

## **Die Bedeutung der Schwerkraft für die Roll-Regelung im Flug bei der Schmeißfliege *Calliphora***

R. HENGSTENBERG, N. BAYER

Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik, Spemannstr. 38, D-72076 Tübingen

Fliegen und andere Insekten regeln beim Laufen ihre Kopfstellung, Körperhaltung und Laufrichtung nach der Schwerkraftrichtung, wobei Gelenkrezeptoren als Schwere-sinnesorgane wirken (review: Markl H 1974: Hdbk Sens Physiol VI/1, 17; Horn E, Lang H 1978: J Comp Physiol 126, 137). Im Flug ist die "richtige" Raumlage, d.h. die Orientierung zur Senkrechten noch wichtiger als im Lauf, wurde aber bisher kaum untersucht. Deshalb wurde der Einfluß der Schwerkraft auf die Kopfstellung bei *Calliphora* im ortsfesten Flug durch Videoaufzeichnung analysiert (Methoden: Hengstenberg R et al 1986: Proc R Soc Lond 227, 455).

In stationärer Seitenlage stellt *Calliphora* ebenso wie in aufrechter Fluglage ihren Kopf symmetrisch zum Körper ein. Das beweist daß die Schwerkraft im ortsfesten Flug keinen Einfluß auf die Kopfstellung hat. Gleiches gilt für das Flugdrehmoment um die Rollachse (Srinivasan MV 1977: J Comp Physiol 119, 1). Offenbar hat *Calliphora* keine inneren "Stato-Organen" und benützt im Flug ihre äußeren (s.o.) nicht zur Ausrichtung auf die Vertikale. Bei rascher Raumlageänderung macht *Calliphora* eine phasische, kompensatorische Kopf-Rollung, die als transiente Schwerkraftreaktion gedeutet werden könnte. Sie ist aber unabhängig von der Orientierung der Rollachse im Schwerfeld und verschwindet nach Elimination der Halteren. Die oben beschriebene Kopf-Rollung wird also durch die Eigenbewegung der Fliege und nicht durch die Schwerkraft ausgelöst.

Im Freiflug könnte die Schwerkraft bei Seitenlage der Fliege zu einer unterschiedlichen Belastung der zwei Flügel führen und so die Raumlage-Regelung beeinflussen. Ventrolaterale Anströmung ( $\rho = -135^\circ$ ;  $v = 2$  m/s) im ortsfesten Flug, die ein Sinken in Seitenlage simulieren soll, löst in der Tat eine transiente Kopf-Rollung in der erwarteten Richtung aus. Gleichartige Kopfbewegungen treten auf wenn die Fliege in ruhender Luft mit ungleichen Flügeln zu fliegen beginnt. Dieser "Flügelbelastungsreflex" wird im Freiflug zwar durch die Schwerkraft ausgelöst, eignet sich aber ebenfalls nicht für eine Absolutorientierung weil auch diese Reaktion bei anhaltendem Reiz vollständig abklingt.

Im Flug hat *Calliphora* also keinen Schweresinn der eine aktive Einstellung zur Senkrechten ermöglicht. Das bewegungsabhängige Raumlage-Regelsystem der Fliege sollte also durch interne Fehler und externe Störungen driften und einen Absturz der Fliege letztlich nicht verhindern können.

Zur Aufrechterhaltung einer stabilen Fluglage ist aber eine aktive Kontrolle der Absolutlage nicht zwingend erforderlich: Fallschirme und Gleitflugzeuge nehmen durch ihre Konstruktion von selbst eine stabile Fluglage ein, zum Preis geringerer Manövrierfähigkeit. Bei *Calliphora* ist ein passiver Stabilisierungseffekt nachzuweisen, wenn die Fliege ventral an einer frei drehbaren, senkrecht stehenden Kurbel befestigt wird, deren Achse durch den Schwerpunkt der Fliege geht. In ruhender Luft nimmt die Fliege durch spontane Flugmanöver beliebige Orientierungen ein relativ zu einer externen Referenz. Bei Anströmung quer zur Kurbelachse

( $v = 1 \text{ m/s}$ ) nimmt die Fliege sofort und stabil eine Vorzugsorientierung ein, mit dem Bauch zum Wind. Das geschieht auch, wenn alle Windsinnesorgane blockiert sind. *Calliphora* verhält sich also bei Anströmung quer zur Körperachse ähnlich wie ein Gleitflieger und würde sich im Freiflug aus einer Seitenlage passiv aufrichten.

Das Raumlagereregelsystem der Schmeißfliege *Calliphora* benutzt also hauptsächlich bewegungskompensierende Mechanismen. Die Schwerkraftrichtung wird nicht wahrgenommen. Ein passives Aufrichtemoment verhindert eine Restfehlerakkumulation im Raumlagereregler die zum Absturz führen würde.

Verh Dtsch Zool Ges 81 (1988)