

<b>Zeitschrift:</b>	Bulletin de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles = Bulletin der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg
<b>Herausgeber:</b>	Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles
<b>Band:</b>	64 (1975)
<b>Heft:</b>	1
<b>Artikel:</b>	Die Struktur der Augenmuskeln als Ausdruck ihrer besonderen Funktion
<b>Autor:</b>	Mayr, Robert
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-308515">https://doi.org/10.5169/seals-308515</a>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 02.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Die Struktur der Augenmuskeln als Ausdruck ihrer besonderen Funktion

von ROBERT MAYR,

2. Anatomische Lehrkanzel der Universität Wien (derzeit: Institut für Anatomie und Spezielle Embryologie der Universität Freiburg/Schweiz)

Die äußeren Augenmuskeln (*Mm. recti et obliqui bulbi*) nehmen unter den quergestreiften Skelettmuskeln der Säuger in funktioneller und morphologischer Hinsicht eine Sonderstellung ein. Sie gewährleisten bei größter Präzision höchst unterschiedliche Formen von Augenbewegungen, wie rasche, ruckartige Blickbewegungen oder langsame, gleitende Folgebewegungen, und sind anderseits durch tonische Aktivität für das Festhalten der Augen in den verschiedensten Stellungen verantwortlich. Diese besonderen funktionellen Anforderungen finden ihren Niederschlag auch in besonderen Strukturmerkmalen. Die eigenen Untersuchungen befaßten sich (1) mit der Analyse der Muskelfaser-Zusammensetzung der Augenmuskeln mit besonderer Beachtung von funktionell bedeutsamen Strukturunterschieden der Muskelfasertypen sowie (2) mit Besonderheiten der Architektur von Augenmuskeln.

(1) In licht- und elektronenmikroskopischen Untersuchungen an der Ratte (MAYR, 1971) ließ sich eine Zusammensetzung der Augenmuskeln aus 5 bis 6 verschiedenen Muskelfasertypen zeigen, die sich auf zwei distinkte Muskelzonen verteilen. Die vorwiegend orbitaseitig gelegene Randschicht der Muskeln (Orbitalzone) besteht aus zwei Populationen von durchwegs dünnen Muskelfasern. Bei der größeren Population (80 %) handelt es sich um einen Typ von einfach (= fokal) innervierten, mitochondrienreichen Fasern mit gut ausgebildetem sarkotubulärem System. Die Fasern des andern Typs (20 %) sind multipel innerviert, mitochondrienarm, extrem dünn und nur spärlich mit sarkotubulärem System ausgestattet. Die zweite Schicht der Augenmuskeln, die dem Augapfel zugewandt ist und in den Kern der Muskeln hineinreicht (Bulbärzone), ist durch eine bunte Mischung von Fasern verschiedener Typen gekennzeichnet, die durchschnittlich dickeres, jedoch breit streuendes Kaliber aufweisen. Ein Typ multipel innervierter Fasern (10 % der Fasern dieser Zone) ist von allen übrigen besonders deutlich unterscheidbar. Es handelt sich um einheitlich mitteldicke Fasern mit extrem geringem Gehalt an Mitochondrien und sarkotubulärem System, was ein Dominieren von breiten, schlecht abgrenzbaren Fibrillen erklärt (Felderstruktur). Die restlichen 90 % der Fasern der Bulbärzone sind einfach (= fokal) innerviert. Hinsichtlich Faserdurchmesser und Mitochondriengehalt stellen sie ein breites Spektrum von Fasern mit weit auseinanderliegenden Extremen dar, die sich jedoch aufgrund der Übergangsformen nicht scharf voneinander abgrenzen lassen. Das Spektrum reicht von dünnen, sehr mitochondrienreichen Fasern über einen Intermediärtyp bis zu dicken, relativ mitochondrienarmen Fasern. Das sarkotubuläre System ist bei allen Fasern dieses Spektrums in gleichem Ausmaß stark entwickelt und grenzt sehr dünne Myofibrillen deutlich voneinander ab (Fibrillenstruktur).

Grundsätzlich ähnliche Verhältnisse der Faser-Zusammensetzung sind inzwischen auch am Augenmuskel von Schaf (HARKER, 1972) und Katze (ALVAREZ RADO, 1974) nachgewiesen worden.

Multipel innervierte extrafusale Muskelfasern stellen beim Säuger eine Besonderheit der Augenmuskeln dar und sind in gewöhnlichen Skelettmuskeln der Mammalia nicht zu finden. Beide Typen multipel innervierter Fasern ähneln in Innervation und Ultrastrukturmerkmalen den sog. «slow fibres» des Frosches und der Vögel (HESS, 1970). Sie dürften für besonders langsames, «tonisches» Kontraktionsverhalten verantwortlich sein. Zur Unterscheidung zweier Typen solcher Fasern (ein Typ in der Orbitalzone, ein Typ in der Bulbärzone) berechtigt uns neben Strukturunterschieden (Faserkaliber, Mitochondriengehalt) auch ein unterschiedliches Enzymmuster (ASMUSSEN et al., 1971; MAYR, 1973). Die Existenz zweier Typen multipel innervierter Fasern bietet eine Möglichkeit der Erklärung divergenter physiologischer Befunde für die Eigenschaften der «slow fibres» des Katzenaugenmuskels (HESS und PILAR, 1963; BACH-Y-RITA und ITO, 1966).

Die einfach innervierten Fasern der Bulbärzone müssen aufgrund ihres sehr hohen Gehalts an sarkotubulärem System für besonders schnell arbeitende «twitch fibres» gehalten werden. Ihr variabler Mitochondriengehalt darf als Ausdruck ihrer Fähigkeit zu mehr oder weniger ausdauernder Aktivität gelten. Diese Fasern dürfen den Augenmuskel zu seiner lange bekannten, besonders hohen Kontraktionsgeschwindigkeit bei hoher Fusionsfrequenz befähigen. Der histochemische Nachweis der myofibrillären ATPase zeigte in Übereinstimmung damit, daß alle fokal innervierten Fasertypen die ATPase des «schnellen Myosins» (alkalistabil/säurelabil) besitzen (MAYR, 1973), d. h. daß «slow twitch fibres» entsprechend jenen der gewöhnlichen Skelettmuskeln im Augenmuskel fehlen. – Aus morphometrischen Analysen geht hervor, daß die einfach innervierten Fasern der Orbitalzone weniger an sarkotubulärem System enthalten als jene der Bulbärzone. Wir halten sie daher für etwas langsamer arbeitende «fast twitch fibres». Ihr durchwegs hoher Mitochondriengehalt läßt auf ausdauernde Kontraktionsleistung rückschließen.

Insgesamt scheint die Bulbärzone mehr auf Schnelligkeit, die Orbitalzone mehr auf Ausdauer der Kontraktion spezialisiert zu sein. Der physiologische Nachweis dafür, welche Muskelfasertypen bei den verschiedenen Formen von Augenbewegungen aktiv sind bzw. in welchem Ausmaß sie beteiligt sind, steht indes noch aus.

(2) Am Augenmuskel der Katze konnten wir noch interessante Besonderheiten der Muskelarchitektur feststellen (MAYR et al., 1975). Sie widerlegen die landläufige Ansicht, daß Augenmuskeln parallelfaserige Muskeln sind, bei denen alle Fasern von Sehne zu Sehne durchlaufen. Wir fanden nämlich im Katzenaugenmuskel eine besonders große Zahl sog. Muskelfaserbrücken, wie wir sie zuvor schon am Vogelmuskel beobachtet und näher beschrieben hatten (MAYR et al., 1967). Solche Brücken sind direkte Verbindungen zweier Muskelfasern ohne Zwischenlagerung von Sehnenmaterial. Sie können aufgrund ihrer Cholinesterase-Aktivität histochemisch sichtbar gemacht werden. Eine Analyse entsprechender Präparate durch Mikrodissektion ergab, daß die fokal inner-

vierten Muskelfasern der Bulbärzone der Katze über solche Brücken untereinander verbunden sind, so daß eine Vernetzung und Serienschaltung dieser Fasern zustande kommt. Die Länge der einzelnen Fasern erreicht oft nur ein Drittel der Muskellänge. Demgegenüber durchlaufen die multipel innervierten Fasern dieser Zone, wie übrigens auch alle Fasern der Orbitalzone (in der solche Brücken fehlen), immer die ganze Muskellänge. Wir schreiben den Brücken nur mechanische Bedeutung zu. Die Serienschaltung gerade der schnellen Fasern könnte einer Herabsetzung der Kontraktionszeit dienen, ist doch bekannt, daß die Erregungsleitung entlang der Muskelfaser bedeutend langsamer erfolgt als an den Nervenfasern. Der Vorteil einiger kurzer, in Serie geschalteter, fokal innervierter Fasern gegenüber einer einzigen langen Faser bestünde also in einer Beschleunigung der Koppelung von Exzitation und Kontraktion dieses Systems. – Der Augenmuskel der Albinoratte besitzt diese Baueigentümlichkeiten trotz ähnlicher Muskelfaserzusammensetzung nicht. Die Baumerkmale der Augenmuskeln dürften somit speziesabhängig sein.

#### Literatur:

- ALVARADO, J.: Morphology of eye muscles. In: Symposium über «Basic mechanisms of ocular motility and their clinical implications», Stockholm 1974.
- ASMUSSEN, G., KISSLING, A., und WOHLHAB, F.: Histochemische Charakterisierung der verschiedenen Muskelfasertypen in den äußeren Augenmuskeln von Säugetieren. *Acta anat.* 79, 526–545 (1971).
- BACH-Y-RITA, P., and ITO, F.: In vivo studies of fast and slow muscle fibers in cat extraocular muscles. *J. Gen. Physiol.* 49, 1177–1198 (1966).
- HARKER, D. W.: The structure and innervation of sheep superior rectus and levator palpebrae extraocular muscles. I. Extrafusal muscle fibers. *Invest. Ophthalmol.* 11, 956–969 (1972).
- HESS, A.: Vertebrate slow muscle fibers. *Physiol. Rev.* 50, 40–62 (1970).
- HESS, A., and PILAR, G.: Slow fibers in the extraocular muscles of the cat. *J. Physiol. (Lond.)* 169, 780–798 (1963).
- MAYR, R.: Structure and distribution of fiber types in the external eye muscles of the rat. *Tissue & Cell* 3, 433–462 (1971).
- MAYR, R.: Morphometrie von Ratten-Augenmuskelfasern. *Verh. Anat. Ges.* 67, 353–358 (1973).
- MAYR, R., ZENKER, W., und GRUBER, H.: Zwischensehnenfreie Skelettmuskel-faser-Verbindungen. *Z. Zellforsch.* 79, 319–325 (1967).
- MAYR, R., GOTTSCHALL, J., GRUBER, H., and NEUHUBER, W.: Internal structure of cat extraocular muscle. *Anat. Embryol.* 148, 25–34 (1975).