

## Stereoauswertung digitalisierter Bildpaare aus der Nahbereichsphotogrammetrie

Dr. Hermann Auernhammer, Weihenstephan \*

Nutztiere sind der Hauptnutzungszweig der Landwirtschaft. Ihre optimale Haltung wird heute mehr denn je diskutiert und Fragen des Tierschutzes werden künftig noch mehr in das Bewußtsein des Einzelnen eindringen. Deshalb reicht es nicht mehr aus, die Probleme einer tier- bzw. artgerechten Tierhaltung alleine auf der Basis emotioneller Begründungen zu diskutieren. Vielmehr müssen verstärkte Bemühungen einsetzen, um reproduzierbare Daten über das Verhalten der Tiere, über meßbare Reaktionen auf Eingriffe von außen und durch Interaktivitäten aus der Herde heraus zu erhalten.

Im Bereich der Laufstallhaltung von Kühen umfasst diese Forderung die Erfassung des Verhaltensmusters in der Herde. Zwei Bereiche können dabei als Reaktionen betrachtet werden, nämlich

- das Verhalten des Tieres in der stationären Phase und
- das Verhalten bei der Lokomotion, also dem Bewegungsgeschehen.

Hinsichtlich meßbarer Größen ergeben sich dabei Unterschiede bei der Merkmalsgestaltung. So werden die Parameter des ersten Bereiches vor allem Parameter qualitativer Art sein, wie z.B. die Liegeform, der Zustand des Haarkleides und andere. Dagegen sind die Lokomotionsparameter immer stetige Merkmale innerhalb des Raumes mit seinen Koordinaten  $x$ ;  $y$ ;  $z$ .

Jeder Ansatz zur Verhaltensbeobachtung muß deshalb beide Bereiche berücksichtigen und vor allem den Lokomotionsparametern besondere Bedeutung zumessen.

### Möglichkeiten der Lokomotionsanalyse

Zur Ermittlung der Lokomotion eines Tieres wurden vielfache Bemühungen angestellt, wobei nahezu immer das Einzeltier im Blickpunkt des Interesses stand. Insbesondere sind hier folgende Methoden zu nennen (2):

---

\* AR Dr. Hermann Auernhammer ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Landtechnik der TU-München in Freising-Weihenstephan (Dir. Prof. Dr. H.L. Wenner) und bearbeitet dort arbeitswirtschaftliche Fragestellungen. Außerdem betreut er die gesamte EDV des Institutes.

- visuelle Erfassung
- Rüttelrecorder am Tier
- Funkpeiltechnik
- Lichtschrankenanlagen.

Alle diese Ansätze geben jedoch nur Auskunft über den Standort eines Tieres, über die Passage zu einem Zeitpunkt oder über den Zeitpunkt der Bewegungen. Lediglich die visuelle Erfassung kann das gesamte Verhalten erfassen, es erfordert dann aber einen hohen zeitlichen und personellen Aufwand. Einschränkend gilt bei dieser Methode die Fähigkeit der Beobachtungsperson. Sie ist bei schnellen Bewegungsabläufen durch die Tiere sehr schnell überfordert und kann dann entweder die tatsächlichen Bewegungsabläufe nicht mehr exakt genug registrieren oder es gehen die zusätzlichen, mehr qualitativen Merkmale des Verhaltens verloren.

Hier hilft das Bild als jederzeit reproduzierbarer Zwischenspeicher weiter, wenn es gelingt, davon die reellen räumlichen Koordinaten des Tieres wirklickeitsgetreu abzuleiten.

### Nahbereichsphotogrammetrie zur Tierbeobachtung

Bildanalyse ist heute ein sehr wichtiges Teilgebiet der Informatik und damit des Computereinsatzes. In verschiedenen Schwerpunkten werden dabei Probleme der Mustererkennung, der automatischen Digitalisierung oder anderer Fragestellungen bearbeitet. Die räumliche Analyse von Bildern ist allerdings diesen Bemühungen weitgehend entfernt geblieben, sei es, daß die geforderte Genauigkeit bisher nicht ausreichte, oder sei es, daß die Probleme der mehrdimensionalen Betrachtungsweise in vielen Fällen nicht erforderlich sind.

Speziell in der Photogrammetrie hat sich dagegen ein hochspezialisierter Zweig der Stereoanalyse entwickelt. Dabei steht heute in der überwiegenden Anwendung der Fern- und Nahbereich im Vordergrund, wobei der Bildaufnahmeort in der Luft oder auf der Erde liegt (Abb. 1). Die Objekte der Bildanalyse sind in diesen Bereichen fix (z.B. Feldgemarkungen, Gebäudeformen und -größen u.a.). Hingegen sind in der Tierbeobachtung die Objekte in Form der Tiere beweglich. Um zu einer Analyse des Bewegungsablaufes im Bereich des Einzeltieres, seiner Körperteile oder innerhalb einer Herde zu kommen, müssen deshalb Bildserien erzeugt und ausgewertet werden.

Darin ist der große Unterschied zur klassischen Photogrammetrie zu sehen, weshalb eine Übertragung nicht ohne weiteres möglich ist. Dieser ist auch deshalb nicht erforderlich, weil für die Bewegungsanalyse die zu fordernde Genauigkeit nicht die entscheidende Rolle spielt und wesentlich mehr Gewicht den Fragen der

- günstigen Kosten
- schnellen Auswertung von Bildserien
- zusätzlichen Einbeziehungen von qualitativen Tierverhaltensdaten

zuzuordnen ist.

### Stereoanalyse digitalisierter Bilder

Die klassische Photogrammetrie bedient sich des Stereobildes, d.h. die erzeugten Bilder müssen den echten Stereoeffekt zeigen (Abb. 2) und können dann mittels Stereokomparatoren ausgewertet werden (1). Der echte Stereoeffekt ist jedoch nur erreichbar, wenn eine genügend große Höhe zwischen dem Aufnahmeort und der Bildebene vorliegt. Dies ist in modernen Stallungen aber nicht oder nur selten der Fall. Folglich könnte diese Methode auch dann nicht angewandt werden, wenn die erforderlichen finanziellen Mittel vorhanden wären. Deshalb wurde versucht, durch die Nachahmung des menschlichen Gehirnes die räumliche Analyse aus parallel erzeugten Bildpaaren über ein spezielles EDV-Programm (5) zu einer, vom Stereoeffekt unabhängigen Lösung zu kommen.

Entsprechend dem menschlichen Sehvorgang werden nun vom Objekt je nach Anforderung Bildpaare im vorgegebenen Zeitabstand erzeugt (Abb. 3). In diesen Bildern befinden sich zur Fixierung und Orientierung räumlich definierte Passpunkte (3) und entsprechende Bildzeitpunktshinweise (UR) mit Zusatzangaben. Diese Bilder werden wiederum parallel auf das Tablett eines X; Y-Koordinaten-Digitalisiergerätes projiziert (Abb. 4) und können nun über das Digitalisiergerät entsprechend der geforderten Analyse digitalisiert werden.

Zur Vermeidung von Übertragungsfehlern und zur Eindämmung der großen Datenmengen wird nur online mit einem entsprechenden Programm im Kleinkomputer gearbeitet. Dabei übernimmt das Programm folgende Aufgaben:

- Orientierung (Vergrößerung/Verkleinerung) an den Einzelbildern
- Ermittlung der Z-Koordinate aus den bildlichen Differenzen gleicher Punkte aus sich

entsprechenden Bildern

- Abschätzung der erreichten Genauigkeit
- Übernahme und gemeinsame Ablage von zusätzlichen Daten und Parametern zu den ermittelten x; y; z-Koordinaten eines Bildpunktes.

Diese Arbeit kann sinnvoll und fehlerfrei nur im echten Dialog zwischen Rechner und Auswerteperson erfolgen. Der Ablauf darf dabei nicht durch unterschiedliche Eingabeformen unterbrochen werden, weshalb nach dem Programmstart alle Aktivitäten der Auswerteperson durch Eingabe am Menüfeld des Digitalisierers erfolgen. Durch diese Anordnung und diesen Aufbau wird aber nicht nur der gesamte Ablauf logisch richtig gesteuert, sondern es ergeben sich zusätzliche, nicht zu unterschätzende Vorteile mit nur geringen Nachteilen (Abb. 5).

### Bisher Erreichtes und künftige Aktivitäten

Mit diesen bisherigen Aktivitäten wurde ein überraschend gut funktionierendes Hilfsmittel zur räumlichen Analyse von Bildpunkten erarbeitet. Aufbauend auf die Bündellösung steht ein in FORTRAN IV abgefaßtes Programm zur Verfügung, welches auf einem 64 k-Byte-Rechner interaktiv die Digitalisierung und die Auswertung von Bildpaaren übernimmt. Dabei überrascht die relativ hohe Genauigkeit der erreichten Ergebnisse. So werden z.B. bei der X- und der Z-Koordinate im Bildbereich von bis 30 m Entfernung zum Kamerastandort Abweichungen zu den echten Maßen von  $\pm 3$  cm erreicht. Bei der Y-Koordinate ist dagegen die Genauigkeit direkt von der Raumtiefe abhängig. Sie nimmt von ebenfalls  $\pm 3$  cm im Bereich von um bis zu 5 m Raumtiefe auf etwa  $\pm 15$  bis 20 cm bei Raumtiefen von 30 m ab (4). Allerdings könnten dabei bessere Markierungshilfsmittel an den Tieren wesentlich bessere Werte erbringen.

Nachteilig ist derzeit noch der relativ hohe zeitliche Aufwand zur Tiererkennung und Identifizierung beim Digitalisiervorgang. Hier müssen die künftigen Arbeiten ansetzen, um dann eventuell durch Mustererkennung eine automatische Digitalisierung zu ermöglichen. Dann könnte ebenfalls die Auswerteperson in schwierigen Situationen eingreifen und dadurch die vermutlich unumgängliche menschliche Hilfestellung bei kritischen Entscheidungssituationen leisten.

Kriterien	Einsatzform	Stereobild Einsatz in der Photogrammetrie	Stereobild Einsatz bei der Tierbeobachtung
Überwiegende Anwendung		Fern- und Nahbereich (Luft- oder Erdbild)	Nahbereich (Erdbild)
Objekt		fix	beweglich
Bildzahl/Gesamtobjekt		wenige	viele
Geforderte Auswertegenauigkeit		sehr hoch	relativ gering
Auswertzeit/Bild		lang	kurz
Datenmenge/Gesamtobjekt (Output)		gering	hoch bis sehr hoch
Investitionsbedarf für Auswertungsanlage		sehr hoch	im Finanzbereich der Institute

Abbildung 1: Einsatzmerkmale der Stereofotographie in klassischer Form bei der Tierbeobachtung

Hilfsmittel	Stereobildanalyse	
	Stereokomparator	Digitalisierer + Minicomputer
echter Stereoeffekt erforderlich	ja	nein
Darstellung für das Auge	Stereobild	2 Monobilder
Messvorgang	räumliche Anpassung	flächentafel Anpassung
Vermessungsgrundlage	Originalbild der Kamera	Vergrößertes Originalbild der Kamera
Messkoordinate und Ergebnis	$x, y + x'; y'$ indirekt ergibt $x, y, z$	$x, y$ und $x', y'$ direkt + Programm ergibt $x, y, z$
Investitionsbedarf für Auswertungsanlage	0,5 - 1,0 Mio DM	50 000 - 60 000 DM mit Minicomputer 20 000 - 26 000 DM ohne Minicomputer

Abbildung 2: Kriterien für die Stereobildanalyse über Stereokomparator und Digitalisierer - Minicomputer



Abbildung 3: Bildpaare ohne Stereoeffekt einer Milchviehherde im Laufstall

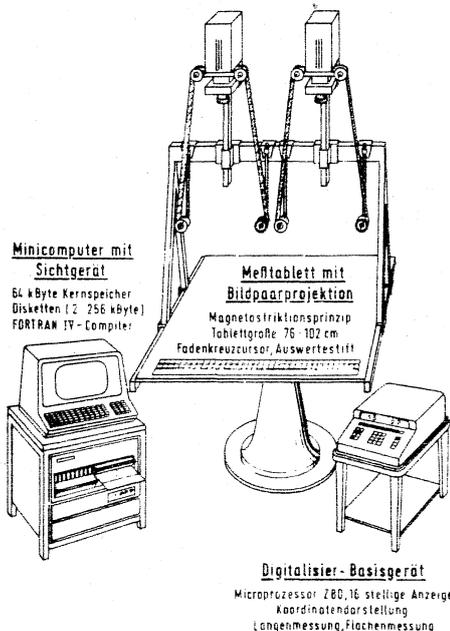


Abbildung 4: Bildanalyse System (Minicomputer, Digitalisiergerät, Bildpaarprojektion)

<b>Vorteile:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spezifische Software erlaubt gezielte Datenanalyse</li> <li>• Datenanalyse erfolgt unmittelbar nach Digitalisierende</li> <li>• Datenflut wird auf wesentliche Parameter eingeschränkt</li> <li>• Qualitative Merkmale kodiert mitverarbeiten</li> <li>• Auswertungsablauf ist vorgegeben</li> <li>• Logische Tests ermöglichen Ergebniskontrolle</li> <li>• Spezifische Parameter erlauben Kontrolle der Auswertepersonen</li> <li>• Fehler im Versuchsablauf werden sofort erkannt</li> <li>• Datenspeicherung erlaubt Übergang auf jede Großrechenanlage</li> </ul>
<b>Nachteile:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minicomputer muß verfügbar sein</li> <li>• Rechenintensive Auswerteprogramme stören den Digitalisierprozeß</li> </ul>

Abbildung 5: Vor- und Nachteile für den Online-Einsatz von X; Y-Koordinaten Digitalisiergerät und Minicomputer

## Literatur

1. A u e r n h a m m e r, H.: Auswertesystem zur Stereoanalyse digitalisierter Bildpaare. In: Einsatz der Nahbereichsfotogrammetrie in der Tierbeobachtung, Heft 6 der Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan, Weihenstephan 1981, S. 46-64
2. B o x b e r g e r, J.: Entwicklung und Bedeutung der Nahbereichsfotogrammetrie bei der Verhaltensbeobachtung von Rindern. In: Einsatz der Nahbereichsfotogrammetrie in der Tierbeobachtung, Heft 6 der Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan, Weihenstephan 1981, S. 4-18
3. S t e p h a n i, M.: Methodische Grundlagen der Nahbereichsfotogrammetrie. In: Einsatz der Nahbereichsfotogrammetrie in der Tierbeobachtung, Heft 6 der Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan, Weihenstephan 1981, S. 31-45
4. Z i p s, A.: Beobachtungstechnik und erste Ergebnisse bei der Erfassung des Tierverhaltens von Milchkühen im Liegeboxenlaufstall. In: Einsatz der Nahbereichsfotogrammetrie in der Tierbeobachtung, Heft 6 der Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan, Weihenstephan 1981, S. 65-84
5. A u e r n h a m m e r, H. und M. S t e p h a n i: Stereoanalyse digitalisierter Bildpaare (STERDI). In: Programmbibliothek der Landtechnik Weihenstephan, Weihenstephan 1980