jeweiligen Sollwert in absoluter (links) und relativer Betrachtung (rechts).....	14
10	Während der Alpperiode 2007 ermittelte Individualdistanzen aller beobachteten Tiere .....	15
11	Histogramme der Individualdistanzen „Stolze - Butzi“ (oben) und „Stolze zu Flinke“ (unten) im Beobachtungszeitraum von 17.06. bis 05.07.2007 .....	16
12	Zusammenhänge von Stundenradien und Bewegungsmustern am Beispiel des Tiers „Butzi“ am 02.07.2007.....	17
13	Zeitlicher Verlauf überstrichener Fläche am Beispiel „Butzi“ im Zeitraum von 17.06. bis 05.2007. (Kantenlänge der Rasterung: 10 m) .....	18
14	Histogramm aller während der Alpperiode 2007 ermittelten Head-Up-Ratios und beispielhafte Einteilung der Kopfhaltung in die Bereiche „unten“ (hur<30), „oben“ (hur>215) und „indifferent“ .....	19
15	Relativer Anteil innerhalb von Stundenintervallen erhobener Datenpunkte mit einem Head-Up-Ratio von kleiner als 30 im Zeitraum von 17.6. bis 5.7.2007 .....	19
16	Von „Butzi“ beweidete Fläche im Zeitraum von 17. Juni bis 05. Juli. (Rasterung: 10 m x 10 m, ncaro >1) .....	20
17	Zeitlicher Verlauf der von Butzi im Zeitraum von 17.06. bis 05.07. 2007 beweideten Fläche (Rasterung: 10 m x 10 m) .....	21

**Tabellenverzeichnis**

1	Quantile der Abweichungen aufgezeichneter Positionsdaten zum Gesamtmittelwert aller Beobachtungen .....	13
2	Quantile beobachteter Individualdistanzen aller beobachteten Tier-Tier-Kombinationen während der gesamten Weideperiode .....	15

---

**Abkürzungsverzeichnis**

---

<b>Abkürzung</b>	<b>Bedeutung</b>
BMN	Bundesmeldenetz
GPS	Global Positioning System
ha	Hektar
hur	Head-Up-Ratio
hur_krit_o	Kritisches Head-Up-Ratio für „Kopf erhoben“
hur_krit_u	Kritisches Head-Up-Ratio für „Kopf gesenkt“
ncaro	Mindestanzahl an Datenpunkten innerhalb eines Rasterquadrats, um dieses als beweidet zu werten
q-25%	25-Prozent-Quantil
q-50%	Median bzw. 50-Prozent-Quantil
q-75%	75-Prozent-Quantil
q-90%	90-Prozent-Quantil
q-95%	95-Prozent-Quantil
sd	Standardabweichung

## Abstract

Die Geschichte einer Nutzung des Alpenraumes für Viehwirtschaft lässt sich bis in die Zeit der Kelten vor etwa 2000 bis 2500 Jahren zurückverfolgen (RIEDER, 2006). Auch heute noch sind die bayerischen Alpen mit ca. 1400 Almen und einem Bestoß von knapp 50 000 Rindern ein wichtiger Standort für Weidenutzung. In Anbetracht veränderter Personal- und Kostenstrukturen sind nur noch wenige Almen regelmäßig betreut. Vor diesem Hintergrund könnte der Einsatz von Precision Livestock Farming den Landwirten wichtige Informationen zur Entscheidungsfindung liefern. So könnte der Einsatz einer GPS-Ortung der Tiere zu einer Optimierung der Herdenbeobachtung und einem verbesserten Weidemanagement beitragen.

Während der Weideperiode 2007 wurden zum Zweck einer Abschätzung der Einsatzpotentiale von GPS-Collars die Positionsdaten von Weiderindern aufgezeichnet. Anhand dieser zeitlich hochauflösenden Positionsdaten sollen Rückschlüsse auf das Lokomotions- und Fressverhalten von Rindern unter Almbedingungen gezogen werden.

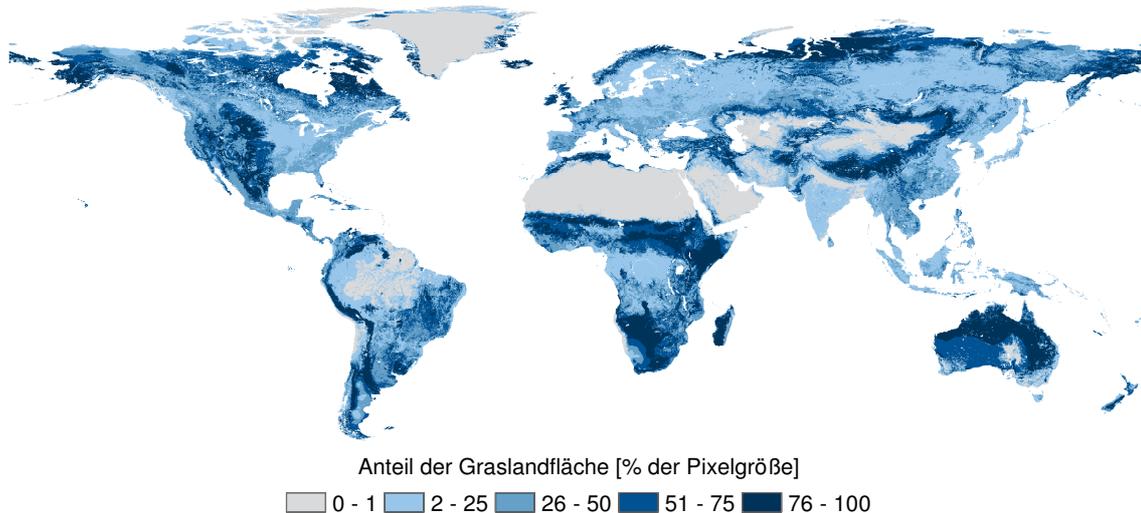
Zielstellung der vorliegenden Arbeit war es, Softwaretools zur Analyse des Fress- und Lokomotionsverhaltens der beobachteten Rinder zu entwickeln. Im Zuge der durchgeführten Untersuchungen wurden Informationen zu folgenden Aspekten abgeleitet:

- Genauigkeit der Positionsermittlung via GPS-Collars
- Qualität bzw. Vollständigkeit der Datengewinnung
- Einzeltierverhalten innerhalb der Herde
- Erkennung von Bewegungsmustern und Tieraktivitäten
- Abschätzung der beweideten Flächen und der Beweidungsintensität

Die gewonnenen Informationen sollen in einem nächsten Schritt im Rahmen weiterführender Arbeiten in Entscheidungen bzw. Handlungsempfehlungen umgesetzt werden.

## 1 Einführung

Weltweit betrachtet bedeckt Grasland etwa 40 % des Festlandes, rund 26 % der weltweiten Landfläche werden nach Schätzungen der FAO als Dauerweiden genutzt (FAO, 2006). Die weltweite Verteilung bzw. die Anteile von Grasland- und Weideflächen in Prozent der pro Pixel dargestellten Landfläche sind in Abbildung 1 dargestellt.



**Abbildung 1:** Anteile von Grasland- und Weideflächen in % der pro Pixel abgebildeten Landfläche (eigene Darstellung nach FAO, 2007)

In Europa (EU-27) werden circa 14 % der Landfläche als Dauergrünland genutzt. Dabei ergibt sich jedoch eine große Bandbreite: Während der Anteil des Grünlands im Vereinigten Königreich und Irland etwa 45 % der Landesfläche beträgt, wird beispielsweise in Finnland weniger als 1 % der Fläche als Dauergrünland ausgewiesen. Deutschland liegt mit einem Grünlandanteil von etwa 13 % im Bereich des europäischen Durchschnitts (EUROSTAT, 2010).

In Bayern unterliegen mit etwa 3.3 Mio. ha ca. 46 % der Gesamtfläche einer landwirtschaftlichen Nutzung, rund 35 % dieser Fläche (1,15 Mio. ha) werden als Grünland zur Grundfutterbereitstellung genutzt (STMELF, 2003).

Besonders im Bereich von Marginalstandorten des Alpenraums ist die Weidehaltung von großer Bedeutung, um einer Verbuschung und dem Verlust an Erholungswert vorzubeugen. In Bayern existierten im Jahr 2002 etwa 1380 Almen mit einer Gesamtlichtweidefläche von ca. 40330 ha (BUND NATURSCHUTZ IN BAYERN E.V., 2004).

Etwa 660 der knapp 1400 Almen in Bayern wurden 2001 von rund 900 Sennern und Hirten regelmäßig betreut (OPPERER, 2002, zitiert in BUND NATURSCHUTZ IN BAYERN E.V., 2004), der übrige Anteil wird nur gelegentlich vom Almpersonal überwacht.

## **2 Zielstellung der Arbeit**

An den Marginalstandorten der Alpen stellt die Almbewirtschaftung häufig die einzig mögliche Form einer landwirtschaftlichen Nutzung der Flächen dar. Vor dem Hintergrund veränderter Personal- bzw. Kostenstrukturen können moderne Technologien wie etwa GPS-gestützte Herdenbeobachtung zu einer Entlastung des Landwirts und zu einer Optimierung des Weidemanagements beitragen.

Zielstellung der vorliegenden Arbeit ist es, verschiedene Tools zur Analyse des Tierverhaltens zu entwickeln, die dann in einem nächsten Schritt zur Abschätzung der Potentiale eines GPS-gestützten Herdenmanagements dienen sollen. Diese Arbeit ist als Grundlage für aufbauende Arbeiten zu verstehen, weshalb im Folgenden nur die wichtigsten Ergebnisse vorgestellt werden.

Im Fokus der Betrachtungen steht dabei vornehmlich der Einsatz von GPS zur Überwachung des Lokomotionsverhaltens extensiv gehaltener Rinderherden. Dabei gilt es insbesondere, Informationen zu folgenden Aspekten abzuleiten:

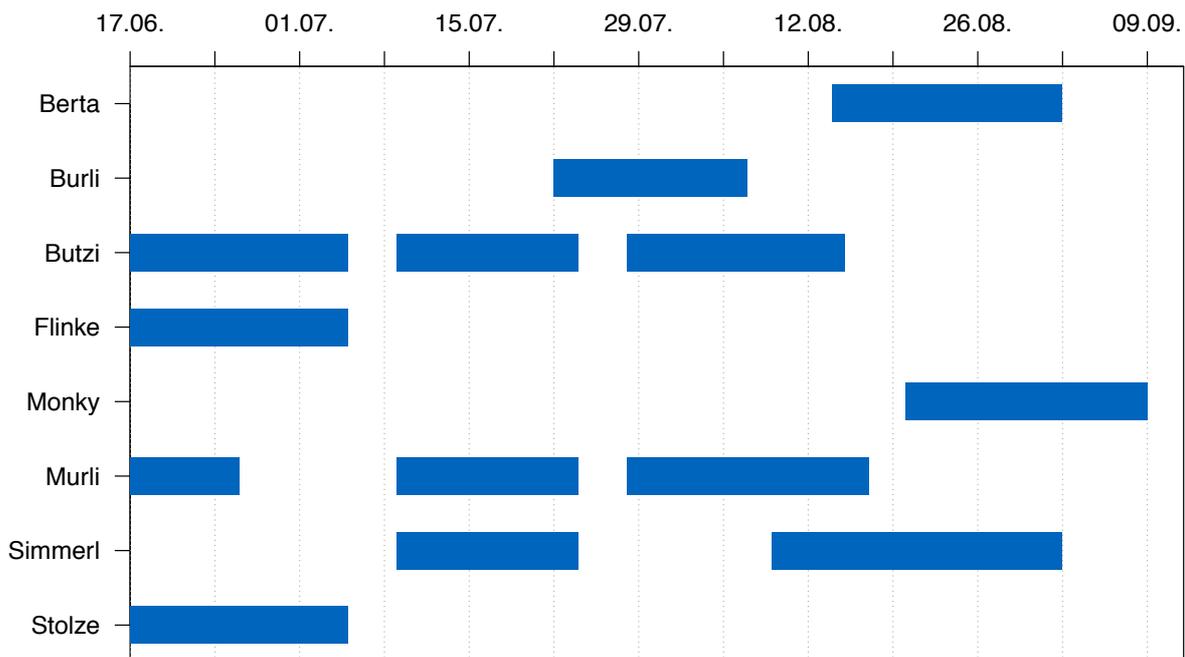
- Genauigkeit der Positionsermittlung via GPS-Collars
- Qualität bzw. Vollständigkeit der Datengewinnung
- Einzeltierverhalten (auch zwischen Einzeltieren)
- Erkennung von Bewegungsmustern und Tieraktivitäten
- Abschätzung der beweideten Flächen und der Beweidungsintensität.

### 3 Material und Methode

In den folgenden Abschnitten wird nach Beschreibung der erhobenen Daten der Prozess der Datenverarbeitung und das Vorgehen zur Überprüfung der Datenqualität erläutert. Anschließend werden durchgeführte Berechnungen dargestellt.

#### 3.1 Erhobene Daten

Während der Weideperiode 2007 wurden im Zeitraum vom 17. Juni bis 9. September auf einer Alm in Österreich verschiedene Weidetiere mit GPS-Empfängern und Sensoren zur Erfassung der Kopfhaltung ausgestattet (ECKARDT et al., 2006; BRAUNREITER et al., 2007;). Dazu wurden vier GPS-Collars eingesetzt, die während der Weideperiode unterschiedlichen Tieren zugeordnet wurden. Eine Übersicht der beobachteten Tiere und der jeweiligen Beobachtungszeiträume zeigt Abbildung 2.

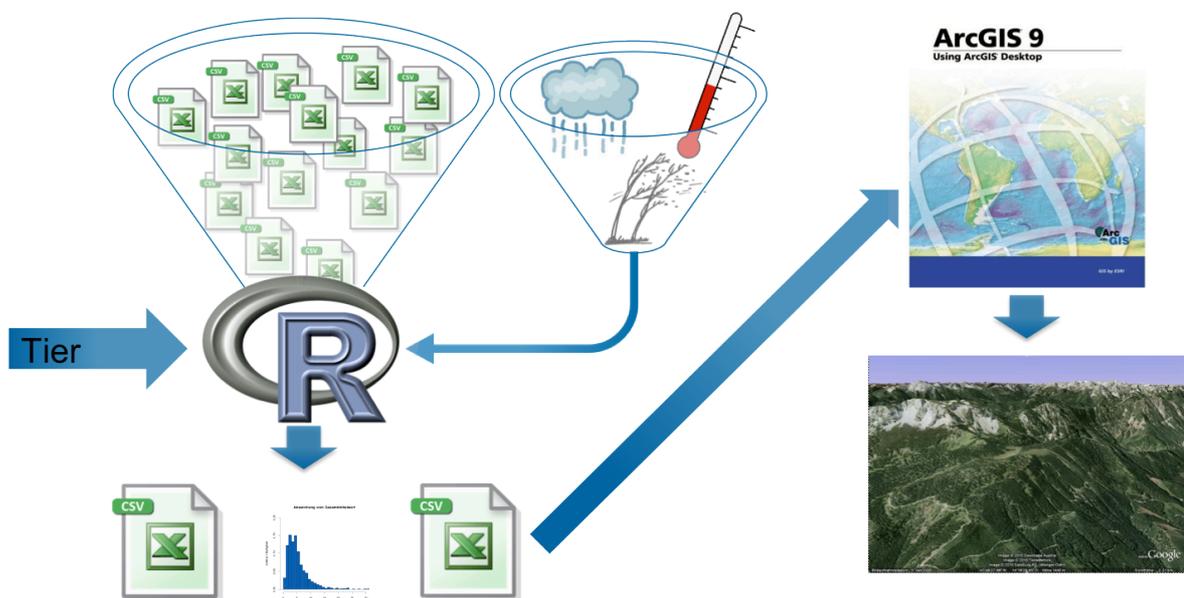


**Abbildung 2:** Übersicht der Beobachtungszeiträume ausgewählter Weidetiere

#### 3.2 Verwendete Software und Prozess der Datenverarbeitung

Die Analyse der Daten erfolgte unter Verwendung der Programmiersprache R. Dabei handelt es sich um eine Software, deren Ursprünge 1992 an der Universität von Auckland zu finden sind und seither ständig weiterentwickelt wurde (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2010). Zur Visualisierung der Daten dient neben den in R erstellten Grafiken zusätzlich das Programm ESRI ArcGIS Desktop 9.

Der Prozess der Datenverarbeitung ist in Abbildung 3 dargestellt. Die in R erstellten Tools sind derart konzipiert, dass die Software nach Eingabe der Tiernamen jeweils automatisch auf die Daten entsprechender GPS-Halsbänder zugreift und diese im Hinblick der jeweiligen Zielstellung verarbeitet. Anschließend greift R dann auf die erhobenen Witterungsdaten zu und verknüpft diese mit den errechneten Werten. Diese Verknüpfung erfolgt über Zeitstempel auf Stunden bzw. Tagesebene. Ergebnis dieses Prozesses sind Ergebnistabellen und Grafiken. Zudem werden in Abhängigkeit der Zielstellung des Tools auch Pirol-csv-Sentences bzw. Datentabellen ausgegeben, welche dann in einem nächsten Schritt in OpenJump bzw. ArcGIS eingelesen werden können und sich dort weiterverarbeiten lassen.



**Abbildung 3:** Ablauf der Datenverarbeitung mit einer Übersicht der verwendeten Software und der erstellten Ergebnisdateien

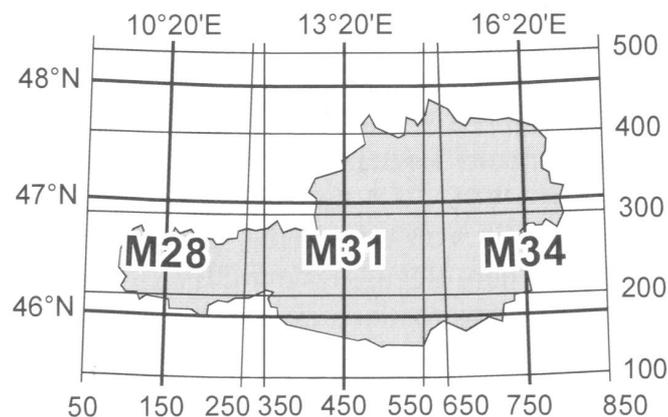
### 3.3 Format verrechneter Daten

Die folgenden Abschnitte zeigen das Format erhobener Positions- und Witterungsdaten, sowie das Vorgehen zur Bestimmung der Kopfhaltung mittels „Head-Up-Ratio“.

#### 3.3.1 Datenformat verrechneter Positionsdaten

Zur Bestimmung der in Abschnitt 3.5 genannten Größen wurden die Koordinaten des Österreichischen Bundesmeldenetzes (BMN) herangezogen.

Dieses kartesische Koordinatensystem basiert auf einer Mercator-Projektion, also einer konformen transversalen Zylinderprojektion. Punkte im Raum lassen sich durch einen Rechtswert (x-Wert) und Hochwert (y-Wert) darstellen. Dabei beschreibt der Rechtswert den Abstand eines Punktes zum jeweiligen Bezugsmeridian in Metern (zuzüglich eines Zuschlages in Abhängigkeit des Bezugsmeridians). Der Hochwert gibt die Distanz zum Äquator korrigiert um -5000 km wider (DE LANGE, 2006). Abbildung 4 veranschaulicht die Zusammenhänge von BMN und geografischem Koordinatensystem.



**Abbildung 4:** Österreichisches Bundesmeldenetz und geografisches Koordinatensystem (DE LANGE, 2006)

Die während der Alpperiode ermittelten Positionen befinden sich in der BMN-Zone M31 und besitzen damit als Bezugsmeridian den 13° 20' östlich von Greenwich verlaufenden Meridian M31. Um die Distanz zum Bezugsmeridian angeben zu können, ist von den Rechtswerten jeweils ein Wert von 450 km zu subtrahieren. Die Distanz zum Äquator ergibt sich durch Addition von 5000 km zum angegebenen Hochwert.

### 3.3.2 Beschreibung der Kopfhaltung durch „Head-Up-Ratio“

Neben den Positionsdaten wurde im GPS-Collar zur Beschreibung der Kopfhaltung ein sogenanntes „Head-Up-Ratio“ erhoben. Diese dimensionslose Zahl kann Werte im Intervall von 0 (Kopf vollständig gesenkt) bis 255 (Kopf vollständig erhoben) annehmen. Anhand der Haltung des Kopfes können somit Rückschlüsse auf die Tieraktivität gezogen werden. Ein gesenkter Kopf lässt sich beispielsweise als Fressen, ein erhobener Kopf als sonstige Aktivität interpretieren.

### 3.3.3 Format erhobener Witterungsdaten

Gleichzeitig mit der Aufzeichnung der Positionsdaten und der Informationen zur Kopfhaltung erfolgte eine Erfassung der vorherrschenden Witterungsdaten. Quelle dieser Informationen war die Wetterstation Feichtau. Die dort stündlich festgehaltenen Angaben geben Auskunft über:

- Temperatur [°C]
- Luftfeuchtigkeit [%]
- Windgeschwindigkeit [m/s]
- Windrichtung [N, NO, O, SO, S, SW, W, NW]
- Niederschlag [mm/h]

Um diese Informationen auch auf Tagesbasis zur Interpretation des Lokomotions- und Fressverhaltens heranziehen zu können, werden die Angaben zu Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Windgeschwindigkeit in Form von Tagesmittelwerten bzw. die Niederschlagsdaten in Form von Tagessummenwerten aggregiert.

### 3.4 Beurteilung der Datenqualität erhobener Daten

Die folgenden Abschnitte zeigen das Vorgehen zur Beurteilung der Qualität erhobener Daten. Dabei wird zunächst das Vorgehen zur Bestimmung der statischen Genauigkeit der Positionsermittlung erläutert und anschließend die Prüfung auf Vollständigkeit der aufgezeichneten Daten beschrieben.

#### 3.4.1 Abschätzung der statischen Genauigkeit der GPS-Halsbänder

Um auf die statische Genauigkeit der GPS-Halsbänder schließen zu können, wurden in einem Vorversuch vom 22. bis 23. März 2007 über eine Zeitspanne von 24 Stunden die Koordinaten eines ruhenden GPS-Halsbandes aufgezeichnet. Aus diesen Daten lassen sich die Abweichungen der Einzelpunkte vom Mittelwert in x- bzw. y-Richtung und damit auch die Abweichungen der Punkte vom Gesamtmittelwert errechnen.

#### 3.4.2 Vollständigkeit erhobener Positionsdaten

Die Positionsdaten der Tiere wurden von den GPS-Collars in einem Zeitintervall von 32 s aufgezeichnet. Stand zu einem Zeitpunkt kein GPS-Empfang zur Verfügung erfolgte keine Aufzeichnung dieser Position. Die Vollständigkeit

erhobener Daten lässt sich dann durch einen Vergleich mit dem Sollwert, der sich aus der voreingestellten Aufzeichnungsfrequenz ergibt, überprüfen.

### **3.5 Durchgeführte Berechnungen zur Beschreibung des Tierverhaltens**

In den nachfolgenden Abschnitten soll zunächst das Vorgehen zur Berechnung der Individualdistanzen erläutert werden. Im weiteren Verlauf werden die Überlegungen zur Beschreibung der Tieraktivität geschildert. Dabei wird zunächst näher auf die Bildung von Tages- bzw. Stundenradien eingegangen und abschließend ein Verfahren zur Flächenmessung durch orthogonale Rasterung vorgestellt.

#### **3.5.1 Berechnung der Individualdistanzen**

Um die Individualdistanzen der untersuchten Tiere bestimmen zu können, werden die Positionsdaten zweier Tiere über Zeitstempel verknüpft und aus Distanz in x-Richtung und Distanz in y-Richtung eine Gesamtdistanz errechnet. Zur Beschreibung dieser Distanzen dienen auf Stunden- bzw. Tagesebene neben den Quartilen Minimal- und Maximalwerte sowie die arithmetischen Mittelwerte der im Zeitintervall beobachteten Individualdistanzen.

Diese Parameter lassen sich zusätzlich vor dem Hintergrund der Kopfhaltung der beobachteten Einzeltiere darstellen und diskutieren.

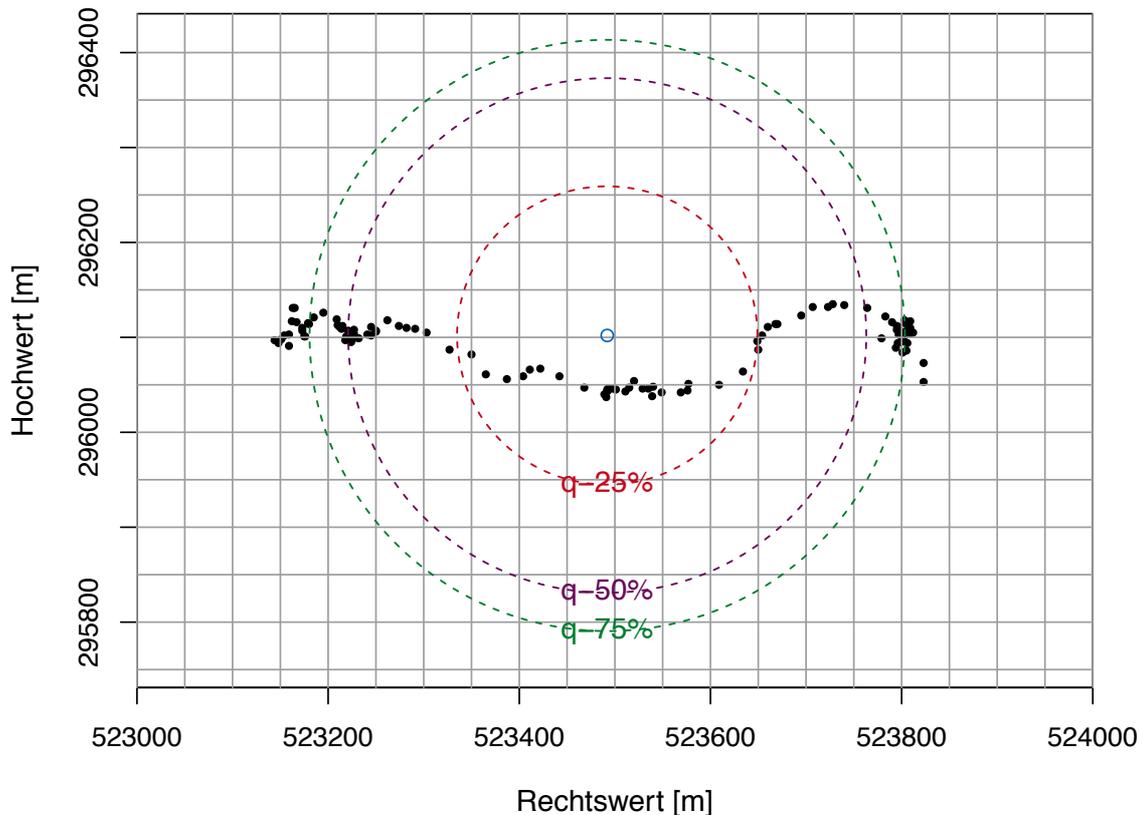
#### **3.5.2 Parameter zur Beschreibung der Tieraktivität**

Zur Ableitung der überstrichenen Flächen bzw. der Aktivität der Einzeltiere auf Stunden- bzw. Tagesebene werden verschiedene Ansätze verfolgt. Diese werden im Folgenden näher beleuchtet.

***Tages- und Stundenradien als Indikator der Tieraktivität:*** Zunächst sollen die Radien konzentrischer Kreise als Indikator für die überstrichene Fläche bzw. die Tieraktivität dienen. Grundlage dieser Überlegungen ist: Legen die Tiere größere linear gerichtete Distanzen zurück, dann ist auch der beobachtete Radius groß bzw. vice versa.

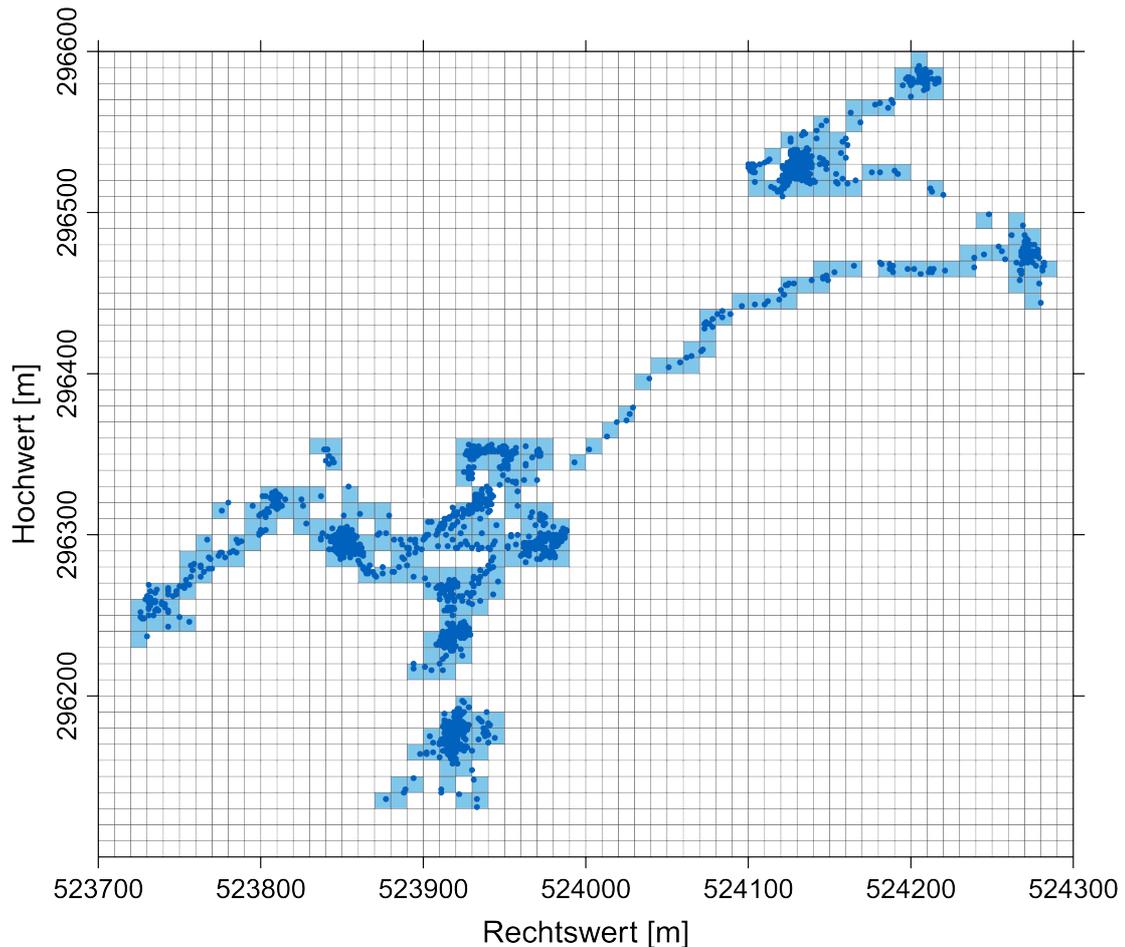
Zentrum dieser Kreise ist sowohl in x- als auch in y-Richtung der Median der auf Stunden bzw. Tagesebene beobachteten Tierpositionen. Als Radien werden das 25 %-Quantil (q-25%), das 50 %-Quantil (q-50%) und das 75 %-Quantil (q-75 %) der Distanzen der Einzelpunkte zum bereits beschriebenen Median ermittelt.

Abbildung 5 zeigt die Zusammenhänge anhand von Positionsdaten eines Tieres, die über einen Zeitraum von einer Stunde aufgezeichnet wurden.



**Abbildung 5:** Prinzip der Bildung von Tages- bzw. Stundenradien mit den zugehörigen Quartilen (q-25%, q-50%, q-75%)

**Beschreibung der überstrichenen Fläche durch Rasterung:** Um die überstrichenen Flächen abschätzen zu können, erfolgt eine Untergliederung der gesamten Weidefläche in quadratische Raster variabler Kantenlänge. Befindet sich innerhalb eines Rasterquadrats eine GPS-Position, so wird die Fläche dieses Rasters als überstrichene Fläche gewertet. Die Ermittlung der je Stunde bzw. Tag überstrichenen Fläche erfolgt durch Summation der überstrichenen Rasterflächen. Abbildung 6 veranschaulicht diesen Ansatz zur Ermittlung der überstrichenen Fläche (die gewählte Kantenlänge der Rasterquadrate beträgt im Beispiel 10 m).



**Abbildung 6:** Quadratische Rasterung der Weidefläche zur Ableitung der überstrichenen Fläche (Rasterung hier 10m x 10m)

**Kopfhaltung als Indikator für das Fressverhalten der Tiere:** Auf Grundlage der Kopfhaltung der Einzeltiere können Rückschlüsse auf das Fressverhalten gezogen werden. Ein gesenkter Kopf lässt Fressaktivität annehmen, ein erhobener Kopf kann unter Berücksichtigung der Bewegung als Wiederkäuen oder Ruhen interpretiert werden. Die Kopfhaltung lässt sich wie bereits in Abschnitt 3.3.2 erläutert, in Form einer dimensionslosen Zahl im Intervall von 0 (Kopf vollständig gesenkt) bis 255 (Kopf vollständig erhoben) ausdrücken. Das gesamte Intervall wird für die Untersuchungen in drei Bereiche untergliedert: „Kopf unten“, „Kopf indifferent“ und „Kopf oben“. Die Grenzen zwischen den einzelnen Bereichen lassen sich durch kritische Head-Up-Ratios definieren ( $hur_{krit\_u}$ ,  $hur_{krit\_o}$ ). In den Tools zur Bestimmung der Individualdistanz und bei der Abschätzung der überstrichenen Fläche mittels Rasterung erfolgt eine Analyse der Daten mit und ohne Berücksichtigung des Head-Up-Ratios.

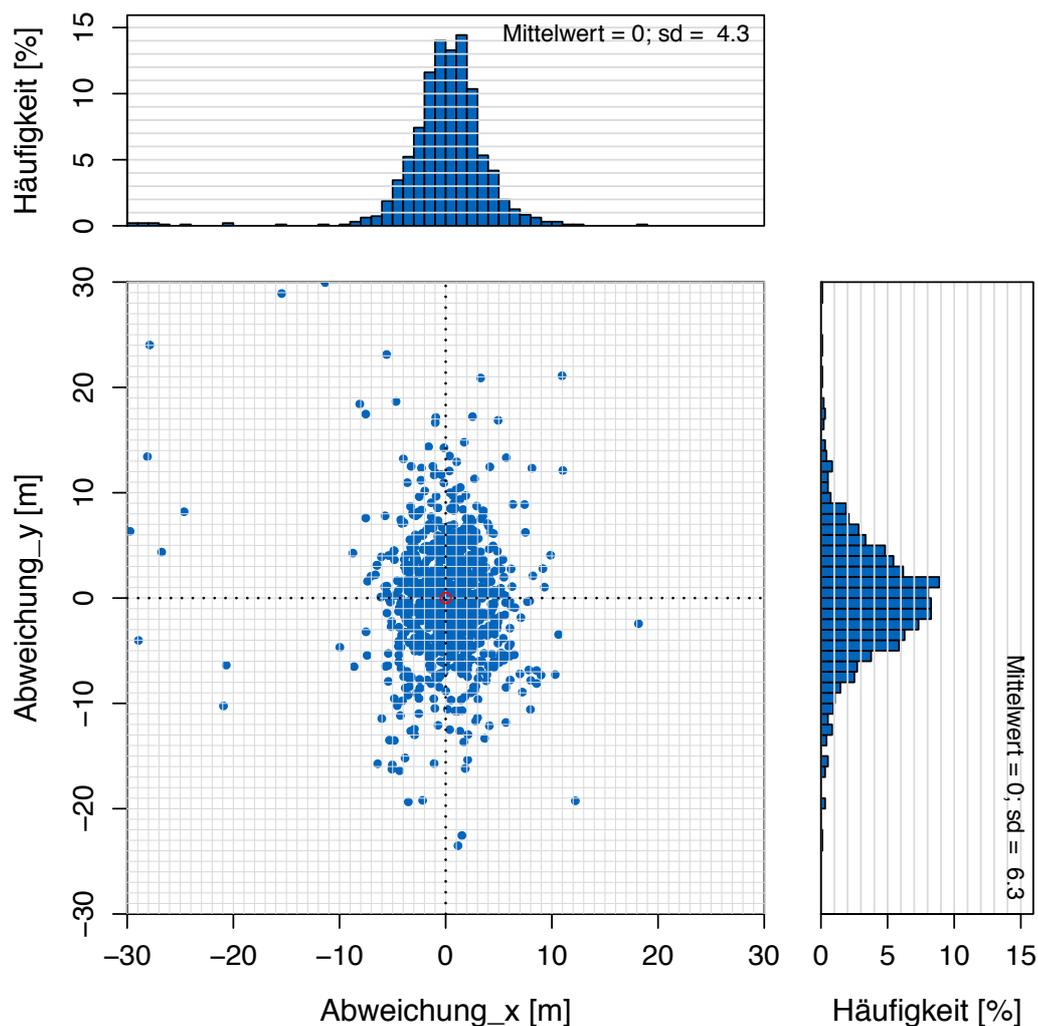
***Abschätzung der beweideten Fläche:*** Durch Kombination der Beschreibung der überstrichenen Fläche mit den Informationen zur Kopfhaltung der Tiere lässt sich die beweidete Fläche abschätzen. Um die Genauigkeit der Abschätzung der beweideten Fläche zu verbessern, wird zusätzlich eine Mindestanzahl an Positionsdaten innerhalb eines Rasterquadrats (ncaro) definiert, um dieses als „beweidet“ einzustufen. Ncaro kann dabei - ebenso wie die Kantenlänge der Rasterquadrate und die kritischen Head-Up-Ratios – in den Auswertungen beliebig variiert werden.

## 4 Ergebnisse

In den folgenden Abschnitten soll zunächst die statische Genauigkeit der Positionsermittlung via GPS und die Qualität der erhobenen Daten beschrieben werden. Nach einer exemplarischen Betrachtung der Individualdistanzen folgt dann eine Beschreibung der Tieraktivität mittels Tages- bzw. Stundenradien und der überstrichenen Fläche. Zusätzliche Grafiken zu den jeweiligen Ergebnissen finden sich im Anhang und auf beigefügter CD.

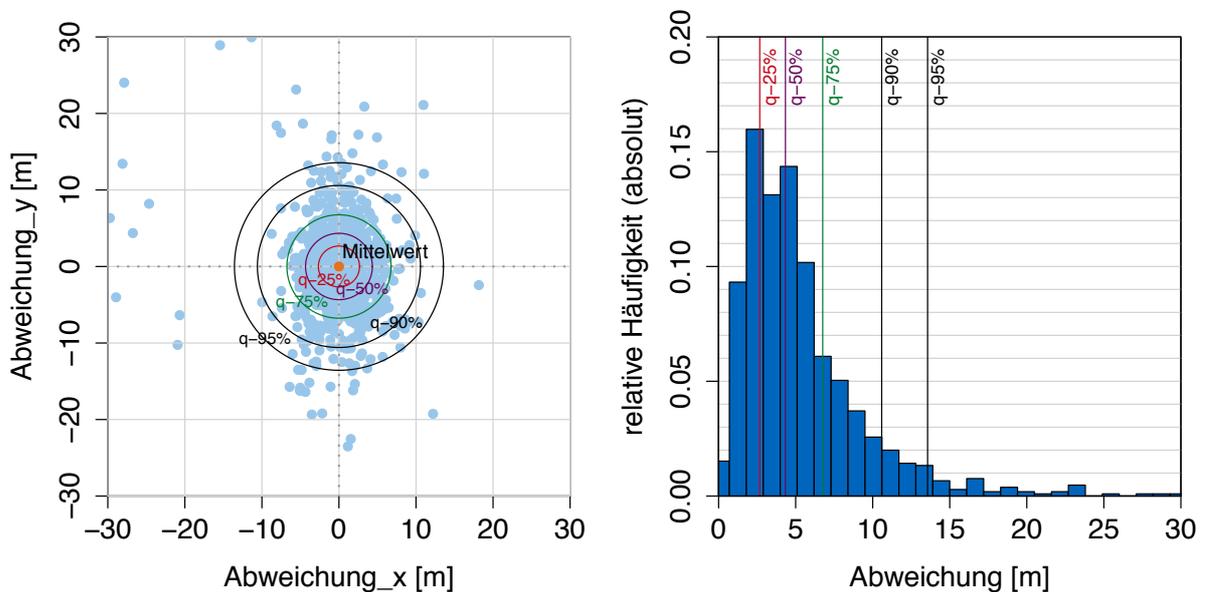
### 4.1 Statische Genauigkeit der Positionsermittlung

Unter statischen Bedingungen ergeben sich sowohl in x- als auch in y-Richtung Abweichungen vom jeweiligen Mittelwert aller Beobachtungen. Abbildung 7 zeigt die Streuung der über einen Zeitraum von 24 Stunden aufgezeichneten Positionsdaten unter statischen Bedingungen sowie die Histogramme der Abweichungen in x- und y-Richtung vom Mittelwert.



**Abbildung 7:** Streuung ermittelter Positionsdaten über einen Zeitraum von 24 Stunden und relative Häufigkeit der Abweichungen vom Gesamtmittelwert (n=956)

Bei Betrachtung der richtungsunabhängigen Gesamtabweichungen vom Gesamtmittel aller aufgezeichneten Positionen ergeben sich die in Abbildung 8 dargestellten relativen Häufigkeiten. Zusätzlich sind neben den Quartilen auch das 90%-Quantil und das 95%-Quantil eingetragen.



**Abbildung 8:** Histogramm der Gesamtabweichungen vom Gesamtmittel mit zugehörigen Quantilen

Tabelle 1 fasst die aus Abbildung 8 abgeleiteten Quantile der richtungsunabhängigen Gesamtabweichung zusammen.

**Tabelle 1:** Quantile der Abweichungen aufgezeichneter Positionsdaten zum Gesamtmittelwert aller Beobachtungen

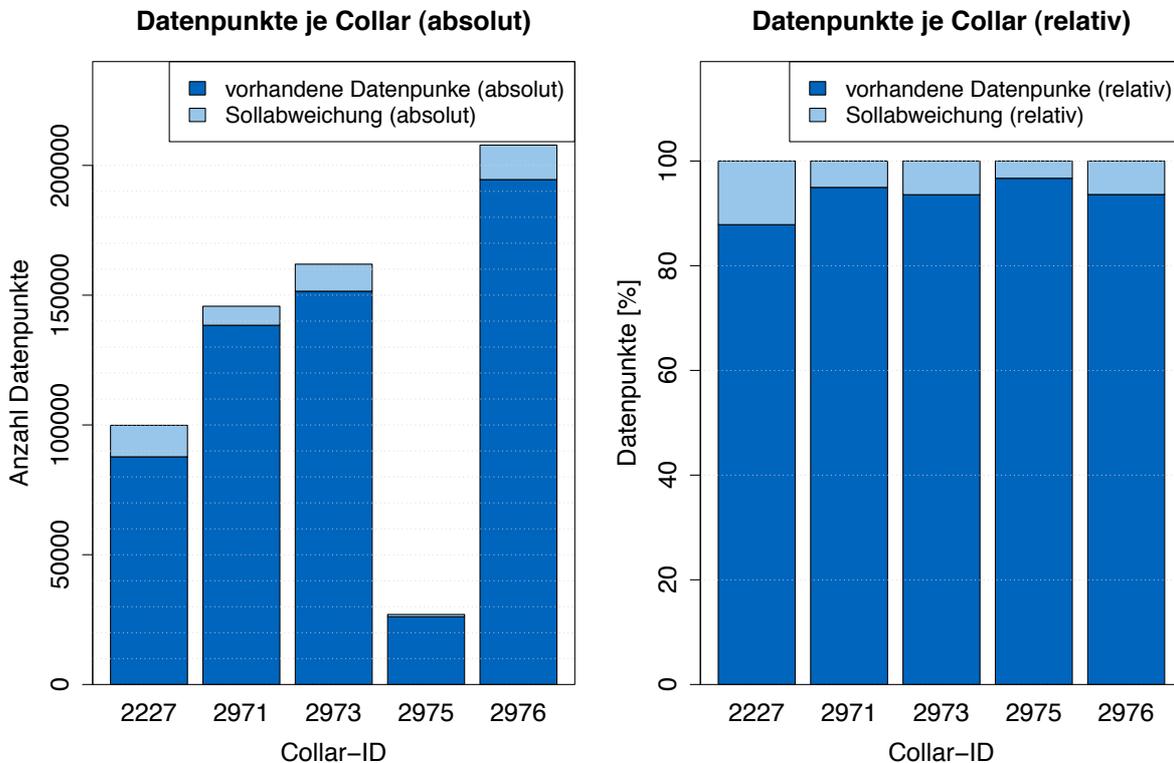
	Quantil				
	25 %	50 %	75 %	90 %	95 %
Abweichung vom Gesamtmittelwert [m]	2.7	4.3	6.8	10.6	13.6

Weitere Angaben über den zeitlichen Verlauf der Abweichungen vom Gesamtmittelwert finden sich im Anhang (Abb. A2 und Abb. A3).

## 4.2 Qualität erhobener Daten

Während des jeweiligen Beobachtungszeitraums ergaben sich bezüglich der Anzahl theoretisch möglicher Positionsdaten und tatsächlich aufgezeichneter Positionsdaten Unterschiede zwischen den verwendeten GPS-Collars. Ursachen hierfür könnten unterschiedliche GPS-Empfangsqualitäten sein. Abbildung 9 zeigt neben den tatsächlich erhobenen Datenpunkten auch die jeweiligen Sollabweichungen. Diese ergeben sich aus dem Tagessoll von 2699

Datenpunkten pro Tag und der Einsatzdauer der GPS-Collars. Um eine bessere Vergleichbarkeit der einzelnen GPS-Collars zu erzielen, werden die Werte auf das jeweilige Gesamtsoll standardisiert.



**Abbildung 9:** Anzahl aufgezeichneter Positionsdatenpunkte je GPS-Collar und Abweichung vom jeweiligen Sollwert in absoluter (links) und relativer Betrachtung (rechts)

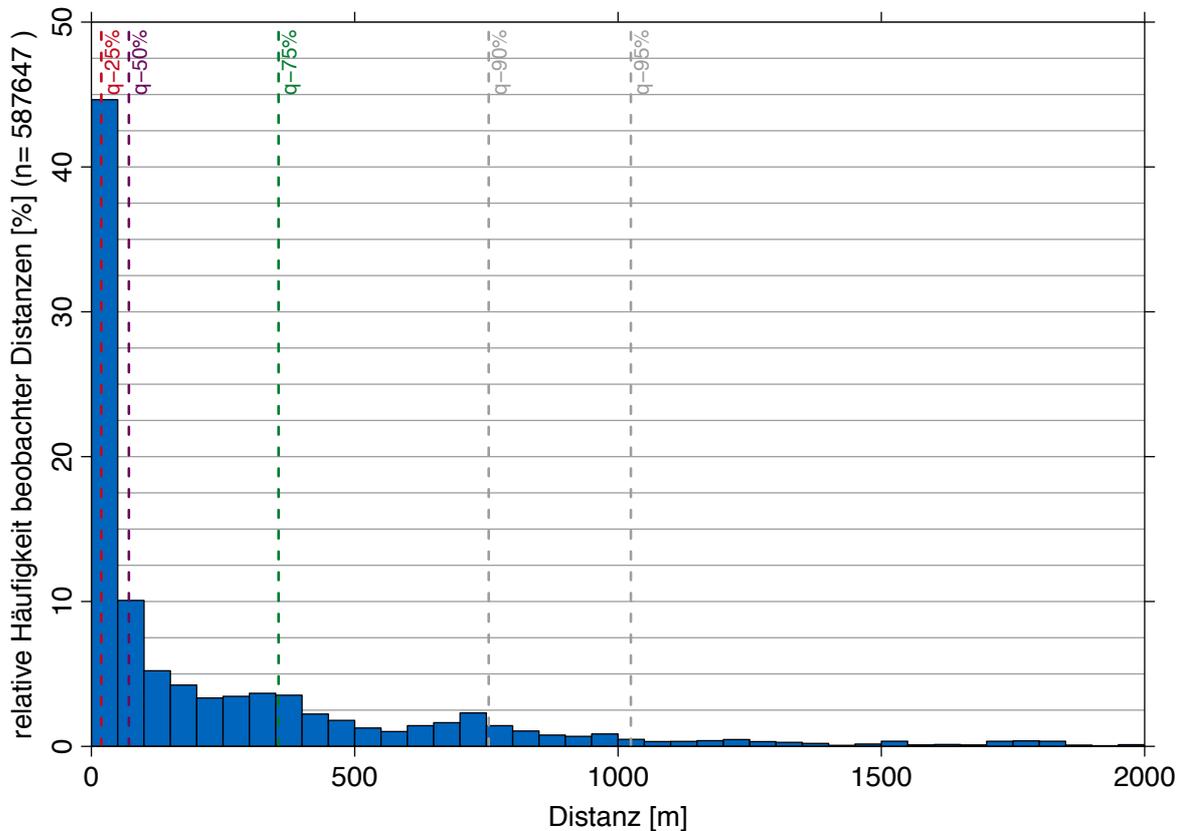
Auch hierzu finden sich Darstellungen zum zeitlichen Verlaufs der je Collar verfügbaren Datenpunkte im Anhang (Abb. A4). Die Abbildungen A5 bis A12 zeigen zudem den zeitlichen Verlauf der Verfügbarkeit von Positionsdaten aller beobachteten Tiere.

### 4.3 Individualdistanzen der beobachteten Tiere

Während der Weideperiode 2007 konnten zwischen den Tieren unterschiedliche Distanzen ermittelt werden. Abbildung 10 zeigt ein Histogramm der während der gesamten Weideperiode aufgezeichneten Individualdistanzen aller erhobenen Tier-Tier-Kombinationen. Darüber hinaus sind auch die Quartile sowie die beiden Quantile 90 % und 95 % dargestellt.

Danach befinden sich etwa Hälfte aller errechneten Tier-Tier-Distanzen innerhalb einer Distanz von 71 m und 75 % aller Tier-Tier-Distanzen betragen weniger als 355 m

Einen genaueren Überblick über die in Abbildung 10 dargestellten Quantile gibt Tabelle 2.

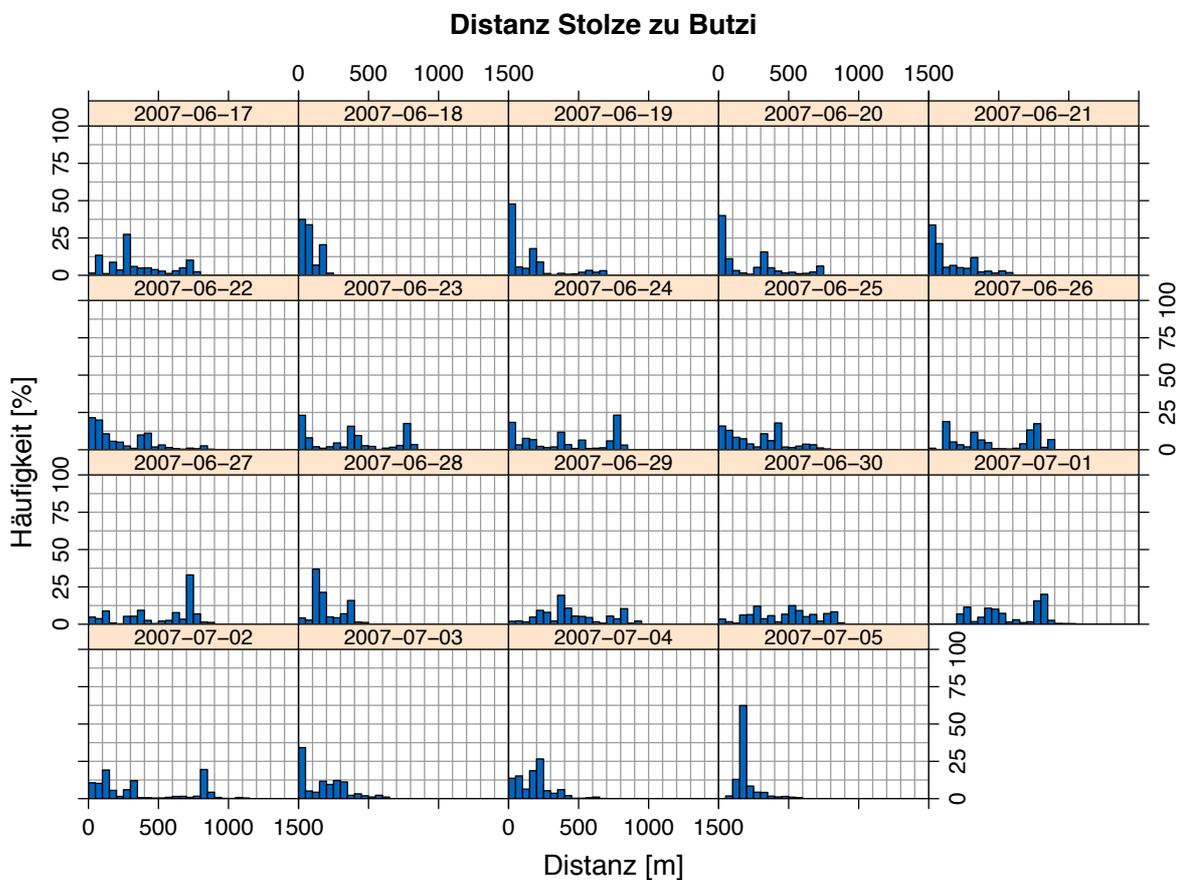
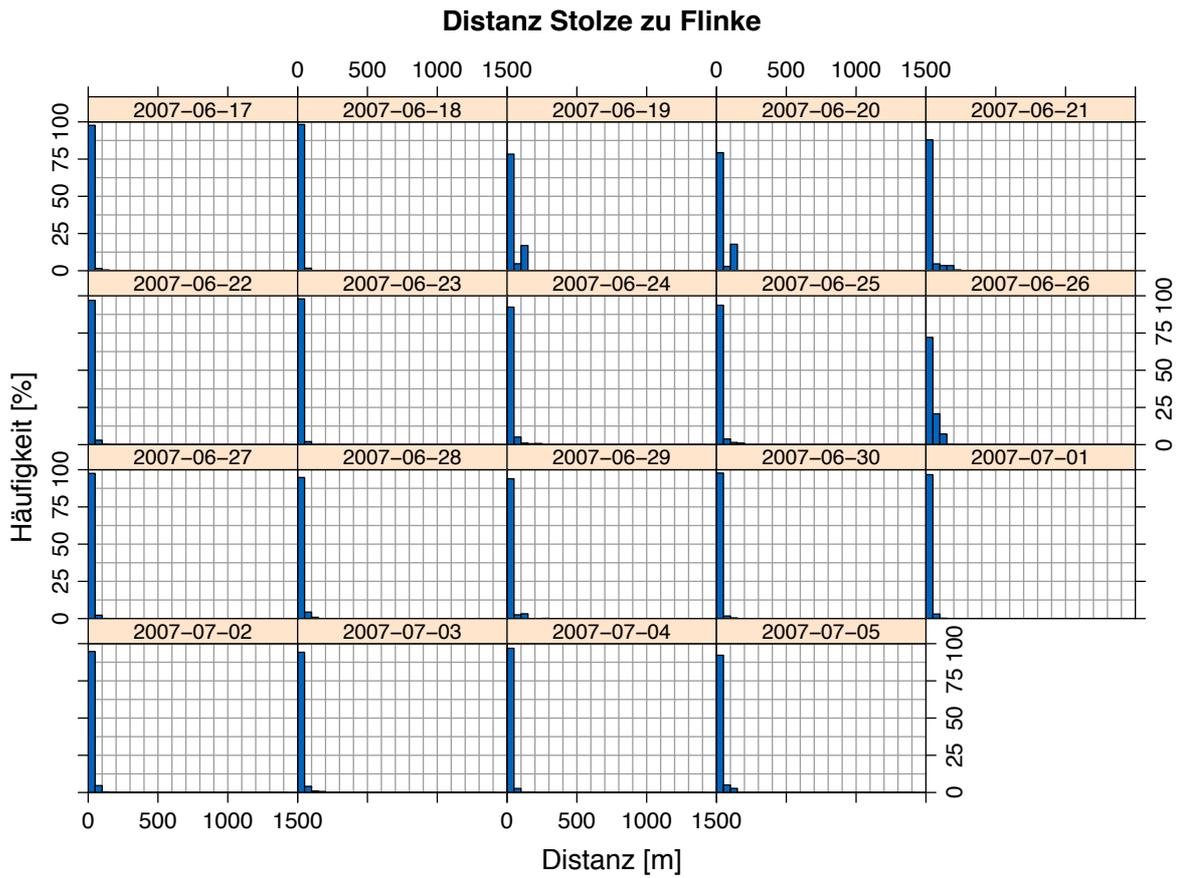


**Abbildung 10:** Während der Alperiode 2007 ermittelte Individualdistanzen aller beobachteten Tiere mit zugehörigen Quantilen (q-25%, q-50%, q-75%, q-90% und q-95%)

**Tabelle 2:** Quantile beobachteter Individualdistanzen aller beobachteten Tier-Tier-Kombinationen während der gesamten Weideperiode 2007

	Quantil				
	25 %	50 %	75 %	90 %	95 %
Beobachtete Distanz [m]	18.8	71.2	355.4	754.5	1024.4

In Abhängigkeit der Tier-Tier-Kombination ergeben sich deutliche Unterschiede sowohl im zeitlichen Verlauf als auch bei der relativen Häufigkeit der betrachteten Individualdistanzen. Die Histogramme in Abbildung 11 zeigen dies am Beispiel der Distanzen „Stolze zu Flinke“ und „Stolze zu Butzi“. Während die Distanzen von „Stolze zu Flinke“ über den gesamten Beobachtungszeitraum hinweg maximal 150 m betragen und sich deutlich mehr als 80 % der beobachteten Distanzen in einer Entfernung von 50 m bewegen, lassen sich bei den Distanzen von „Stolze zu Butzi“ keine derartigen Häufigkeitsverteilungen beobachteter Distanzen feststellen.



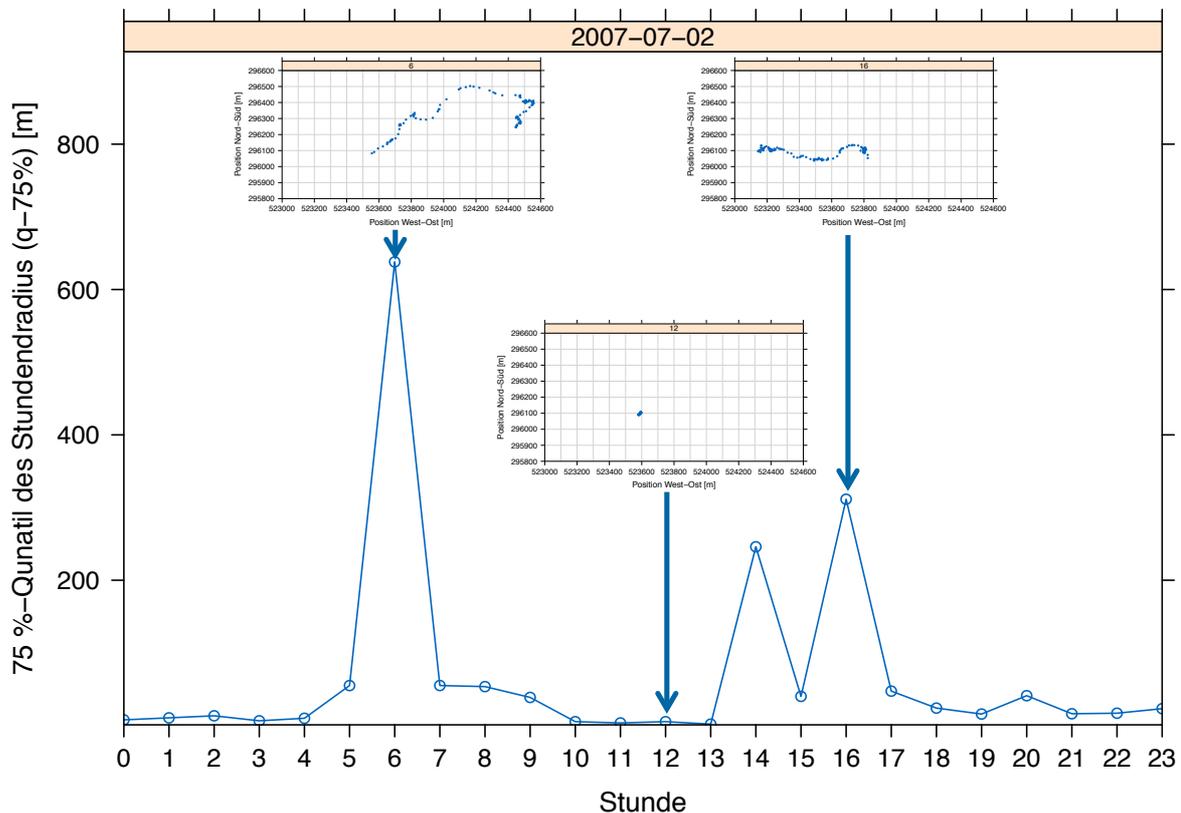
**Abbildung 11:** Histogramme der Individualdistanzen „Stolze - Butzi“ (oben) und „Stolze zu Flinke“ (unten) im Beobachtungszeitraum von 17.06. bis 05.07.2007

#### 4.4 Parameter zur Beschreibung der Tieraktivität

In den folgenden beiden Abschnitten werden zunächst die Ergebnisse der Bildung von Stunden- bzw. Tagesradien als Indikator zur Beschreibung vorgestellt. Im Anschluss erfolgt eine Betrachtung der Flächenmessung über Rasterung.

##### 4.4.1 Tages- und Stundenradien als Indikator der Tieraktivität

Als Indikator zur Beschreibung der Tieraktivität erfolgt die Bildung von Quantilen beobachteter Tages- bzw. Stundenradien. Abbildung 12 verdeutlicht die Zusammenhänge von Bewegungsmustern aufgezeichneter Positionsdaten und den errechneten Stundenradien der Tieraktivität am Beispiel einer Beobachtung des Tier „Butzi“ am 02. Juli 2007. Das 75%-Quantil der Stundenradien zeigt als Indikator für linear gerichtete Bewegungsmuster vier deutliche Peaks an.

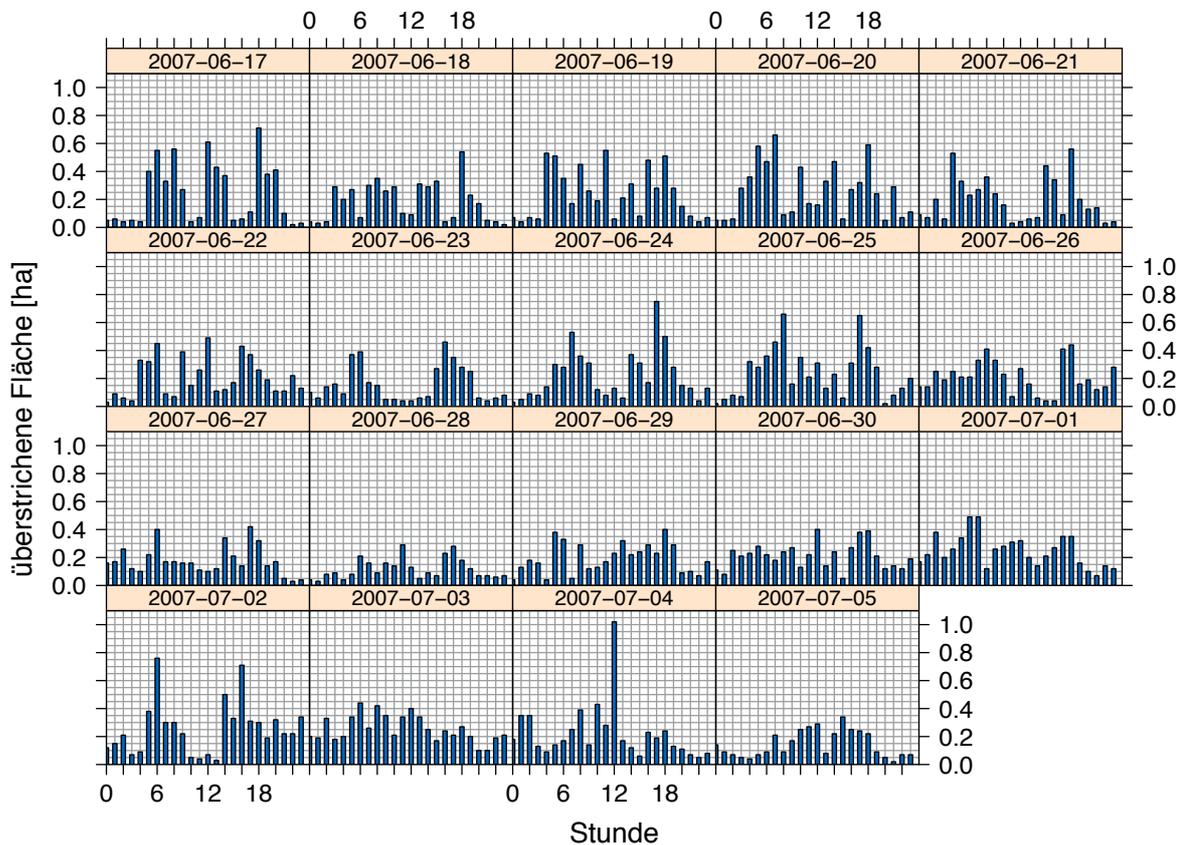


**Abbildung 12:** Zusammenhänge von Stundenradien und Bewegungsmustern am Beispiel des Tiers „Butzi“ am 02.07.2007

##### 4.4.2 Abschätzung der überstrichenen Fläche durch Rasterung

Um Rückschlüsse auf die je Stunde bzw. Tag überstrichenen Flächen ziehen zu können, erfolgt eine Rasterung der gesamten Weidefläche in Quadrate definierbarer Kantenlänge.

Abbildung 13 zeigt den zeitlichen Verlauf der stündlich überstrichenen Fläche am Beispiel des Tiers „Butzi“. Die Kantenlänge der Rasterung beträgt dabei 10 m. Wird der Tagesablauf betrachtet, so lässt sich eine gewisse Tagesrhythmik mit etwa drei bis vier Maxima der während einer Stunde überstrichenen Fläche feststellen. Diese befinden sich in den Morgen-, Mittags- und Abendstunden.

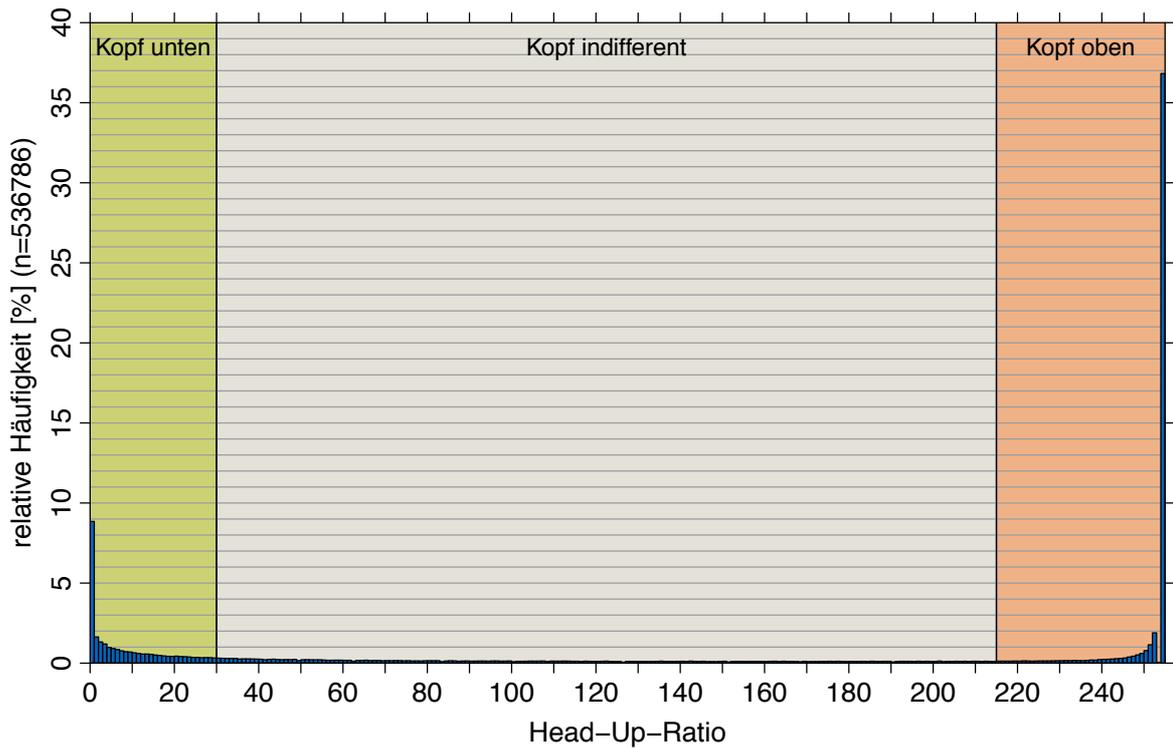


**Abbildung 13:** Zeitlicher Verlauf überstrichener Fläche am Beispiel „Butzi“ im Zeitraum von 17.06. bis 05.2007. (Kantenlänge der Rasterung: 10 m)

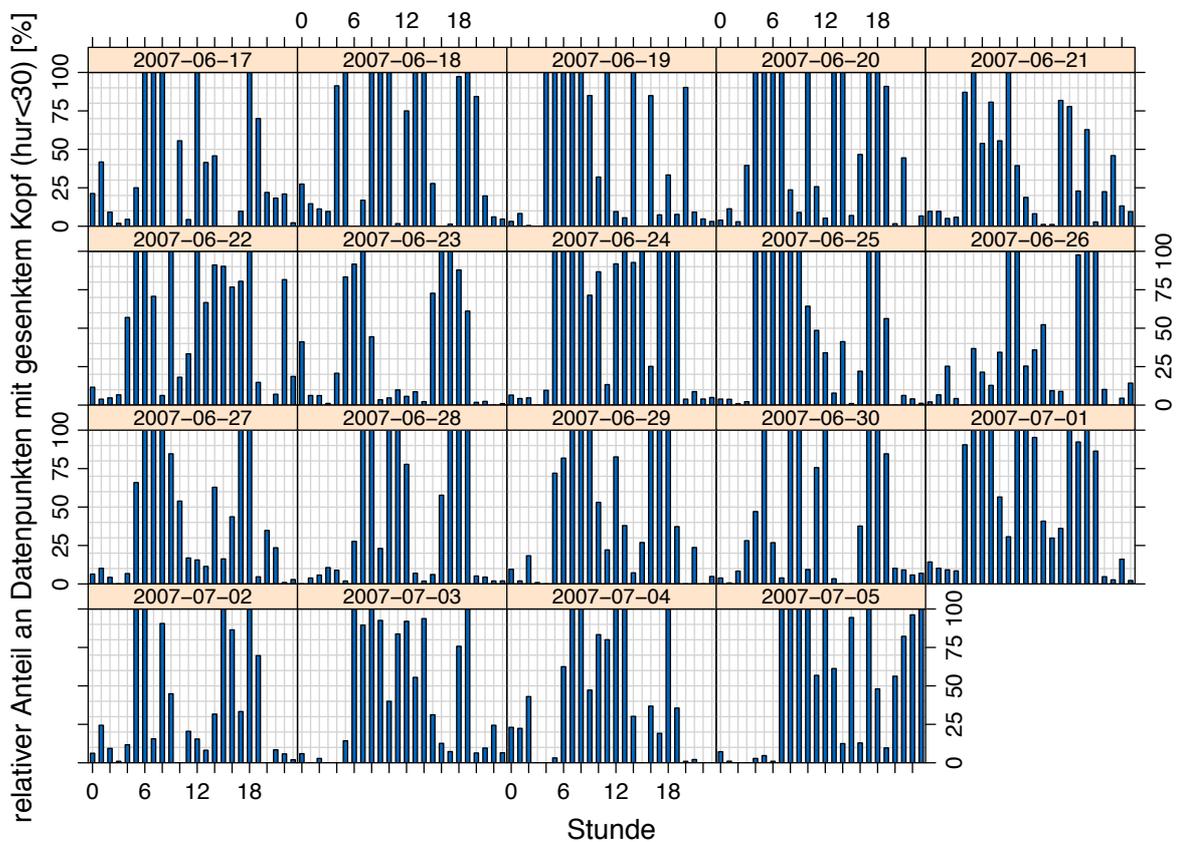
#### 4.4.3 Beschreibung des Fressverhaltens anhand des Head-Up-Ratios

In den erstellten Analysesoftware-Tools wurden bezüglich der Kopfhaltung drei Bereiche differenziert: „Kopf unten“, „Kopf oben“ und „Kopf indifferent“. Die Abgrenzung der Bereiche geschah durch Definition von Grenzwerten ( $hur\_krit\_u$  und  $hur\_krit\_o$ ). Abbildung 14 zeigt die Einteilung dieser Bereiche in einem Histogramm aller während der Weideperiode 2007 ermittelten Head-Up-Ratios. Die Grenzwerte wurden dabei beispielhaft auf 30 ( $hur\_krit\_u$ ) bzw. 215 ( $hur\_krit\_o$ ) festgelegt.

Abbildung 15 zeigt den zeitlichen Verlauf der relativen Häufigkeiten von Datenpunkten mit gesenktem Kopf (hier  $< 30$ ). Dabei zeigen sich längere Zeitphasen, welche die Tiere mit gesenktem Kopf (fressend) verbringen.



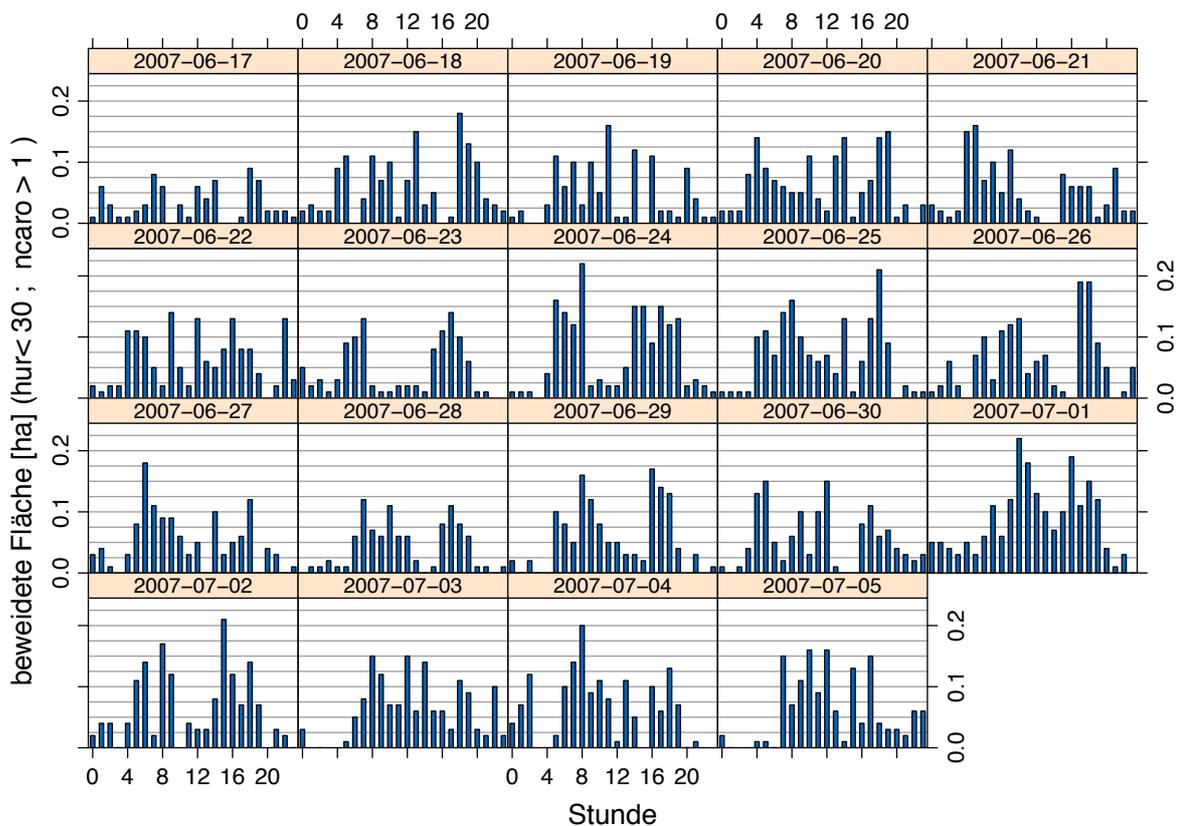
**Abbildung 14:** Histogramm aller während der Alperperiode 2007 ermittelten Head-Up-Ratios und beispielhafte Einteilung der Kopfhaltung in die Bereiche „unten“ ( $hur < 30$ ), „oben“ ( $hur > 215$ ) und „indifferent“



**Abbildung 15:** Relativer Anteil innerhalb von Stundenintervallen erhobener Datenpunkte mit einem Head-Up-Ratio von kleiner als 30 im Zeitraum von 17.6. bis 5.7.



Modul entwickelt, welches es erlaubt die beweidete Fläche in höherer zeitlicher Auflösung zu schätzen. Abbildung 17 zeigt die Ergebnisse für die von „Butzi“ im Zeitraum von 17. Juni. bis 05. Juli 2007 beweideten Fläche. Bei zeitlicher Betrachtung lassen sich über den Tag hinweg etwa zwei bis vier Zeitphasen erkennen, in denen größere Flächen beweidet werden. In weiterführenden Arbeiten lassen sich so durch die deutlich höhere zeitliche Auflösung die beweideten Flächen beispielsweise vor dem Hintergrund von Witterungsdaten interpretieren und diskutieren.



**Abbildung 17:** Zeitlicher Verlauf der von Butzi im Zeitraum von 17.06. bis 05.07. 2007 beweideten Fläche (Rasterung: 10 m x 10 m)

## **5 Diskussion und Folgerungen**

### **5.1 Genauigkeit der Positionsermittlung**

Die verwendeten GPS-Collars lieferten im Vorversuch unter statischen Bedingungen eine hohe Genauigkeit. So befinden sich wie in Abschnitt 4.1 dargestellt 75 % der ermittelten Positionsdaten im Umkreis von etwa 6.8 m vom Gesamtmittelpunkt entfernt. 90 % der aufgezeichneten Positionsdaten befinden sich im Radius von 10 m um den Gesamtmittelpunkt. In den Vorversuchen scheint die Streuung in y-Richtung größer als die Streuung in x-Richtung zu sein. Dies dürfte vor allem auf Abschattungs- und Multipath-Effekte zurückzuführen sein. Darauf deutet auch die zeitliche Betrachtung der Abweichungen in beide Richtungen (siehe Abbildung A 2) hin. Um genauere Aussagen zur dynamischen Genauigkeit und damit auch zur Genauigkeit der Positionsermittlung unter „Almbedingungen“ treffen zu können, sollten deshalb an „Almbedingungen“ angelegte Versuche zur Bestimmung der dynamischen Genauigkeit durchgeführt werden. Diese Versuche sollten die Bewegungsgeschwindigkeiten der Tiere sowie auch Stand- und Liegezeiten berücksichtigen.

### **5.2 Bewertung der Datenqualität**

Die relative Abweichung der Anzahl erfasster Datenpunkte von der theoretisch erwarteten Menge an Datenpunkten liegt bei vier der fünf verwendeten GPS-Collars deutlich unterhalb von 10 %. Einer der eingesetzten GPS-Collars zeichnete nur etwa 88 % der erwarteten Datenpunkte auf.

### **5.3 Ermittlung der Individualdistanzen**

Die Distanzen der beobachteten Tiere lassen sich sehr genau aus den aufgezeichneten Positionsdaten errechnen. Die Genauigkeit der Distanzmessung wird zwar von der Präzision der Positionsermittlung beeinträchtigt, jedoch scheinen diese Ungenauigkeiten vor dem Ziel einer Abschätzung der Individualdistanzen vernachlässigbar. Auf Grundlage der Individualdistanzen lassen sich Folgerungen des Verhaltens von Einzeltieren gegenüber anderen Tieren ableiten. So entfernen sich einige Tiere während des gesamten Beobachtungszeitraums über mehrere Tage hinweg kaum voneinander, die Individualdistanzen anderer Tiere wiederum hingegen scheinen beliebig zu sein.

Diese Kenntnis lässt mögliche Rückschlüsse auf die Bildung von Untergruppen zu. Um jedoch genauere und auch allgemeinere Aussagen zu Individualdistanzen und der Bildung von Untergruppen treffen zu können ist es sinnvoll, die Stichprobe der gleichzeitig beobachteten Tiere auszuweiten und daher mehrere GPS-Collars einzusetzen. In den 2007 durchgeführten Versuchen wurden die Positionsdaten von maximal drei Tieren gleichzeitig aufgezeichnet.

#### **5.4 Tages- und Stundenradien als Indikator der Tieraktivität**

Anhand der Parameter Tages- und Stundenradien lassen sich linear gerichtete Bewegungsmuster erkennen. Beide Parameter sind jedoch als Indikator zu sehen, Aussagen über die Größe der beweideten bzw. überstrichenen Fläche können anhand dieser Indikatoren nur schwer abgeleitet werden, weshalb deren Ableitung eher in Frage zu stellen ist.

#### **5.5 Abschätzung der überstrichenen Fläche durch Rasterung**

Die gewählte Methode zur Abschätzung der überstrichenen Fläche durch Rasterung der Fläche bieten eine gute Möglichkeit, auf Basis aufgezeichneter Positionspunkte auf die überstrichene Fläche zu schließen. Die überstrichene Fläche lässt sich als Vielfaches der gewählten Rastergröße beschreiben. Dies führt zu einer diskontinuierlichen Einschätzung der von den Tieren überquerten Fläche. Bei der Wahl der Rasterweite gilt es zu berücksichtigen, dass durch unangepasste Rasterung zu einer „verzerrten“ Einschätzung der beweideten bzw. überstrichenen Fläche kommen kann. Daher gilt es, eine „optimale“ Rasterweite zu finden, welche die überstrichene bzw. beweidete Fläche bestmöglich beschreibt.

#### **5.6 Head-Up-Ratio als Kenngröße des Fressverhaltens**

Das Head-Up-Ratio ist eine wichtige Kenngröße zur Beschreibung der Kopfhaltung und damit des Fressverhaltens. Um jedoch präzise Informationen ableiten zu können gilt es, exakte Grenzwerte für die relevanten Positionen „Kopf unten“ und „Kopf“ oben zu definieren.

In der vorliegenden Untersuchungen wird als kritisches Head-Up-Ratio von kleiner als 30 als „Kopf gesenkt“ bzw. ein Head-Up-Ratio von größer 215 als „Kopf erhoben“ angenommen. Dazwischen befindet sich ein Bereich („Kopf indifferent“), in dem sich etwa 26 % aller während der Weideperiode 2007 beobachteten ca.

537 000 Head-Up-Ratios befinden. Im Rahmen weiterführender Arbeiten sollten beispielsweise anhand von Tierbeobachtungen genaue Grenzwerte bzw. kritische Head-Up-Ratios für die drei beschriebenen Kopfhaltungen gefunden werden.

## Anhang

### Übersicht

<b>1</b>	<b>Übersicht vorliegender Programmabläufe und Ergebnisse .....</b>	<b>XXX</b>
<b>2</b>	<b>Genauigkeit der Positionsermittlung via GPS .....</b>	<b>XXXI</b>
<b>3</b>	<b>Bewertung der Datenqualität verwendeter GPS-Collars .....</b>	<b>XXXII</b>
<b>4</b>	<b>Verfügbare Positionsdaten beobachteter Tiere .....</b>	<b>XXXIII</b>

### Abbildungen

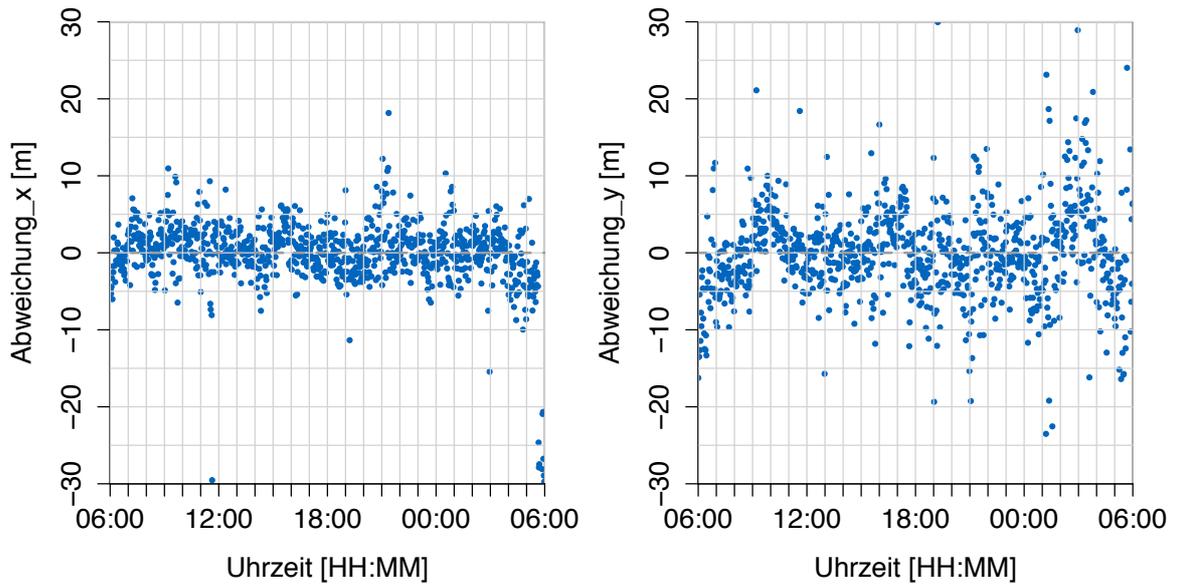
A 1	Übersicht erstellter Tools mit deren Eingangsgrößen und Ergebnissen .....	XXX
A 2:	Zeitlicher Verlauf der Abweichungen in x- und y-Richtung vom jeweiligen Mittelwert über einen Zeitraum von 24 Stunden unter statischen Bedingungen .....	XXXI
A 3:	Abweichungen aufgezeichneter Positionsdaten vom Gesamtmittelwert über einen Zeitraum von 24 Stunden unter statischen Bedingungen .....	XXXI
A 4:	Relativer Anteil verfügbarer Positionsdaten (2699 Positionspunkte $d^{-1} \triangleq 100\%$ ) .....	XXXII
A 5	Relativer Anteil vorhandener und fehlender Datenpunkte „Berta“ (2699 Positionspunkte $d^{-1} \triangleq 100\%$ ) .....	XXXIII
A 6	Relativer Anteil vorhandener und fehlender Datenpunkte „Burli“ (2699 Positionspunkte $d^{-1} \triangleq 100\%$ ) .....	XXXIII
A 7	Relativer Anteil vorhandener und fehlender Datenpunkte „Butzi“ (2699 Positionspunkte $d^{-1} \triangleq 100\%$ ) .....	XXXIV
A 8	Relativer Anteil vorhandener und fehlender Datenpunkte „Flinke“ (2699 Positionspunkte $d^{-1} \triangleq 100\%$ ) .....	XXXIV
A 9	Relativer Anteil vorhandener und fehlender Datenpunkte „Monky“ (2699 Positionspunkte $d^{-1} \triangleq 100\%$ ) .....	XXXV
A 10	Relativer Anteil vorhandener und fehlender Datenpunkte „Murli“ (2699 Positionspunkte $d^{-1} \triangleq 100\%$ ) .....	XXXV
A 11	Relativer Anteil vorhandener und fehlender Datenpunkte „Simmerl“ (2699 Positionspunkte $d^{-1} \triangleq 100\%$ ) .....	XXXVI
A 12	Relativer Anteil vorhandener und fehlender Datenpunkte „Stolze“ (2699 Positionspunkte $d^{-1} \triangleq 100\%$ ) .....	XXXVI

## 1 Übersicht vorliegender Programmabläufe und Ergebnisse

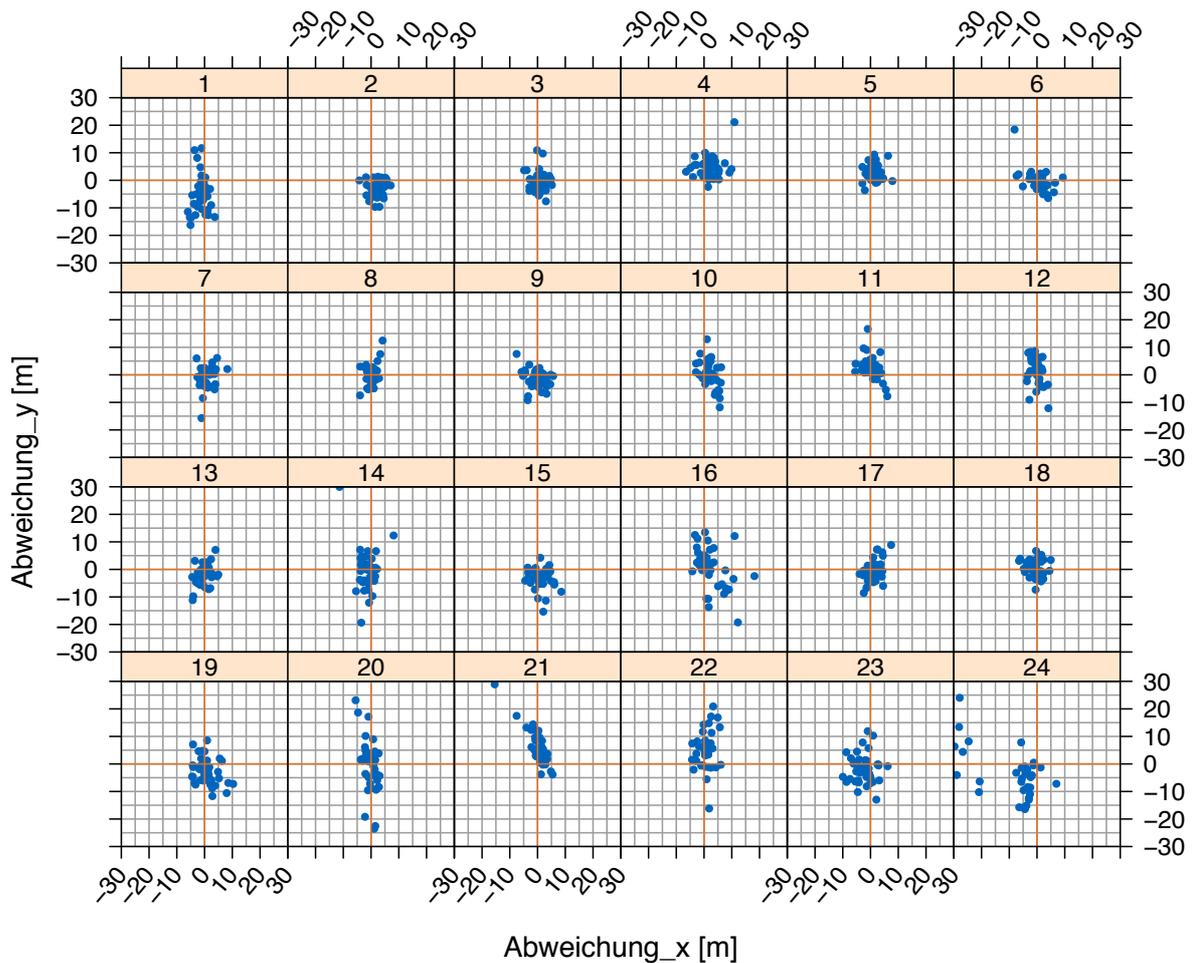
Programmablauf	Eingangsgrößen (variabel)	Ergebnisse
<b>Tool zur Bewertung der GPS-Collars</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Datentabellen zur Anzahl verfügbarer Positionsdatenpunkte je Collar und Tag</li> <li>Diagramme zur Anzahl verfügbarer Positionsdatenpunkte je Collar und Tag</li> </ul>
<b>Tool zur Bewertung der Datenqualität</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Name Tier</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Datentabellen zur Anzahl verfügbarer Positionsdatenpunkte je Tier und Tag</li> <li>Diagrammen zur Anzahl verfügbarer Positionsdatenpunkte je Tier und Tag</li> </ul>
<b>Tool zur Bestimmung der statischen GPS-Genauigkeit</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Histogramme zur Abweichung in x- und y-Richtung vom Mittelwert aufgezeichneter Positionsdatenpunkte mit zugehörigen Quantilen</li> <li>Histogramme zur Gesamtabweichung vom Mittelwert aufgezeichneter Positionsdatenpunkte mit zugehörigen Quantilen</li> </ul>
<b>Tool zur Bestimmung der Individualdistanzen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Namen zweier Tiere</li> <li>Kritische Head-Up-Ratios (hur_krit_u, hur_krit_o)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Datentabelle aller beobachteten Tier-Tier-Distanzen</li> <li>Datentabellen der auf Stunden- bzw. Tagesbasis aggregierten Lagemaße (Minimum, Mittelwert, Maximum, Quartile) beobachteter Distanzen mit und ohne Berücksichtigung der Kopfhaltung</li> <li>Grafiken zum zeitlichen Verlauf des auf Stundenebene aggregierten 75 %-Quartils beobachteter Distanzen</li> <li>Histogramm aller beobachteten Tier-Tier-Distanzen</li> <li>Histogramm der innerhalb von Tagesintervallen beobachteten Individualdistanzen</li> <li>Diagramm des zeitlichen Verlaufs von Tier-Tier-Distanzen und Witterung</li> </ul>
<b>Tool zur Abschätzung des je Stunde bzw. Tag überstrichenen Radius</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Name Tier</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Datentabellen der Quantilsradien überstrichener Flächen auf Tages- und Stundenebene</li> </ul>
<b>Tool zur Abschätzung der überstrichenen Fläche je Tier und Stunde bzw. Tag</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Name Tier</li> <li>Kantenlänge der Rasterung</li> <li>Kritische Head-Up-Ratios (hur_krit_u, hur_krit_o)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Datentabellen zur je Stunde bzw. Tag überstrichenen Fläche mit den relativen Häufigkeiten verschiedener Kopfhaltungen</li> <li>Datentabellen zur je Stunde bzw. Tag überstrichenen Fläche in Abhängigkeit der Kopfhaltung</li> <li>Diagramme zu überstrichenen Flächen in Abhängigkeit von Tag bzw. Tag und Stunde</li> <li>Diagramme zu relativen Anteilen an Datenpunkten mit gesenktem Kopf je Tag und Stunde</li> <li>Veranschaulichung von Rasterung und aufgezeichneten Datenpunkten</li> </ul>
<b>Tool zur Abschätzung der beweideten Fläche</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Name Tier</li> <li>Kantenlänge der Rasterung</li> <li>Kritische Head-Up-Ratios (hur_krit_u, hur_krit_o)</li> <li>Mindestanzahl an Positionsdatenpunkten innerhalb eines Rasterquadrats (ncaro)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Datentabellen zur je Stunde bzw. Tag beweideten Fläche</li> <li>Diagramme zur beweideten Flächen in Abhängigkeit von Tag bzw. Tag und Stunde</li> </ul>

**Abbildung A 1:** Übersicht erstellter Tools mit deren Eingangsgrößen und Ergebnissen

## 2 Genauigkeit der Positionsermittlung via GPS

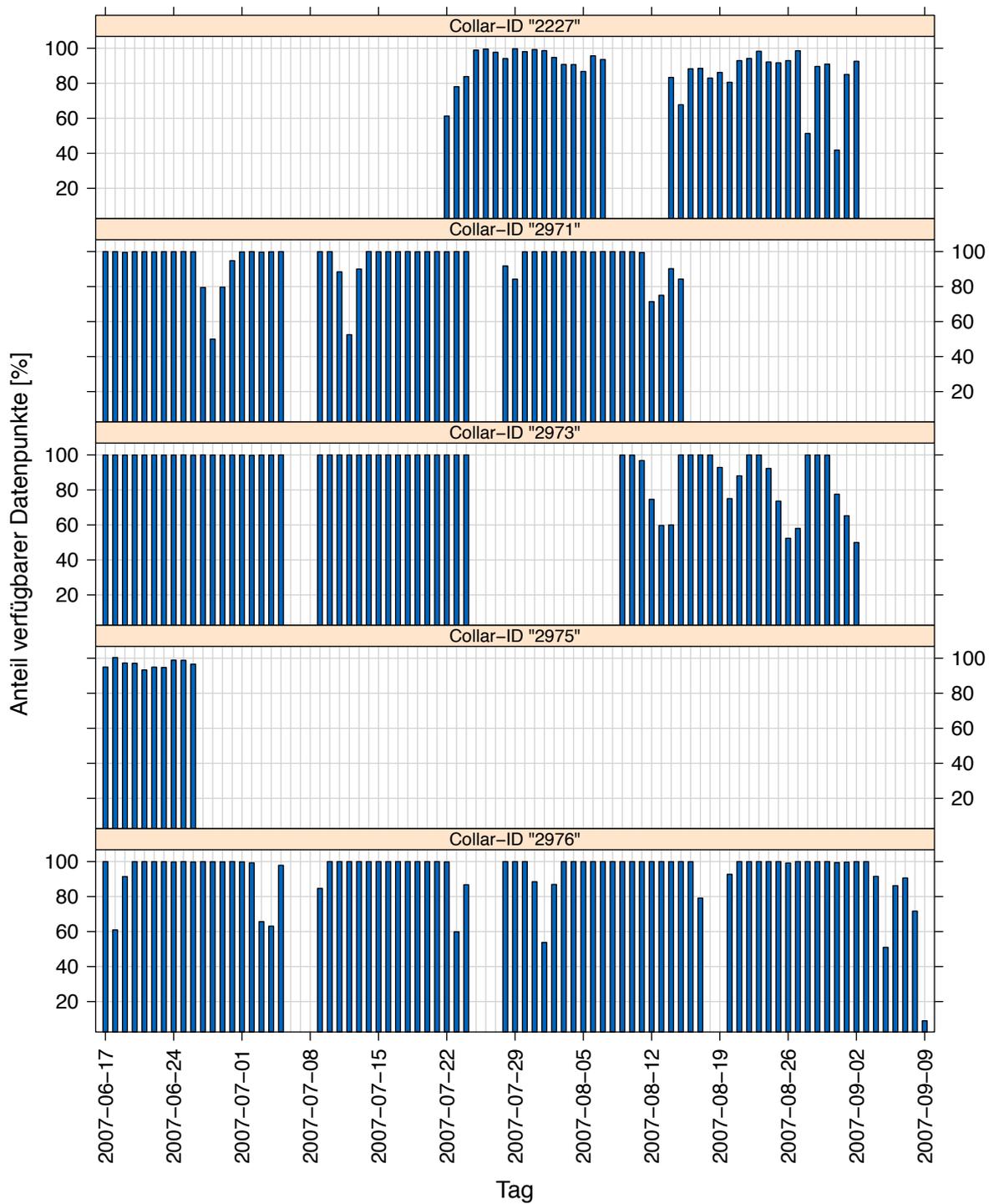


**Abbildung A 2:** Zeitlicher Verlauf der Abweichungen in x- und y-Richtung vom jeweiligen Mittelwert über einen Zeitraum von 24 Stunden unter statischen Bedingungen



**Abbildung A 3:** Abweichungen aufgezeichneter Positionsdaten vom Gesamtmittelwert über einen Zeitraum von 24 Stunden unter statischen Bedingungen

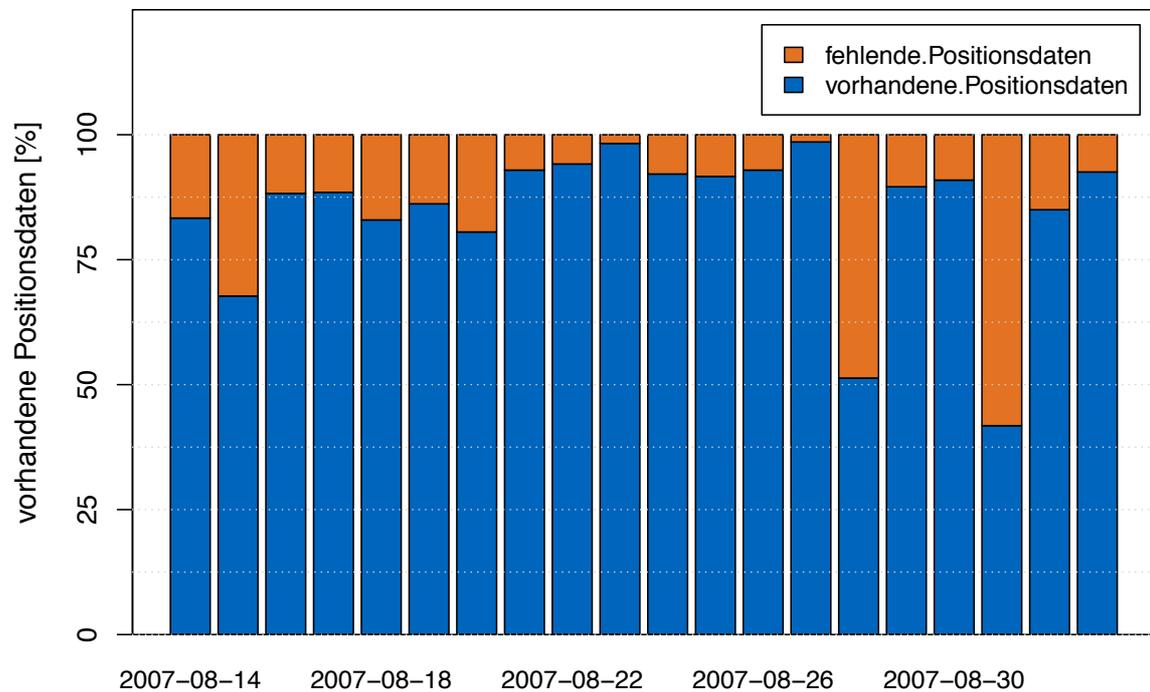
### 3 Bewertung der Datenqualität verwendeter GPS-Collars



**Abbildung A 4:** Relativer Anteil verfügbarer Positionspunkte (2699 Positionspunkte  $d^{-1} \hat{=} 100 \%$ )

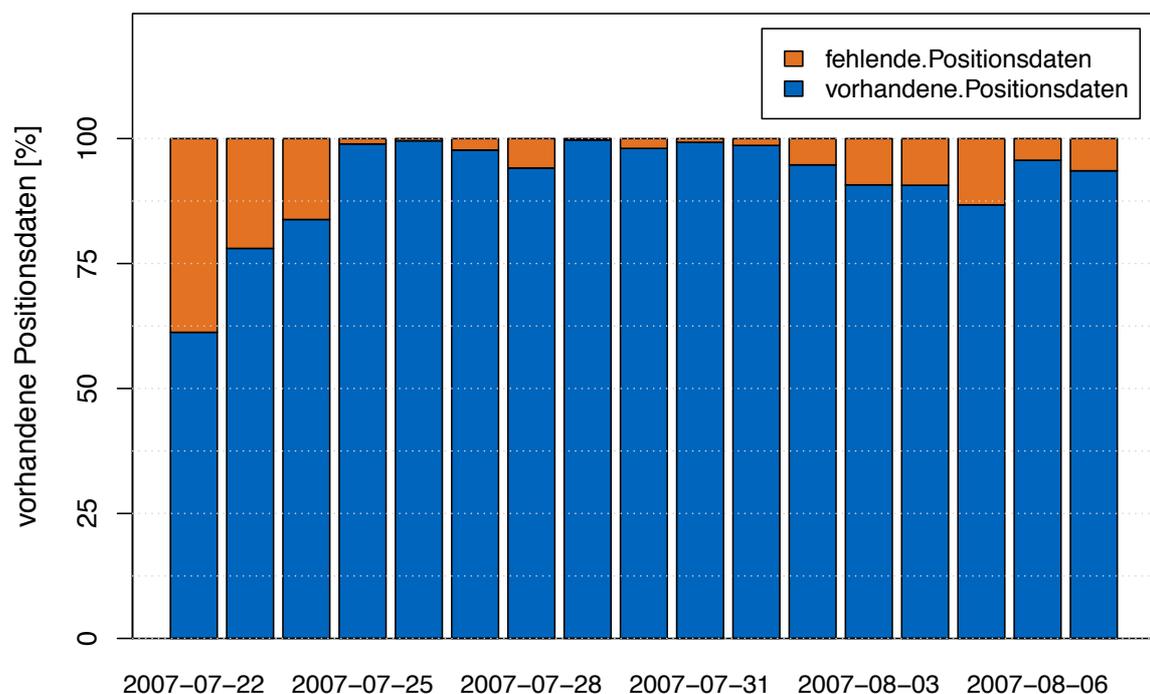
#### 4 Verfügbare Positionsdaten beobachteter Tiere

##### Verfügbare und fehlende Positionsdaten 'Berta' (relativ)



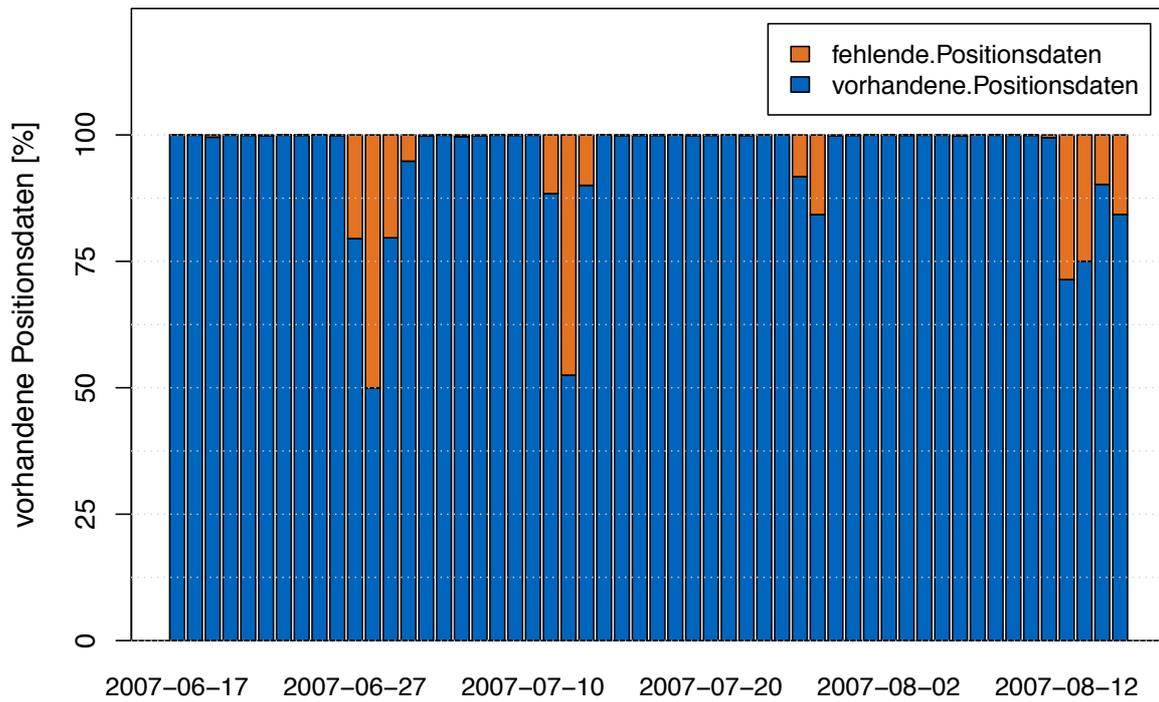
**Abbildung A 5:** Relativer Anteil vorhandener und fehlender Positionsdaten „Berta“ (2699 Positionsdatenpunkte  $d^{-1} \triangleq 100\%$ )

##### Verfügbare und fehlende Positionsdaten 'Burlli' (relativ)



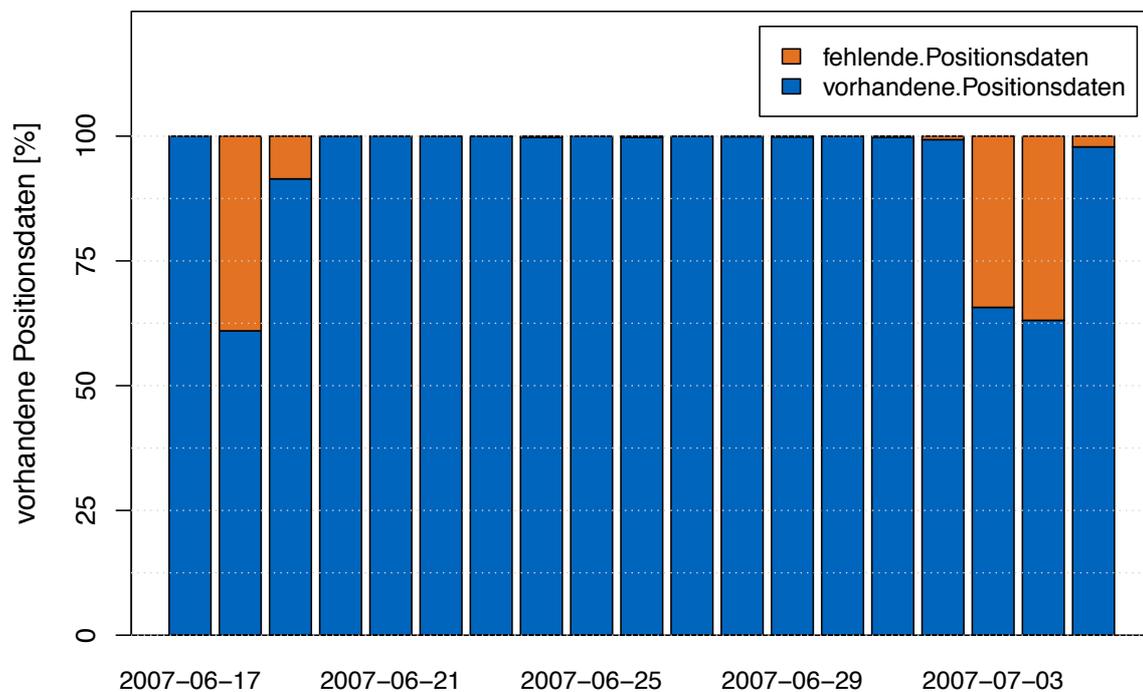
**Abbildung A 6:** Relativer Anteil vorhandener und fehlender Positionsdaten „Burlli“ (2699 Positionsdatenpunkte  $d^{-1} \triangleq 100\%$ )

**Verfügbare und fehlende Positionsdaten 'Butzi' (relativ)**



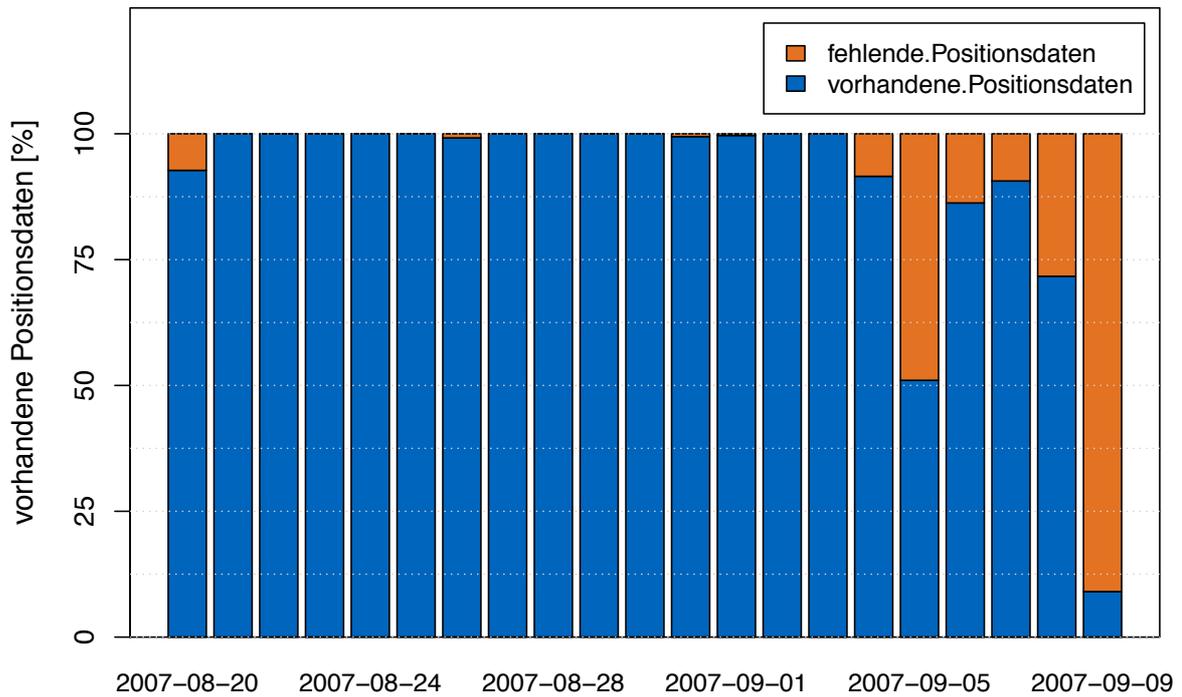
**Abbildung A 7:** Relativer Anteil vorhandener und fehlender Positionsdaten „Butzi“ (2699 Positionsdatenpunkte  $d^{-1} \triangleq 100\%$ )

**Verfügbare und fehlende Positionsdaten 'Flinke' (relativ)**



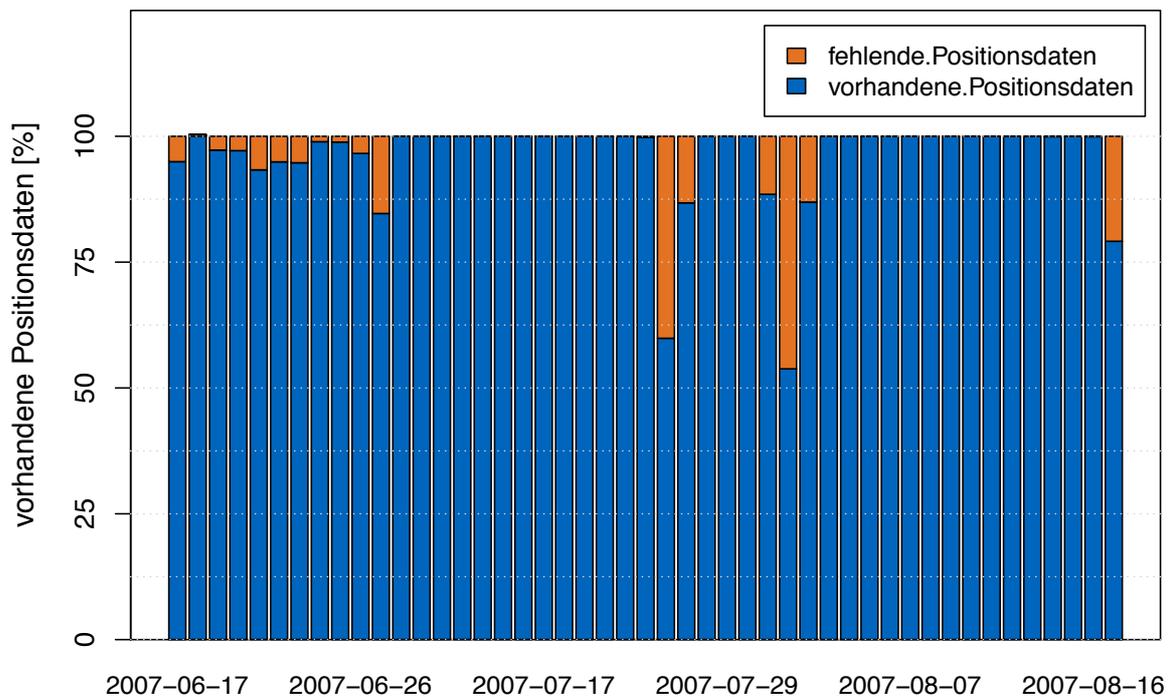
**Abbildung A 8:** Relativer Anteil vorhandener und fehlender Positionsdaten „Flinke“ (2699 Positionsdatenpunkte  $d^{-1} \triangleq 100\%$ )

**Verfügbare und fehlende Positionsdaten 'Monky' (relativ)**



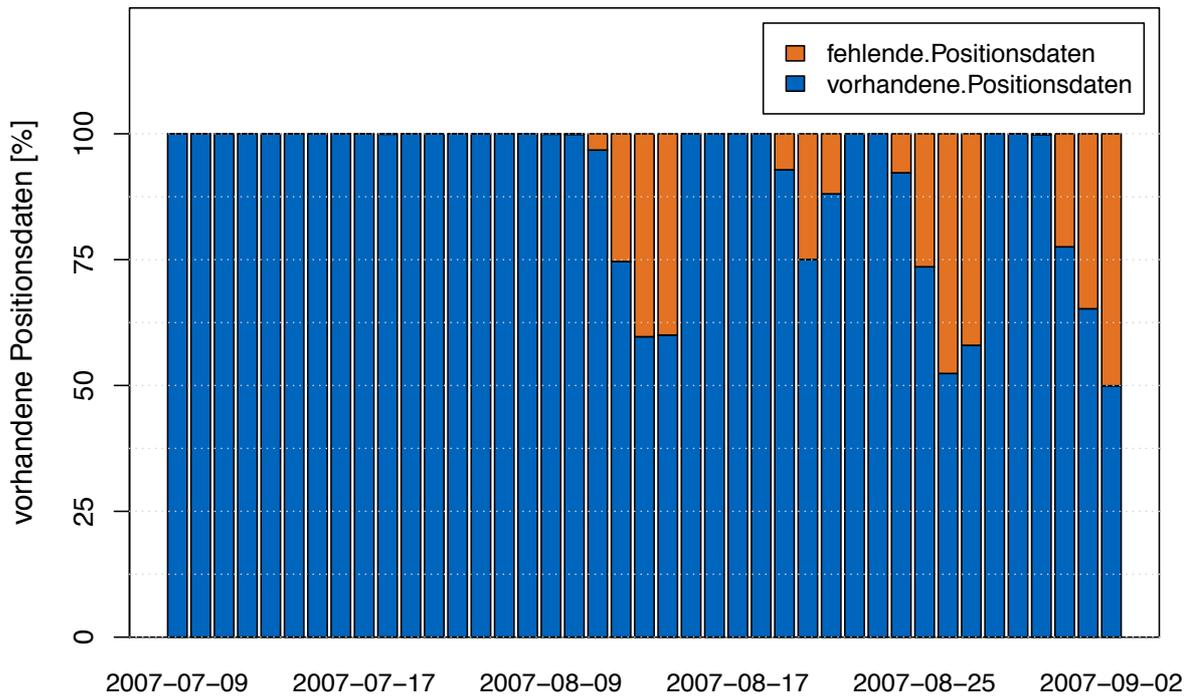
**Abbildung A 9:** Relativer Anteil vorhandener und fehlender Positionsdaten „Monky“ (2699 Positionsdaten-punkte  $d^{-1} \triangleq 100\%$ )

**Verfügbare und fehlende Positionsdaten 'Murli' (relativ)**



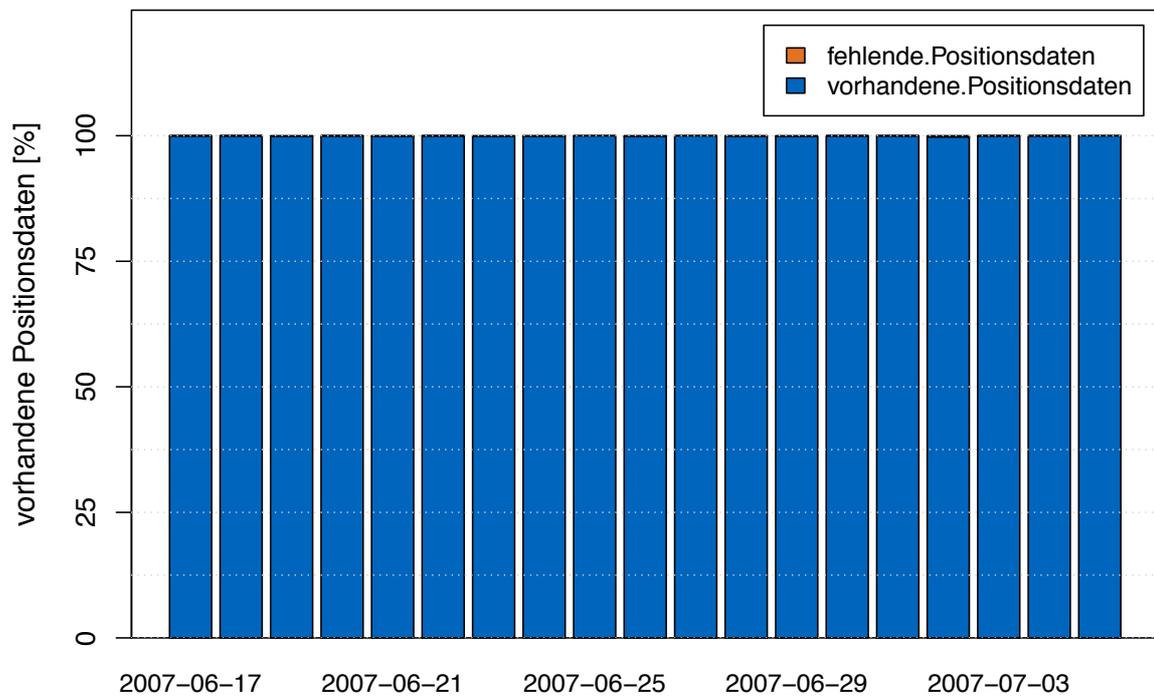
**Abbildung A 10:** Relativer Anteil vorhandener und fehlender Positionsdaten „Murli“ (2699 Positionsdaten-punkte  $d^{-1} \triangleq 100\%$ )

### Verfügbare und fehlende Positionsdaten 'Simmerl' (relativ)



**Abbildung A 11:** Relativer Anteil vorhandener und fehlender Positionsdaten „Simmerl“ (2699 Positionsdaten-punkte  $d^{-1} \triangleq 100\%$ )

### Verfügbare und fehlende Positionsdaten 'Stolze' (relativ)



**Abbildung A 12:** Relativer Anteil vorhandener und fehlender Positionsdaten „Stolze“ (2699 Positionsdaten-punkte  $d^{-1} \triangleq 100\%$ )

## Literaturverzeichnis

- Bund Naturschutz in Bayern e.V. (2004). *Alpenpolitik in Deutschland - Anspruch und Realität*. Nürnberg: Bund Naturschutz in Bayern e.V.
- Braunreiter, C., Rothmund, M., Steinberger, G. und Auernhammer, H. (2007). *Potentials of GPS-Collar Application in Pasture Farming*. In: Precision livestock farming '07 (ed. Cox, S.): Papers presented at the 3rd European Conference on Precision Livestock Farming, 3-6 June 2007, Skiathos, Greece. Wageningen Academic Publishers, pp. 87-93
- Eurostat (2010). *Agricultural statistics - Main results 2008-2009*. Luxemburg: Europäische Union.
- Eckardt, C., Rothmund, M. und Auernhammer, H. (2006). *Sustainable pasture management with high resolution location and behavioral data of farm animals*. In: World Congress Agricultural Engineering for a better world, Congress Bonn 3-7.9.2006 Bonn, Book of abstracts. Düsseldorf: VDI-Verlag, pp. 409-410
- de Lange, N. (2006). *Geoinformatik in Theorie und Praxis*. Berlin: Springer.
- FAO (29.05.2007). *FAO Geonetwork*. Geladen am 04.12.2010 von <http://www.fao.org/geonetwork/srv/en/main.home>
- FAO (2006). *Livestock's long shadow*. Rom: FAO.
- LfL (11/2010). *LfL Bayern*. Geladen am 05.12.2010 von [http://www.lfl.bayern.de/ite/gruenlandnutzung/40351/linkurl\\_0\\_2.pdf](http://www.lfl.bayern.de/ite/gruenlandnutzung/40351/linkurl_0_2.pdf)
- STMELF (2003). *Grünlandwirtschaft in Bayern*. München: Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten.
- R Development Core Team (2010). *R: A language and environment for statistical computing*. Wien: R Foundation for Statistical Computing.
- Rieder, J. B. (2006). Grünlandbewirtschaftung in Süddeutschland – ein Blick in die Vergangenheit. In LfL Bayern, *Die Zukunft von Praxis und Forschung im Grünland und Futterbau* (S. 19-23). Freising: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft.