

---

# Vorlesung

## Grundlagen der Diagnose & Beratung

*Sascha Härtel, Gunther Kurz*

***Kraftdiagnostik***

—

***allgemeine Grundlagen***



## Grundlagen der Diagnose und Beratung

- 19.04. Organisation, Ablauf, Einführung (Definition, Systematisierung) (Härtel)
- 26.04. Testtheorie (Tittlbach)
- 03.05. Kraftdiagnostik – *allgemeine Grundlagen & Anwendung (Kurz)*
- 10.05. Fragebogen - Beobachtung (Tittlbach)
- 24.05. Ausdauerdiagnostik - *allgemeine Grundlagen (Härtel)*
- 14.06. Ausdauerdiagnostik – *Testverfahren (Härtel)*
- 21.06. **Laktatdiagnostik – *allgemeine Grundlagen (Kurz)***
- 28.06. Laktatdiagnostik – *Durchführung, Auswertung & Interpretation (Kurz)*
- 05.07. Spirometrie & Spiroergometrie – *allgemeine Grundlagen (Härtel)*
- 12.07. Spiroergometrie – *Durchführung, Auswertung & Interpretation (Härtel)*
- 26.07. eventuell Klausurtermin**



# ***Gliederung***

---

- 1. Systematisierung der Kraft**
- 2. Muskelfasertypen**
- 3. Muskelarchitektur**
- 4. Muskelkennlinien**

**Aktivierungskennlinie**

**Kraft-Geschwindigkeit-Kennlinie**

**Kraft-Längen-Kennlinie**



# Systematik der Kraftfähigkeiten

## **Ausdauerfähigkeiten**

resultieren aus den sauerstoff- und energiebereitstellenden Prozessen des Organismus.



## **Beweglichkeit**

wird vom Aktionsradius der Gelenke und der Dehnfähigkeit der Muskulatur bedingt.



## **Kraftfähigkeiten**

werden von Muskelleistungen bei größeren äußeren Widerständen erbracht.



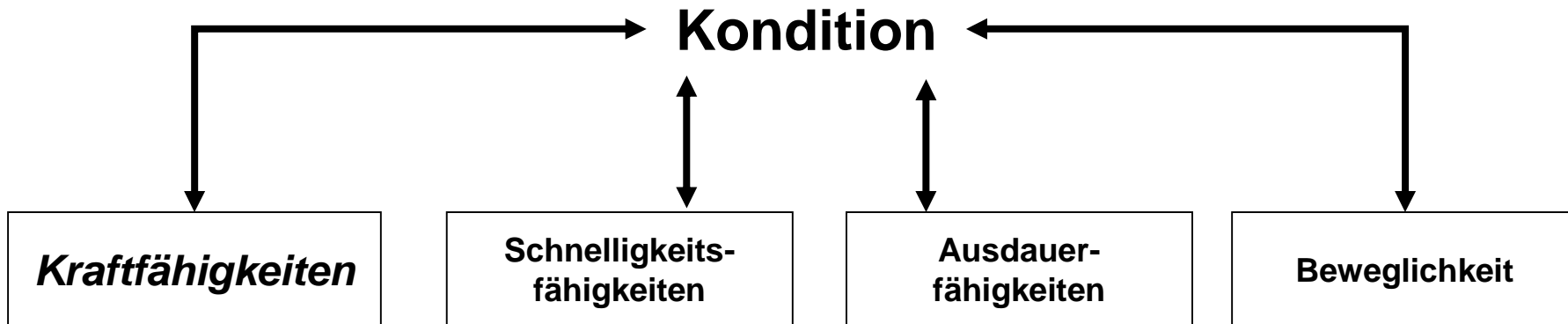
## **Schnelligkeitsfähigkeiten**

basieren auf dem neuromuskulären Zusammenspiel bei schnellen Bewegungen.



# Systematik der Kraftfähigkeiten

Subgruppen der konditionellen Fähigkeiten



**Maximalkraft**

**Schnellkraft**

**Reaktivkraft**

**Kraftausdauer**

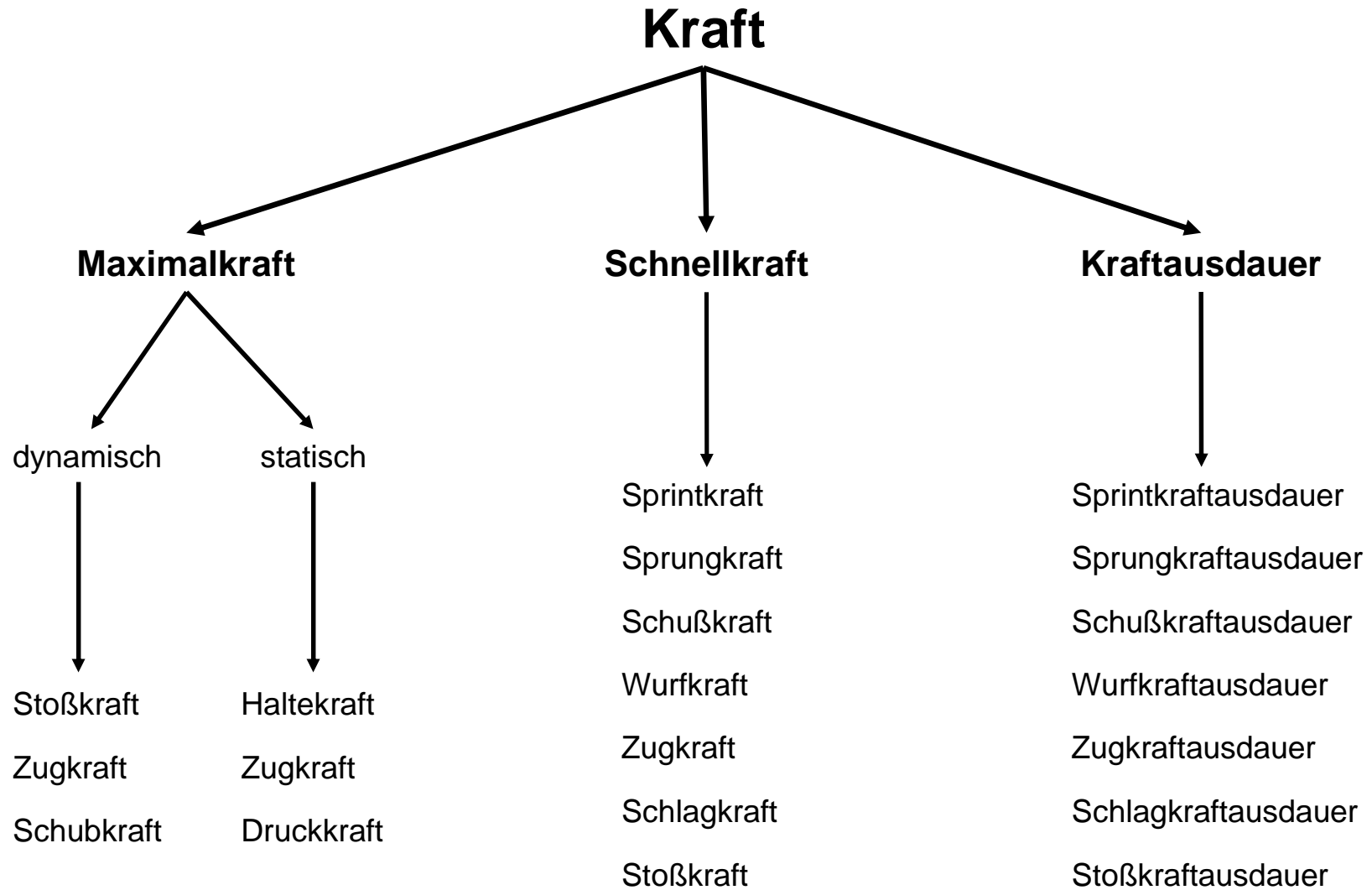
Reaktionsschnelligkeit  
Beschleunigungsfähigkeit  
Bewegungsschnelligkeit

Kurzzeitausdauer  
Mittelzeitausdauer  
Langzeitausdauer

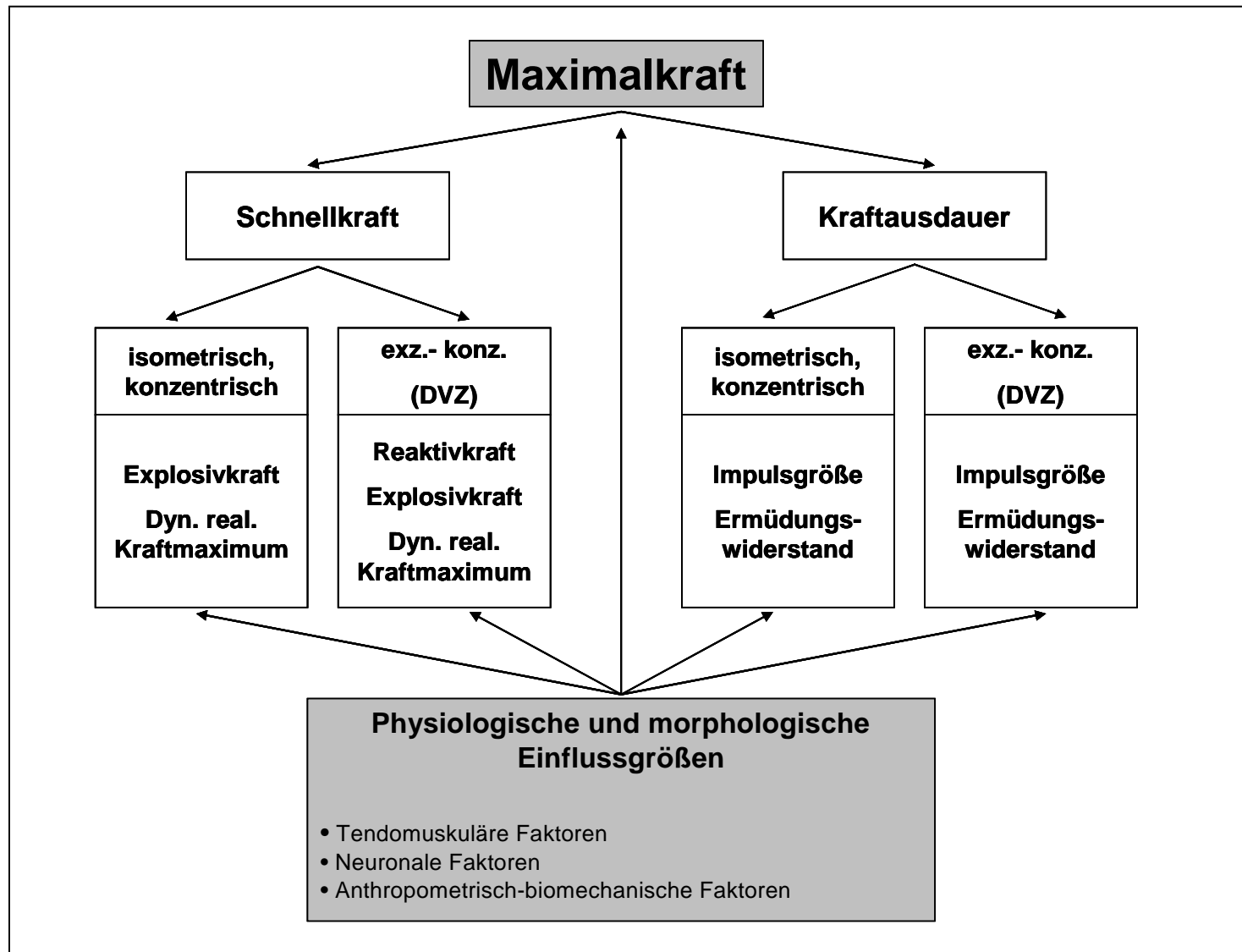
Gelenkbeweglichkeit  
Dehnungsfähigkeit



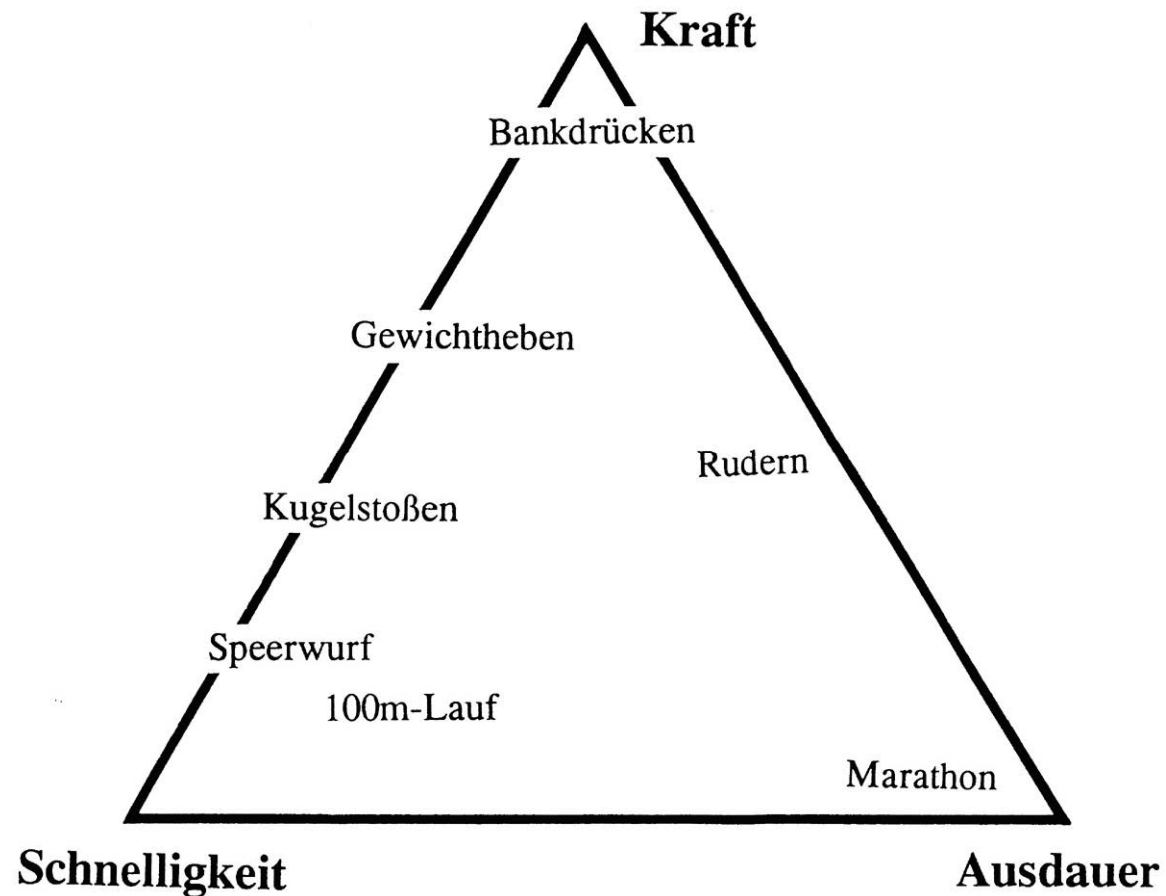
# Systematik der Kraftfähigkeiten



# Systematik der Kraftfähigkeiten



# Disziplinen im Dreieck der konditionellen Fähigkeiten

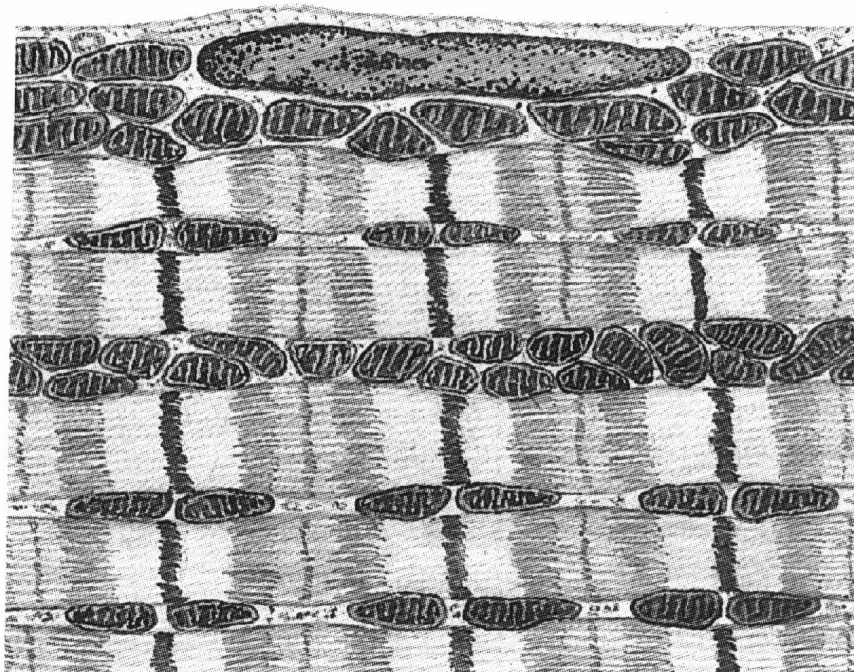




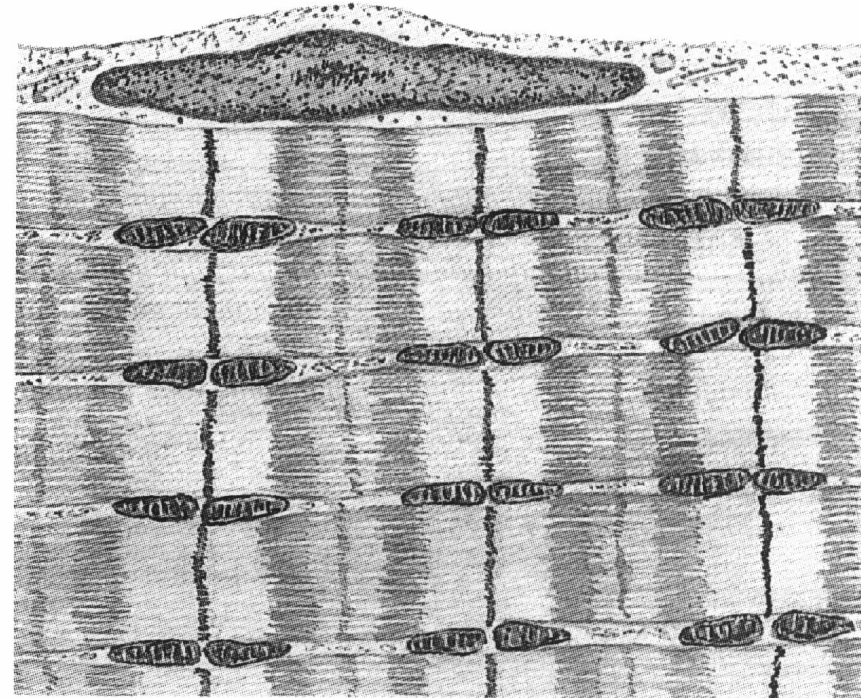
# Muskelfasertypen

Histologische Unterschiede zwischen schnellen und langsamen Fasern:

STO-Faser



FTO-Faser

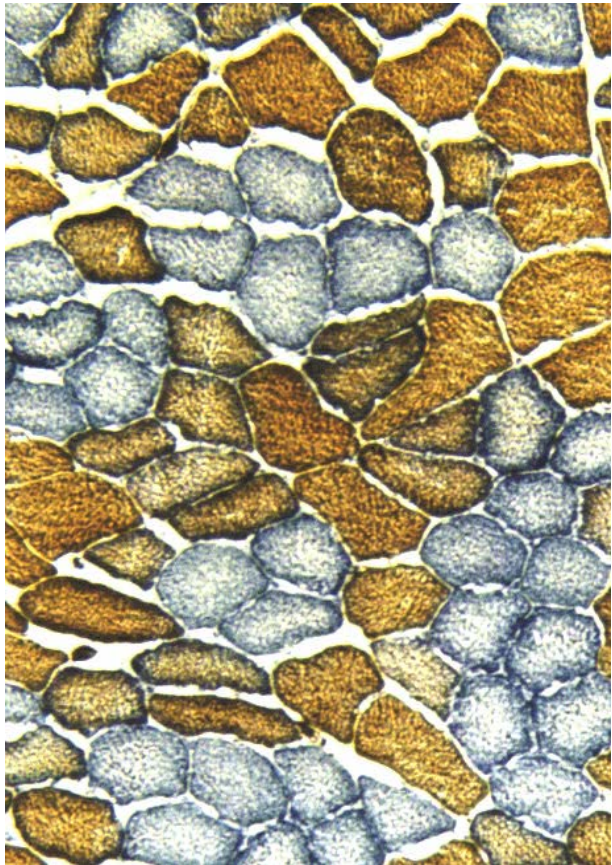


Unterschiedliche Mitochondrienzahl im elektronenmikroskopischen Bild

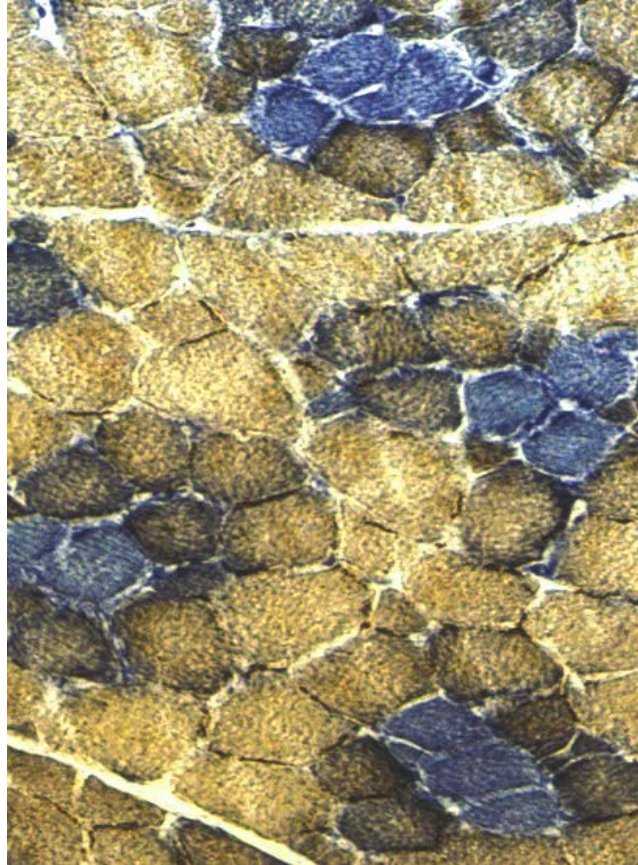




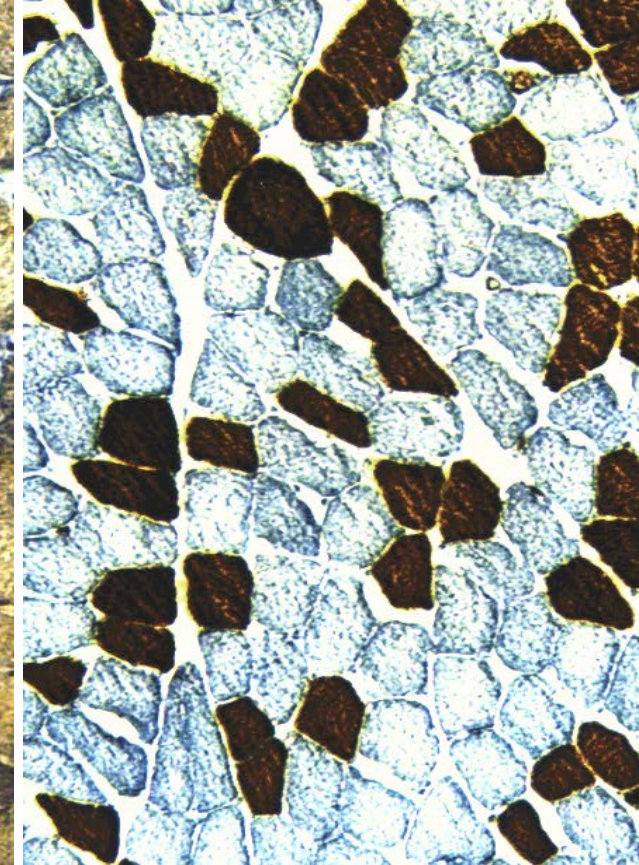
# Muskelfasertypverteilung unterschiedlicher Muskulaturen



M. gastrocnemius



M. tibialis anterior



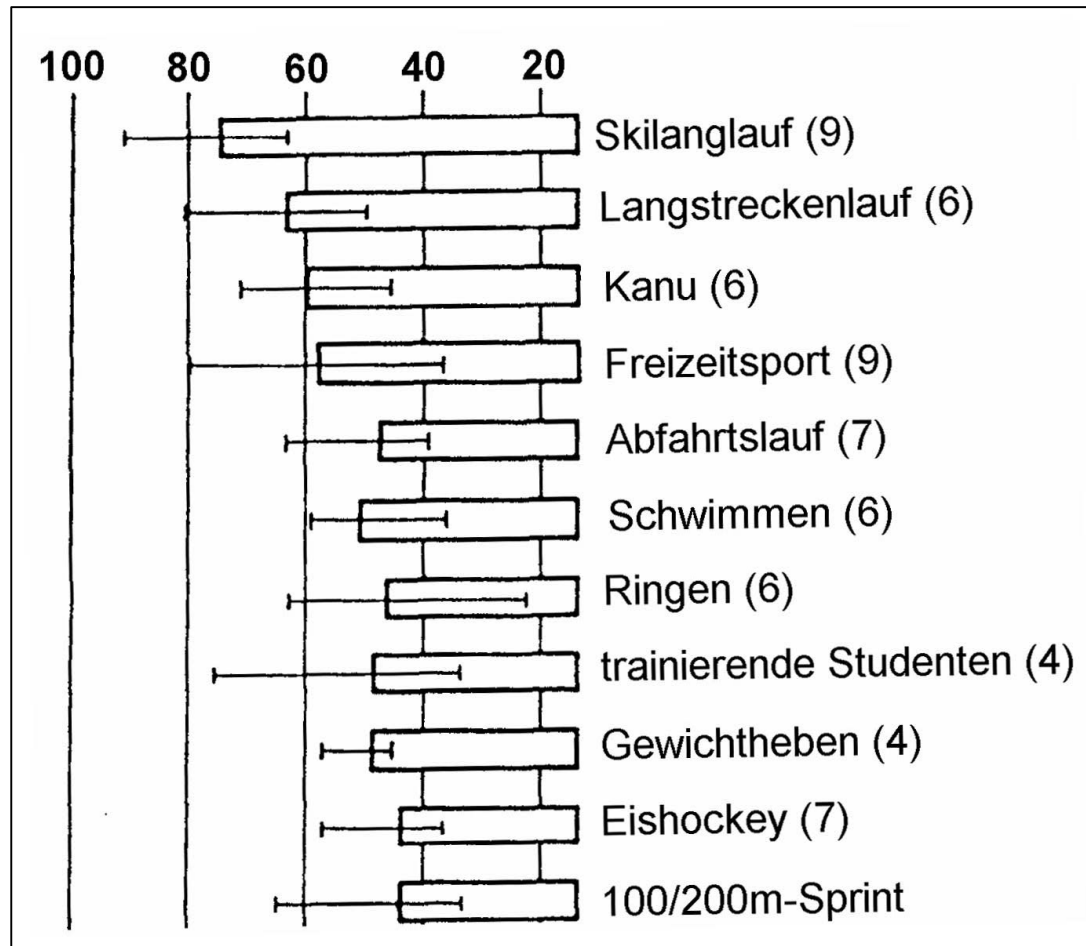
M. soleus

***blau: STO-Fasern; gelb-blau: FTO-Fasern; gelb: FTG-Fasern***

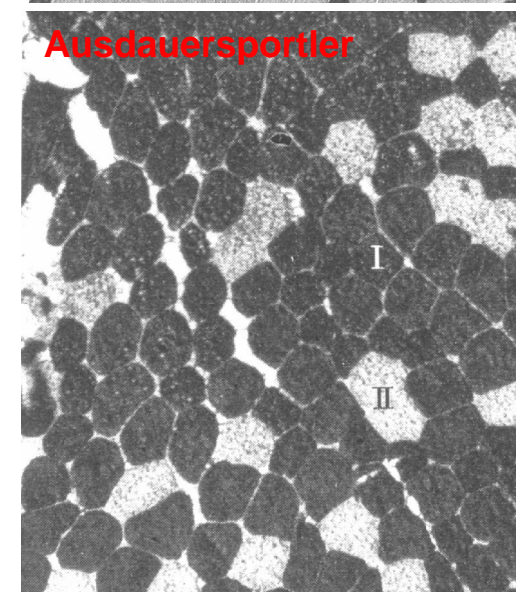
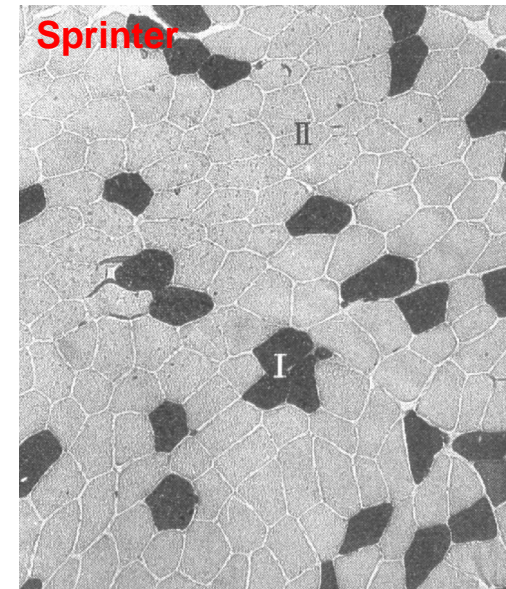




# Muskelfasertypverteilung bei Spitzenathleten



Anteile (%) der STG-Fasern (Beinstrecker) von Leistungssportlern (Karlson 1975)

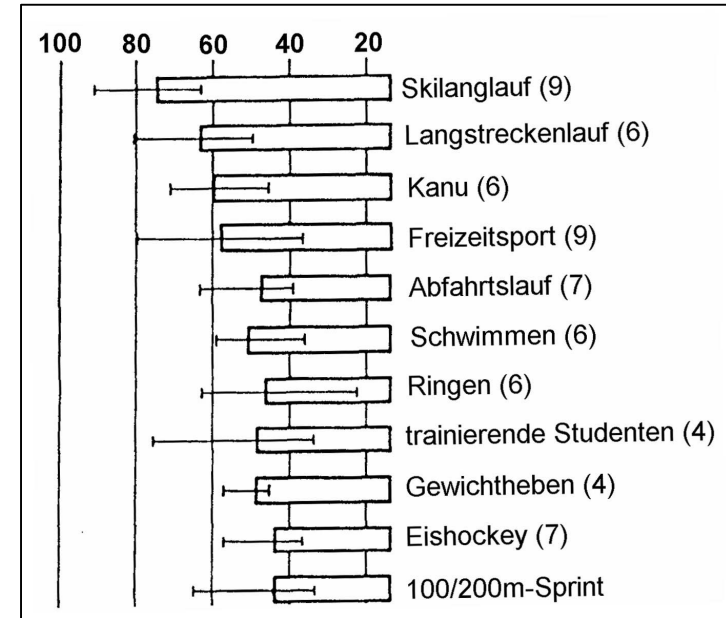


# Muskelfasertypverteilung bei Spitzenathleten

## Muskelfasertypen

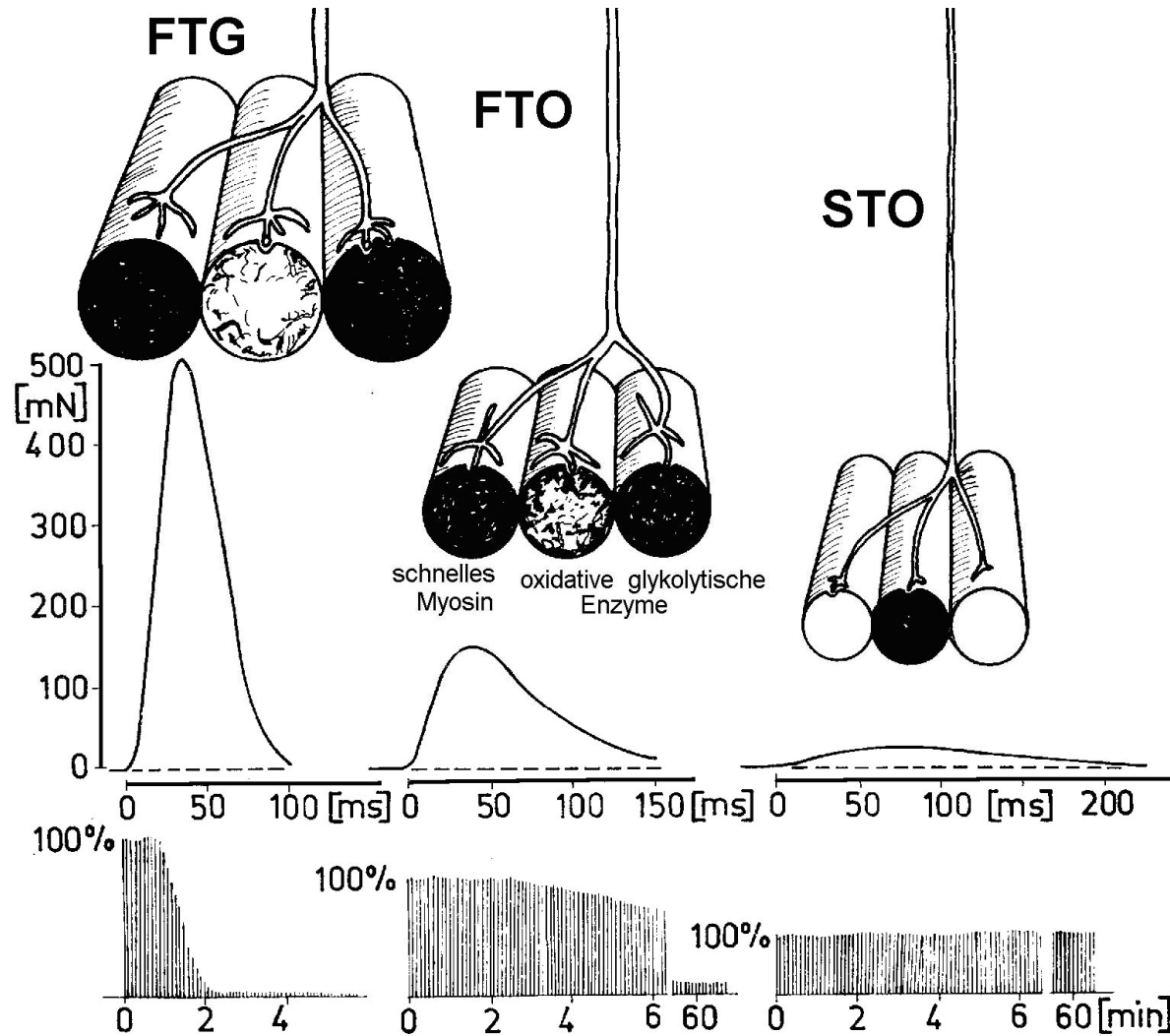
*Unterschiede in der Muskelfasertypverteilung bei Spitzenathleten:*

- Proportion von schnellen und langsamen (ermüdungsresistenten) Muskelfasern ist weitgehend genetisch determiniert
- Selektion von Personen mit hohen Anteilen an schnellen Fasern in den Schnellkraftsportarten bzw. mit vielen ST-Fasern in den Ausdauersportarten.
- spezifisches Training bedingt in erster Linie eine selektive Querschnittserhöhung von Fasertypen, die Fasertypumwandlung ist langwierig und nur begrenzt möglich



# Muskelfasertypen

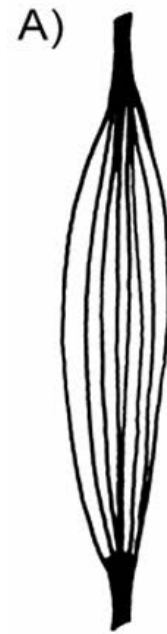
## Faserspektrum



# Muskelarchitektur

---

## Anordnung der kontraktilen Komponenten



fusiform



unipennat



bipennat

- Muskelgewebe kann pro cm<sup>2</sup> Querschnittsfläche eine Kraft von ca.30N entwickeln (spezifische Muskelspannung=30N/cm<sup>2</sup>).
- Je größer der Querschnitt, um so stärker die maximale Kraft.

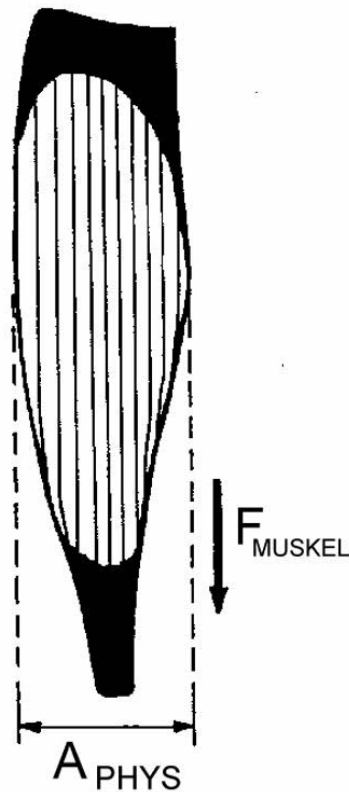




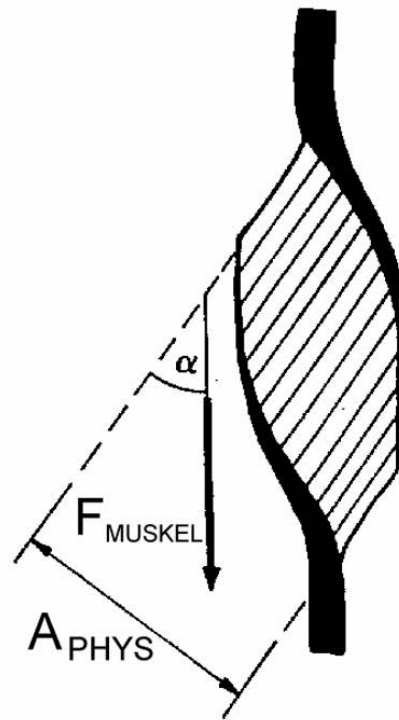
# Muskelarchitektur

Berechnung der Muskelkraft für fusiformen und unipennaten Muskel:

fusiform



unipennat



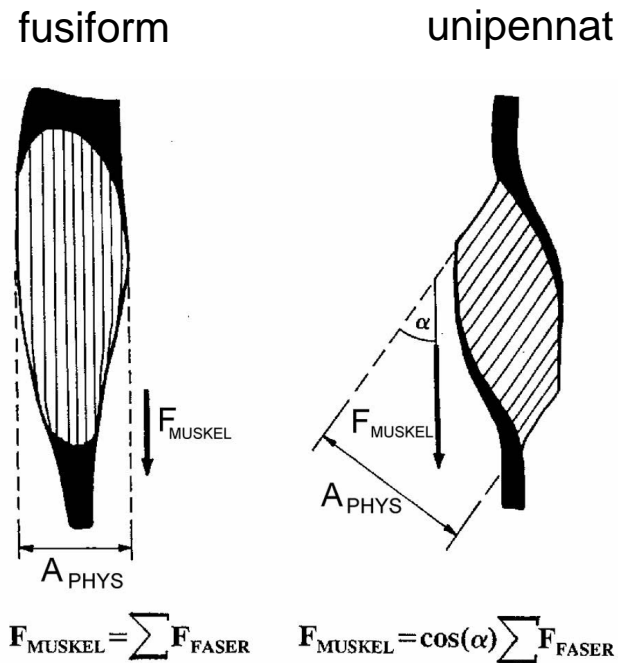
$$F_{MUSKEL} = \sum F_{FASER}$$

$$F_{MUSKEL} = \cos(\alpha) \sum F_{FASER}$$



# Muskelarchitektur

## Vorteile fusiformer und unipennater Muskel



Die Summe der Faserkräfte berechnet sich mit dem Produkt aus Faserfläche und spezifischer Muskelspannung

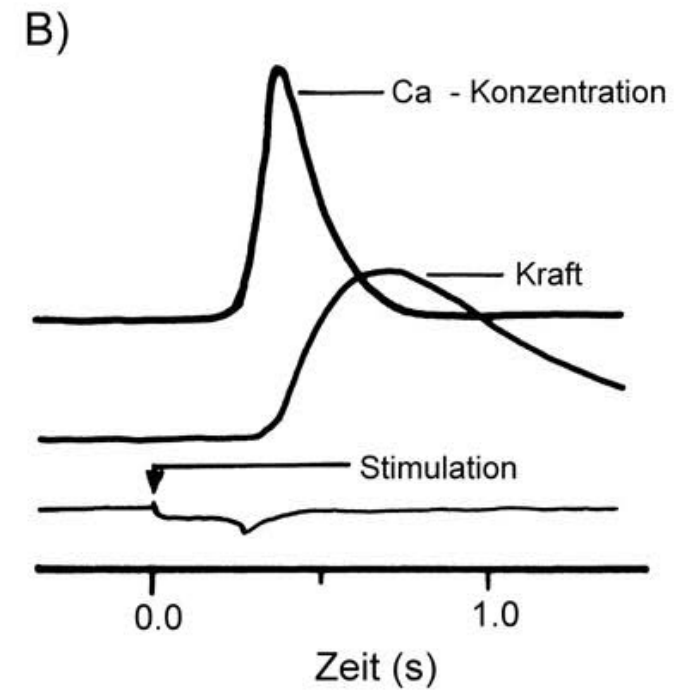
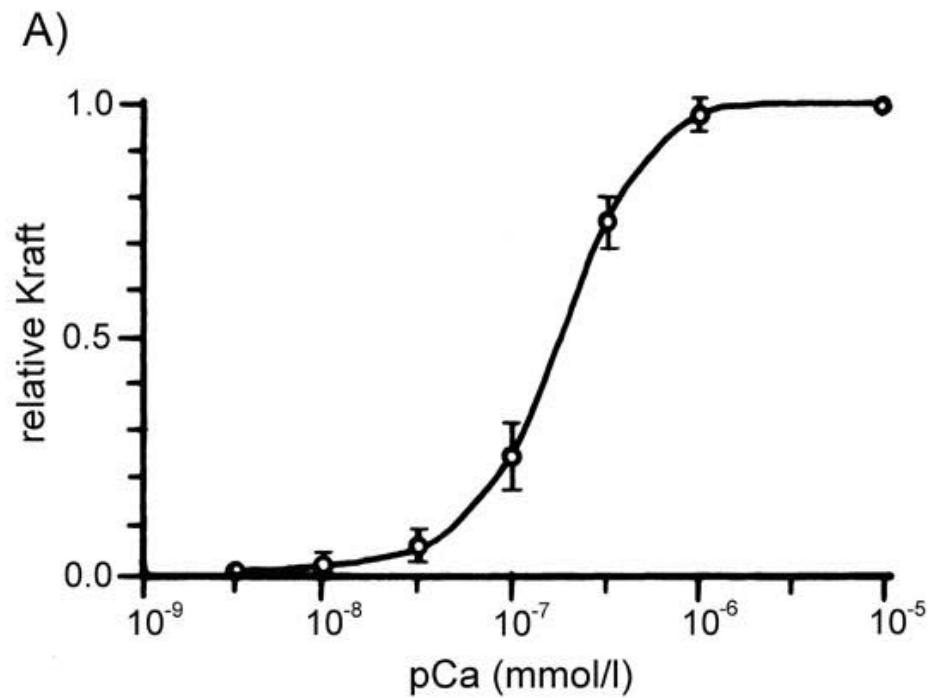
- Der Vorteil pennater Muskeln liegt in der Entfaltung hoher Muskelkräfte (größerer physiologischer Querschnitt).
- Fusiforme Muskeln besitzen einen großen Arbeitslängenbereich und erreichen höhere Kontraktionsgeschwindigkeiten (größere Muskelfaserlänge).





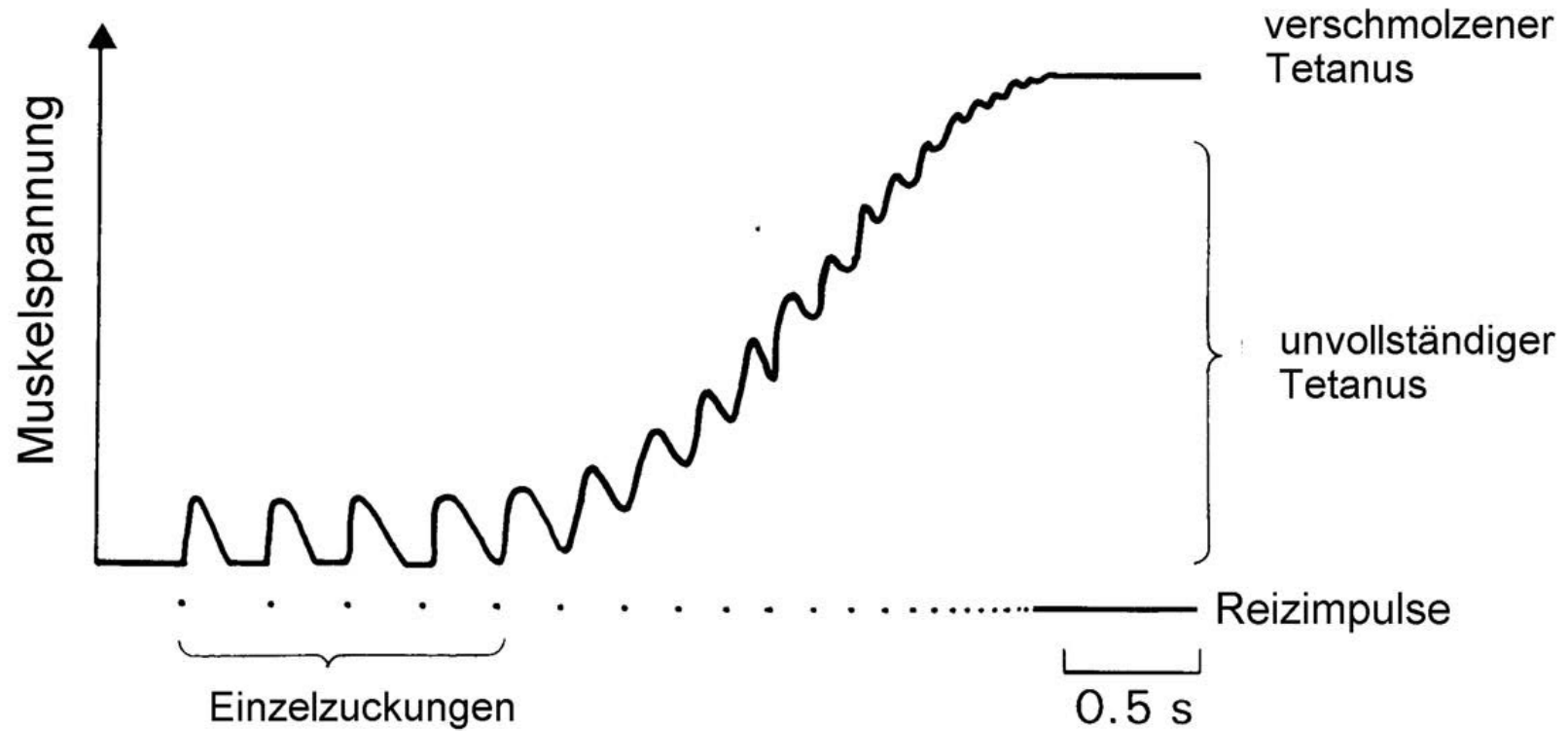
# Aktivierungskennlinie - Muskelaktivierung

Zusammenhang zwischen Stimulation, Kalziumkonzentration im Sarkoplasma und Kraftentfaltung an den Myofilamenten (Froschmuskel, 0°C)



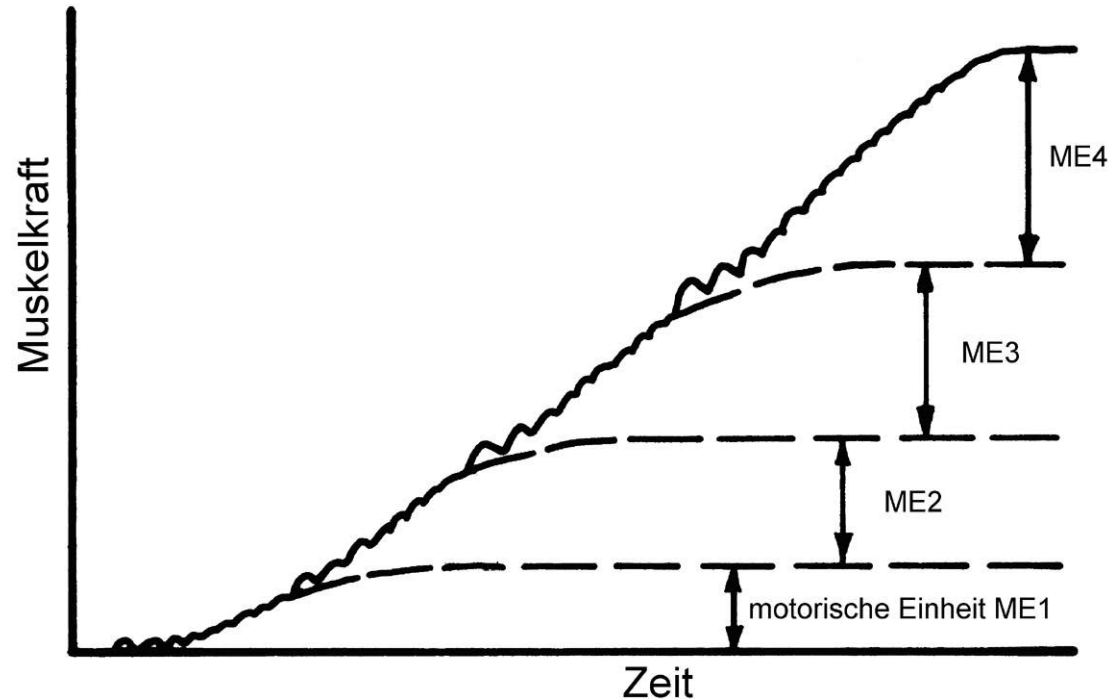
# Aktivierungskennlinie

## Einzelzuckung und tetanische Kontraktion



# Aktivierungskennlinie

## Rekrutierungsschema nach Henneman (1974)

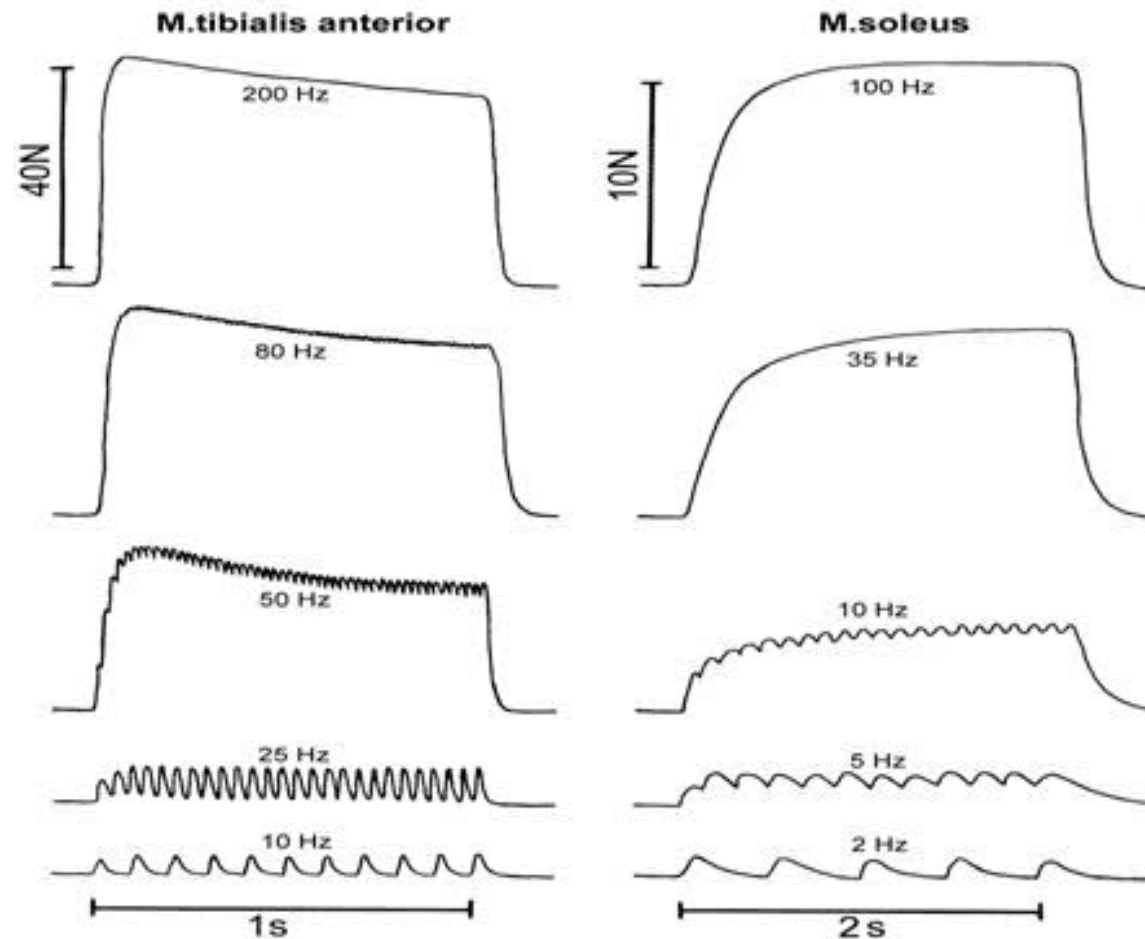


- zu Beginn der Aktivierung werden die kleinsten Einheiten (mit den wenigsten Muskelfasern) zuerst eingeschaltet (ermöglichen feine Koordination in geringer Abstufung)
- die größten motorischen Einheiten werden zuletzt aktiviert (keine Feinregulation der Kraft möglich, da das Kraftpotential einer großen Einheit zu hoch ist)
- ST-Fasern werden mit geringeren Reizfrequenzen als FT-Fasern angesprochen



# Aktivierungskennlinie

## Kontraktionsverlauf ST- bzw. FT-Faser dominierter Muskel

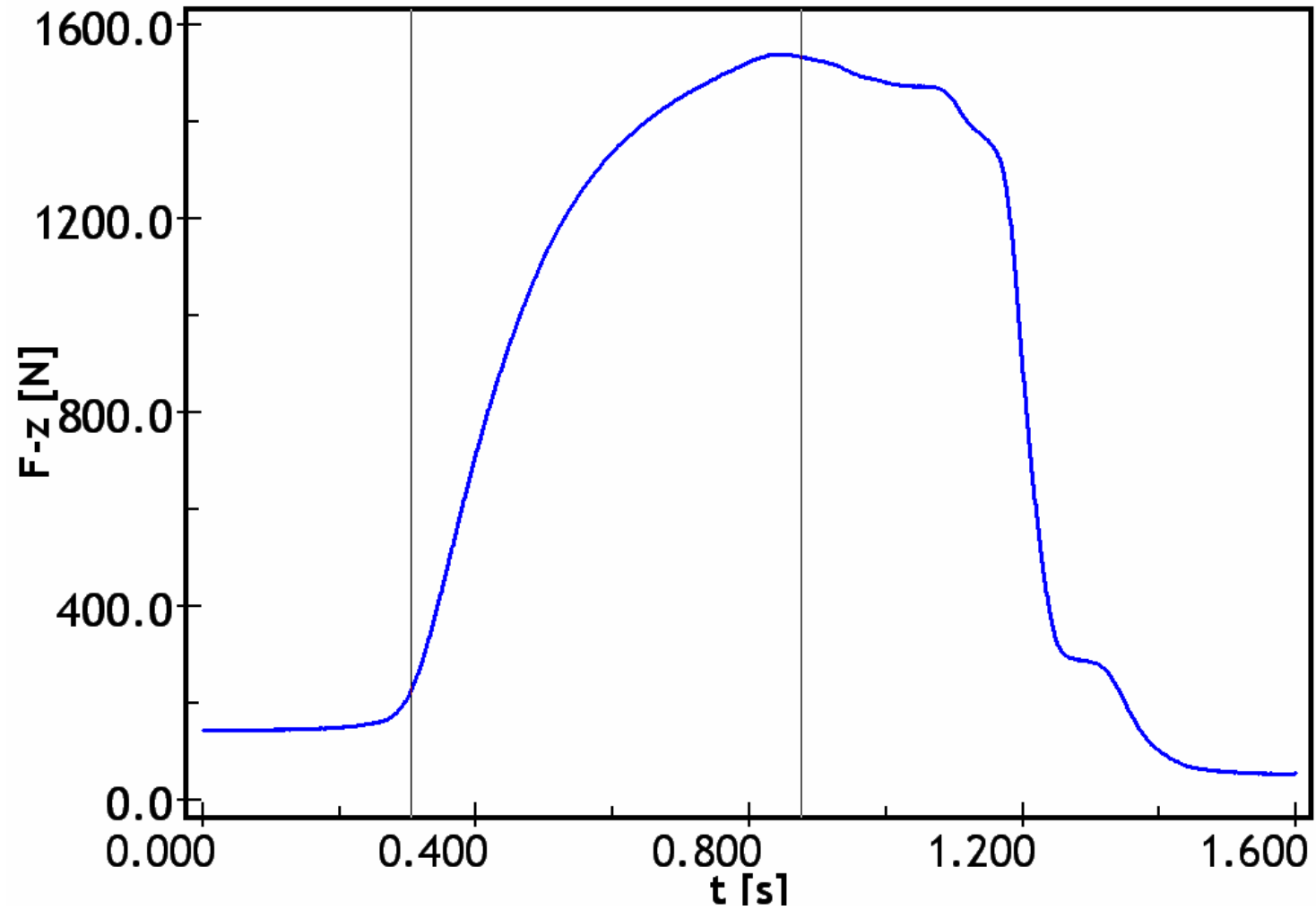


- Kraftanstieg bei Muskeln mit vielen schnellen Fasern 3x so schnell wie bei Muskeln mit überwiegend ST-Fasern
- Verschmelzungsreizfrequenz für Muskeln mit überwiegend ST-Fasern geringer als bei FT-Muskeln

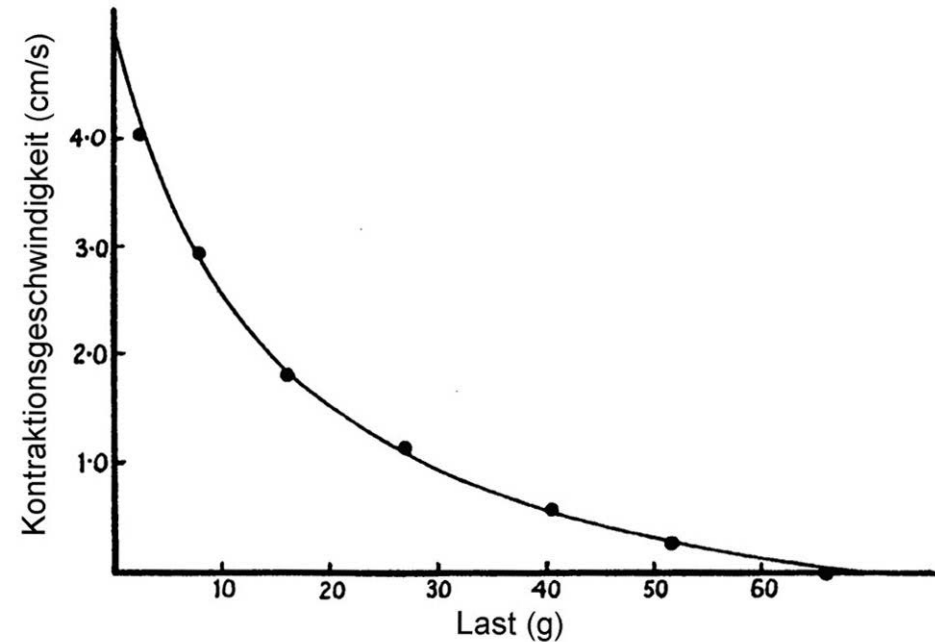
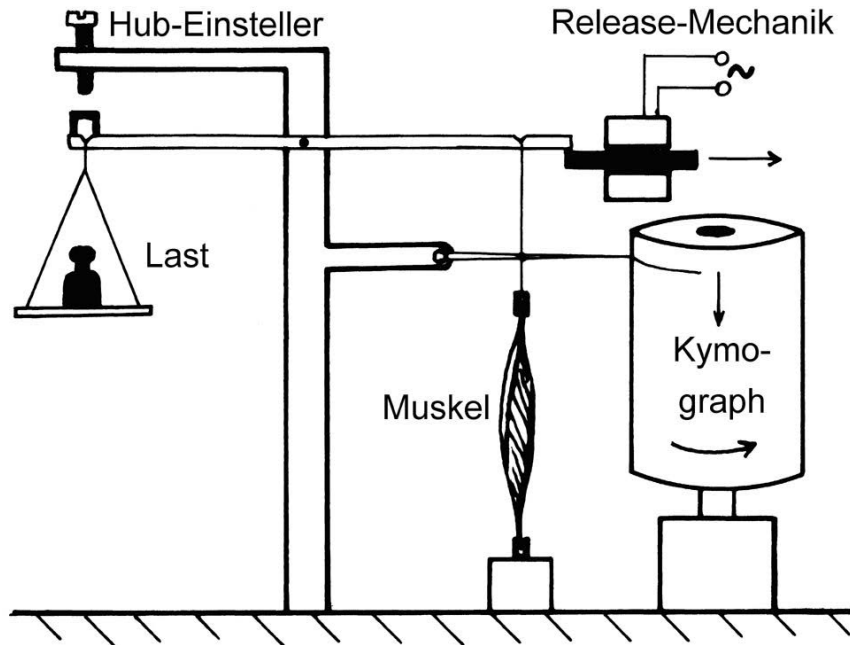


# Aktivierungskennlinie

---



# Kraft-Geschwindigkeits-Kennlinie (HILL'sche Gleichung)



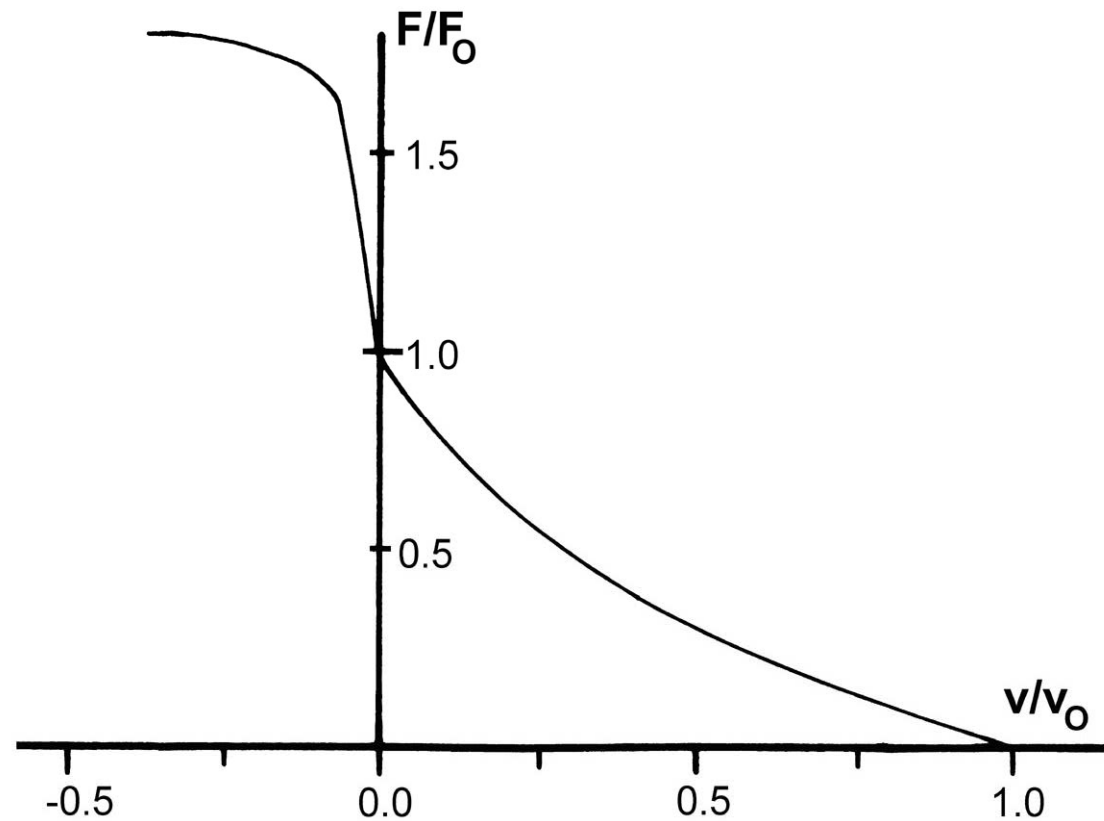
Ausgangspunkt für die Herleitung der Hillschen Gleichung war eine Messreihe der mittleren Kontraktionsgeschwindigkeit eines Froschmuskels bei unterschiedlichen Lasten (Hill, 1938).

Die Hillsche Gleichung beschreibt den hyperbolischen Zusammenhang zwischen der Last (als Kraft eingesetzt) und der Kontraktionsgeschwindigkeit.

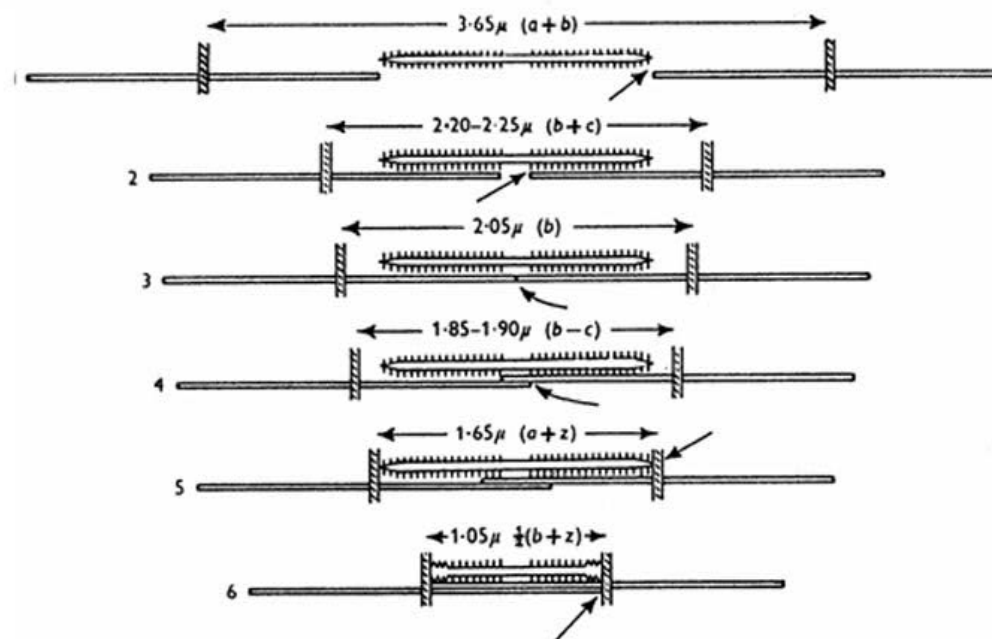
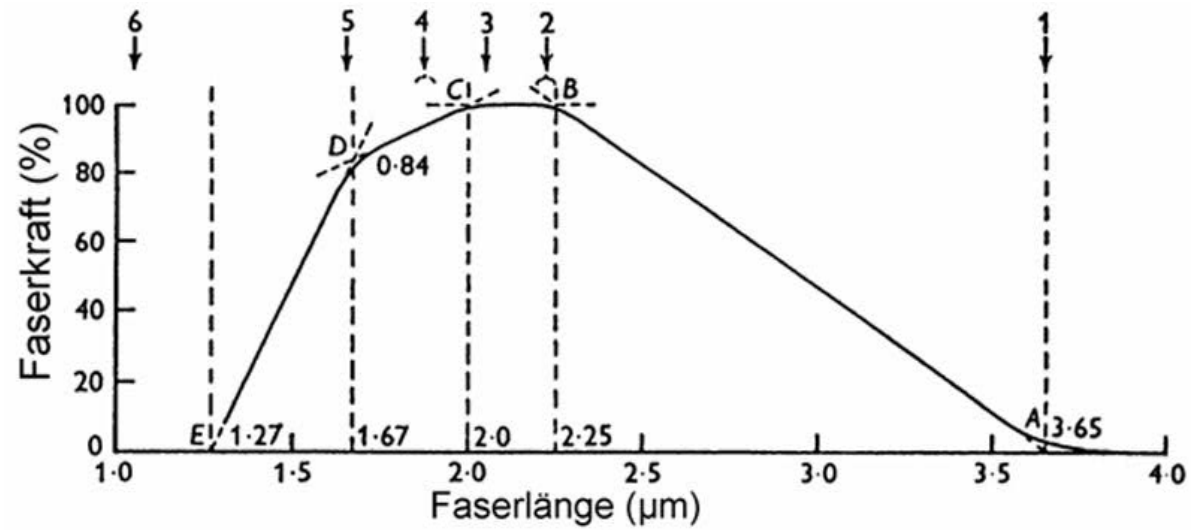


# Kraft-Geschwindigkeits-Kennlinie

## Exzentrische Kontraktionen



# Kraft-Längen-Kennlinie

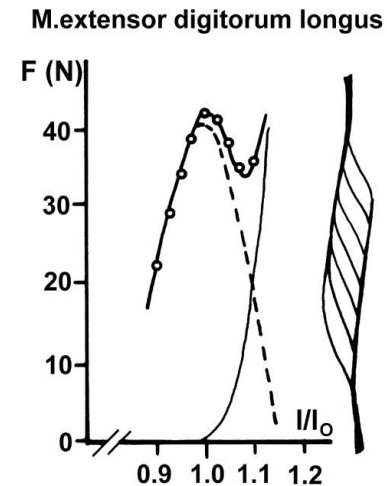
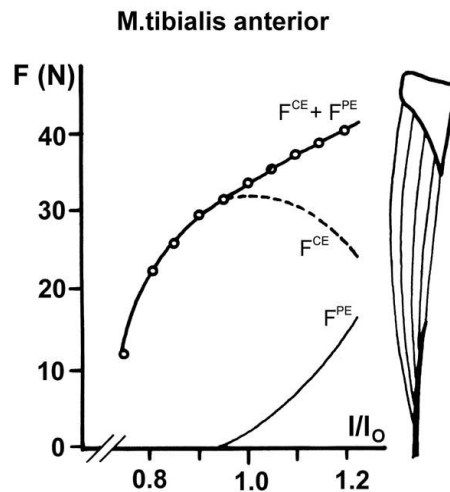




# Kraft-Längen-Kennlinie

## Kraft-Längen-Kennlinie

Aufgrund der unterschiedlichen Überlappung von Aktin und Myosin erreicht eine Muskelfaser in Abhängigkeit von der aktuellen Muskellänge unterschiedlich hohe Maximalkräfte – die optimale Sarkomerlänge beträgt 2.0-2.3 $\mu\text{m}$

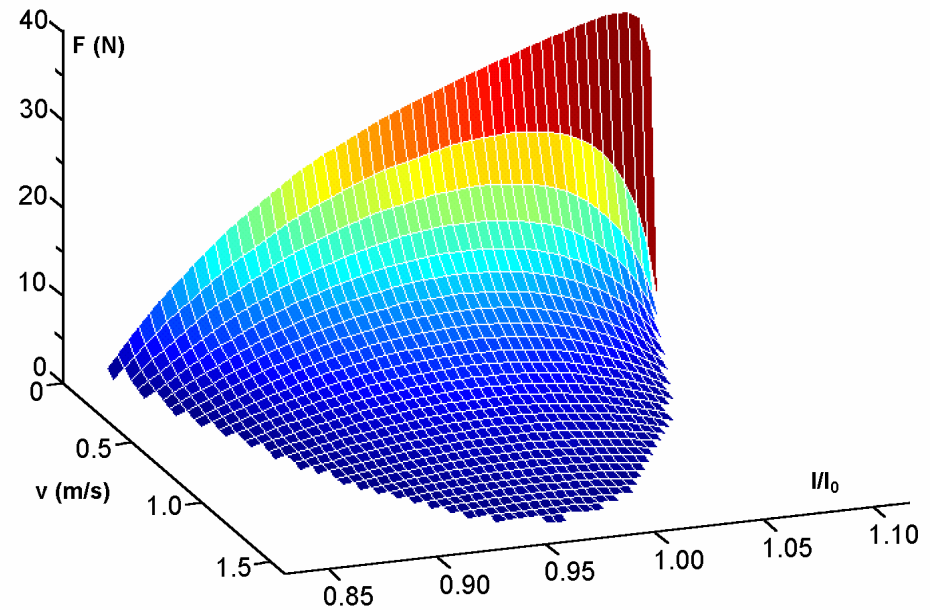
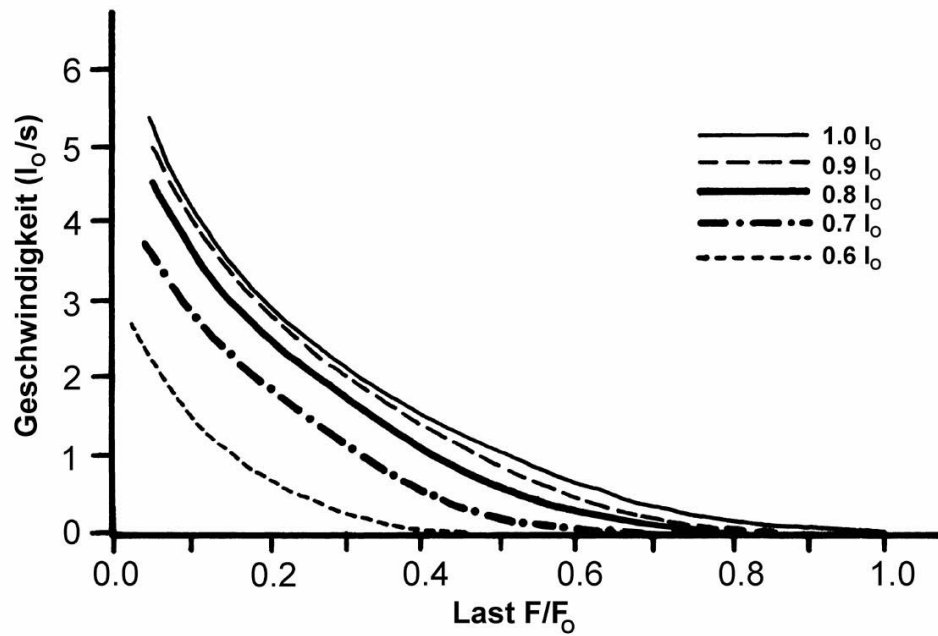


Kraft-Längen-Relationen von Muskeln weisen ähnliche Verläufe auf wie die von Muskelfasern. Der Gesamtlängenbereich ist jedoch geringer und maßgeblich von der Muskelarchitektur (fusiform oder pennat) abhängig.



# Kraft-Geschwindigkeits-/ Kraft-Längen-Kennlinie

in Abhängigkeit der Muskelausgangslänge



## Literatur

---

Dirix, A.; Knuttgen, H.G.; Tittel, K. (1989) Olympia Buch der Sportmedizin. Deutscher Ärzte Verlag, Köln

Grosser, M.; Hermann, H.; Tusker, F.; Zintl, F. (1987) Die sportliche Bewegung. BLV Verlagsgesellschaft, München

Komi, P.V. (1992) Strength and Power in Sports. Blackwell Scientific Publications, Oxford

Martin, D. (Hrsg.) (1991) Handbuch Trainingslehre. Hofmann, Schorndorf

McComas, A.J. (1996) Skeletal muscle form and function. Human kinetics, Champaign

Netter, F.H. (1987) Farbatlanten der Medizin. Band 7: Bewegungsapparat. Thieme, Stuttgart

Nigg, B.M., Herzog, W. (1994) Biomechanics of the muskulo-skeletal System. Wiley, Chichester

Nordin, M.; Frankel, V.H. (1989) Basic biomechanics of the muskuloskeletal system. Lea & Febiger, Philadelphia

Schmidt, R.F.; Thews, G. (1995) Physiologie des Menschen. Springer, Stuttgart

