

Luftgeschwindigkeitsmeßgerät „Lumeg“

Dipl.-Ing. T. Madl, Institut für Geflügelwirtschaft Merbitz

1. Einleitung

In vielen Bereichen der Geflügelwirtschaft müssen Luftgeschwindigkeiten gemessen werden. Speziell in Brutmaschinen, Ställen und Versuchsanlagen ist es oft erforderlich, daß die zu ermittelnden Werte im Bereich $< 1 \text{ m/s}$ und somit unterhalb der Ansprechgrenze bisher bekannter mechanischer Anemometer, wie Schalen- und Flügelradanemometer, liegen. Da Geräte für diesen Einsatzzweck von der Industrie nicht angeboten werden, muß auf andere Verfahren, wie z. B. Messung mit Katheterthermometer o. ä., zurückgegriffen werden. Diese haben jedoch den Nachteil, daß ihre Anwendung sehr zeitintensiv ist und die benötigten Werte nicht sofort zur Verfügung stehen. Ausgehend davon begann im Institut für Geflügelwirtschaft Merbitz die Entwicklung eines Luftgeschwindigkeitsmeßgeräts, das den nachstehenden Hauptanforderungen gerecht werden sollte:

- Realisierung des Meßbereichs $< 1 \text{ m/s}$
- Sofortanzeige der Meßwerte
- mobiler Einsatz, d. h. netzunabhängig, handlich, transportabel, geringe Masse
- Bedienfreundlichkeit.

Im Ergebnis der Entwicklung entstand das nachstehend vorgestellte Luftgeschwindigkeitsmeßgerät „Lumeg“.

2. Funktionsbeschreibung

2.1. Meßprinzip

Ein bekanntes Meßprinzip zur Bestimmung der Luftgeschwindigkeit besteht darin, einen Meßfühler, im vorliegenden Fall ein Thermoelement, elektrisch zu beheizen. Wird dieser Fühler in bewegte Luft gebracht, kühlt er sich ab. Das Maß der Abkühlung steht im direkten Verhältnis zur Luftgeschwindigkeit.

2.2. Beschreibung des Meßfühlers

Der Meßfühler besteht aus 2 Mantelthermoelementen NiCr-Ni (Bild 1). Jedes Mantelthermoelement enthält 2 Thermopaare. Von den 2 Thermopaaren des Mantelthermoelements 1 wird ein Thermopaar als Widerstandsdraht für die elektrische Heizung und das andere in Verbindung mit dem Thermo-

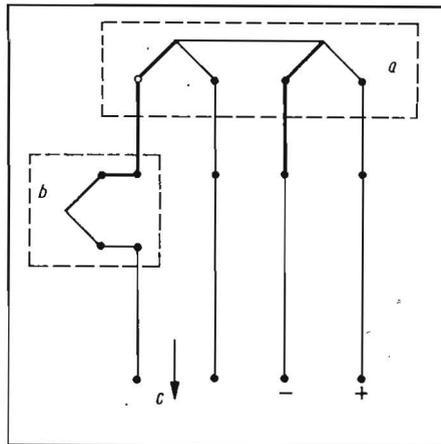


Bild 1. Prinzipschaltbild des Meßfühlers; a Mantelthermoelement 1, b Mantelthermoelement 2, c Meßverstärker

element 2, das die Vergleichsmeßstelle darstellt, zur Messung der Thermospannung genutzt. Die Messung mit dem Thermoelement ist eine Differenzmessung, deren Maß die Differenz zwischen der Temperatur des beheizten Thermoelements und der Temperatur der umströmenden Luft ist. Die Vergleichsmeßstelle ist so angeordnet, daß sie das Temperaturniveau der Luft annehmen kann. Beim vorliegenden Meßfühler wird ein Thermopaar des Mantelthermoelements 2

als Vergleichsmeßstelle genutzt. Gemessen wird somit die Differenzthermospannung, die der Temperaturdifferenz zwischen Meßspitze des Meßfühlers und der sie umströmenden Luft proportional ist und somit eine Funktion der Luftgeschwindigkeit darstellt.

2.3. Gerätebeschreibung

Das Luftgeschwindigkeitsmeßgerät „Lumeg“ besteht im wesentlichen aus den Baugruppen Meßfühler, Meßverstärker, Stromquelle und Anzeige (Bild 2, Tafel 1). Im Bild 3 ist das Prinzipschaltbild des Geräts wiedergegeben. Der Meßfühler ist eine komplette Baueinheit und beinhaltet die zur Messung notwendigen Mantelthermoelemente. Im Meßgerät selbst sind die Baugruppen Anzeige, Meßverstärker, Stromquelle sowie die notwendigen Spannungsversorgungen angeordnet. Der Meßverstärker, die Stromquelle und die Aufbereitung der Spannung für die Operationsverstärker sind auf einer Leiterplatte, die sich direkt unter der Bedienplatte befindet, untergebracht. Im hinteren Teil des Gehäuses befinden sich die für den mobilen Einsatz notwendigen Batterien. Bei Netzbetrieb erfolgt die Spannungsversorgung über ein separates Netzteil. Die zum Betrieb notwendigen Bedien- und Sicherungselemente sind übersichtlich und mit entsprechender Kennzeichnung am Meßgerät angebracht. Neben dem Betriebsartumschalter für Batterie- und Netzbetrieb befinden sich am Gerät ein Kontrollschalter für die Anzeige der Betriebsspannungen sowie ein Taster und

Fortsetzung auf Seite 568

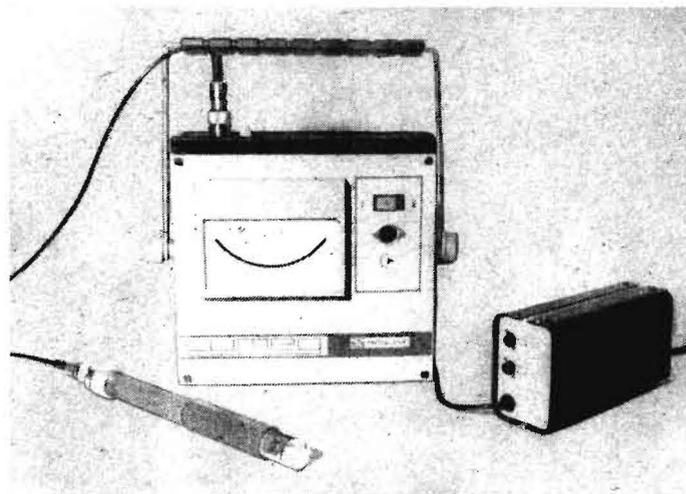
Bild 3
Prinzipschaltbild des Geräts;
a Meßfühler, b Meßverstärker, c Anzeige, d Stromquelle

Bild 2
Gesamtansicht des Luftgeschwindigkeitsmeßgeräts „Lumeg“ mit Meßfühler und Netzteil

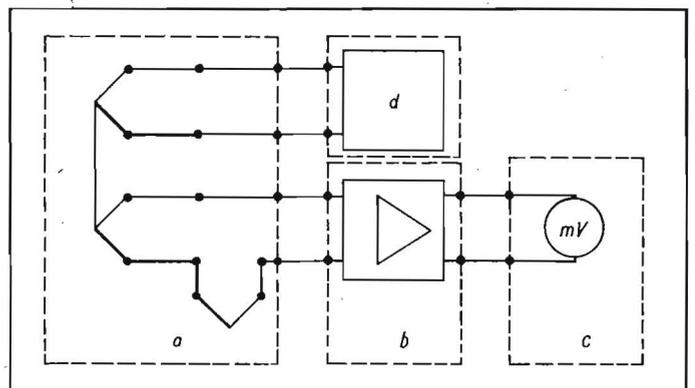
Tafel 1. Technische Daten des Luftgeschwindigkeitsmeßgeräts „Lumeg“

Luftgeschwindigkeit	
Meßbereich I	0,1...0,5 m/s
Meßbereich II	0,5...3,0 m/s
Arbeitstemperaturbereich	10...40°C
Meßgenauigkeit	
Meßbereich I	$\pm 10\%$
Meßbereich II	$\pm 2,5\%$
Abmessungen des Geräts	220 mm \times 220 mm \times 60 mm
Abmessungen des Transportkoffers	150 mm \times 380 mm \times 480 mm
Masse (mit Transportkoffer)	5 kg
Stromversorgung	Batterie- und Netzbetrieb
Batterien	6 \times R20/ 1 \times 6F 22
Netzteil (Sicherungen)	63 mA, 250 mA

2



3



Rotationsviskosimeter für landwirtschaftliche fluide Fördermedien

Dr.-Ing. M. Türk, KDT/Dipl.-Ing. H. Schmidt/Dr.-Ing. D. Dähre
Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

Verwendete Formelzeichen

H	m	Zylinderhöhe
M	N · m	Drehmoment
n		Fließexponent
n_D	min ⁻¹	Drehzahl
r	m	radiale Koordinate
R_a	m	Radius des Außenzylinders
R_i	m	Radius des Innenzylinders
R_r	m	repräsentativer Radius
Re		Reynoldszahl
V	dm ³	Füllvolumen
β		Radialverhältnis
$\dot{\gamma}$	s ⁻¹	Schergeschwindigkeit
$\dot{\gamma}_N$	s ⁻¹	Newtonsche Schergeschwindigkeit
η_s	Pa · s	Scheinviskosität
ρ	kg/m ³	Dichte
τ	Pa	Schubspannung
Ω	s ⁻¹	Winkelgeschwindigkeit des gedrehten Zylinders

1. Aufgabenstellung

Die experimentelle Bestimmung reproduzierbarer und auf praktische Förderprobleme übertragbarer Fließkurven ist eine der wichtigsten Aufgaben der angewandten Rheologie. Gerade dabei unterlaufen oftmals durch Nichtbeachtung der rheologischen Grundla-

Fortsetzung von Seite 567

gen oder durch unzulässige Vereinfachungen erhebliche Fehler. Die Kennzeichnung des Fließverhaltens ist die Voraussetzung zur Bemessung von Förderanlagen zum Gülle- oder Futtertransport [1, 2]. Bei der großen Breite der realen landwirtschaftlichen Fördermedien, die von reinviskosen Newtonschen Flüssigkeiten über sedimentierende fluide Medien mit Grobstoffen bis hin zu hochkonzentrierten Stoffen mit plastischem und oftmals auch thixotropem Fließverhalten reicht, kann ein Viskosimeter nicht allen Anforderungen gerecht werden. Aufgrund der zumeist vorhandenen grobdispersen Struktur sind nur Rohr- oder Rotationsviskosimeter spezieller Bauarten einsetzbar. Rotationsviskosimeter mit koaxialen Zylindersystem werden häufig angewendet, da der Meßaufwand geringer ist und auch zeitabhängige Prozesse beobachtet werden können. In Abhängigkeit vom Strukturaufbau, von den realen Belastungsverhältnissen im technischen Prozeß und der konkreten Meßaufgabe sind daher Geräte mit verschiedenen Einsatzgrenzen notwendig. Dabei sind stets folgende Grundvoraussetzungen zu erfüllen [3, 4]:

- laminare und stationäre Strömung mit parallelen Stromlinien
- Inkompressibilität und Unabhängigkeit des Fließverhaltens vom Druck
- Homogenität
- Haftung an den Begrenzungsflächen
- konstante Temperatur
- keine Endeffekte.

Natürlich können diese Bedingungen nicht alle in gleichem Maß erfüllt werden. Die Fehlereinflüsse müssen jedoch genau analysiert und in Abhängigkeit von der Zielstellung korrigiert werden. Die dann vorliegenden abso-

luten, d. h. vom Meßverfahren unabhängigen Fließkurven, können mit Hilfe geeigneter Fließmodelle approximiert werden. Über den Stand und die Erfahrungen beim Einsatz von Rotationsviskosimetern zur Untersuchung landwirtschaftlicher Fördermedien soll nachfolgend berichtet werden.

luten, d. h. vom Meßverfahren unabhängigen Fließkurven, können mit Hilfe geeigneter Fließmodelle approximiert werden. Über den Stand und die Erfahrungen beim Einsatz von Rotationsviskosimetern zur Untersuchung landwirtschaftlicher Fördermedien soll nachfolgend berichtet werden.

2. Beurteilung der Meßfehler

Die Bestimmung von Schubspannung und Schergeschwindigkeit als Punkte der absoluten Fließkurve $\tau = f(\dot{\gamma})$ erfordert eine eindimensionale, stationäre und isotherme Scherströmung in einem anwendungsrelevanten Belastungsbereich. Als integrale Meßgrößen werden die Winkelgeschwindigkeit Ω des gedrehten Zylinders und das am Innenzylinder angreifende Drehmoment $M(R_i)$ bestimmt. Zwischen den koaxialen Meßzylindern befindet sich die Meßsubstanz, und entsprechend ihrer Zähigkeit greifen an den Zylinderflächen Scherspannungen an. Diese werden z. B. durch Federelemente kompensiert und können integral als Drehmoment mechanisch oder elektrisch gemessen werden. Allgemein werden folgende Bauformen unterschieden (Bild 1):

- Searle-Typ mit angetriebenem Innenzylinder
- Couette-Hatschek-Typ mit angetriebenem Außenzylinder.

Schubspannung und Schergeschwindigkeit werden i. allg. auf den Außenradius des Innenzylinders R_i bezogen. Die Schubspannung ist vom Fließgesetz unabhängig:

$$\tau(R_i) = \frac{M}{2\pi R_i^2 H} \quad (1)$$

Die Schergeschwindigkeit läßt sich dagegen nur mit Kenntnis des Fließgesetzes exakt bestimmen. Zumeist wird daher in erster Näherung der Newtonsche Ansatz zugrunde gelegt:

$$\dot{\gamma}_N(R_i) = \frac{2\Omega}{1-\beta} \quad (2)$$

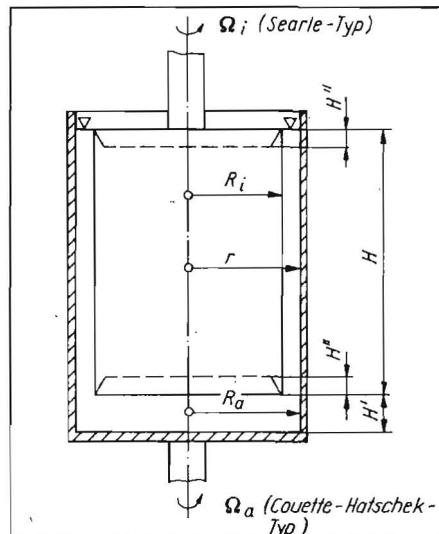
$$\beta = \left(\frac{R_i}{R_a}\right)^2; \quad \Omega = \frac{\pi n_D}{30}$$

Mit Hilfe der scheinbaren Fließkurve $\tau(R_i) = f(\dot{\gamma}_N(R_i))$ und einer scheinbaren Fließfunktion ist anschließend die wahre Schergeschwindigkeit $\dot{\gamma}(R_i)$ zu bestimmen. Wird diese Rechnung versäumt, können erhebliche Fehler entstehen (Bild 2). Für die wichtigsten Fließgesetze existieren hierzu einfache Auswerteverfahren und Rechnerprogramme [6]. Die Bestimmung der Fließgrenze erfolgt ebenfalls nach einer vielfach erprobten Methodik, einer Kombination von Entspannungsversuch und nachfolgender rechnerischer Extrapolation [7].

Von besonderer Bedeutung ist die Erkennung, Deutung und Korrektur systematischer Meßfehler. Diese können durch folgende Ursachen hervorgerufen werden [3, 4, 5, 8]:

- Endeffekte
- Exzentrizität und fehlerhafte Koaxialität
- Dissipation

Bild 1. Rotationsviskosimeter mit koaxialen Meßzylindern;
Vorzugsmaße [5]:
 $R_i/R_a \geq 0,9$, $H \geq 3R_i$, $H' = 3(R_a - R_i)$,
 $H'' \geq 0,2R_i$



3. Zusammenfassung

Das beschriebene Luftgeschwindigkeitsmeßgerät „Lumeg“ ist ein wichtiges Meßmittel zur qualitativen und quantitativen Bestimmung von Luftgeschwindigkeiten und Luftströmungen.

Durch die Erfassung von Geschwindigkeitsbereichen < 1 m/s, die bisher durch mechanische Anemometer nicht möglich war, stellt dieses Gerät eine Ergänzung zur vorhandenen Prüf- und Meßtechnik dar. Nähere Informationen erteilt: Institut für Geflügelwirtschaft Merbitz, Abteilung Meßtechnik, Nauendorf (Saalkreis) 4107.

Literatur

- [1] Strickert, H.: Hitzdraht- und Hitzfilmanemometer. Berlin: VEB Verlag Technik 1974.
- [2] Hofmann, D.: Temperaturmessungen und Temperaturregelungen mit Berührungsthermometern. Berlin: VEB Verlag Technik 1977.
- [3] Häußel, P.; Stopp, H.; W.: Vorrichtung zur Erfassung von Strömungsverhältnissen in Gasen und Flüssigkeiten nach dem thermoelektrischen Prinzip mit Mantelthermoelementen. messen - steuern - regeln, Berlin 20 (1977) 8, S. 455-456. A 5081