

**Vorlesungsmaterialien zum  
Download im Internet**

**[martinhillebrecht.de](http://martinhillebrecht.de)**

**oder**

**<http://134.106.185.142>**

**oder**

**[http://spt0010a.sport.uni-  
oldenburg.de/](http://spt0010a.sport.uni-oldenburg.de/)**

# Kriterien für Teilnahme und Scheinerwerb

1. Die Modulprüfung wird über ein Portfolio abgewickelt. Dazu können in dieser Veranstaltung Übungszettel bearbeitet werden. Dabei müssen jeweils 60% der maximal erreichbaren Punkte erreicht werden. Es wird in der Regel 5 Aufgabenzettel geben, die jeweils mit 10 Punkten bewertet werden. Zum Bestehen müssen Sie mindestens 3 Aufgabenzettel mit jeweils mindestens 6 Punkten vorweisen können. Sie sollten daher möglichst alle Zettel abgeben, damit schlechtere dann gestrichen werden können. Nach Ende des Semesters trage ich die Noten bei den zur Prüfung angemeldeten Kandidaten in StudIP ein.

2. Die Aufgabenzettel sind allein zu bearbeiten und schriftlich abzugeben. Benutzen Sie möglichst einen PC zum Schreiben, da handschriftliche Zettel nicht immer gut lesbar sind. Die Abgabemodalitäten sind auf dem Zettel jeweils geregelt. Normalerweise haben Sie eine knappe Woche Zeit, um die Aufgaben abzugeben. Sie können die Aufgaben natürlich mit anderen Studierenden besprechen, aber die Verschriftung machen sie bitte allein. Sollte ich feststellen, dass zwischen Aufgabenzetteln zu starke Übereinstimmungen bestehen, werde ich die jeweiligen Zettel nicht werten bzw. je nach Schwere des Fall sogar einen Ausschluss aus der Veranstaltung aussprechen. Also: Lassen Sie solche Täuschungsversuche sein, sie werden damit in der Regel entdeckt!

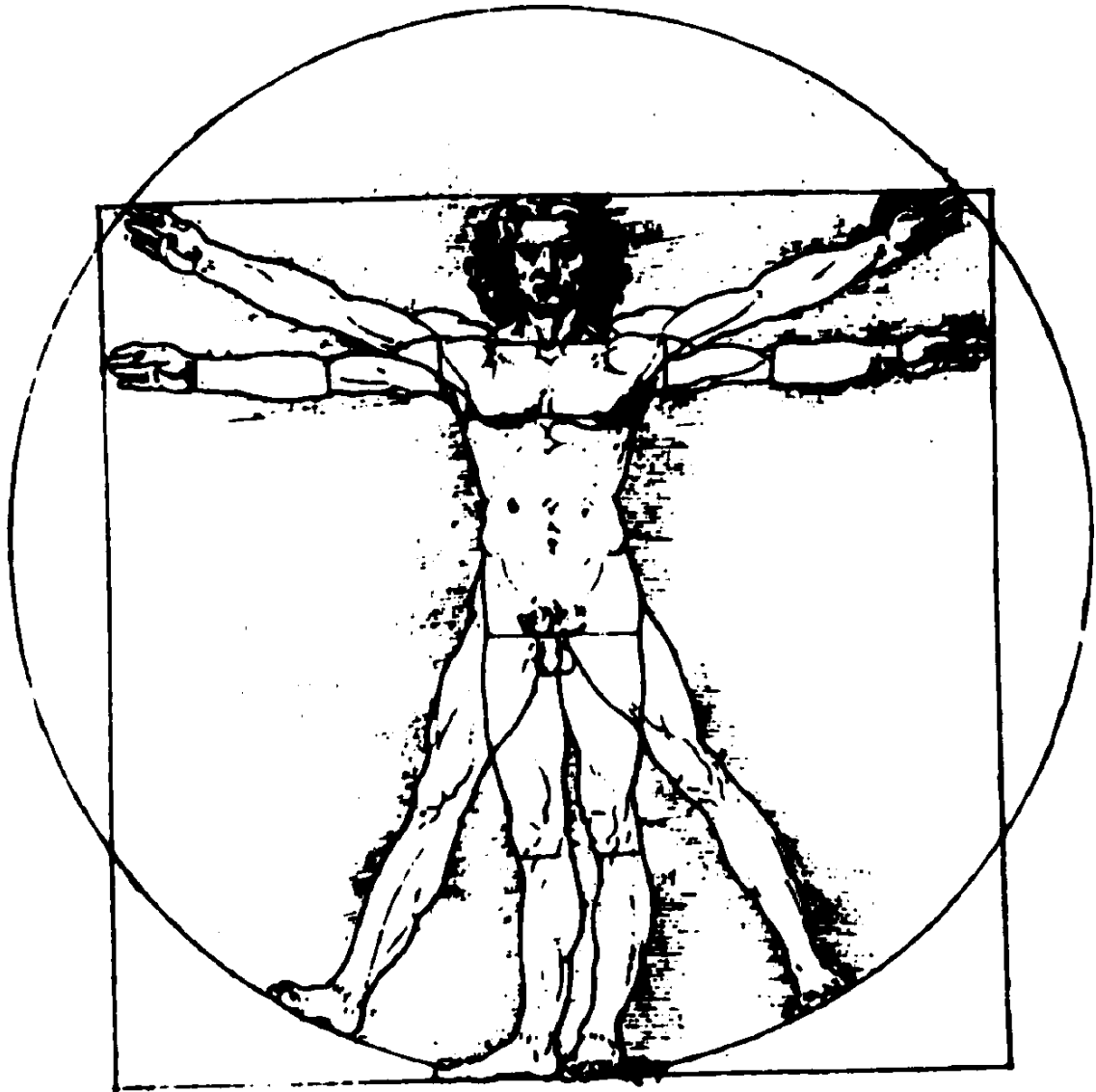
3. Für einzelne Aufgaben ist es sehr von Vorteil, wenn man Excel beherrscht. Wer das bisher noch nicht kann, dem lege ich es hiermit ans Herz, sich damit frühzeitig zu beschäftigen. Aus Zeitgründen kann ich keine Exceleinführung machen.

4. In diesem Semester können Sie als Proband an einem Experiment zu einer Masterarbeit teilnehmen. Dafür erlasse ich Ihnen einen Aufgabenzettel. Bewertet werden bei Ihnen dann die beiden besten, die Sie abgegeben haben!

# Programm der Vorlesung "Biomechanik"

- **Aufgabenbereich der Biomechanik, allgemeine Grundlagen;**
- **Physikalische Grundbegriffe**  
(Kinematik, Dynamik; insbesondere: Bezugssysteme, Bewegungsarten, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Drehmoment, Trägheit, Impuls, Arbeit, Energie, Leistung, Schwerpunkt, Gleichgewichtslagen, Drehbewegungen);
- **Biomechanische Prinzipien**  
(Anfangskraft, optimaler Beschleunigungsweg, Koordination von Teilimpulsen, Gegenwirkung, Impulserhaltung, optimale Tendenz im Beschleunigungsverlauf);
- **Statistische Grundlagen**  
(Mittelwerte, Streuungsmaße, Korrelation, Regression);
- **Biomechanische Meßmethoden**  
(mechanisch, elektronisch);
- **Biomechanische Leistungsdiagnose**  
(Bsp. Kraftdiagnostik Skispringen, Radfahren)
- **Biomechanik einzelner Sportarten**  
(LA, Schwimmen, Radfahren, ...).

**Leonardo Da Vinci  
Mann im Kreis und Quadrat**



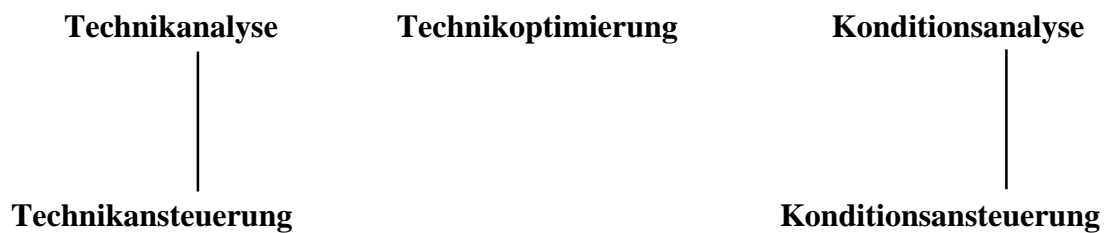
## **Aufgaben der Biomechanik nach Hochmuth (1982)**

1. Erforschung der zweckmäßigsten sportlichen Technik, d.h. des zweckmäßigsten biomechanischen Lösungsverfahrens der bestehenden sportlichen Bewegungsaufgabe.
2. Verallgemeinerung der gewonnenen Erkenntnisse über die zweckmäßigste Technik der einzelnen Disziplinen zu allgemeinen biomechanischen Prinzipien der zweckmäßigsten sportlichen Technik.
3. Weiterentwicklung der biomechanischen Untersuchungsmethoden.
4. Entwicklung von speziellen biomechanischen Untersuchungsmethoden der Schnellinformation für die Anwendung im technischen Training (Vergleich von Soll- und Istwert der maßgeblichen Bewegungsparameter).
5. Erarbeitung der biomechanischen Grundlagen für Trainingsübungen zur Entwicklung der erforderlichen physischen und psychischen Voraussetzungen (besonders der Kraftfähigkeiten).”

**=> sehr stark Leistungssportbezogen!**

# **Aufgabenbereich der trainingswissenschaftlich orientierten Biomechanik des Sports**

## **Aufgaben der Leistungsbiomechanik**



## **Aufgaben der Anthropo- metrischen Biomechanik**

Eignungsdiagnose

Leistungsprognose

## **Aufgaben der Präven- tiven Biomechanik**

Belastungsanalyse

Belastungsgestaltung

## **Technikanalyse**

1. Identifikation biomechanischer Einflußgrößen.
2. Schätzung der Einflußhöhe der Einflußgrößen  
(immer jeweils auf die sportmotorische Leistung).

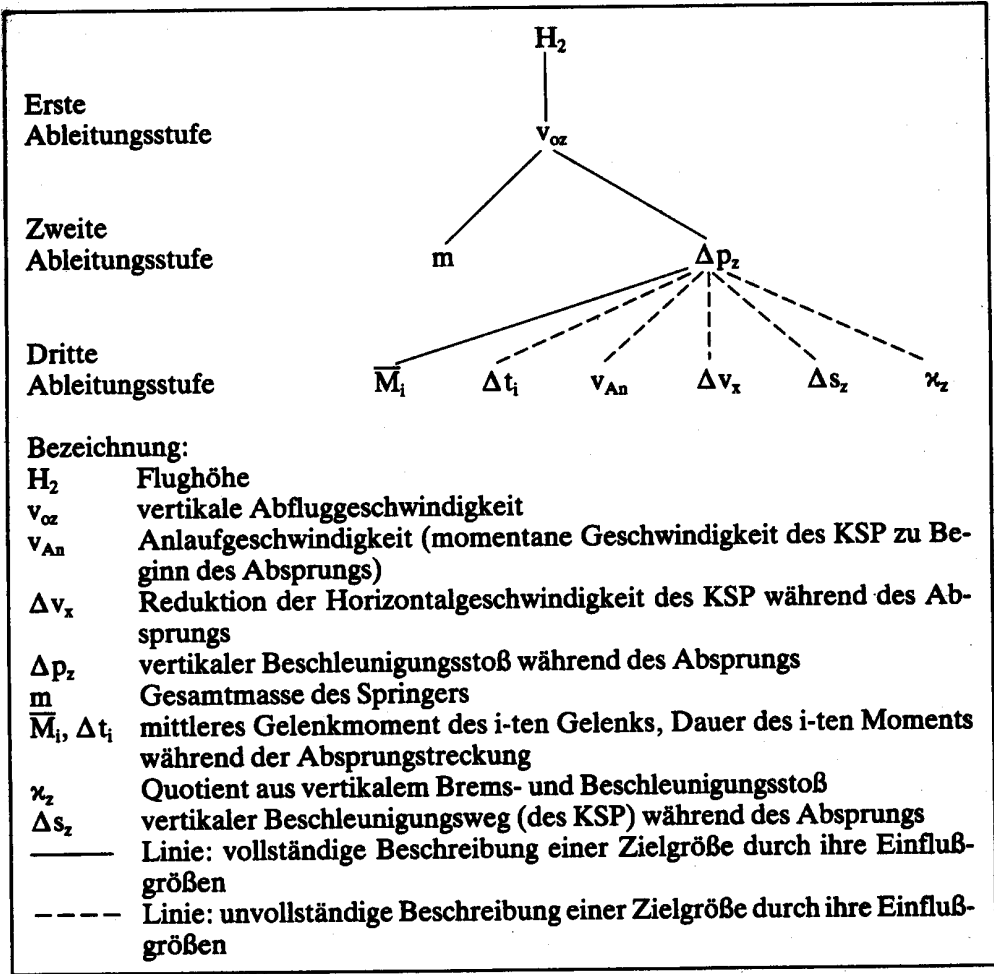
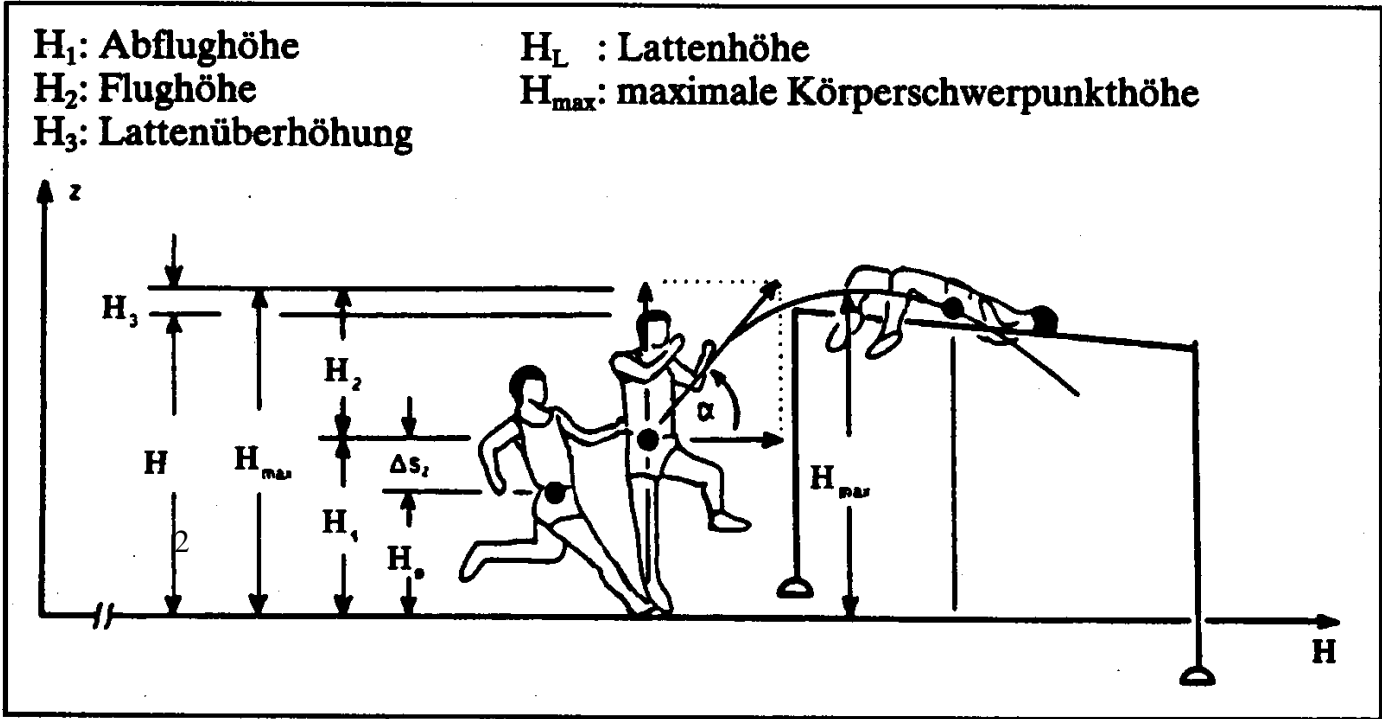
## **Technikansteuerung**

1. Änderung des technomotorischen Leistungszustandes.
2. Beschleunigung des Ansteuerungsvorganges.

## **Technikoptimierung**

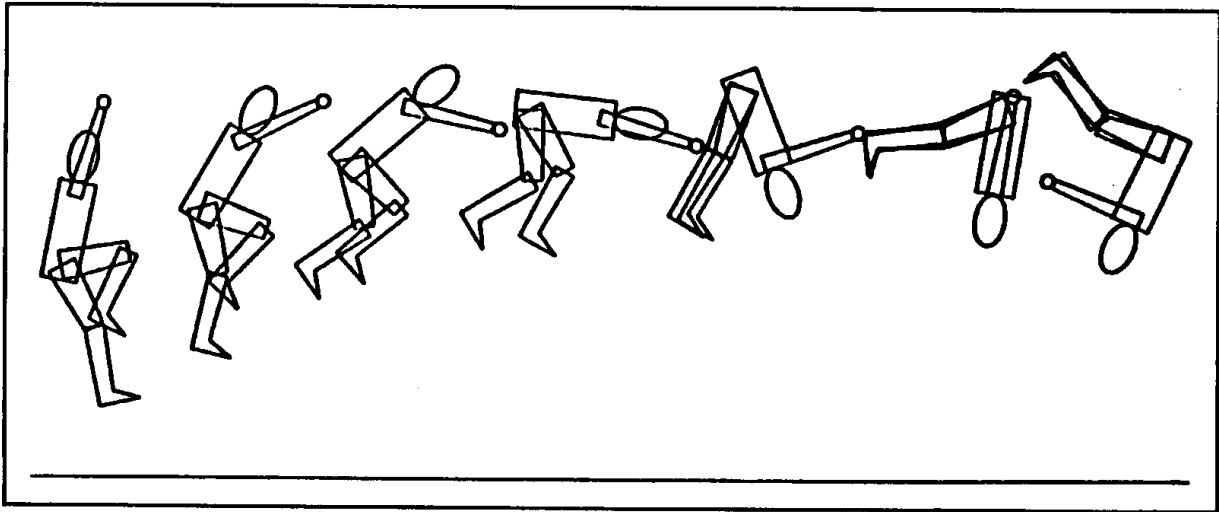
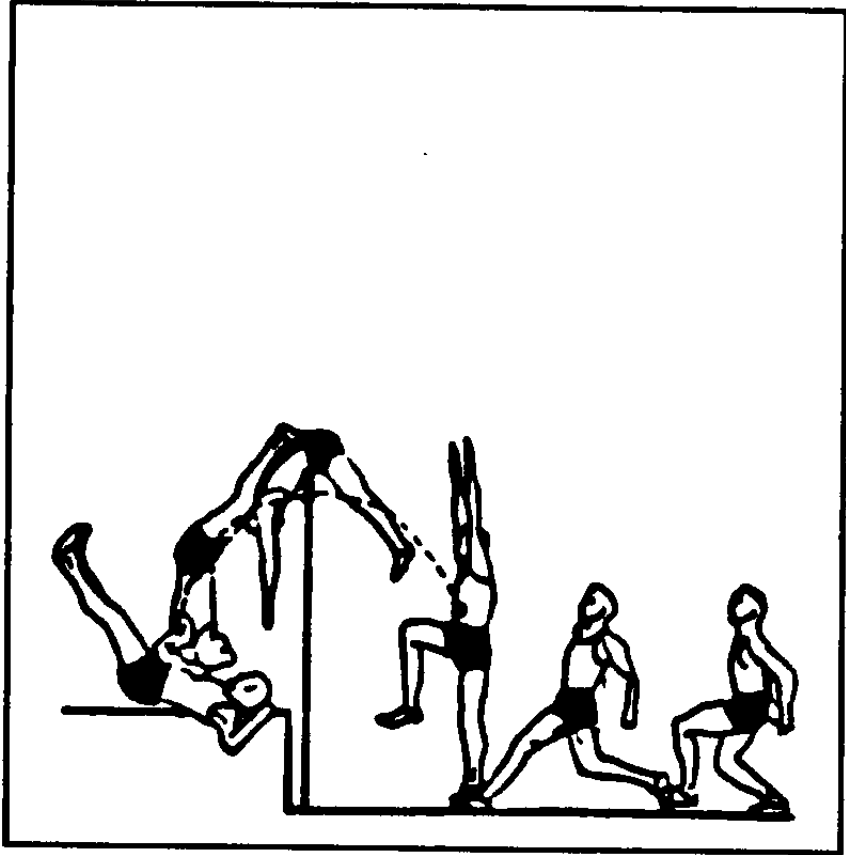
1. Analyse konkurrierender sportmotorischer Techniken auf Effektivität (Zeitminimierung, Distanzmaximierung etc.).
2. Entwicklung von neuartigen sportmotorischen Techniken.

# Technikanalyse





# Technikoptimierung



# **Konditionsanalyse**

1. Identifikation valider biomechanischer Leistungsfaktoren der konditionellen Komponenten Kraft, Schnelligkeit, Ausdauer und Beweglichkeit (Koordination).
2. Bewegungsstrukturelle Affinität zwischen konditionellen Übungen und sportartspezifischen Bewegungsabläufen.
3. Schätzung der Einflußhöhe konditioneller Komponenten auf die sportmotorische Leistung.

# **Konditionsansteuerung**

1. Änderung des konditionellen Leistungszustandes in Richtung eines anzusteuernenden Sollwertes.
2. Beschleunigung des Ansteuerungsvorganges.

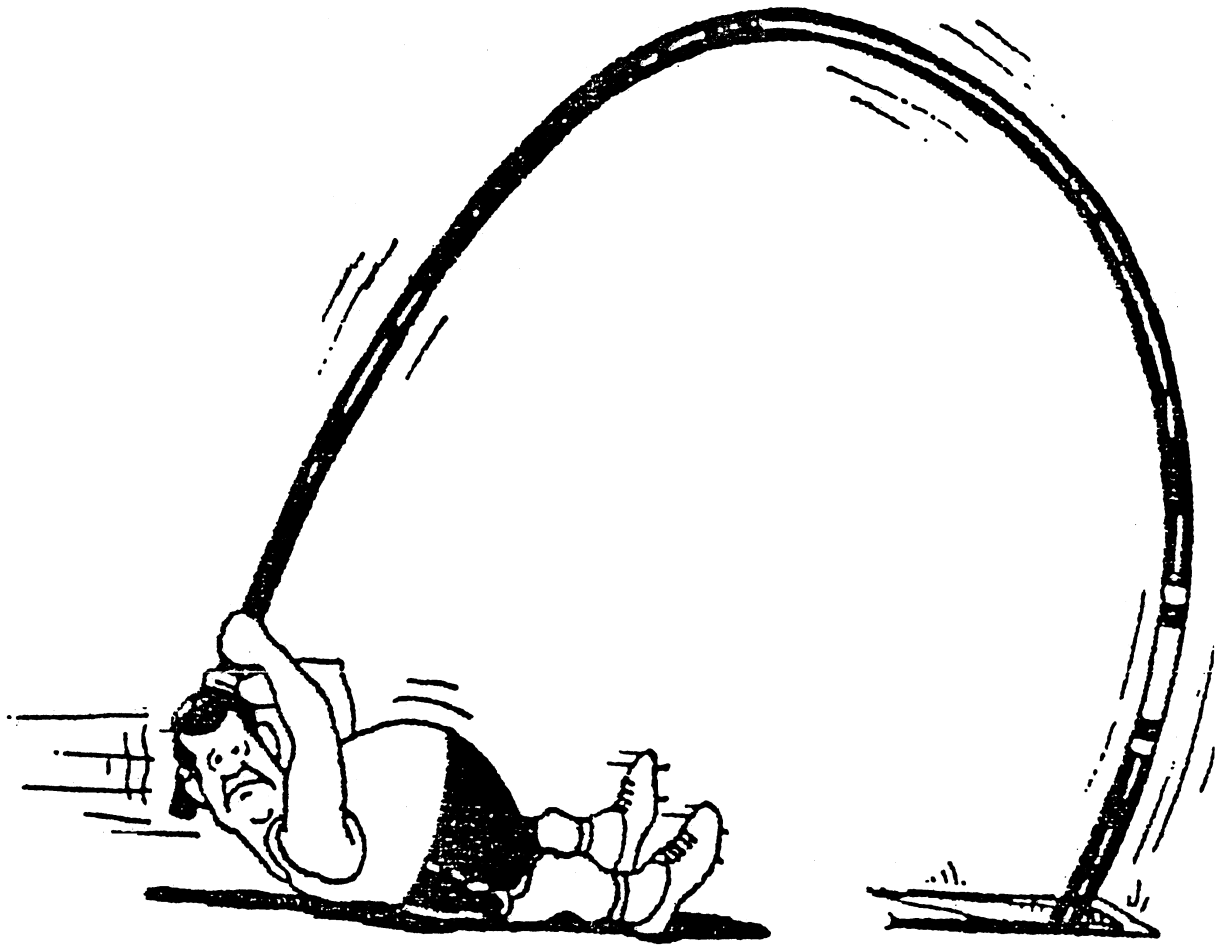
## **Eignungsdiagnose**

1. Identifikation biomechanisch-anthropometrischer Anforderungsprofile der sportmotorischen Leistung.
2. Erstellung biomechanisch-anthropometrischer Eignungsfaktoren für die sportmotorische Leistung

## **Leistungsprognose**

1. Erstellung von biomechanisch-anthropometrisch orientierten prognostischen Modellen in Bezug auf die zu erwartende Entwicklung des (individuellen) sportartspezifischen Leistungszustandes.
2. Überprüfung der prognostischen Treffsicherheit o.a. Modelle

# Eignungsdiagnose?



# **Belastungs-/Beanspruchungsanalyse**

1. Identifikation mechanischer Faktoren der Belastung und Beanspruchung des passiven und aktiven Bewegungsapparates.
2. Analyse der Wirkung (Beanspruchung) mechanischer Belastungsfaktoren auf den passiven und aktiven Bewegungsapparat.

## **Belastungsgestaltung**

1. Abstimmung der mechanischen Beanspruchung (Druck-, Zug-, Scher- und Verdrehbeanspruchung) auf die Belastbarkeit des passiven und aktiven Bewegungsapparates mit dem Ziel einer verletzungsvorbeugenden Belastungsgestaltung.
2. Entwicklung sportmotorischer Techniken und von Sportgeräten/-böden mit dem Ziel einer Minimierung von Sportverletzungen und Sportschäden.

# Präventive Biomechanik

## Laufschuhentwicklung

Laufschuh in den 1970er Jahren (wenig Dämpfung, flache Sohle  
=> relativ viele Kniebeschwerden bei Läufern



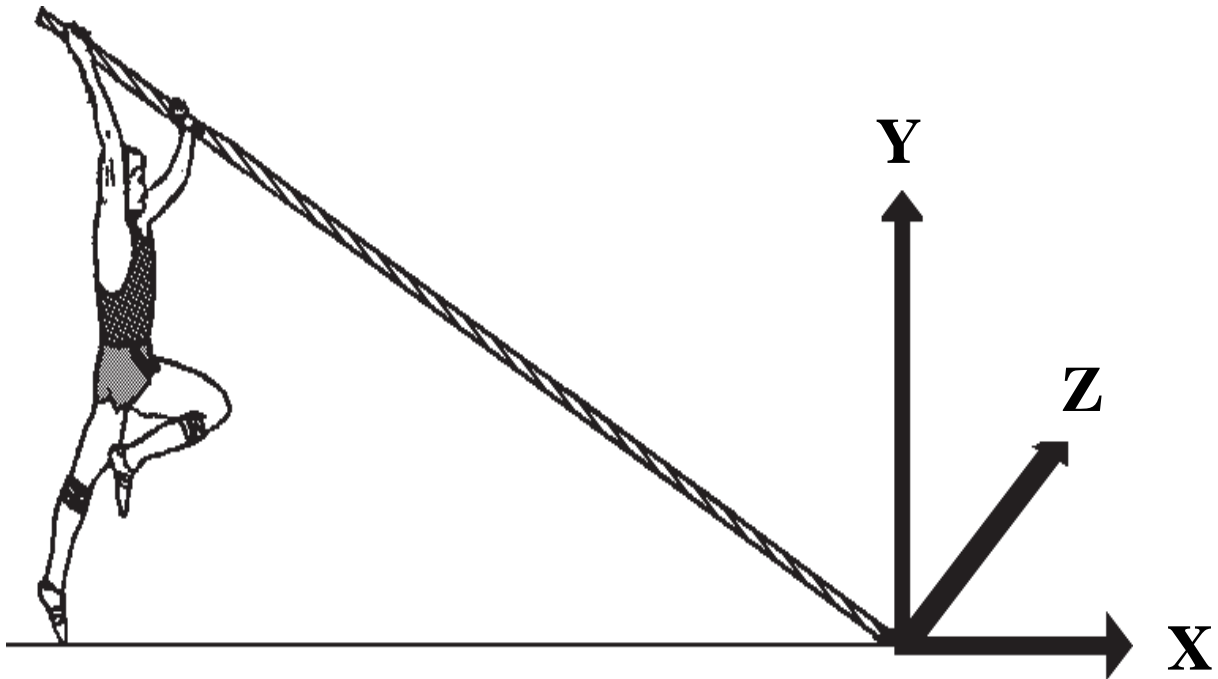
Laufschuh in den 1980/90er Jahren (deutlich mehr Dämpfung,  
stark erhöhter Fersenkeil)  
=> relativ viele Achillessehnenbeschwerden bei Läufern



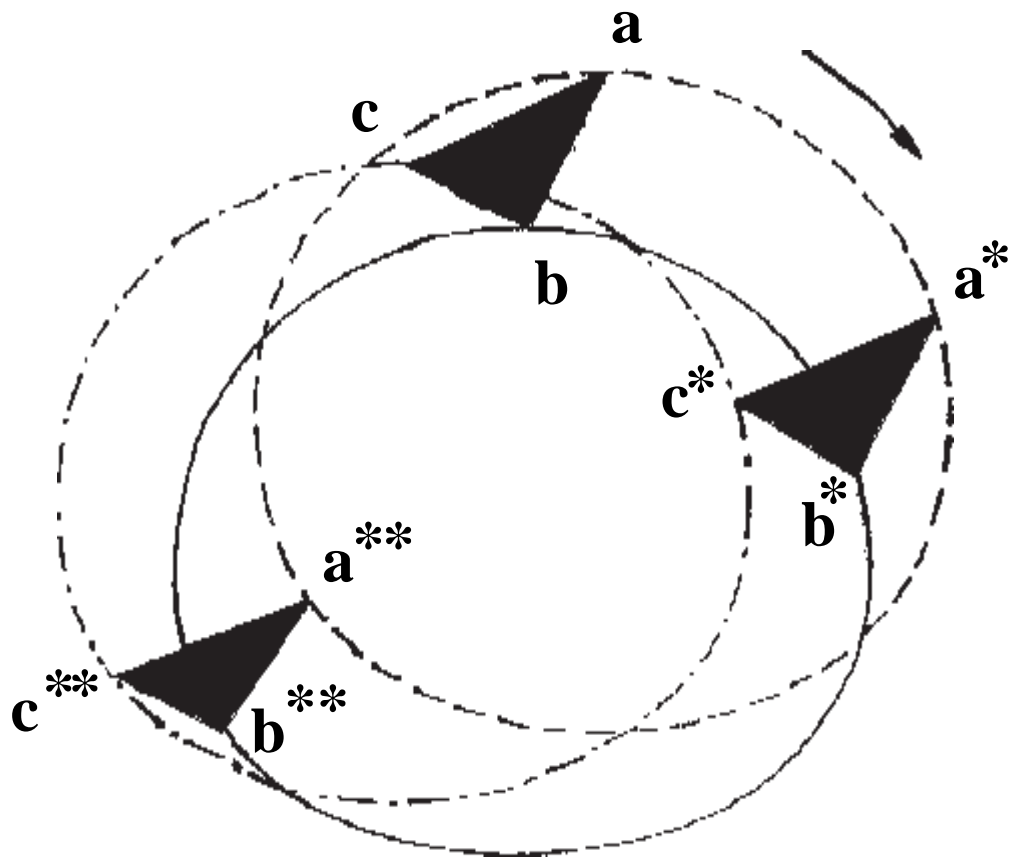
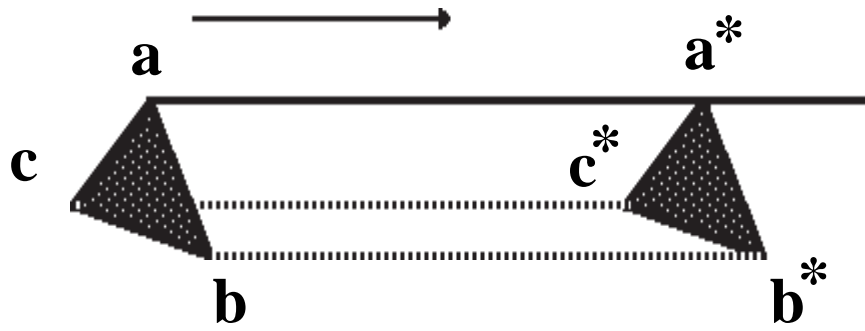
Laufschuh heute (wieder deutlich weniger Dämpfung, flache  
z.T. sehr flexible Sohle, Barfußlaufen!)  
=> Folgen noch unklar!



# Koordinatensystem beim Stabhochsprung

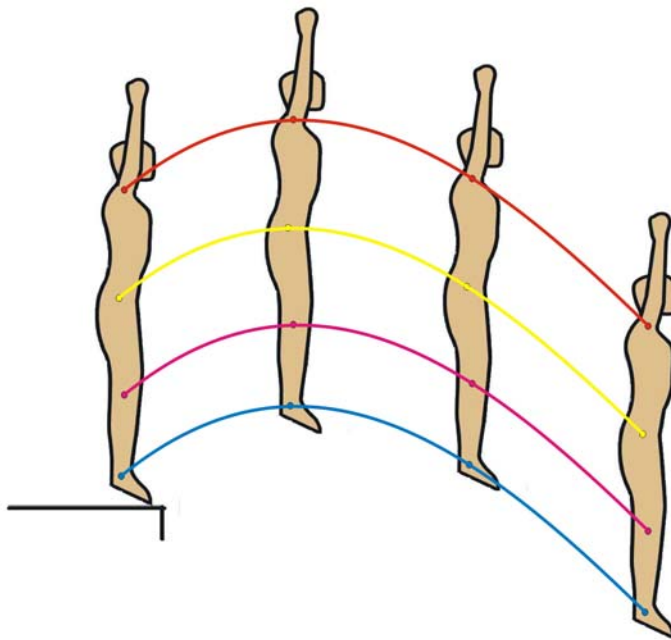


# Translation auf gradliniger und kreisförmiger Bahn





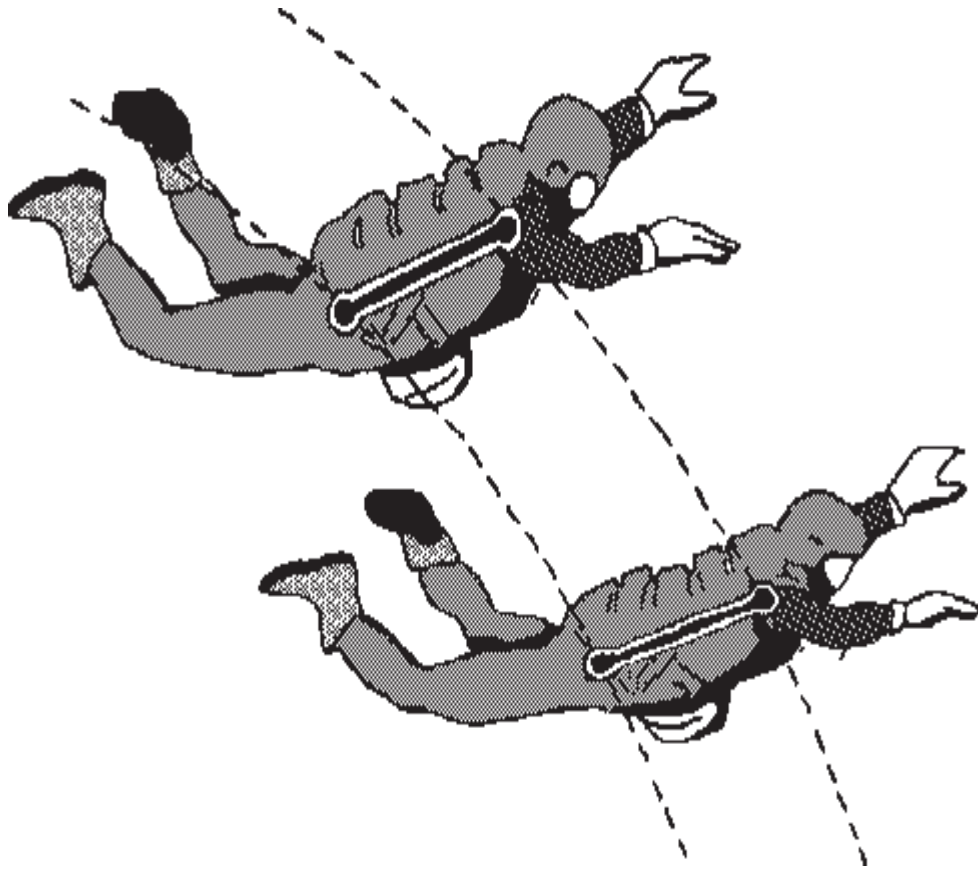
# Translation im Sport



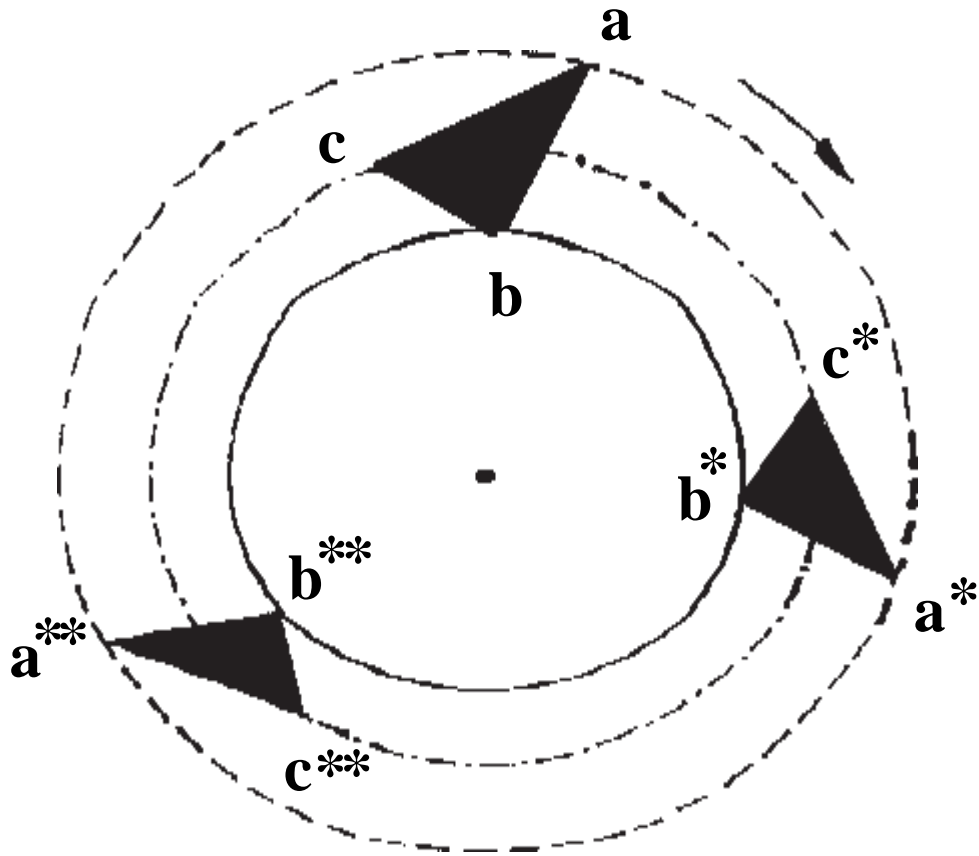
Einzelne Körperpunkte (Schulter, Hüfte, Knie, Ferse) beschreiben parallele und gleich lange Bewegungsbahnen.

Reine Translationen sind im Sport selten zu finden!

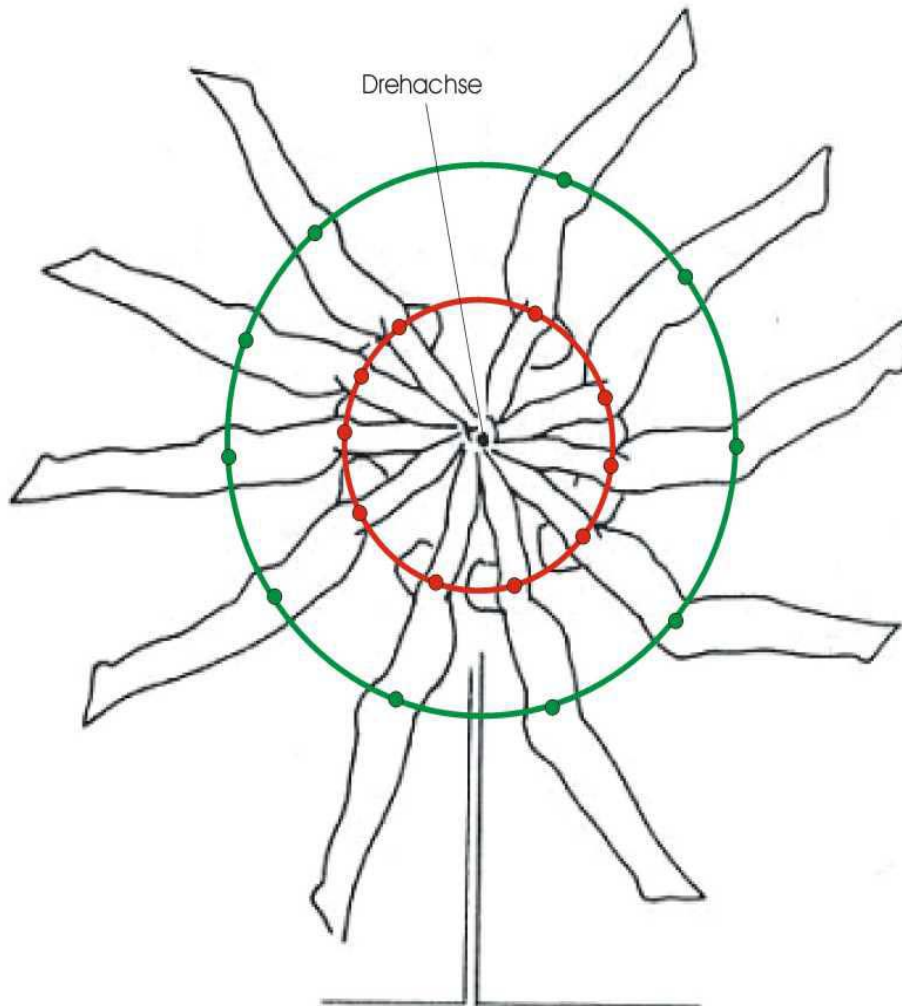
# Kurvenlineare Translation



# Rotation



# Rotation im Sport



Einzelne Körperpunkte (Schulter, Hüfte) beschreiben konzentrische Kreise um eine gemeinsame Drehachse. Die Drehachse kann innerhalb oder außerhalb des Körpers liegen!

Reine Rotationen sind im Sport selten zu finden!

Das obige Beispiel ist eine Idealisierung, tatsächlich wäre es keine reine Rotation, da die Bewegungsbahnen in der Realität keine Kreise sind!

# Kombination von Translation und Rotation

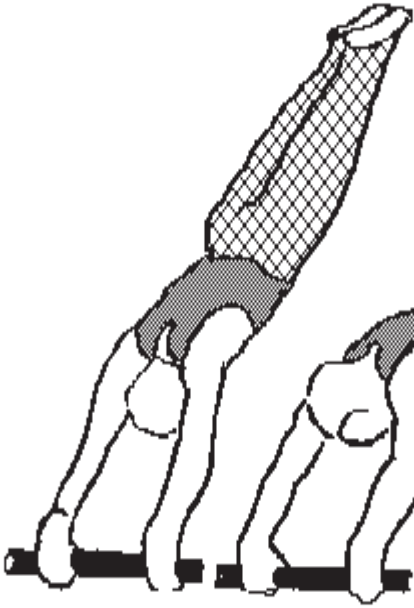


# Winkelgeschwindigkeit beim Reckturnen

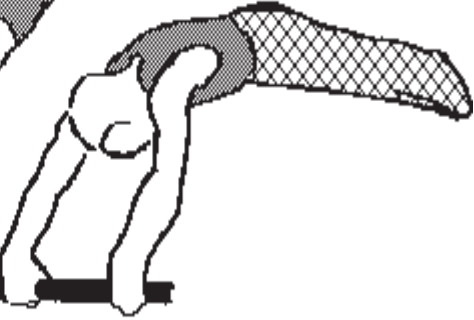
$v=0$



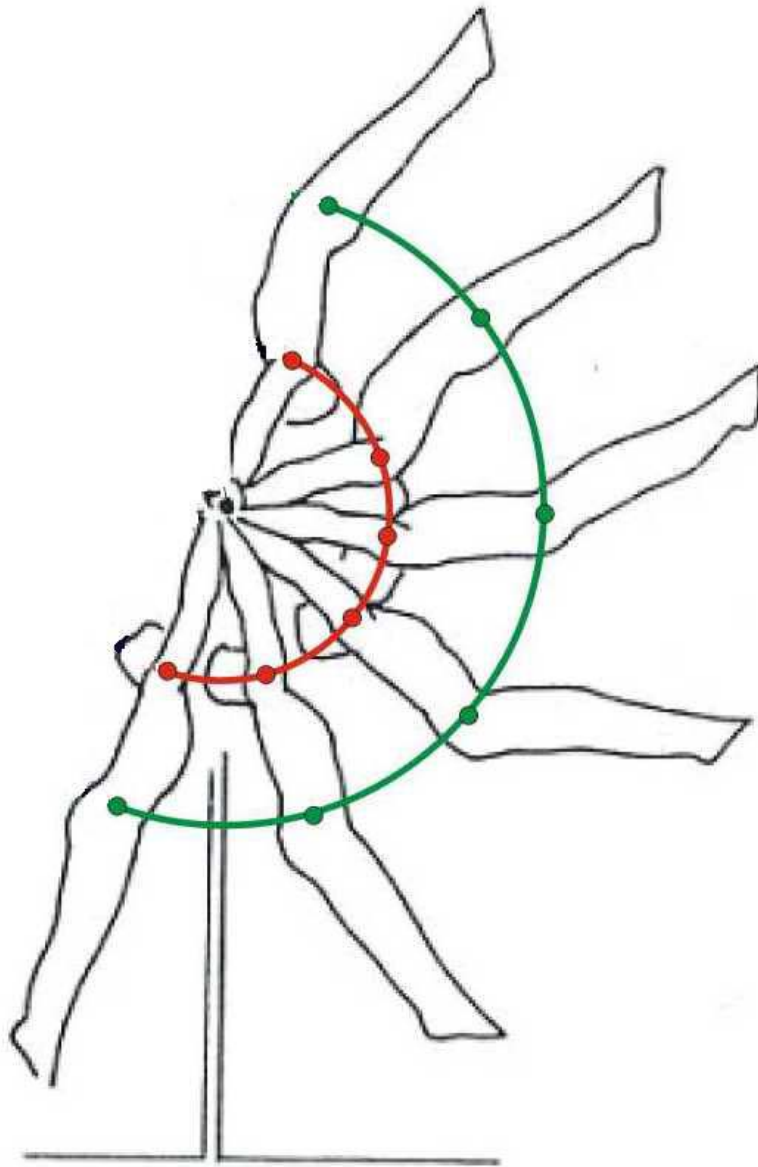
$v>0$

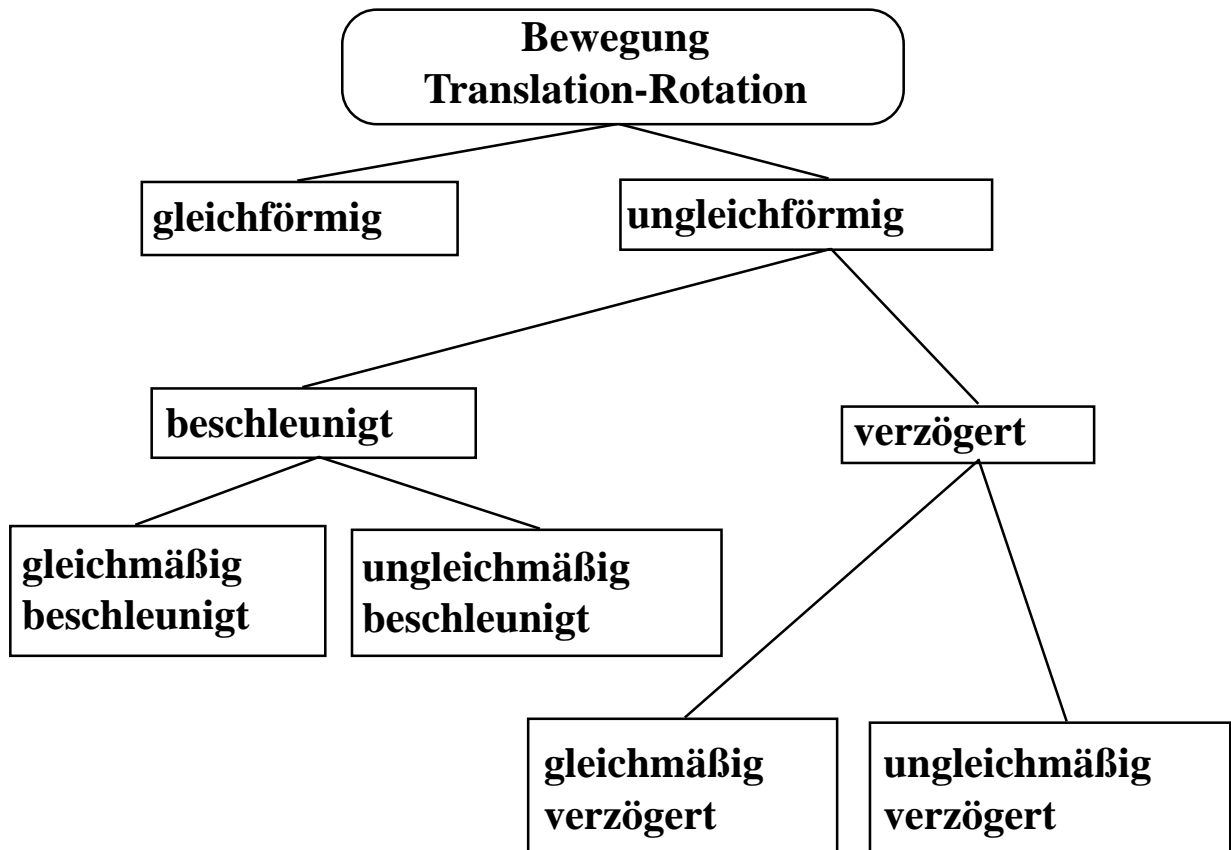


$v>>0$



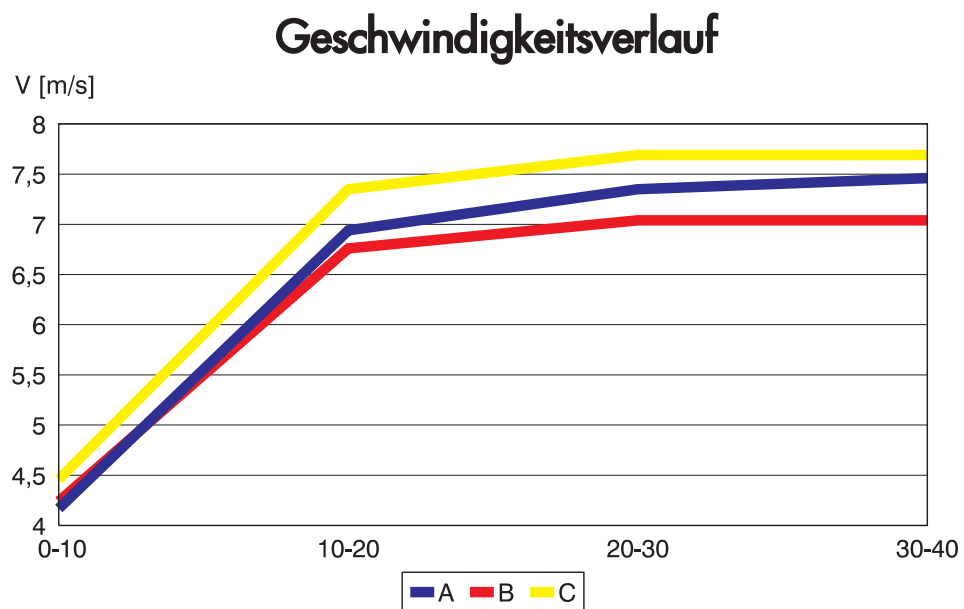
# Winkel- und Bahngeschwindigkeit beim Reckturnen



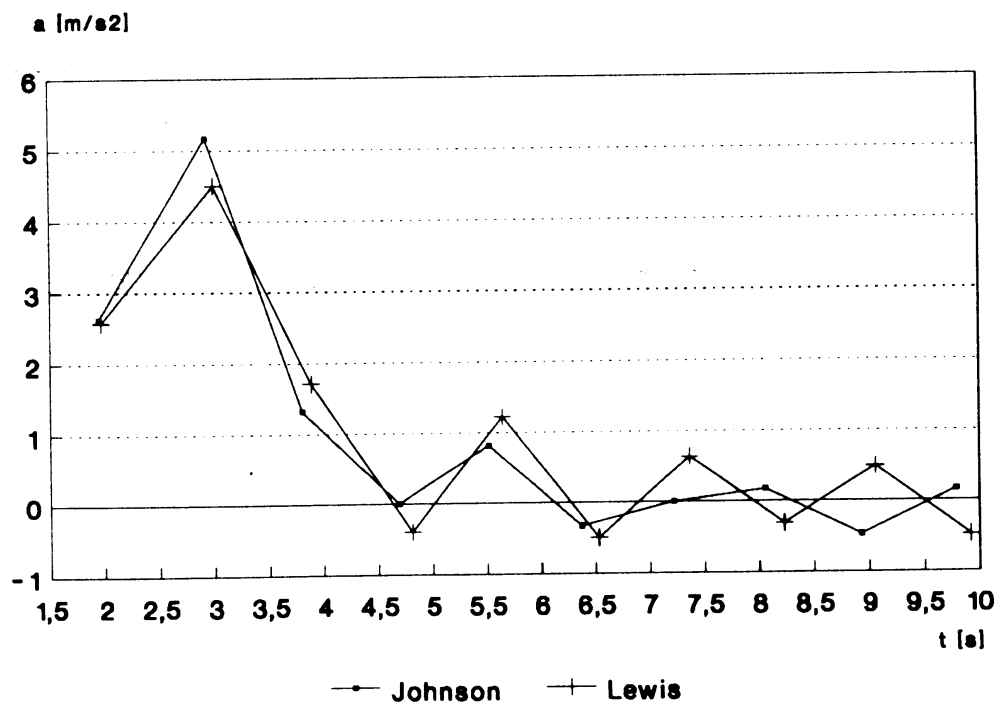
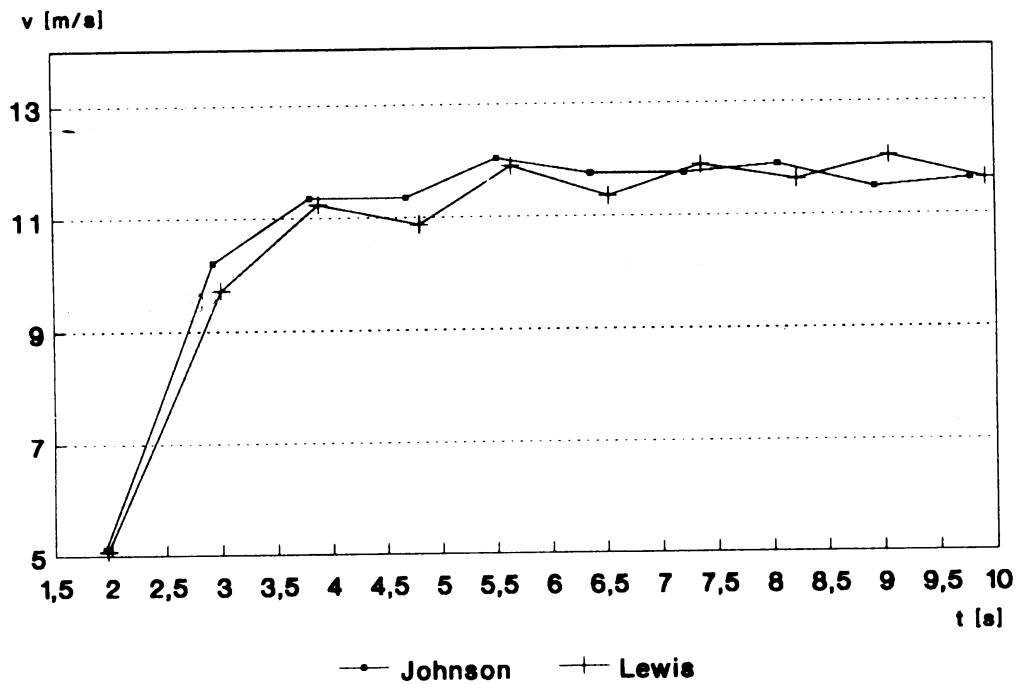




# Geschwindigkeitsverlauf 0-40m



# Geschwindigkeits- und Beschleunigungsverlauf 0-100m bei Spitzenathleten

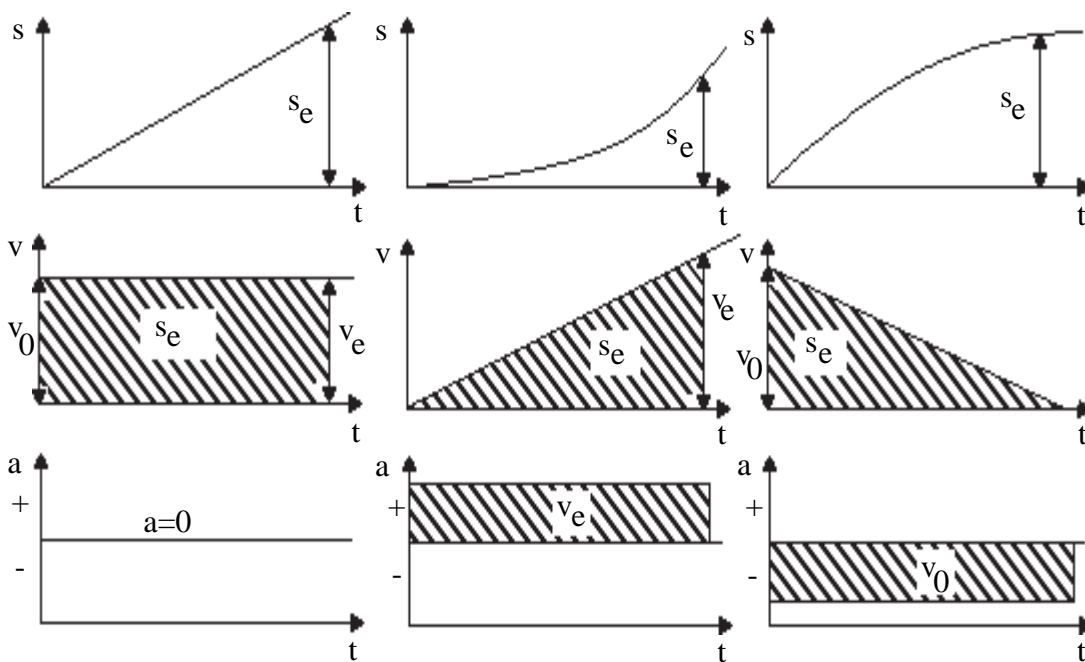


# Sonderfälle der Bewegung

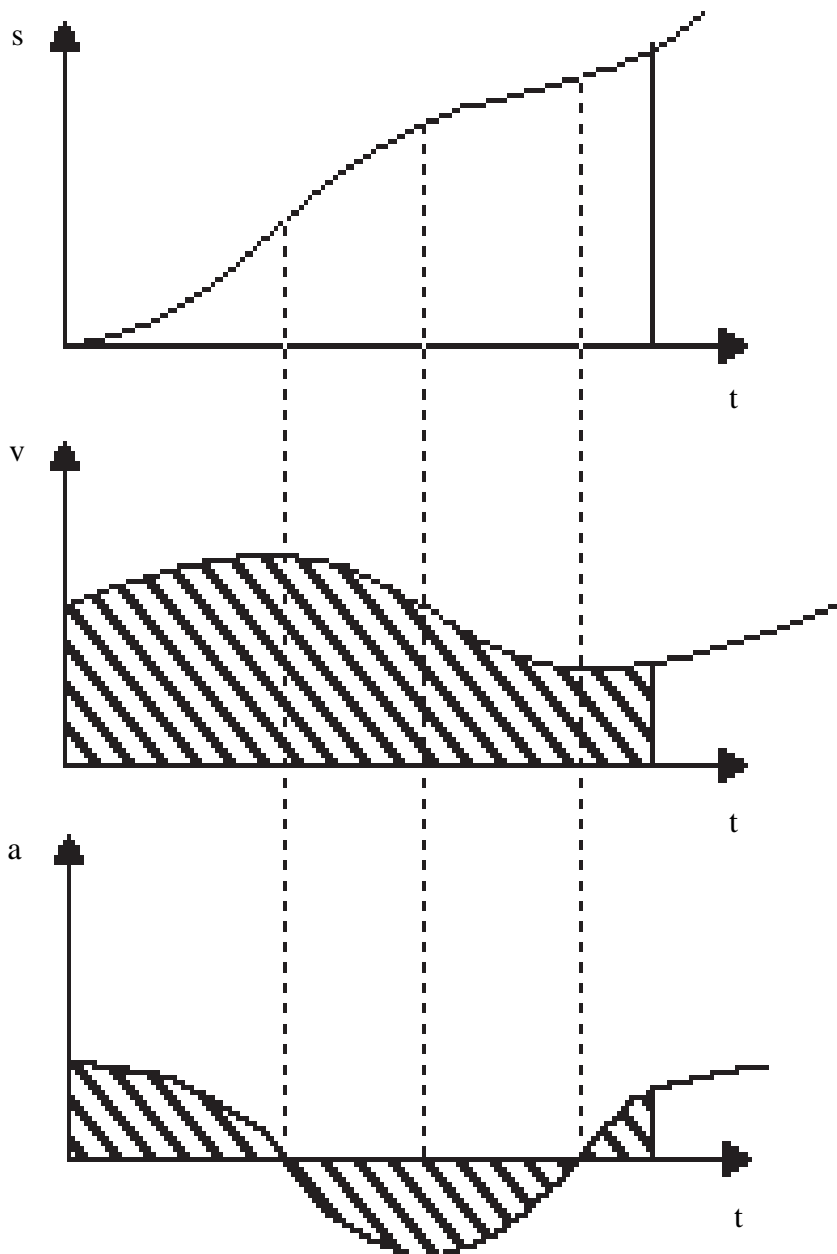
$a=0$   
(gleichförmig)

$a=\text{const. (+)}$   
(gleichmäßig beschleunigt)

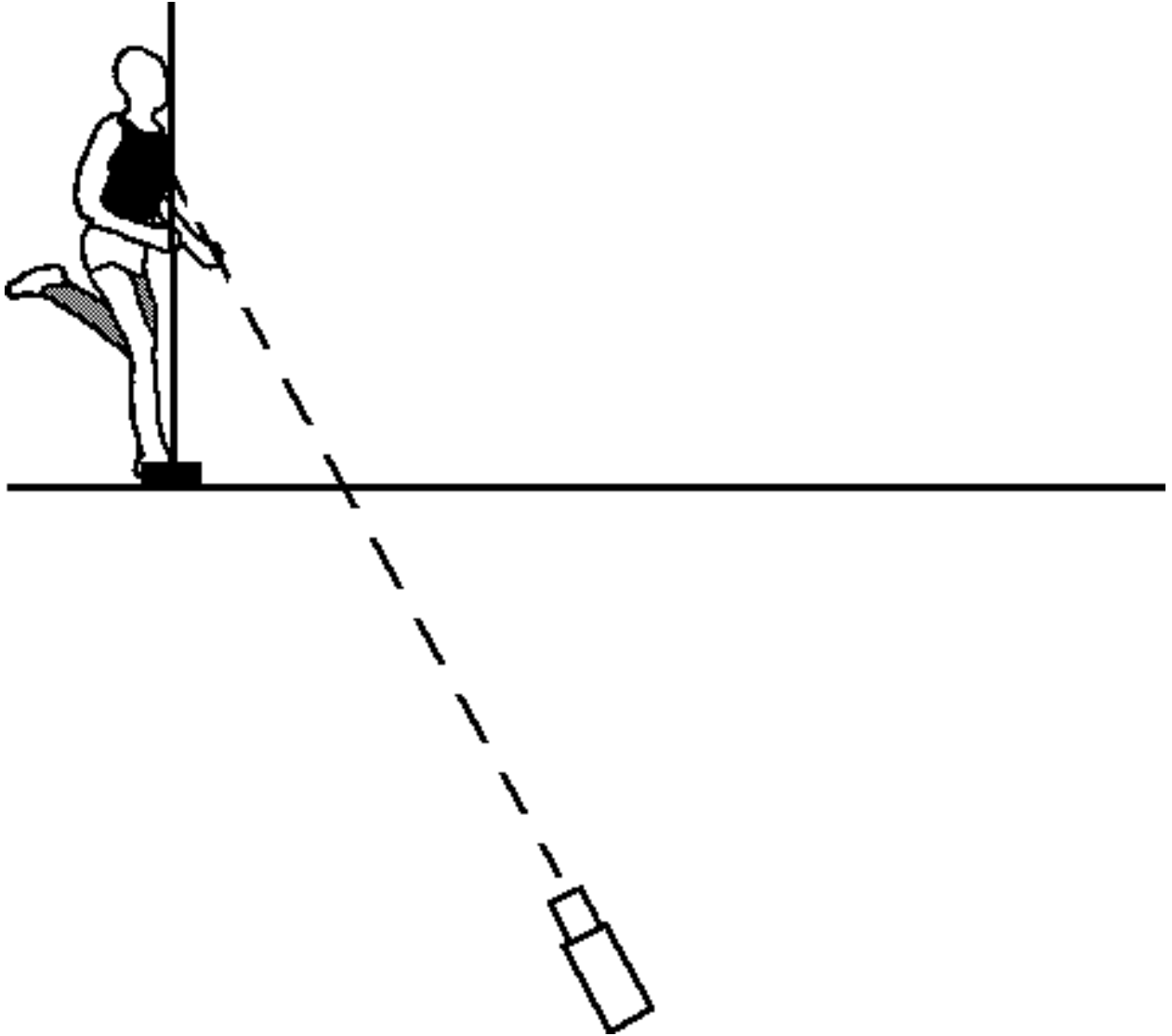
$a=\text{const. (-)}$   
(gleichmäßig verzögert)



# Weg-, Geschwindigkeits- und Beschleunigungsdiagramm



## Geschwindigkeitsmessung mit einer Videokamera



Einzelbildschaltung:

Zeitabstand von Bild zu Bild = 0,04 s

Bei Halbbildschaltung (Jog-Shuttle) = 0,02 s

## Auswertung einer Geschwindigkeitsmessung mit einer Videokamera

Name	0-10	10-20	20-30	30-40	0-40 m	
A	120	72	68	67	327	Bilder
	2,40	1,44	1,36	1,34	6,54	Sekunden
	4,17	6,94	7,35	7,46	6,12	m/s
B	118	74	71	71	334	Bilder
	2,36	1,48	1,42	1,42	6,68	Sekunden
	4,24	6,76	7,04	7,04	5,99	m/s
C	112	68	65	65	310	Bilder
	2,24	1,36	1,30	1,30	6,20	Sekunden
	4,46	7,35	7,69	7,69	6,45	m/s

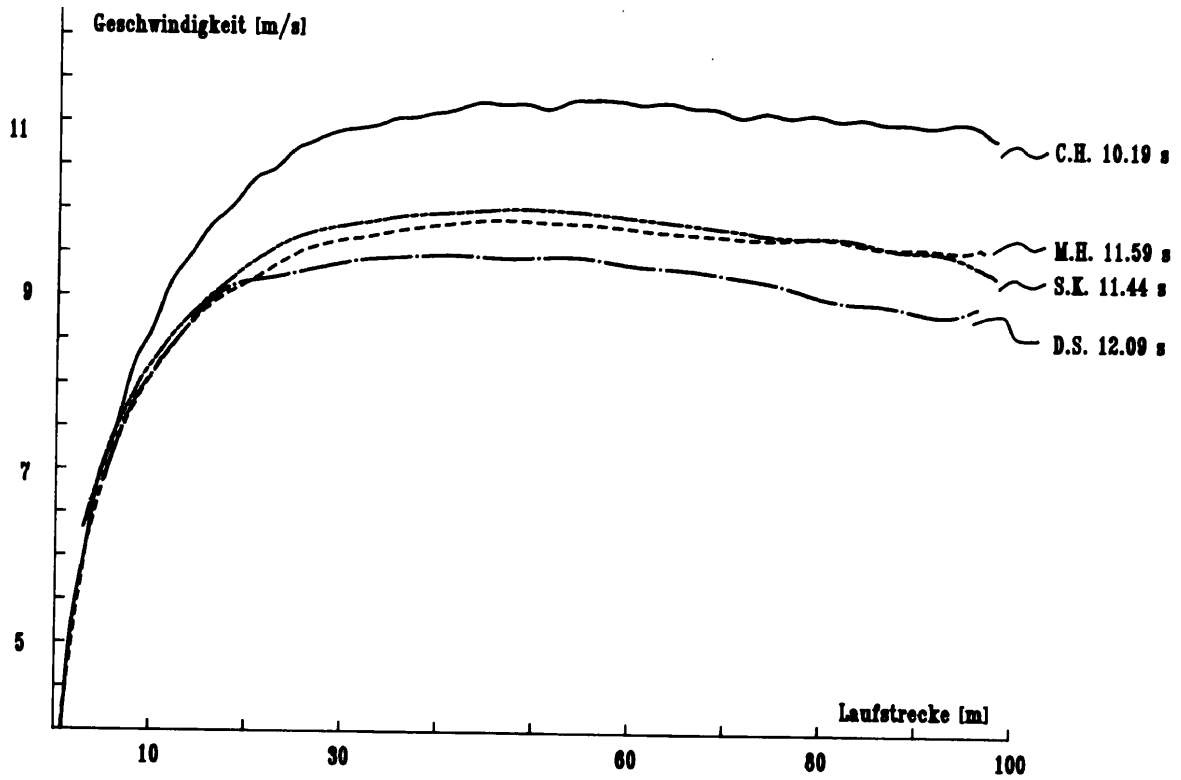
1 Bild = 0,02 s! Halbbildschaltung mit Jog-Shuttle

# Geschwindigkeitsmessung mit einer Lichtschranke

## Einstellung der Lichtschranke?

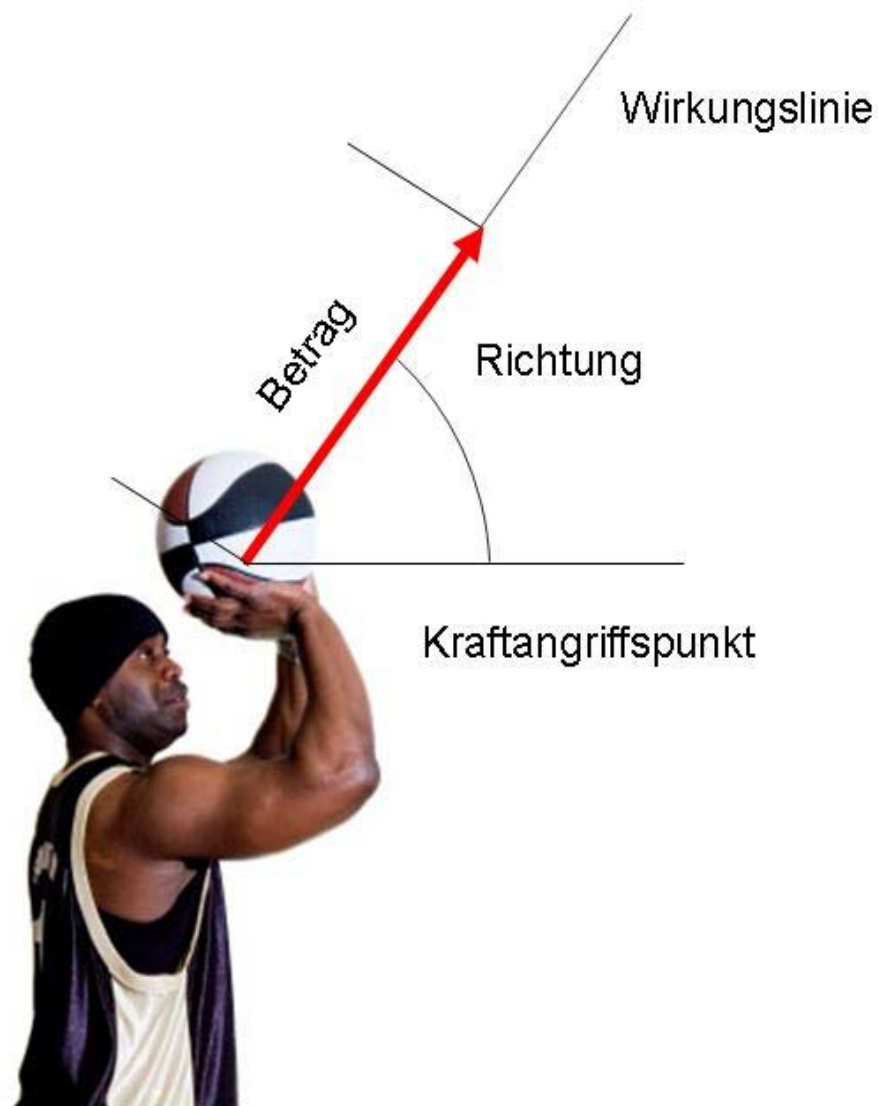


# Momentangeschwindigkeitsmessung

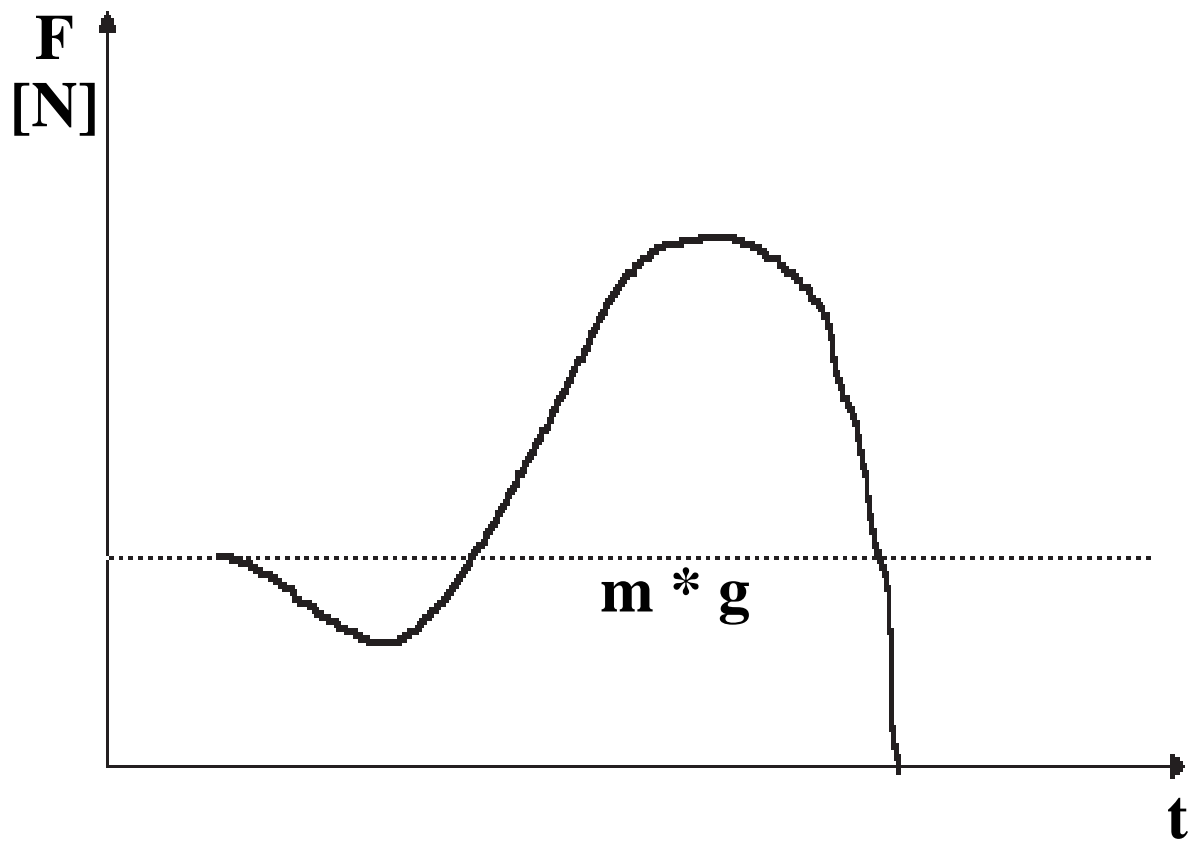




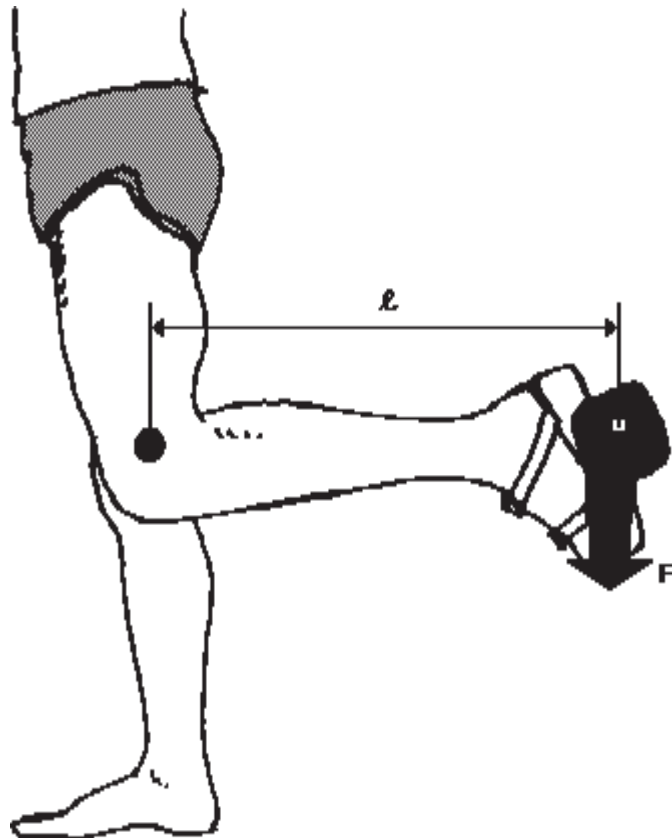
# Merkmale von Kräften



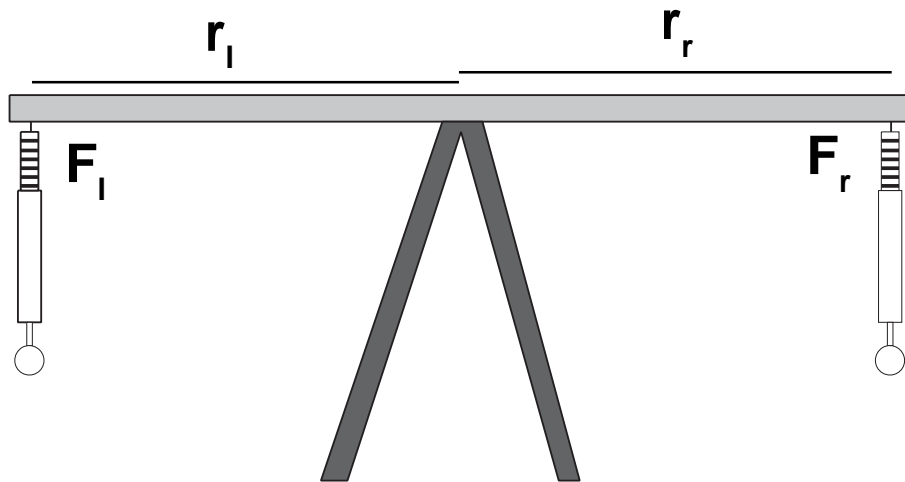
# Kraft-Zeit-Verlauf eines beidbeinigen Absprunghes mit Ausholbewegung



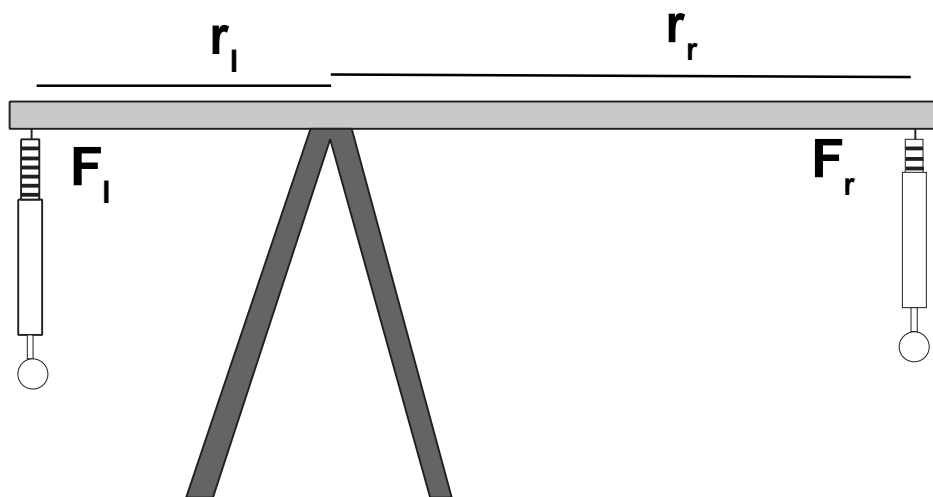
# Drehmoment am Unterschenkel



# Das Wippbrett-Prinzip

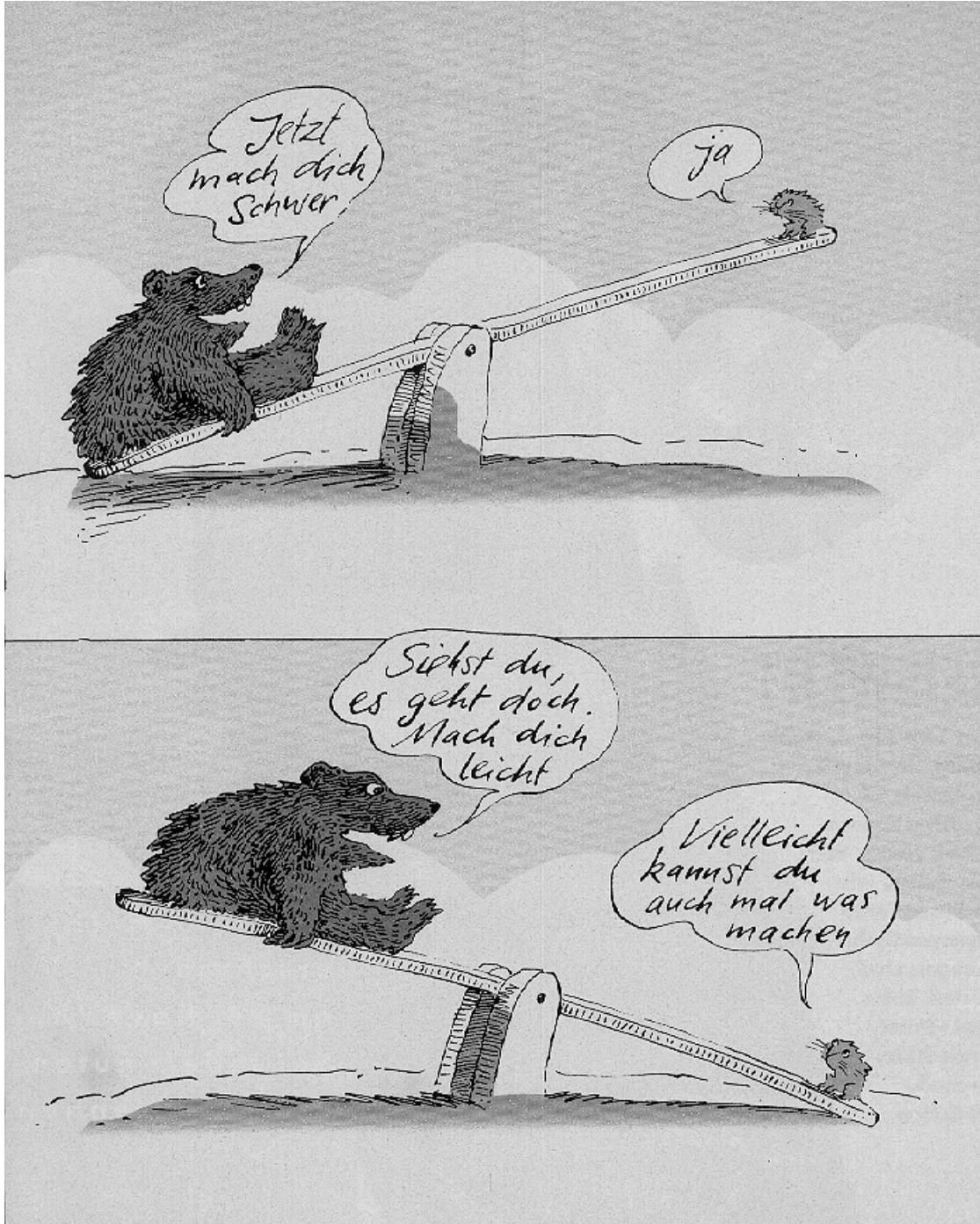


$$F_l * r_l = F_r * r_r$$
$$F_l * r_l - F_r * r_r = 0$$

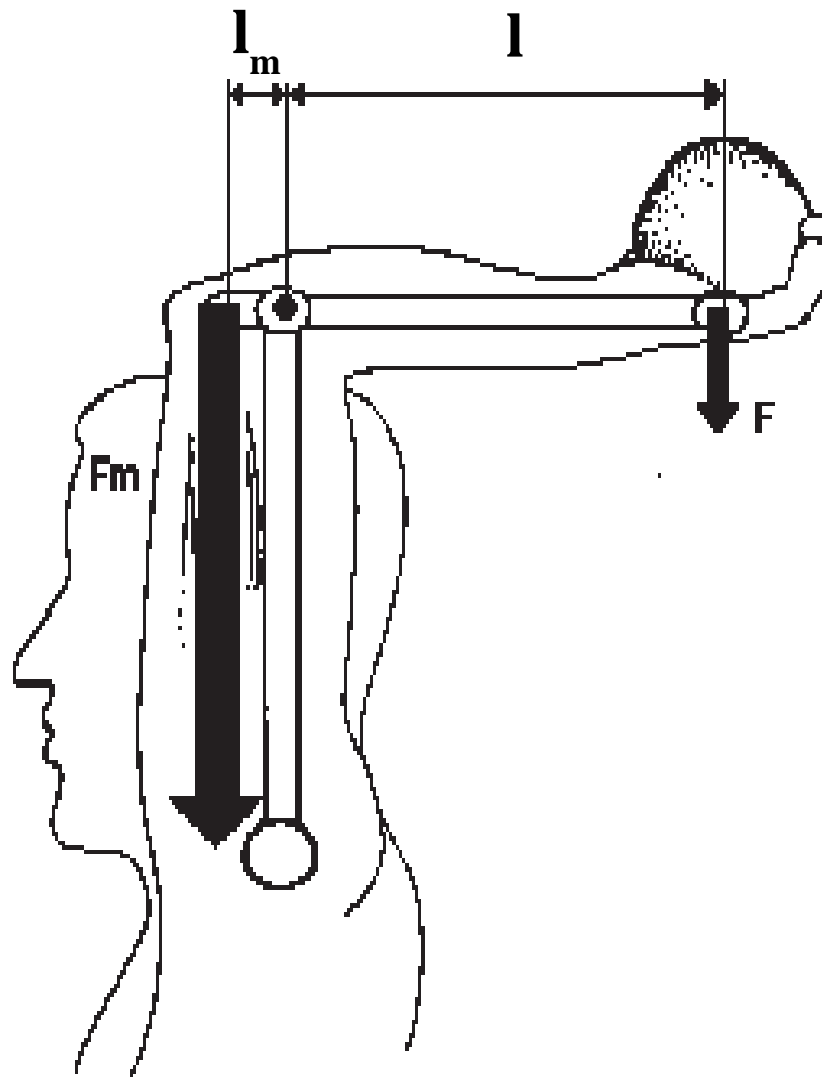


$$F_l * r_l = F_r * r_r$$
$$F_l * r_l - F_r * r_r = 0$$

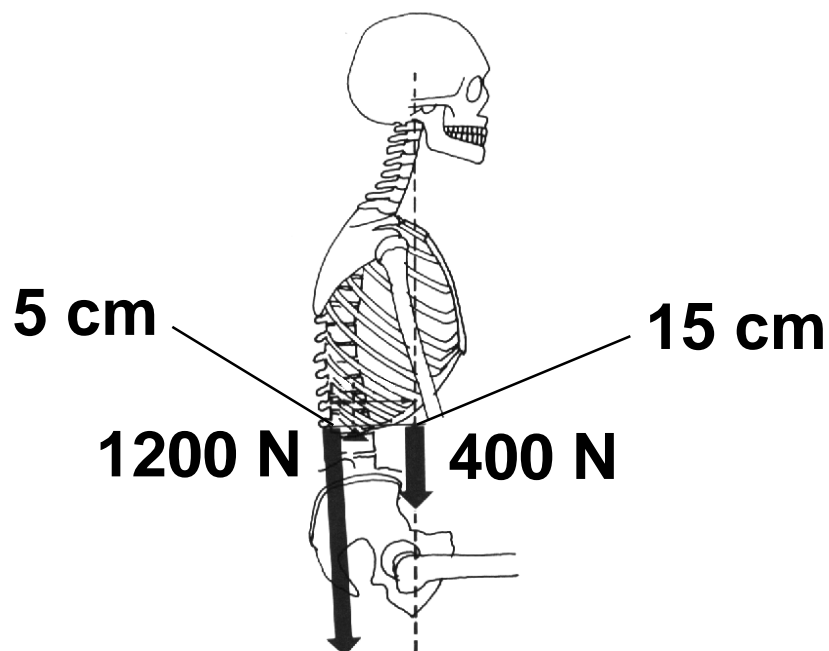
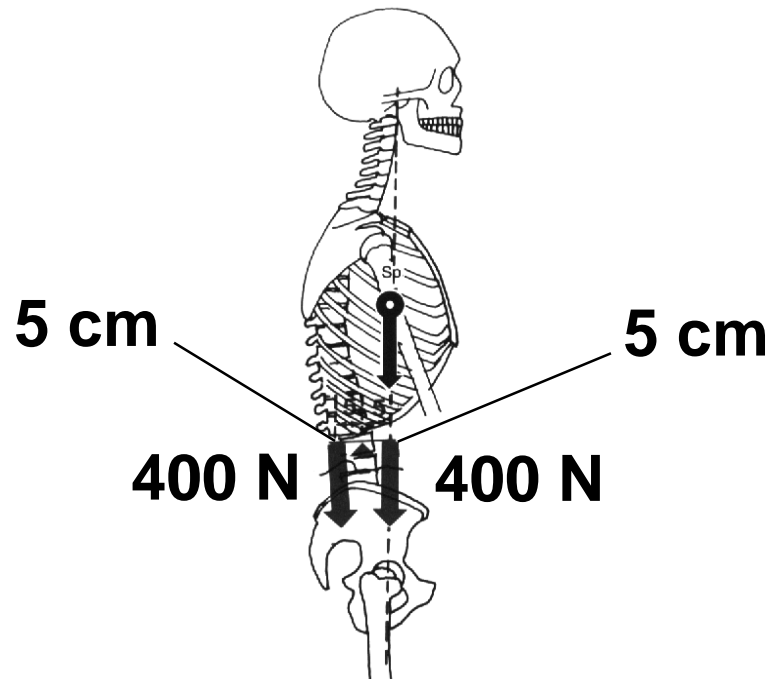
# Das Wippbrett-Prinzip



## Innere und äußere Muskelkräfte am Beispiel der Armstreckmuskulatur



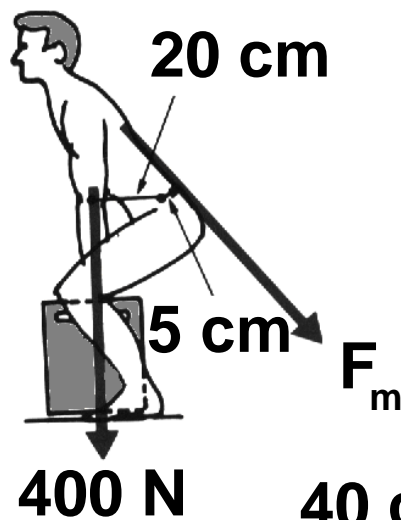
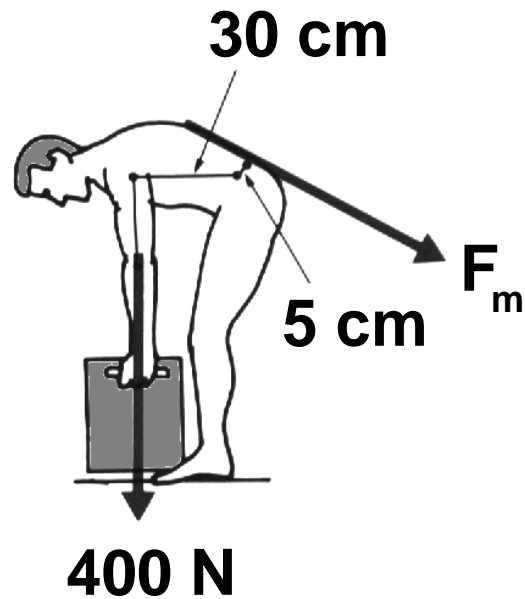
# Belastung der Rückenmuskulatur im Stehen und im Sitzen



# Belastung der Rückenmuskulatur beim Heben und Halten

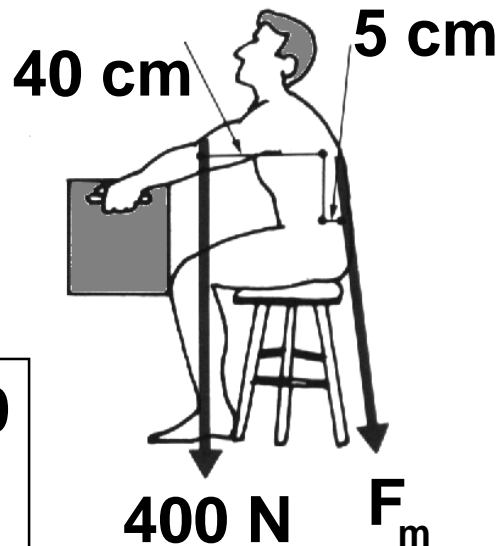
$$F_m \times 5 = 400 \times 30$$

$$F_m = 2400 \text{ N}$$



$$F_m \times 5 = 400 \times 20$$

$$F_m = 1600 \text{ N}$$



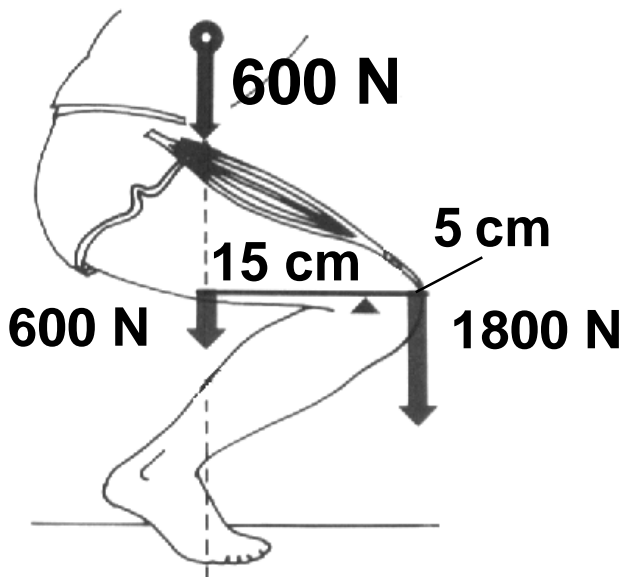
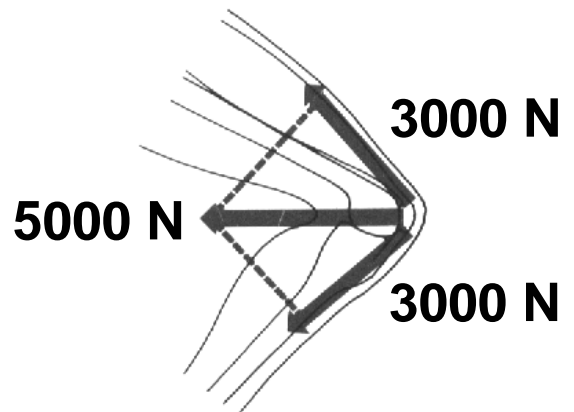
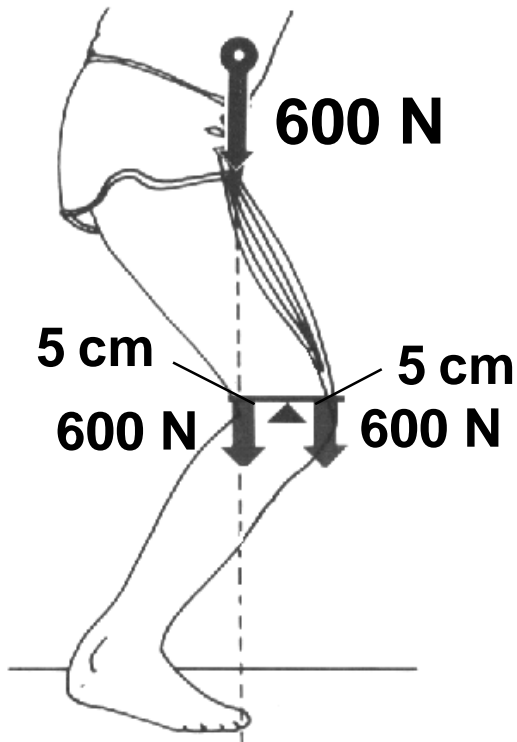
$$F_m \times 5 = 400 \times 40$$

$$F_m = 3200 \text{ N}$$



# Belastung im Knie bei einer Kniebeuge

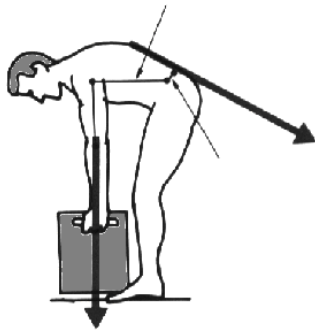
(unterschiedliche Kniewinkel)



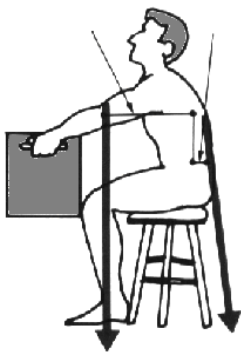
## Druckmessung in der Bandscheibe nach Nachemson (1966)

Intradiskale Druckmessung zwischen L3/L4  
bzw. L4/L5 (in vivo!)

Aufrechter Stand = 100%



220 %



260 %

Rückenlage 25 %

Seitenlage 75 %

=> Empfehlung nach Bandscheibenoperationen:

- Möglichst nicht sitzend, sondern stehend tätig sein!
- Möglichst Seitenlage vermeiden!

# Druckmessung in der Bandscheibe nach Wilke u.a. (1999)

Intradiskale Druckmessung zwischen L4/L5  
(in vivo! n=1)

Aufrechter Stand = 100%

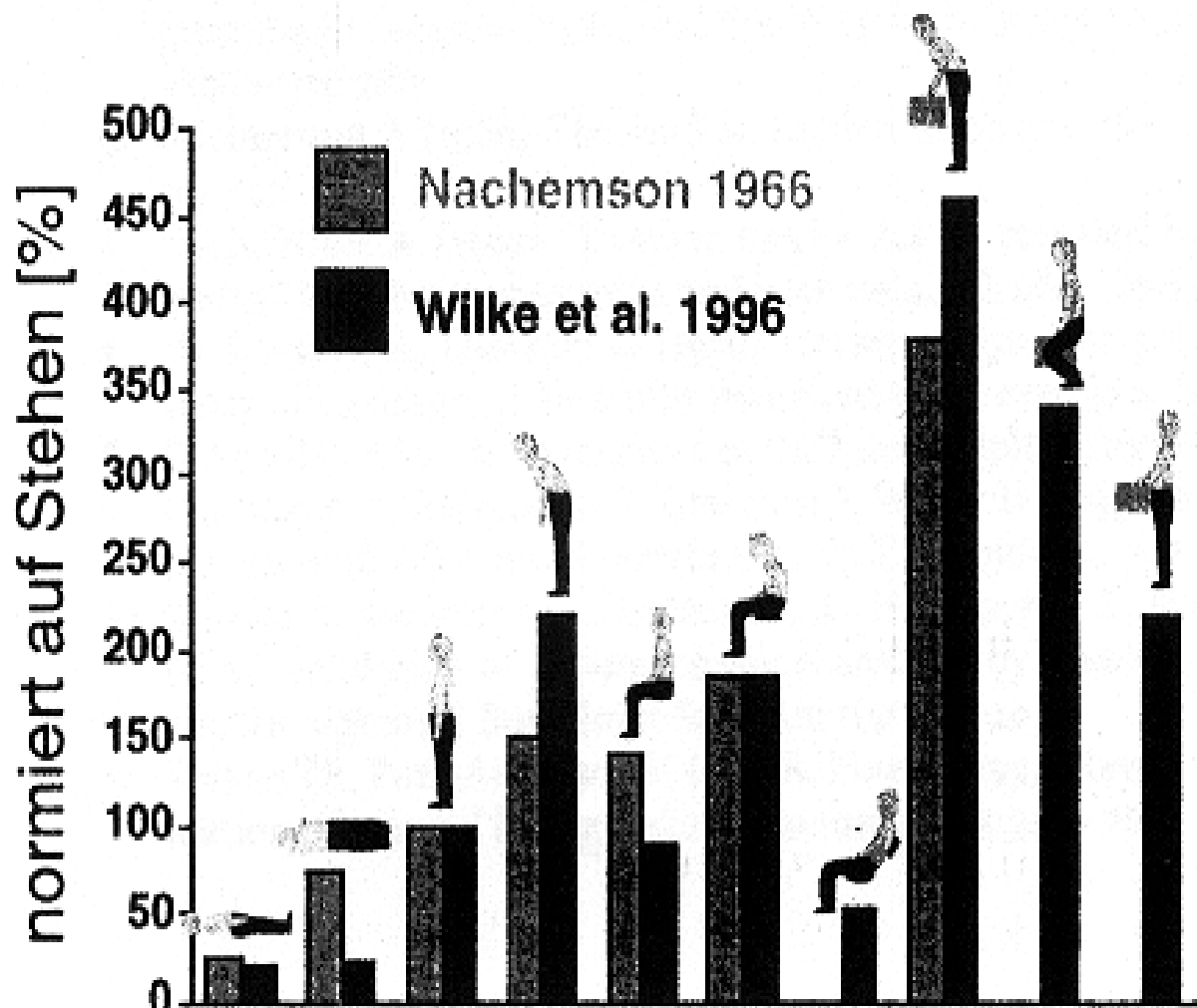
Aktion/Position	Maximaldruck [Mpa]	Proz. zu Stehen
Liegen auf dem Rücken	0,1	20
Liegen auf der Seite	0,12	24
Entspanntes Stehen	0,5	100
Stehen, stark vorgebeugt	1,1	220
Sitzen, bequem, ohne Lehne	0,46	92
Sitzen mit maximaler Flexion	0,83	166
Sitzen, lässig, mit Lehne	0,27	54
Gehen, barfuß	0,65	130
Gehen mit Tennisschuhen	0,65	130
Joggen mit harten Straßenschuhen	0,95	190
Joggen mit Tennisschuhen	0,85	170
Heben mit 20kg mit Rundrücken	2,3	460
Heben mit 20kg aus Knien	1,7	340
Halten von 20kg am Körper	1,1	220

**=> Empfehlung nach Bandscheibenoperationen:**  
**- Patient die Wahl der Position überlassen. Positionen, die als bequem empfunden werden, führen meist zu geringerer Belastung!**

## Vergleich der Druckmessung in der Bandscheibe nach Nachemson (1966) und Wilke u.a. (1999)

Intradiskale Druckmessung zwischen L4/L5  
(in vivo!)

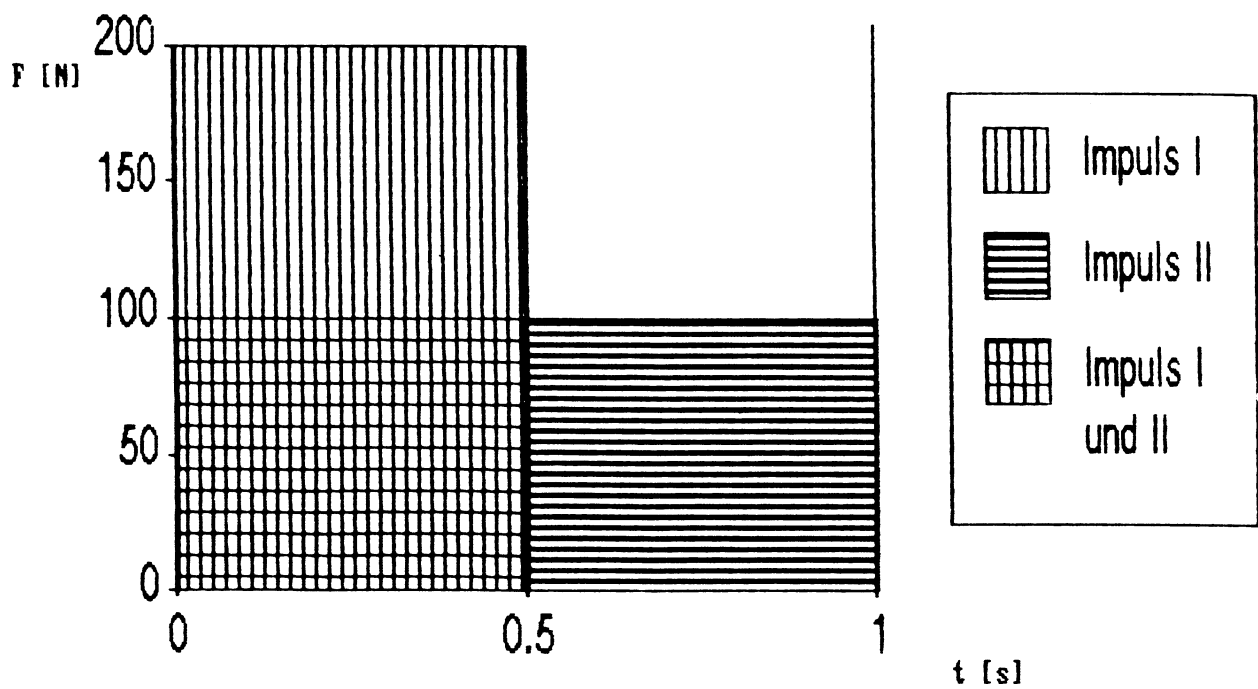
Aufrechter Stand = 100%



Nachemson, A.: The load on lumbar disks in different positions of the body. Clin. Orthop. 1966, 45, 107-122

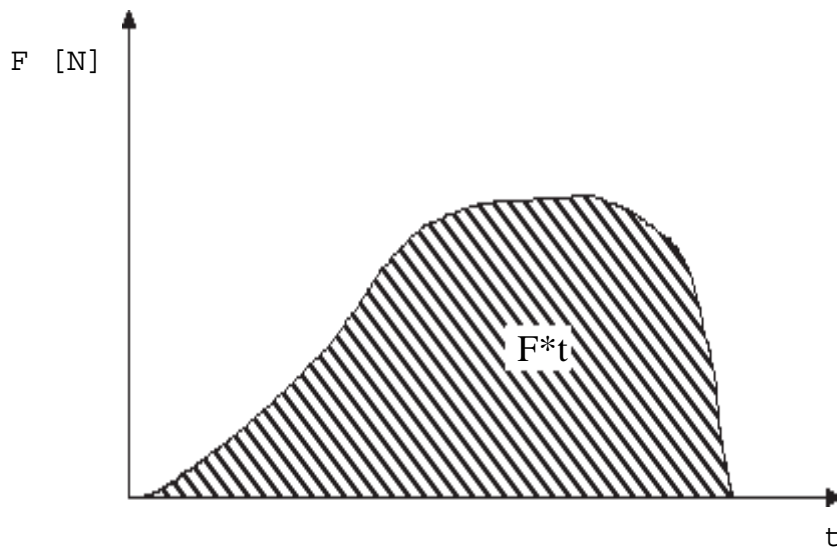
Wilke, H.-J.: Neue intradiskale In-vivo-Druckmessungen bei Alltagsbelastungen. Hefte zu „Der Unfallchirurg“, Heft 271, Berlin, Heidelberg 1999, 16-24

# Kraftstoß bei unterschiedlicher Zeitdauer

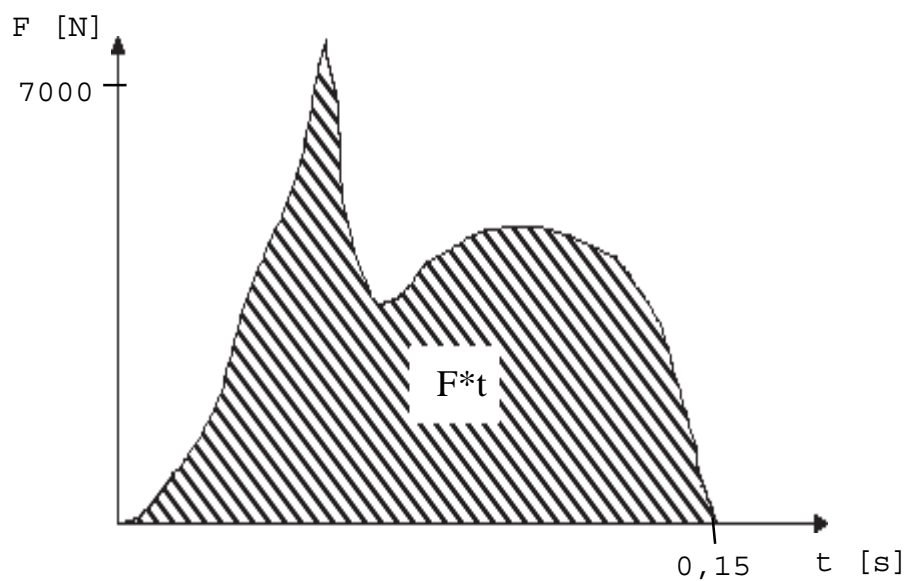


# Typische Kraft-Zeit-Verläufe

Kraft-Zeit-Verlauf einer Beinstreckbewegung

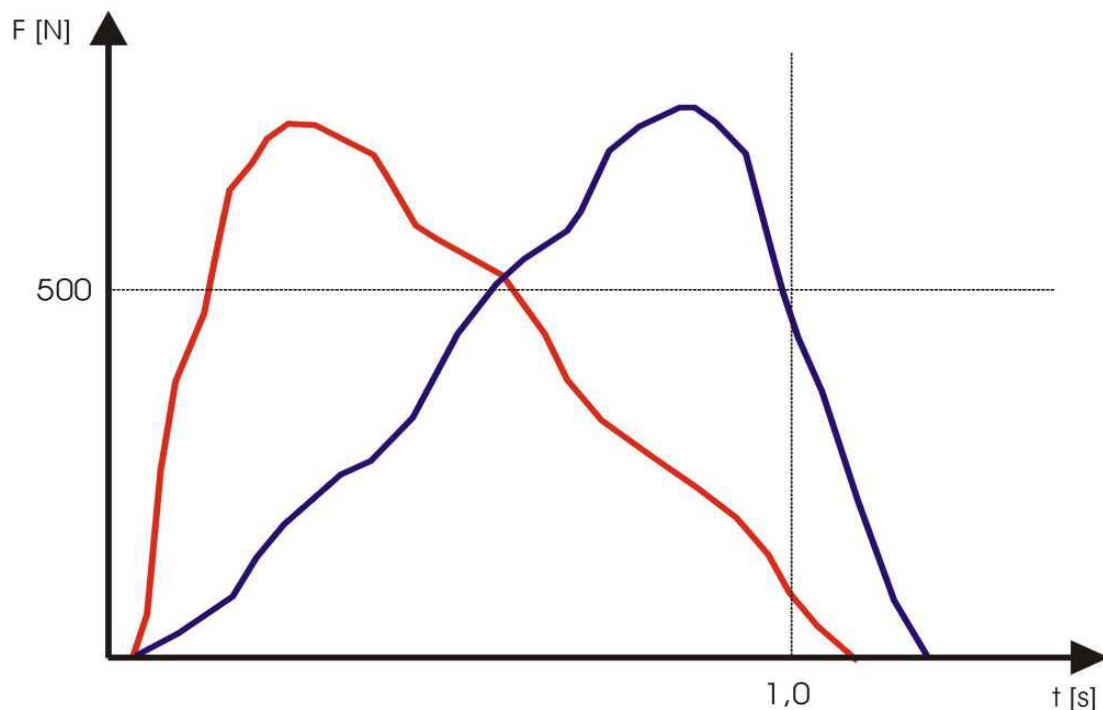


Kraft-Zeit-Verlauf eines Hochsprungabsprungs



# Typische Kraft-Zeit-Verläufe

Anriss- und endzugbetonte Zugvariante beim Rudern



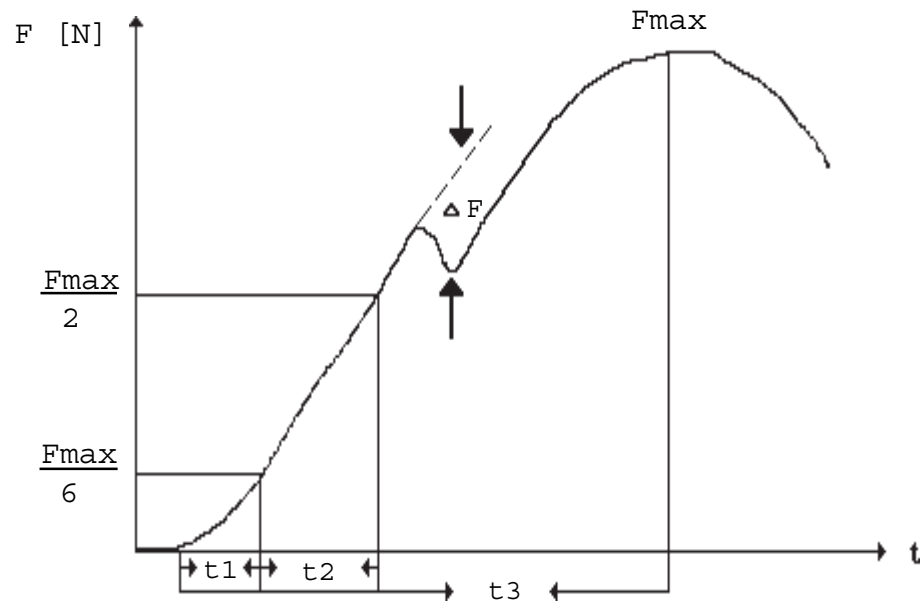
- Beide Techniken erreichen gleiche Kraftmaxima.
- Die endzugbetonte Technik weist eine leicht längere Zeitdauer auf (vergrößert  $F \cdot t$ ).
- Die Kraftstöße sind nahezu identisch!

=> die Geschwindigkeitsänderung des Bootes unterscheidet sich nicht bei beiden Varianten!

Biomechanisch sind sie gleich effektiv.

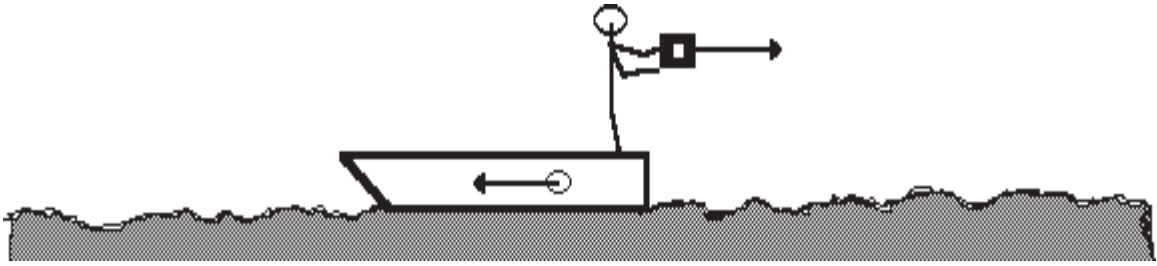
Das heißt aber noch nicht, dass sie auch physiologisch gleich effektiv sind!

# Diskontinuität im Kraft-Zeit-Verlauf

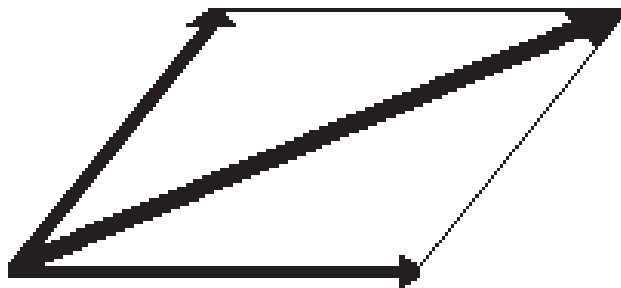
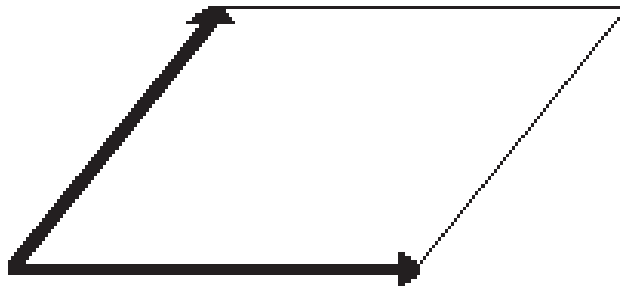




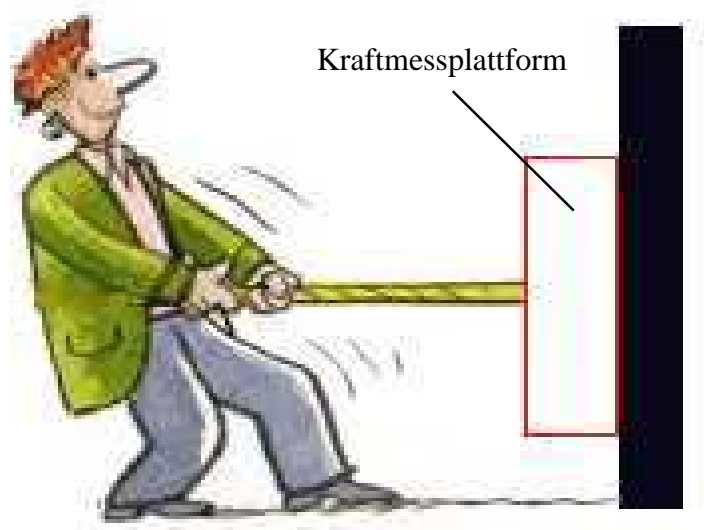
**Actio = Reactio**



# Bildung eines Parallelogramms



# Kleiner Exkurs zur “Addition von Kräften”



Eine einzelne Person kann im Mittel mit 850 N an einem Tau ziehen (Ringelmann 1882).

Was passiert, wenn wir 3 Personen an einem Tau ziehen lassen?

Hypothesen?

Begründungen?

# Kleiner Exkurs zur “Addition von Kräften”



Ringelmann (1882) stellte fest, dass dann nur noch 650 N im Mittel gemessen werden! Die Kräfte addieren sich zwar, aber sie sind geringer als bei einer Einzelmessung.

Verlassen sich die anderen auf die Mitstreiter?

Wie könnte man das messen?

# Kleiner Exkurs zur “Addition von Kräften”

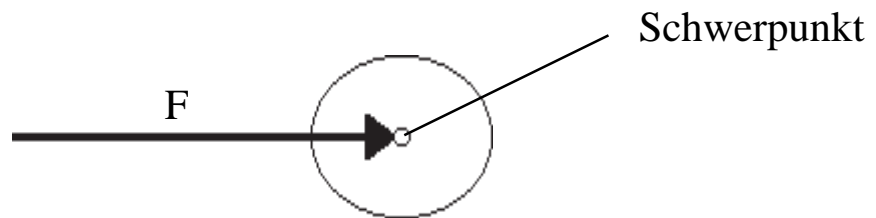


In einer späteren Wiederholung des Experimentes wurden den Teilnehmern die Augen verbunden. Ihnen wurde gesagt, dass sie einmal alleine und einmal im Team zögen. Tatsächlich haben sie aber immer allein gezogen.

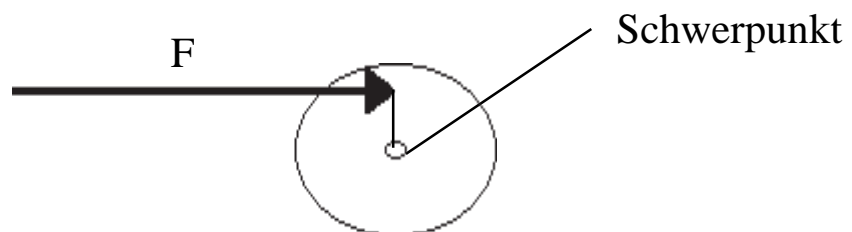
Das Ergebnis war wieder beim „Teamziehen“ geringer!

Teamarbeit führt also doch nicht immer zum besten Ergebnis...

## Beispiel für einen zentrischen Kraftstoß

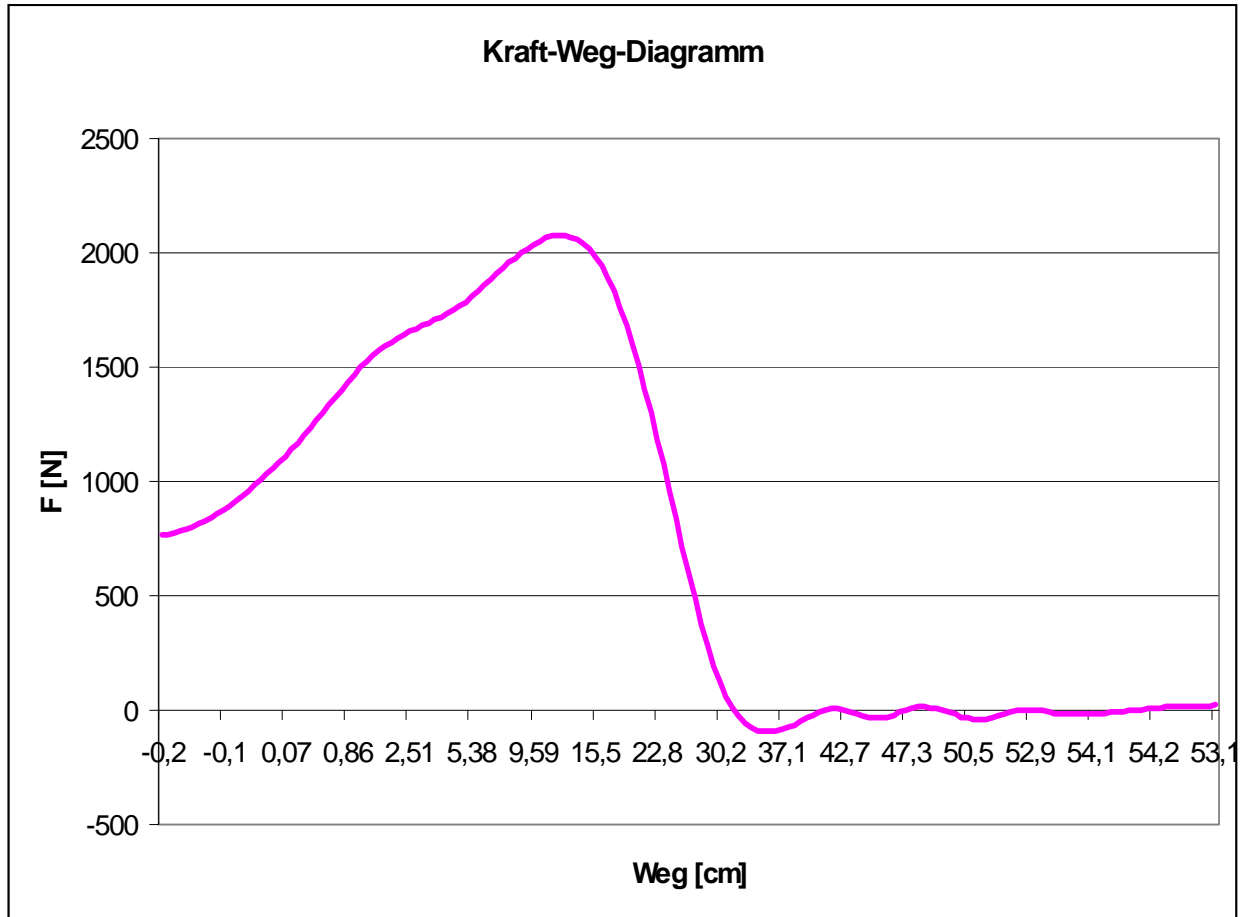


## Beispiel für einen exzentrischen Kraftstoß

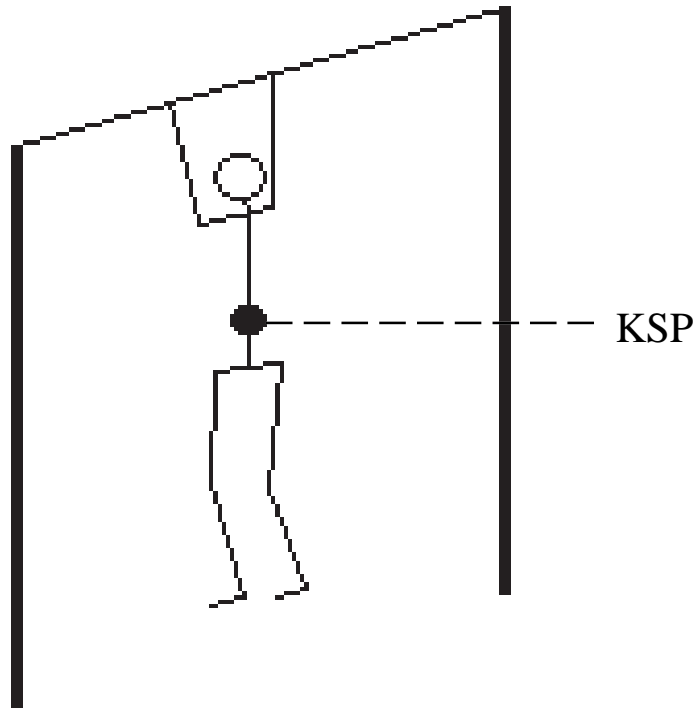


# Kraft-Weg-Verlauf (Arbeit)

## Beinstreckbewegung in einer Beinpresse

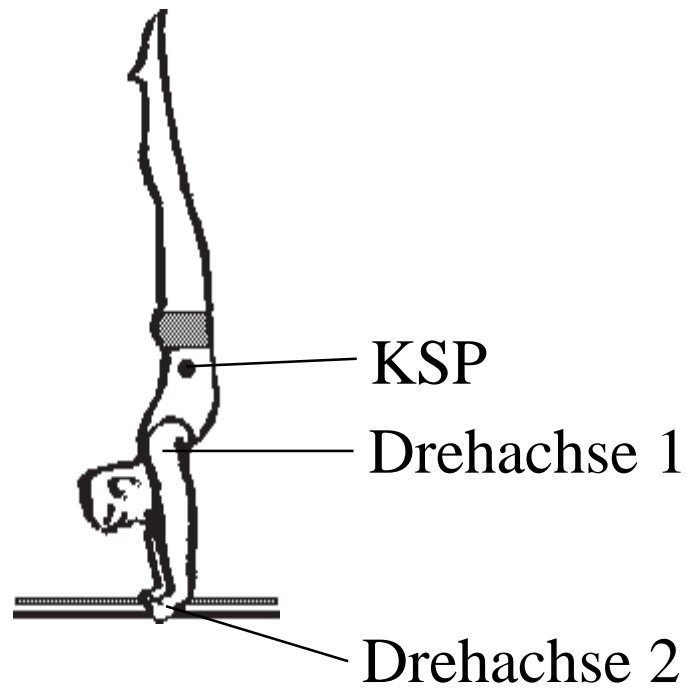


# Stabiles Gleichgewicht

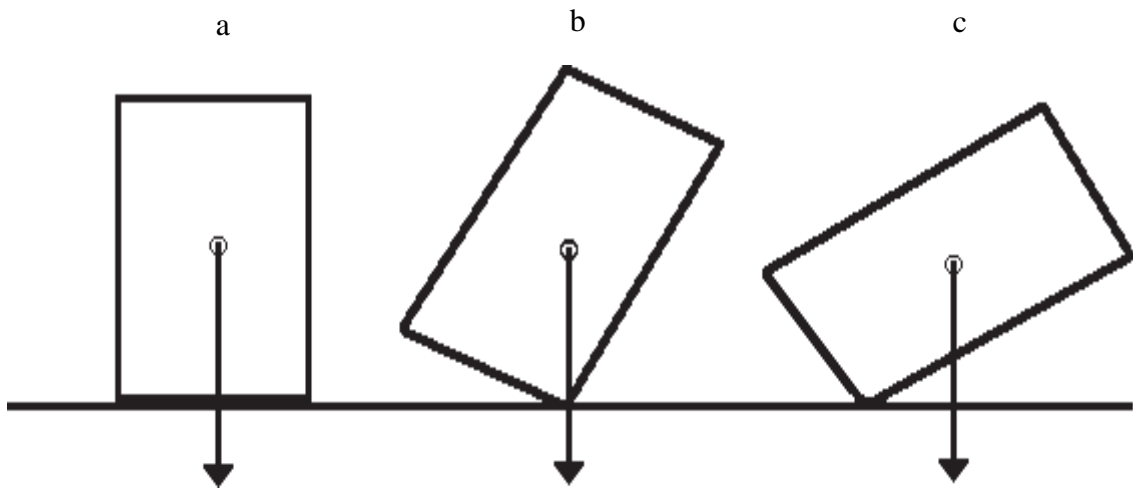




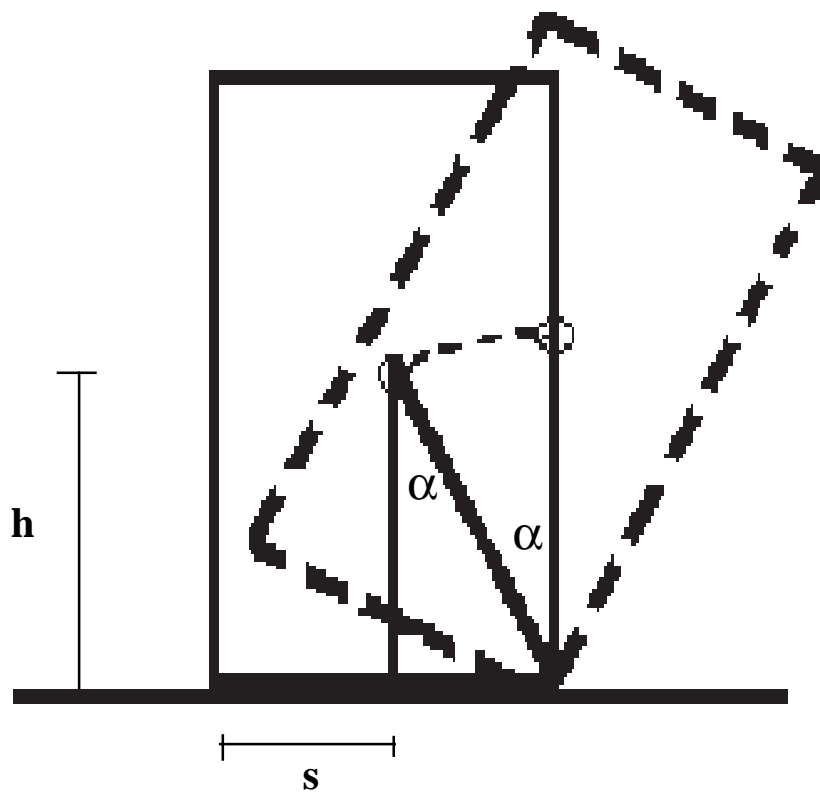
# Labiles Gleichgewicht



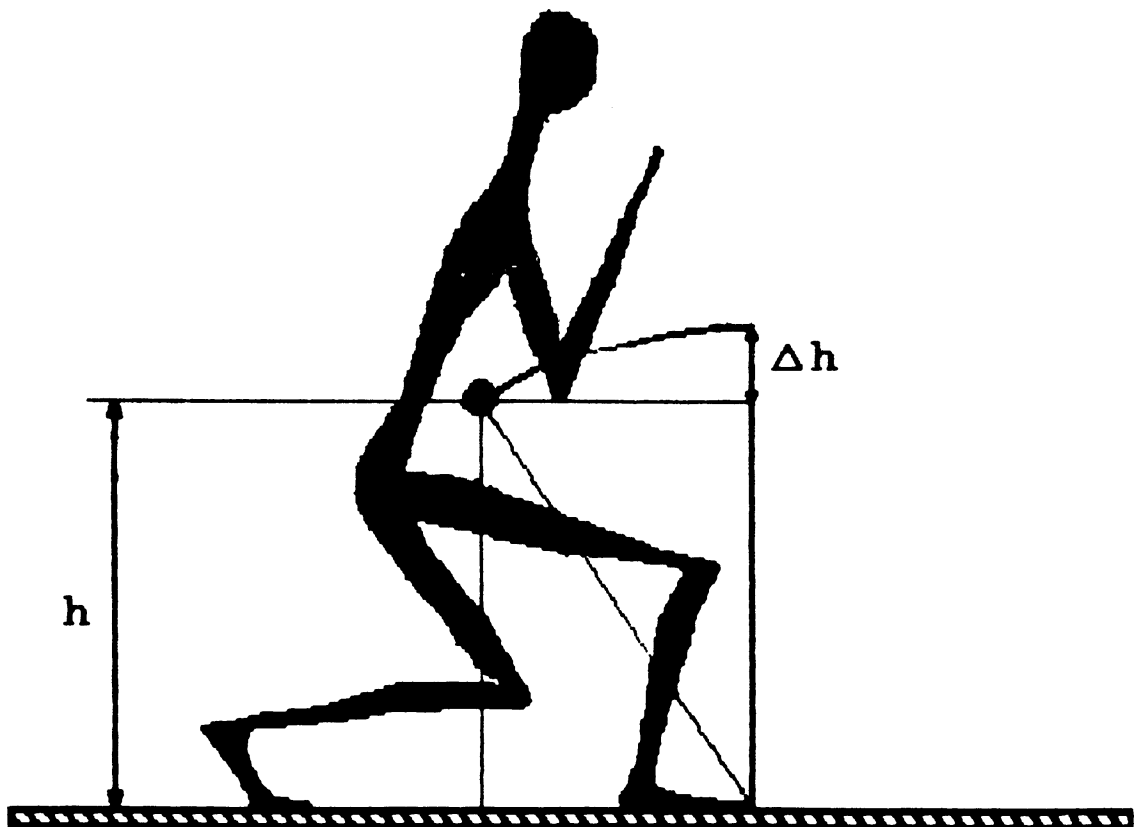
# Beispiel zu verschiedenen Gleichgewichtslagen



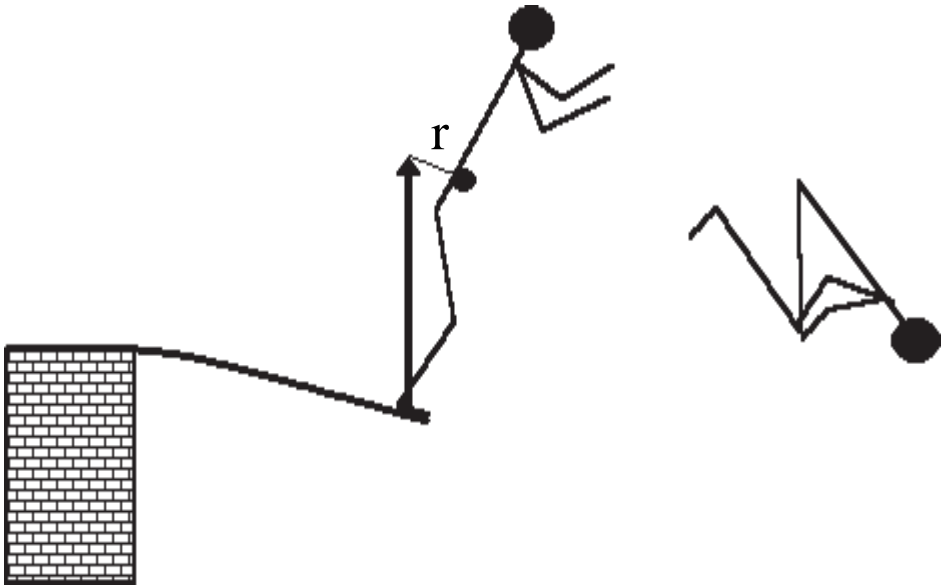
# Kippwinkel und innere Wechselwirkung



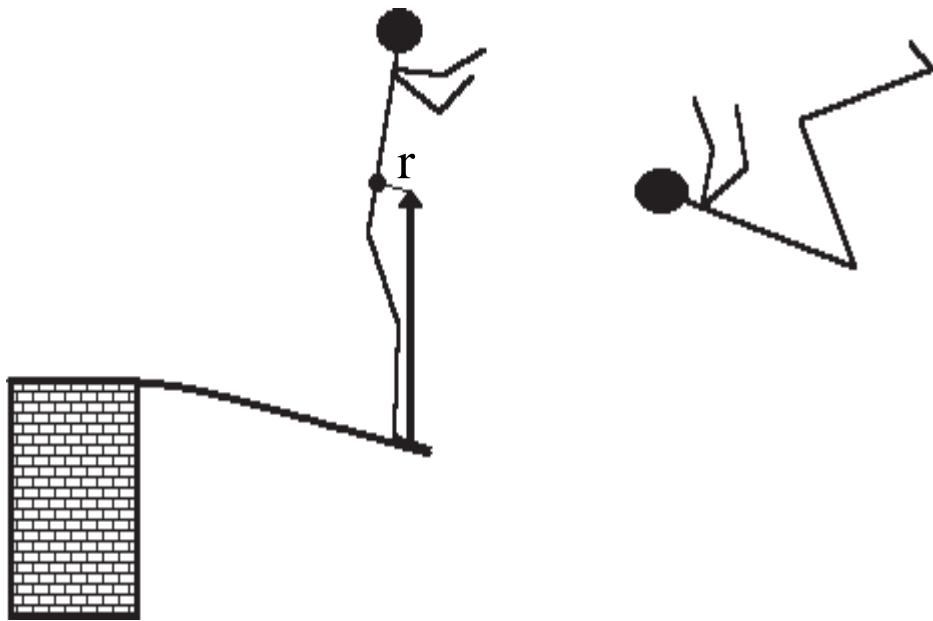
# Kippwinkel bei einer Telemarklandung



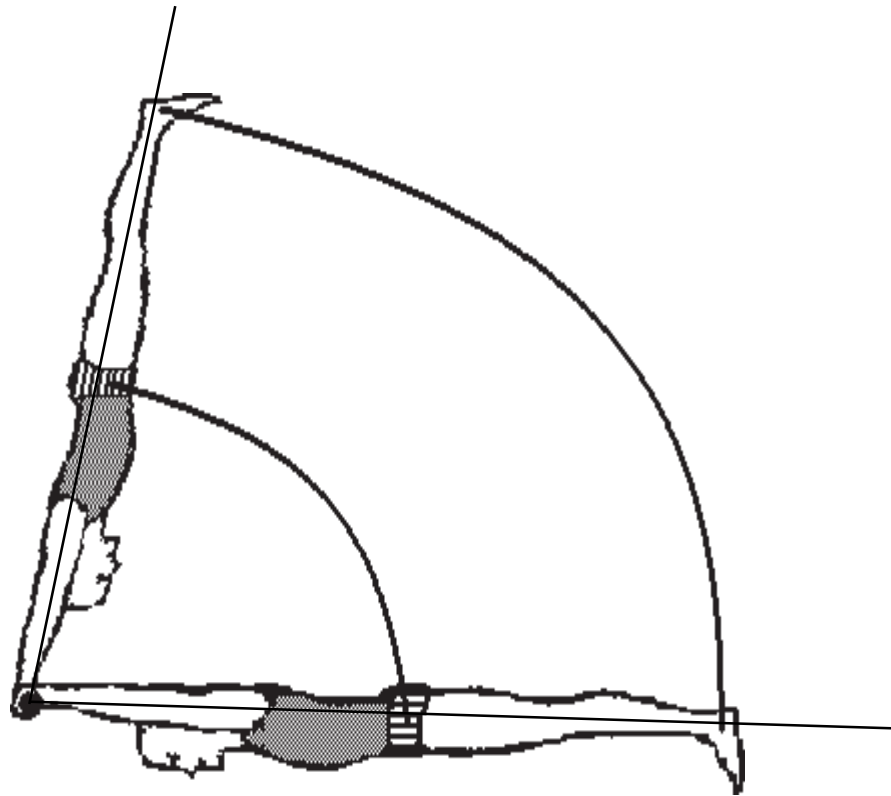
# Vorwärtssalto



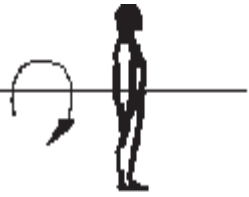




# Auerbachsprung



# Vergleich von Winkel- und Bahngeschwindigkeit



# Trägheitsmomente bei unterschiedlichen Körperhaltungen und Rotationsachsen

	Rotation um	J [kgm <sup>2</sup> ]
	Tiefenachse	12.0-15.0
	Breitenachse	10.5-13.0
	Breitenachse	4.0-5.0
	Längsachse	1.0-1.2
	Längsachse	2.0-2.5



# Analogie Translation - Rotation

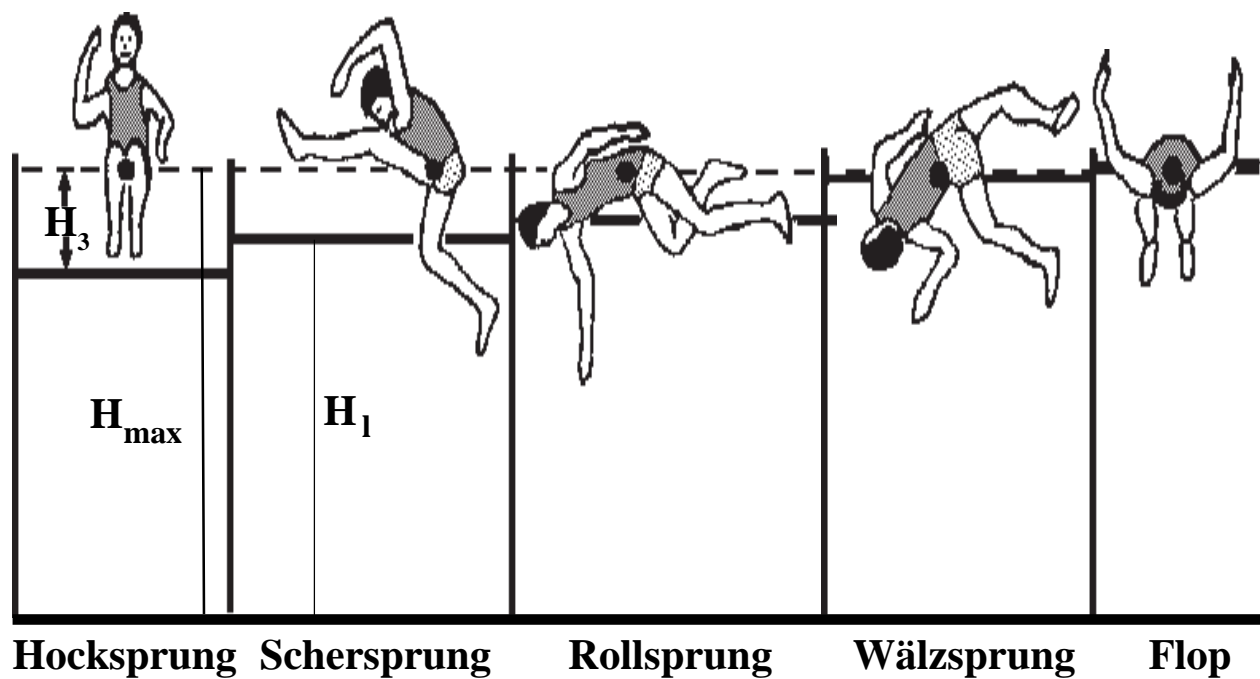
Fort schreitende Bewegung (Translation)		Drehbewegung (Rotation)	
$s$	[m] Weg	$\varphi$	[rad] Winkel
$v$	$\left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$ Lineargeschwindigkeit	$\omega$	$\left[ \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right]$ Winkelgeschwindigkeit
$a$	$\left[ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$ Tangentialbeschleunigung	$\alpha$	$\left[ \frac{\text{rad}}{\text{s}^2} \right]$ Winkelbeschleunigung
$F$	[N] Kraft	$M$	[Nm] Drehmoment
$m$	[kg] Masse	$J$	[kg m <sup>2</sup> ] Massenträgheitsmoment
$m \cdot v$	$\left[ \frac{\text{kg m}}{\text{s}} \right]$ Impuls	$J \cdot \omega$	$\left[ \frac{\text{kg m}^2 \text{ rad}}{\text{s}} \right]$ Drehimpuls
$m \frac{v^2}{2}$	$\left[ \frac{\text{kg m}^2}{\text{s}^2} \right]$ kinetische Energie	$J \frac{\omega^2}{2}$	$\left[ \frac{\text{kg m}^2 \text{ rad}^2}{\text{s}^2} \right]$ Drehenergie

dynamisches Grundgesetz:

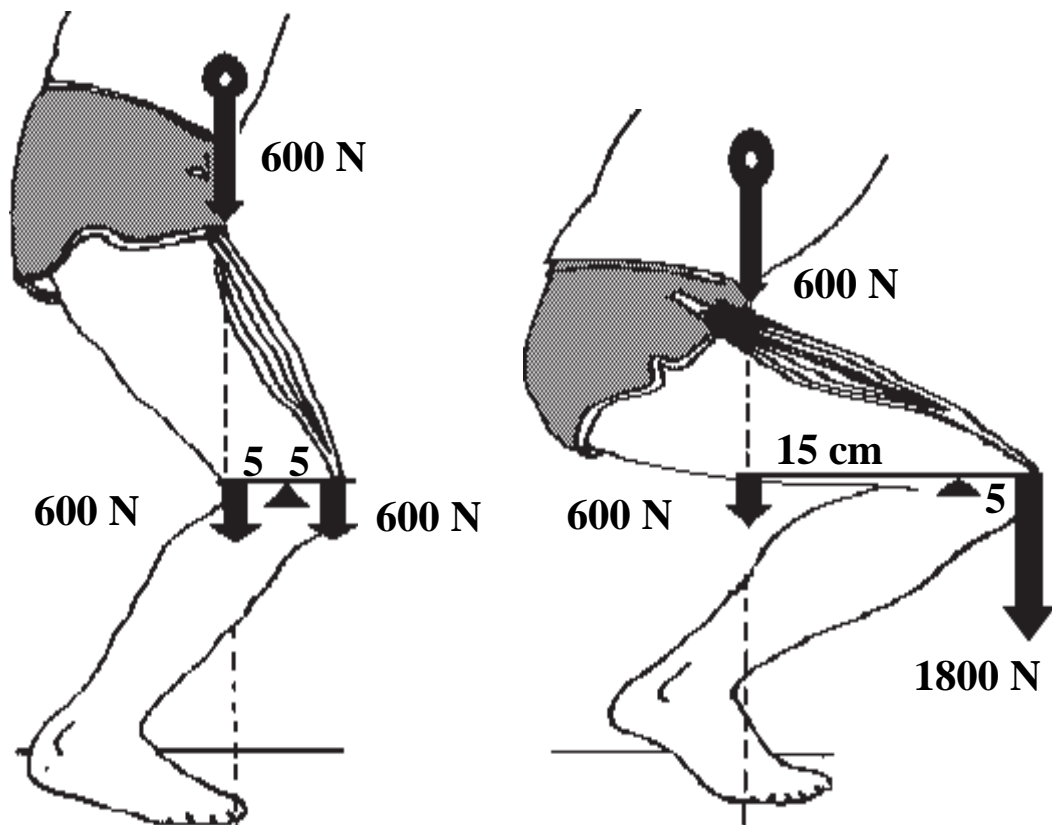
$$F = m \cdot a$$

$$M = J \cdot \alpha$$

# Schwerpunktsüberhöhungen bei verschiedenen Hochsprungtechniken



## Lastarme am Kniegelenk bei unterschiedlichen Gelenkwinkeln



# Myofilament in kontrahiertem und gedehntem Zustand

**kontrahiert**

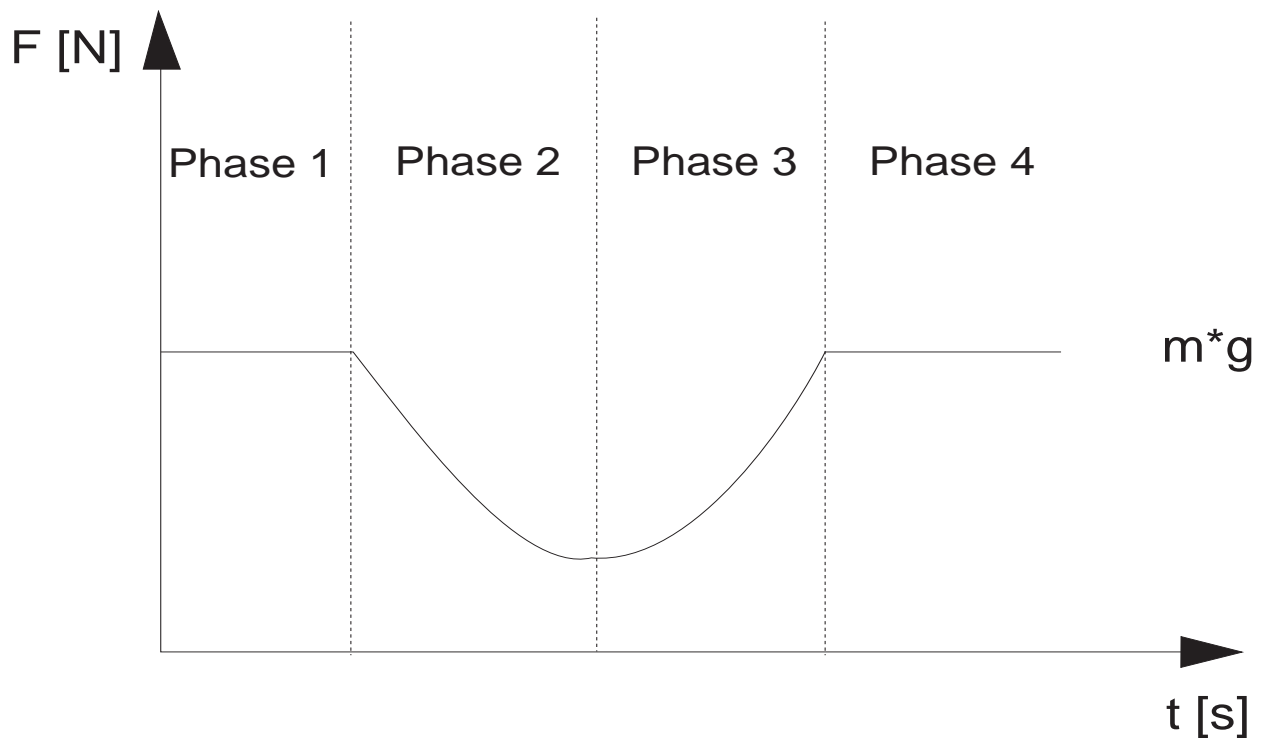
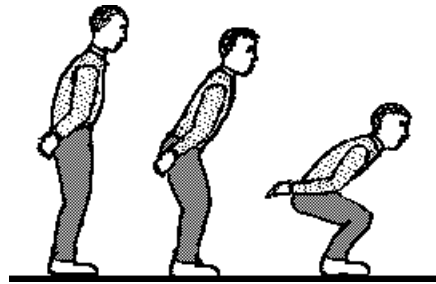


**gedehnt**

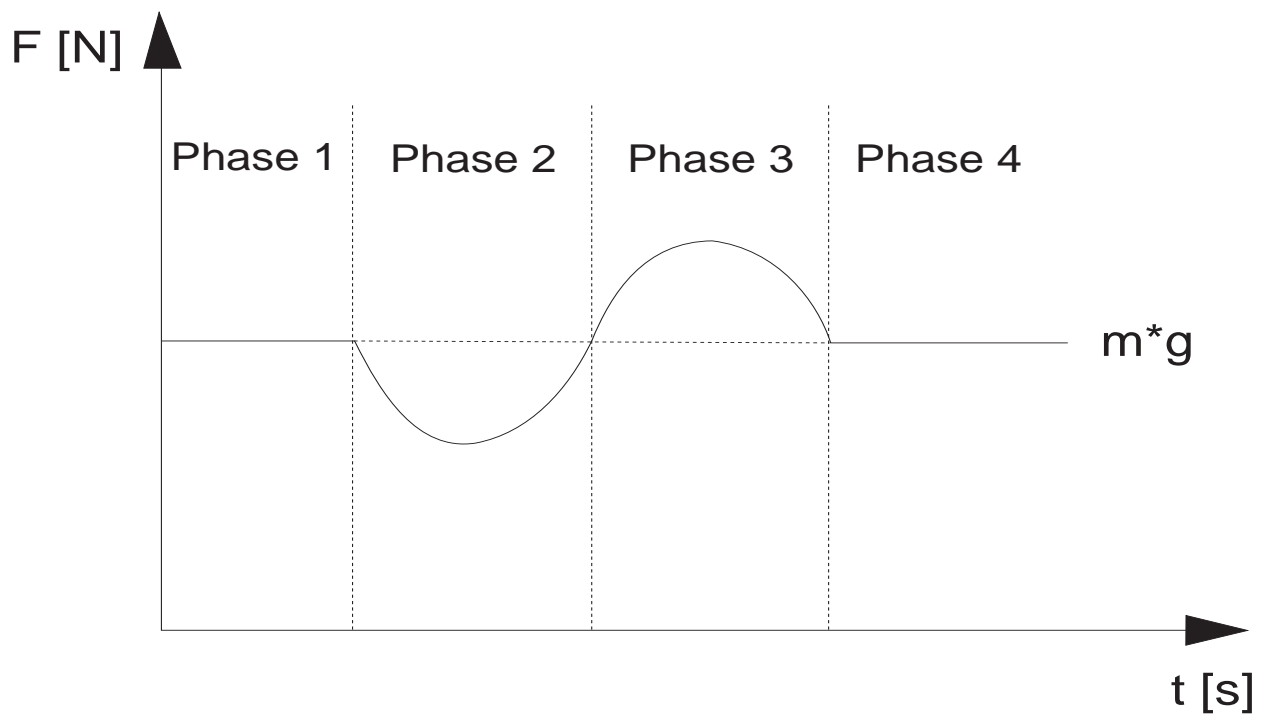
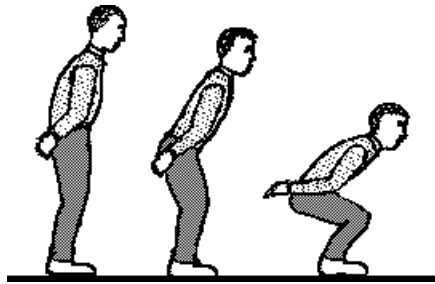
# Kraft-Zeitverlauf beim Stehen auf einer Kraftmeßplattform



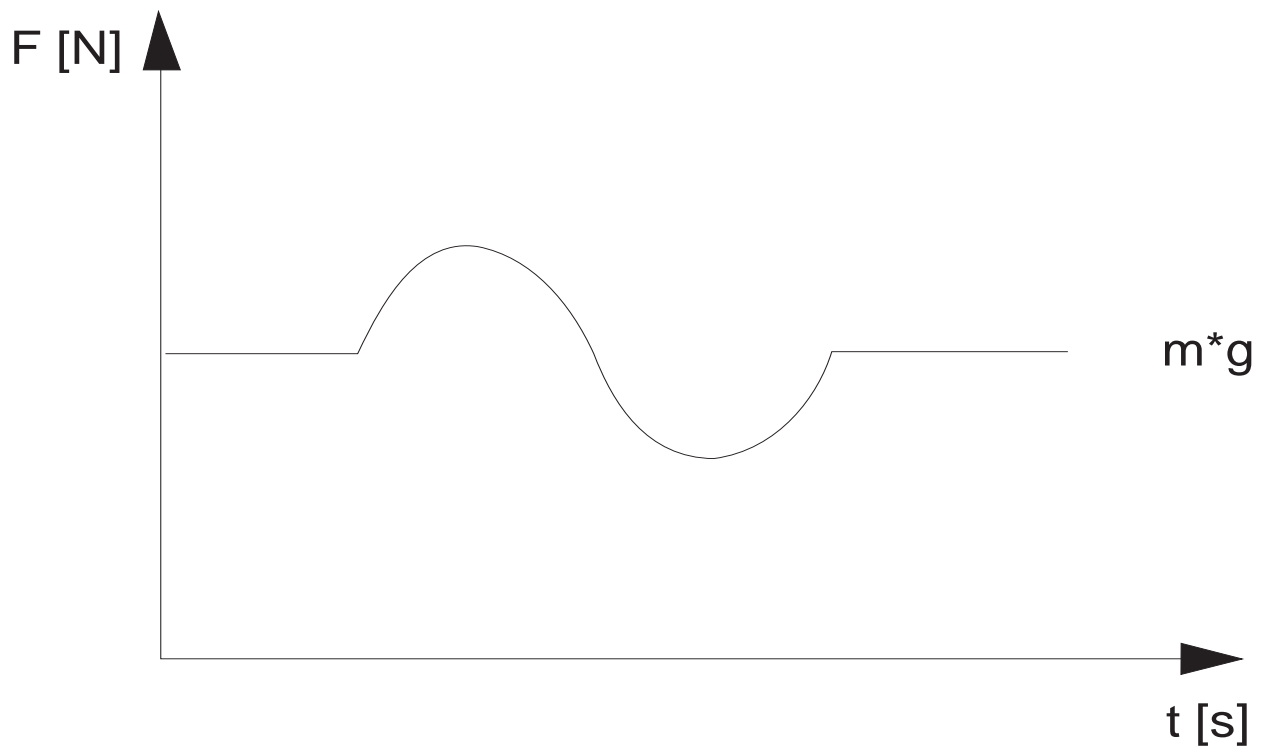
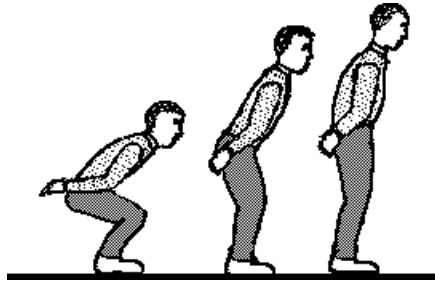
# Möglicher Kraft-Zeitverlauf beim Tiefgehen in die Hocke?



# Möglicher Kraft-Zeitverlauf beim Tiefgehen in die Hocke?

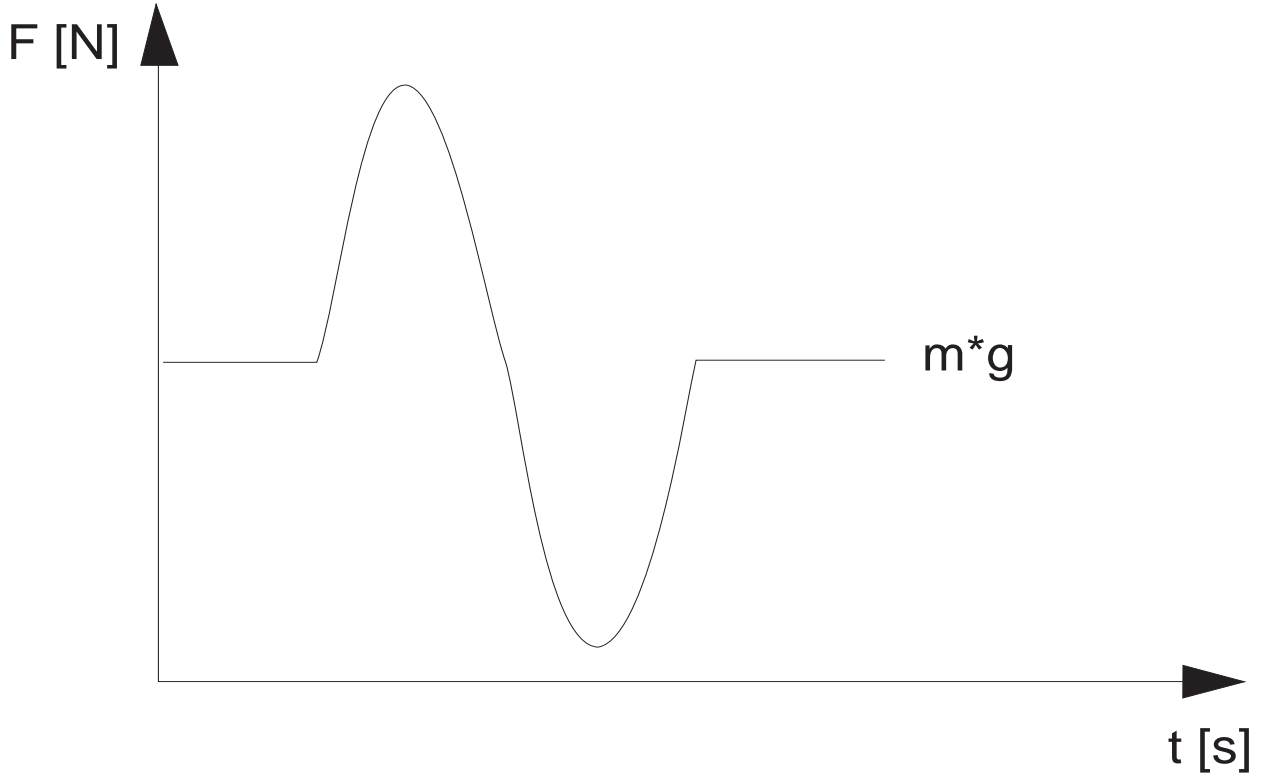
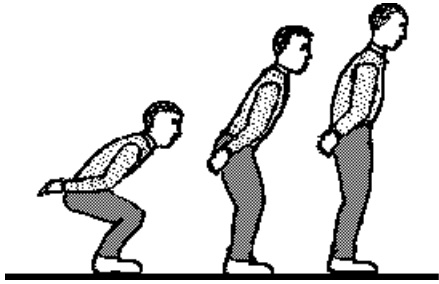


# Kraft-Zeitverlauf beim Aufstehen aus der Hocke?

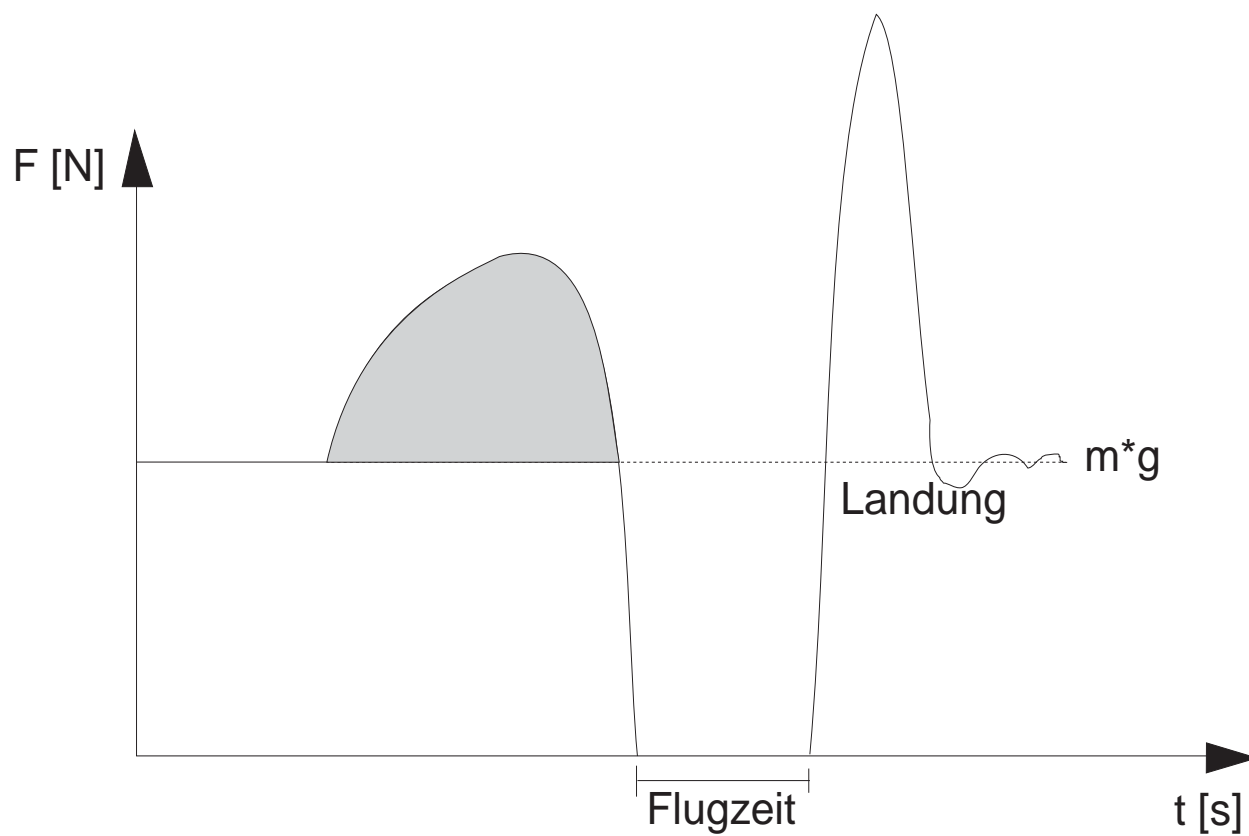
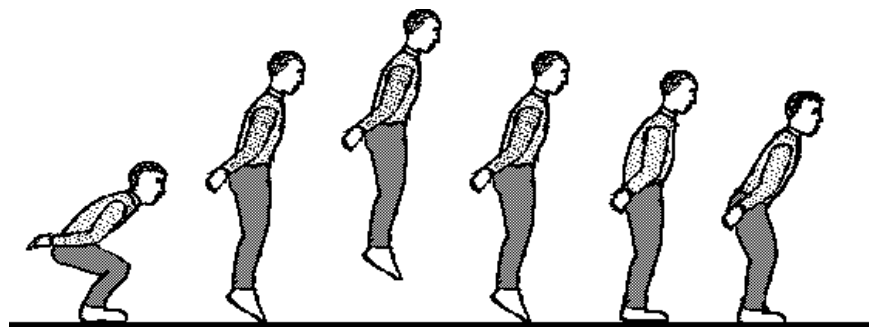




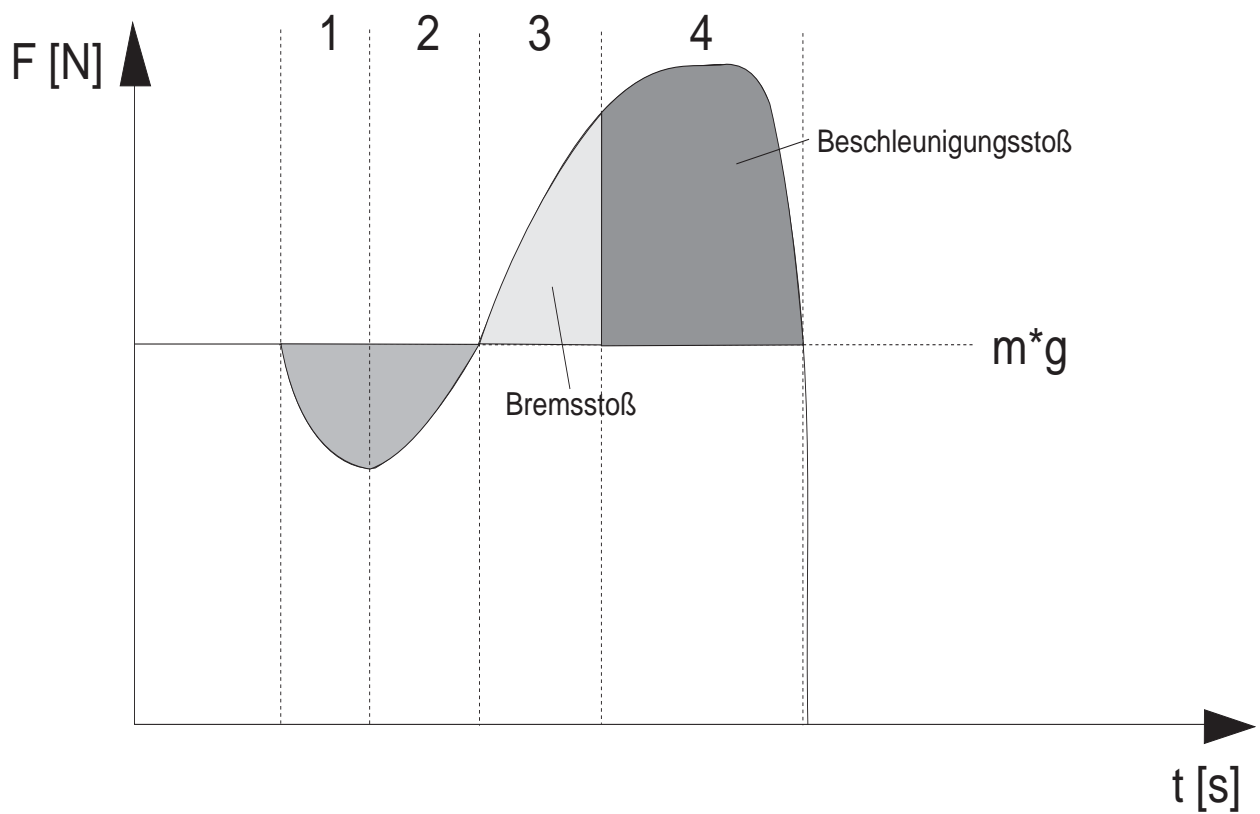
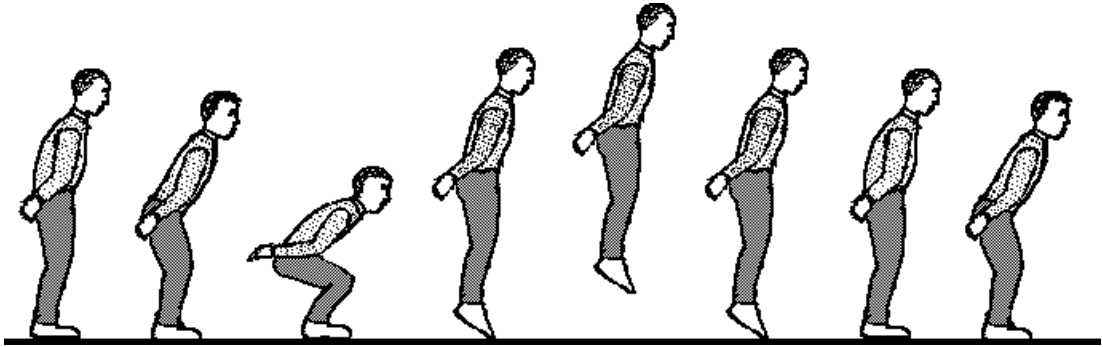
# Kraft-Zeitverlauf beim schnellen Aufstehen aus der Hocke?



# Kraft-Zeitverlauf Squat Jump

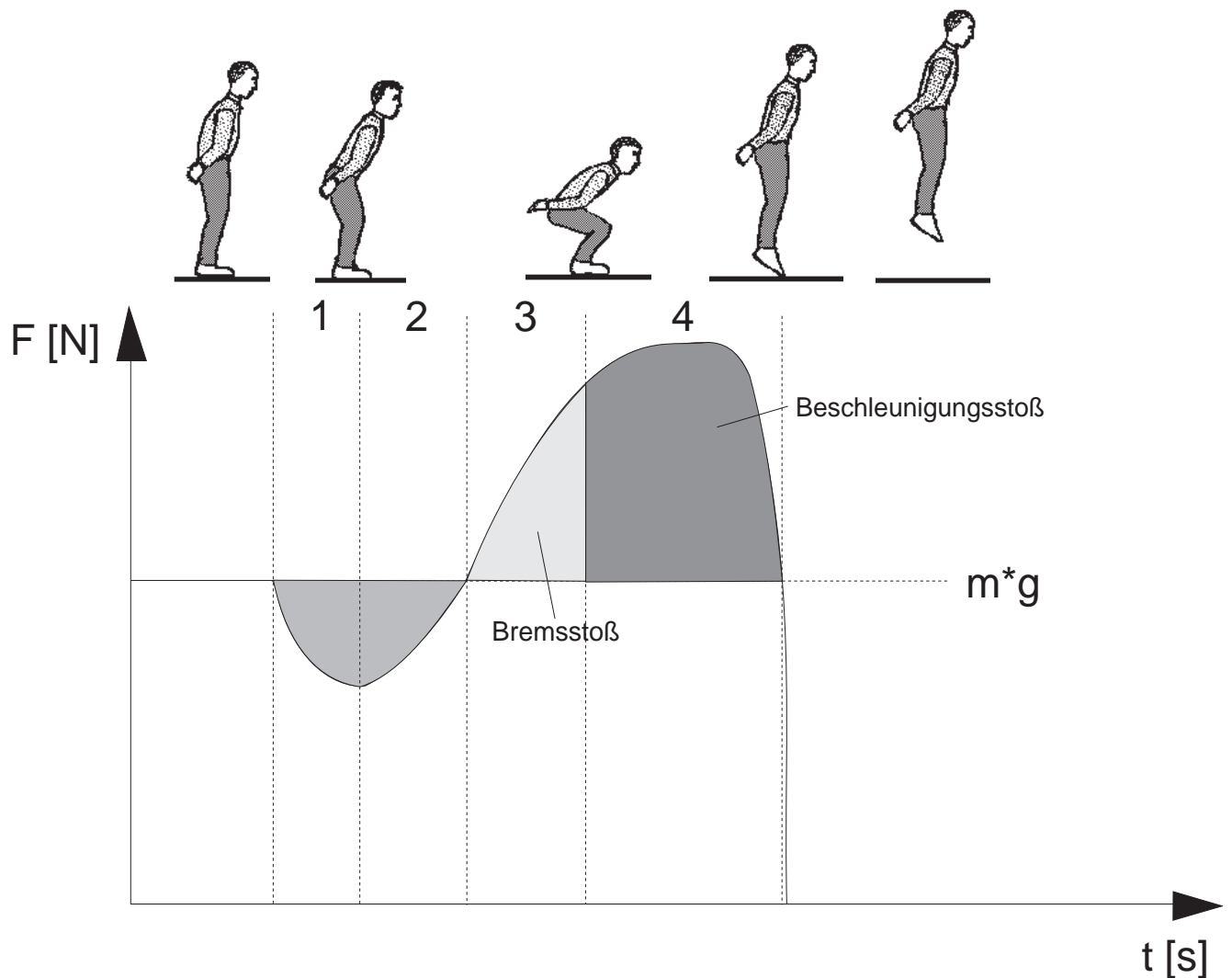


# Kraft-Zeitverlauf Countermovement Jump



# Zuordnung der Sprungbewegung zum Kraft-Zeitverlauf

## Countermovement Jump



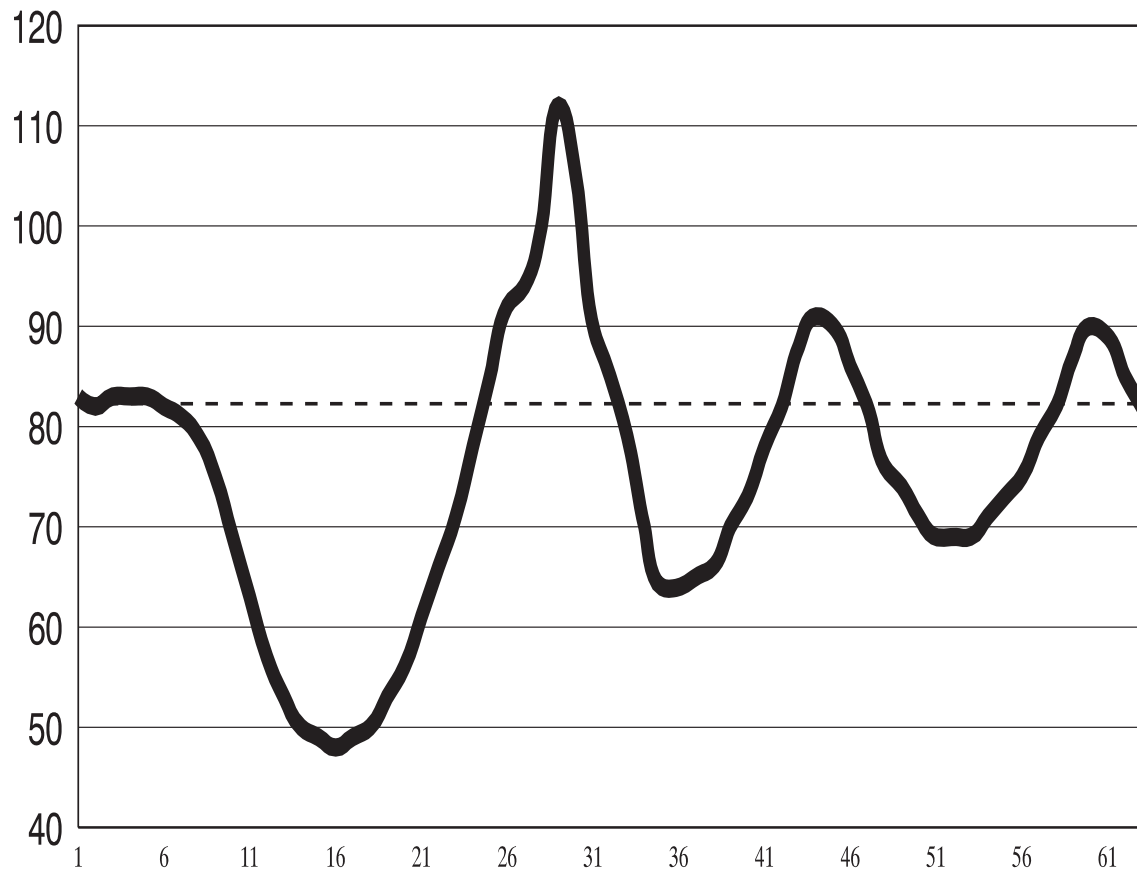
Literaturangaben:

GÖHNER, U.: Kraftkurven verstehen können.  
Sportunterricht 1993, 42, 4, 139-147.

GÖHNER, U.: Kraftstöße interpretieren können.  
Sportunterricht 1993, 42, 4, 148-160.

WILLIMCZIK, K. (Hrsg.): Biomechanik der Sportarten. Reinbek 1989

# Countermovement Jump auf einer Waage Auswertung über Video



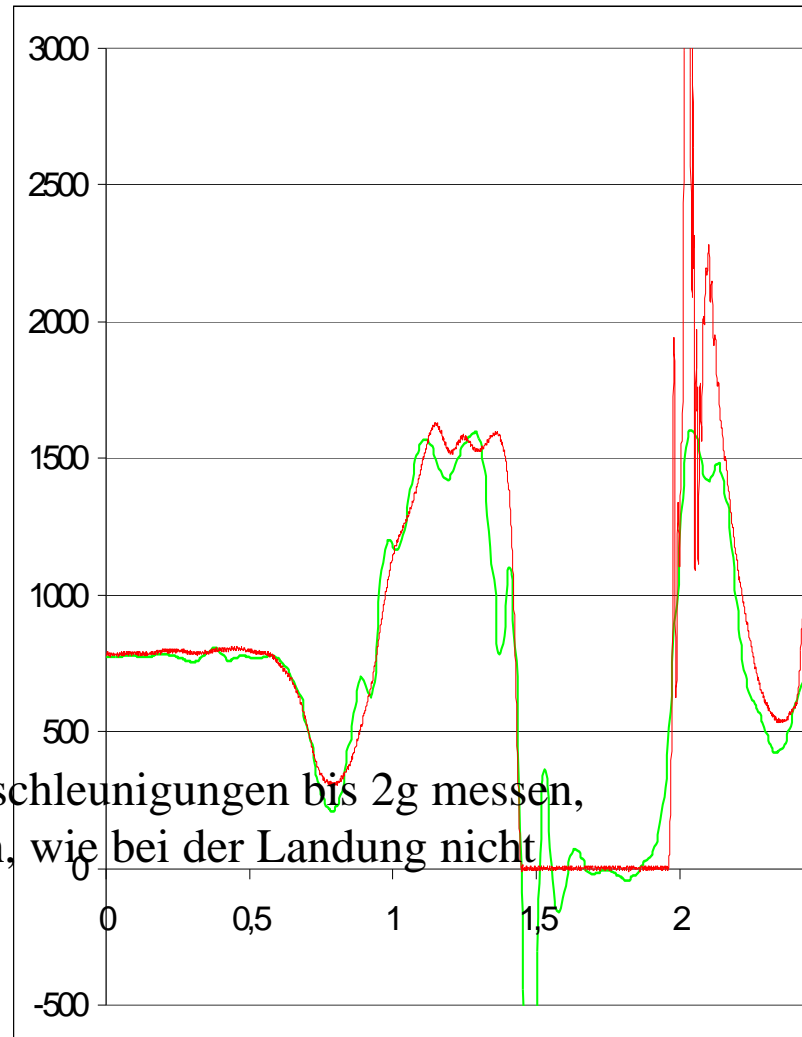
# Countermovement Jump

## Vergleich einer Messung mit Mobiltelefon und Kraftmessplattform

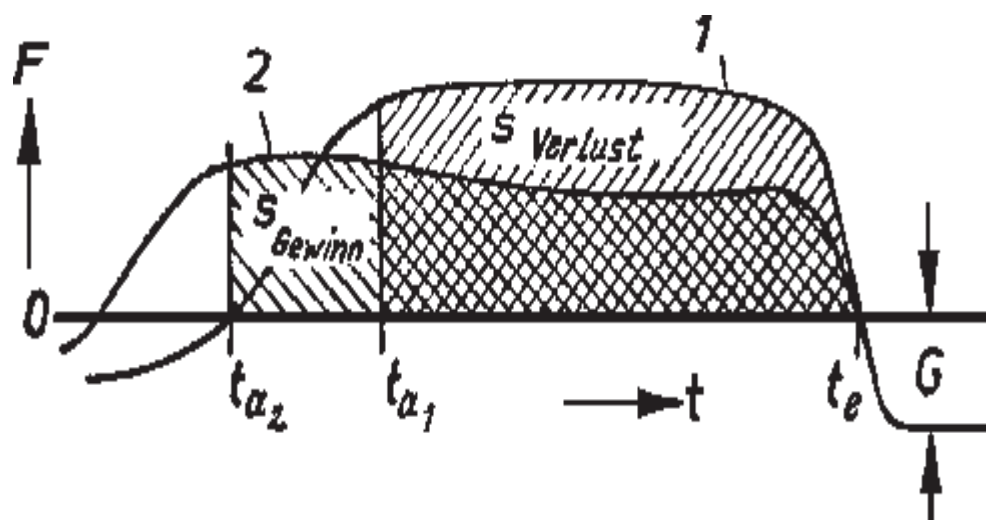
Ff => Mobiltelefon

F => Kraftmessplattform

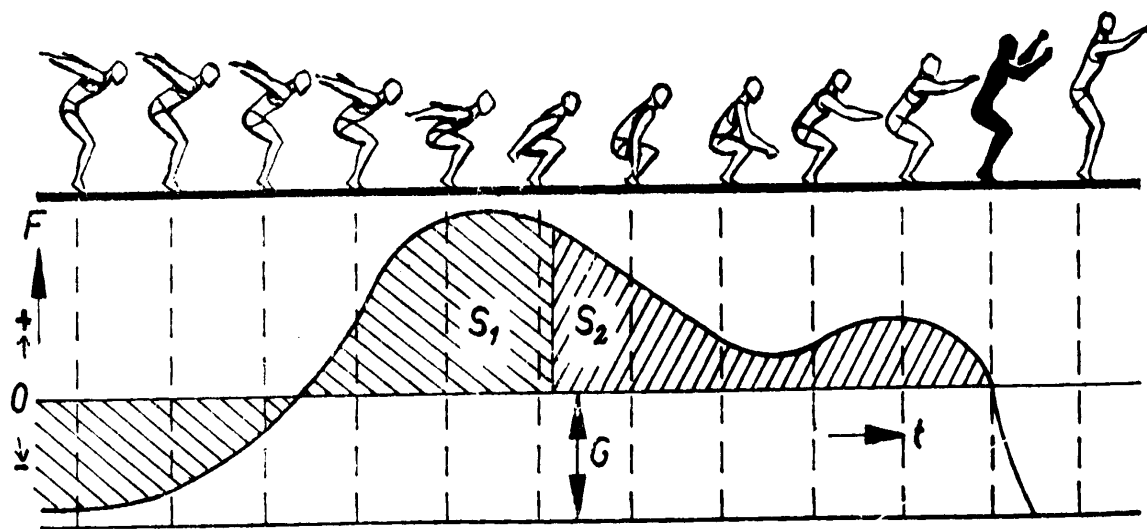
Das Mobiltelefon kann nur Beschleunigungen bis 2g messen, sodass Beschleunigungsspitzen, wie bei der Landung nicht erfassbar sind.



# Abhängigkeit zwischen Beschleunigungsweg und Beschleunigungskraft

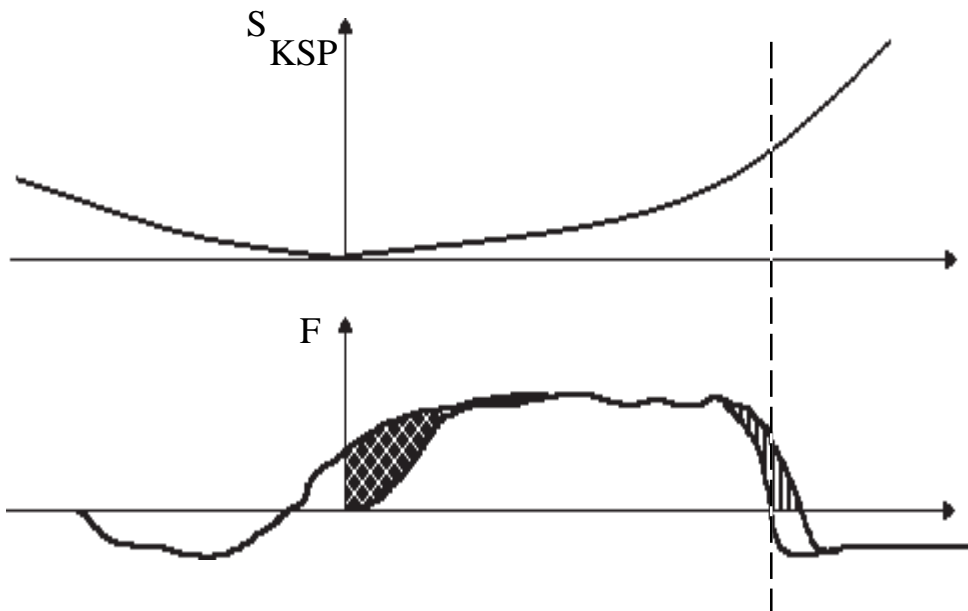
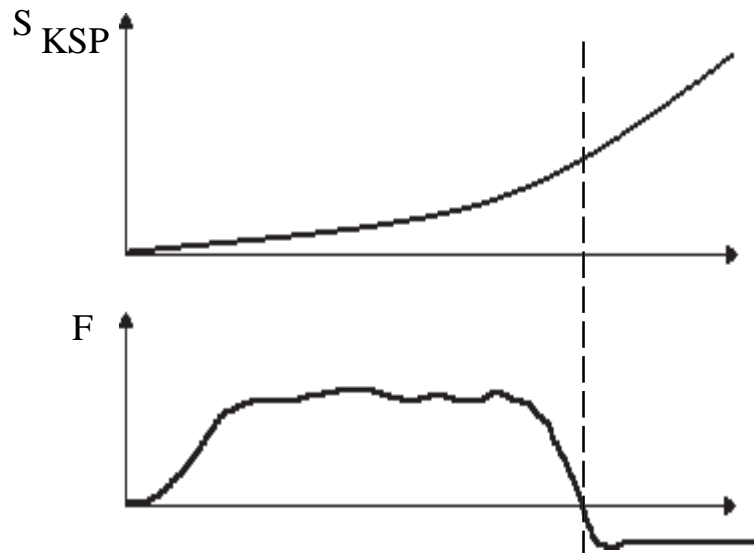


# Kraft-Zeit-Verlauf eines Streckgesprunges mit zu starker Ausholbewegung

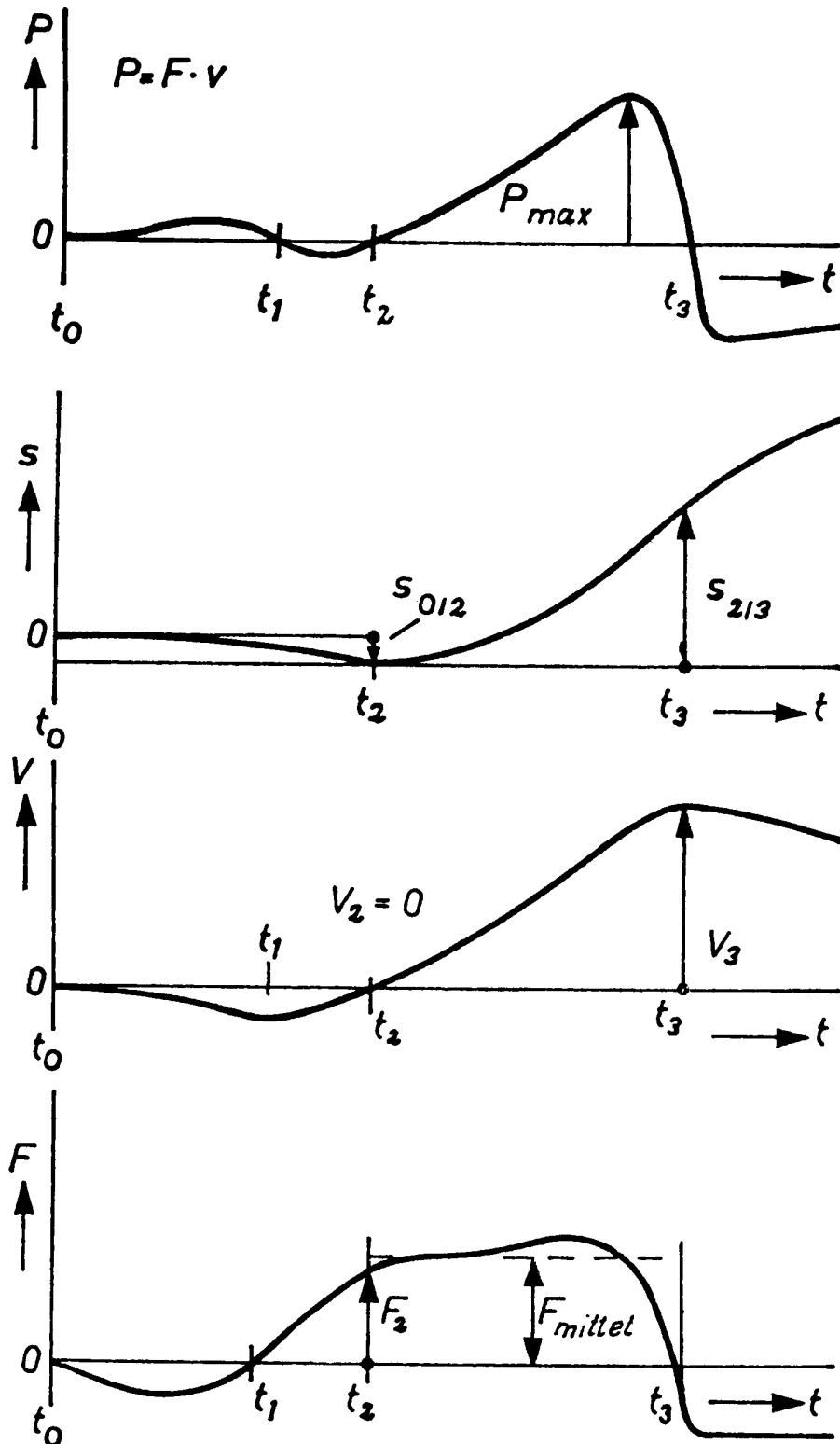




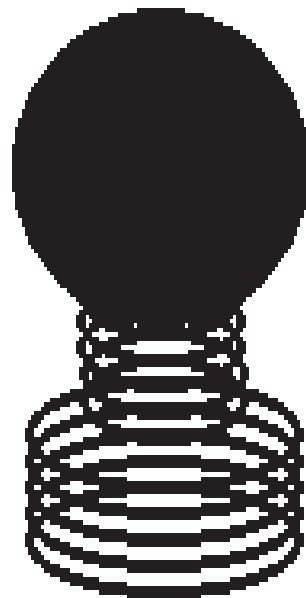
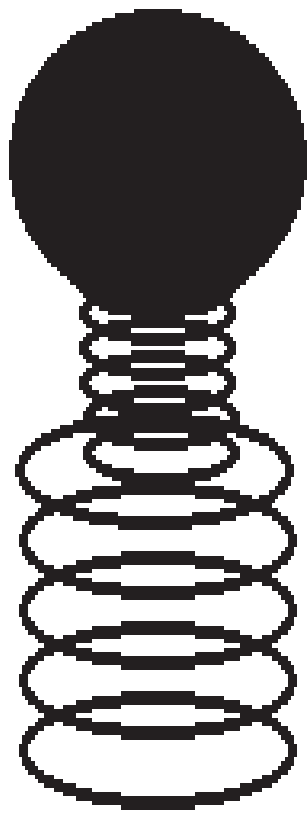
# Prinzip der Anfangskraft



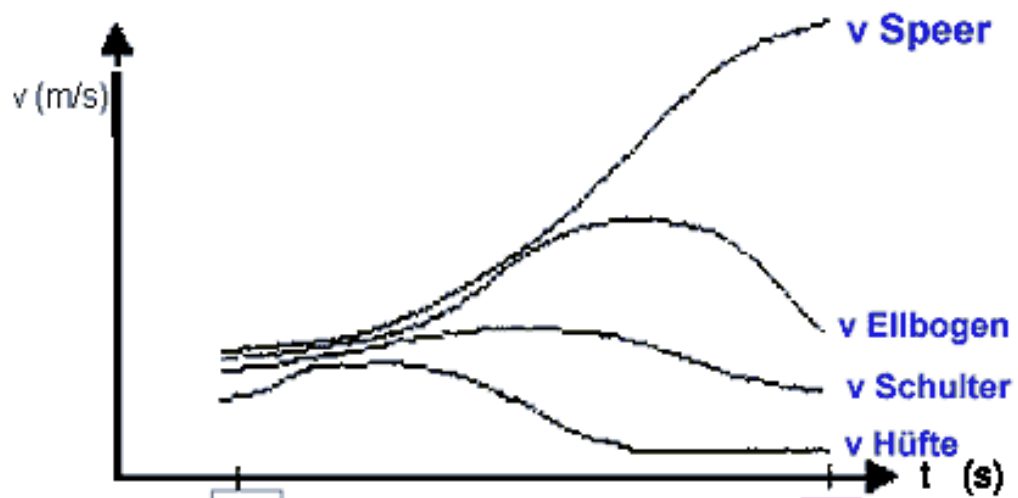
# Kraft, Geschwindigkeit, Weg und Leistung beim Countermovementjump



# Prinzip der Koordination von Teilimpulsen am Beispiel eines Federmodells



# Prinzip der Koordination von Teilimpulsen am Beispiel des Speerwurfs



t1

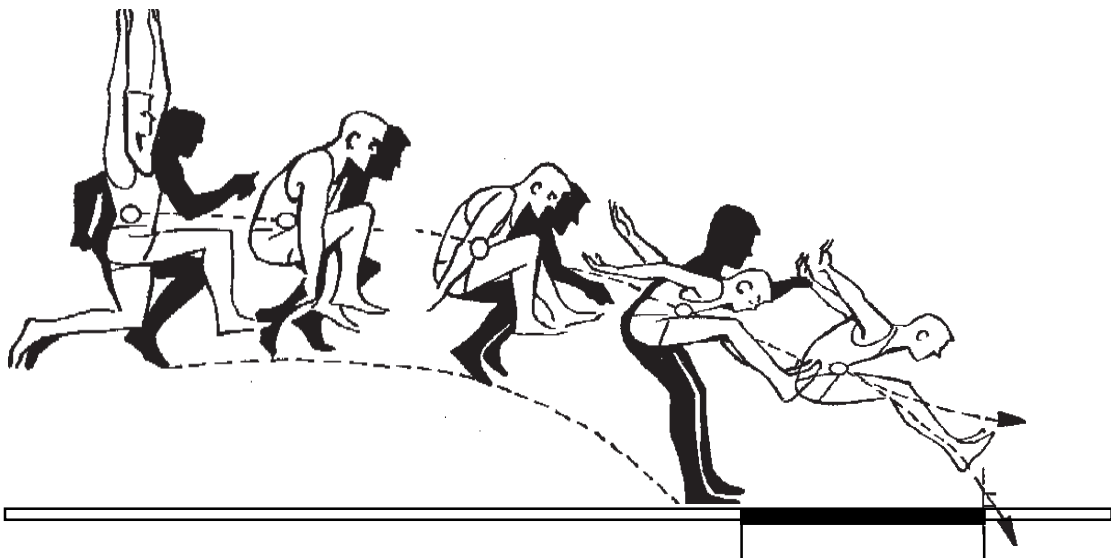
t2



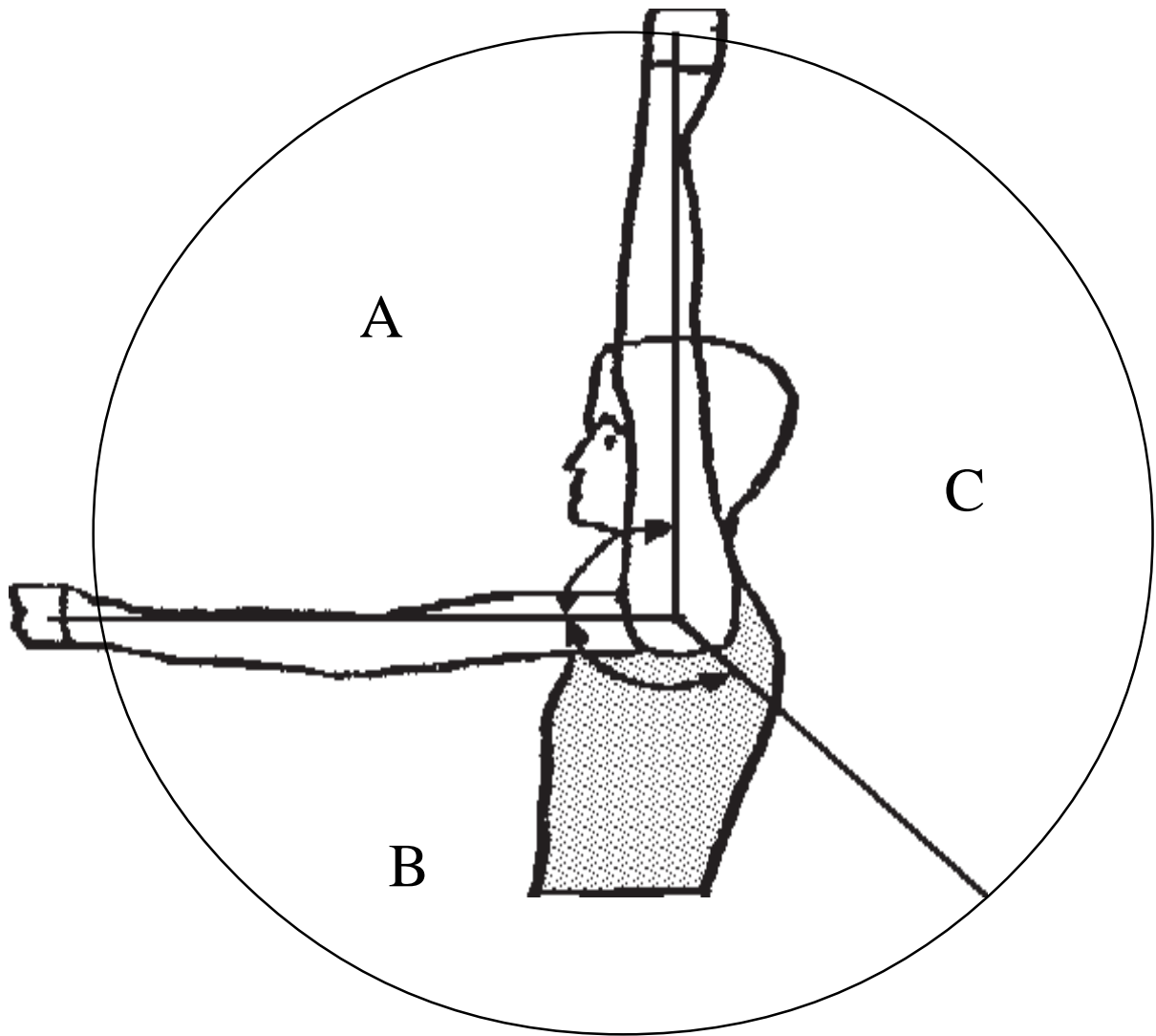
| t1 | Stemmbein setzt auf

| t2 | Speer verlässt die Hand

# Prinzip der Gegenwirkung beim Weitsprung

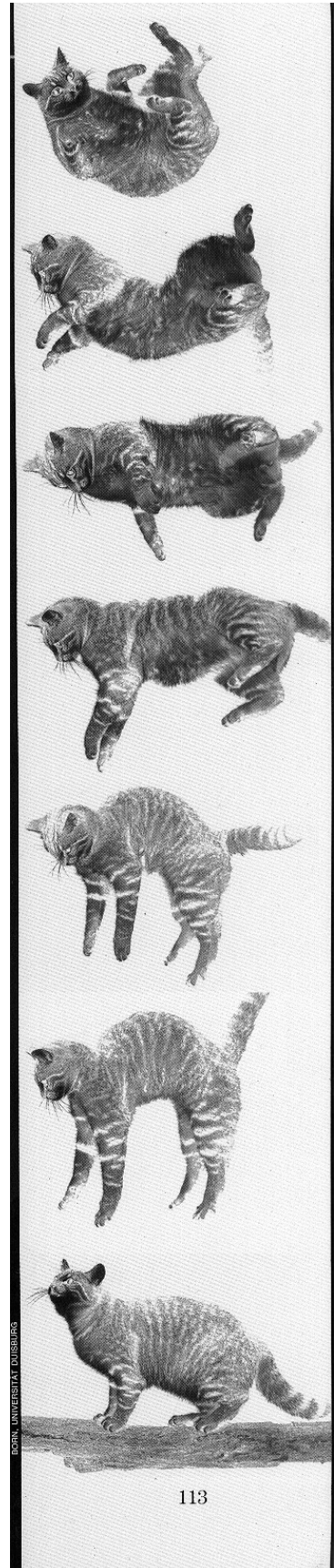
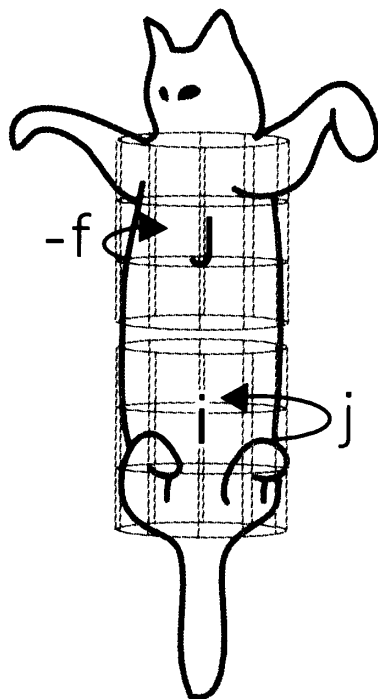
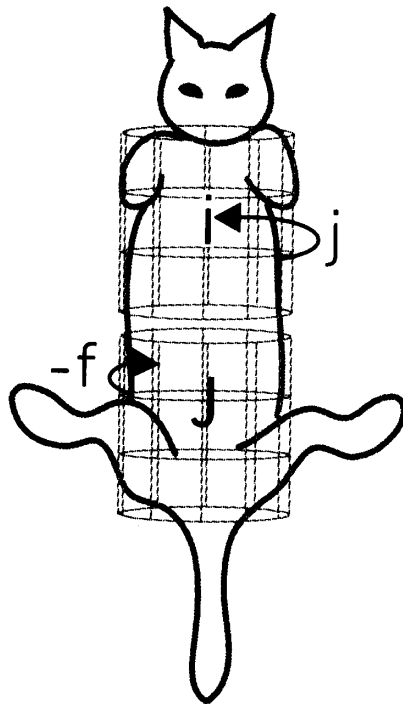


# Prinzip der Gegenwirkung

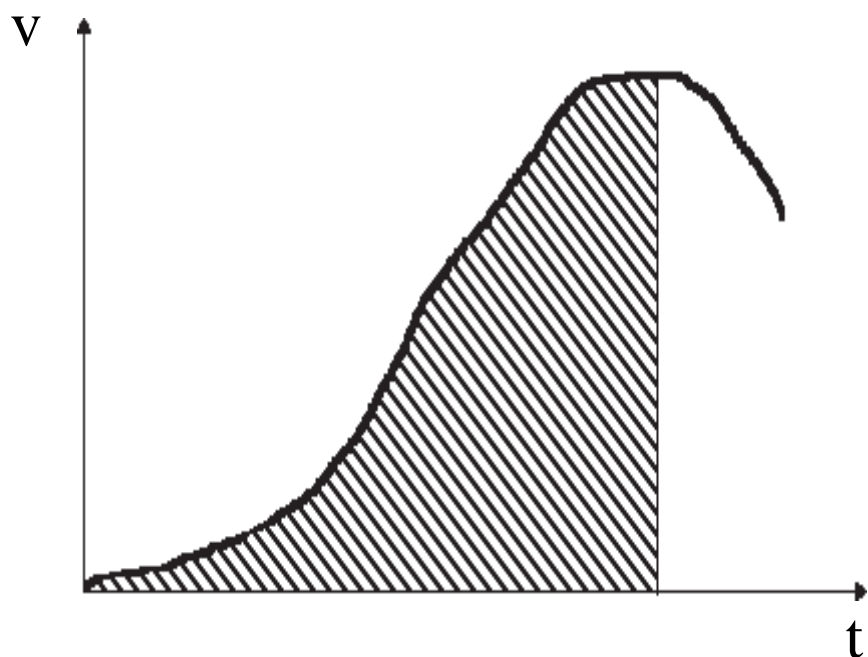
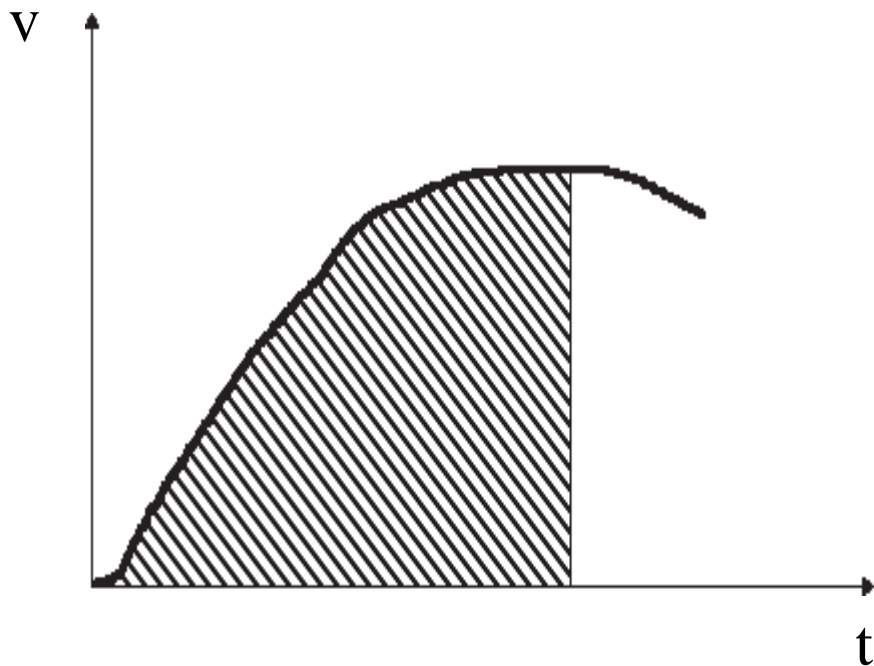


# Prinzip der Gegenwirkung?

Nur zu einem kleinen Teil durch Rotation des Schwanzes, erheblich mehr durch Veränderung der Tragheitsmomente einzelner Segmente!

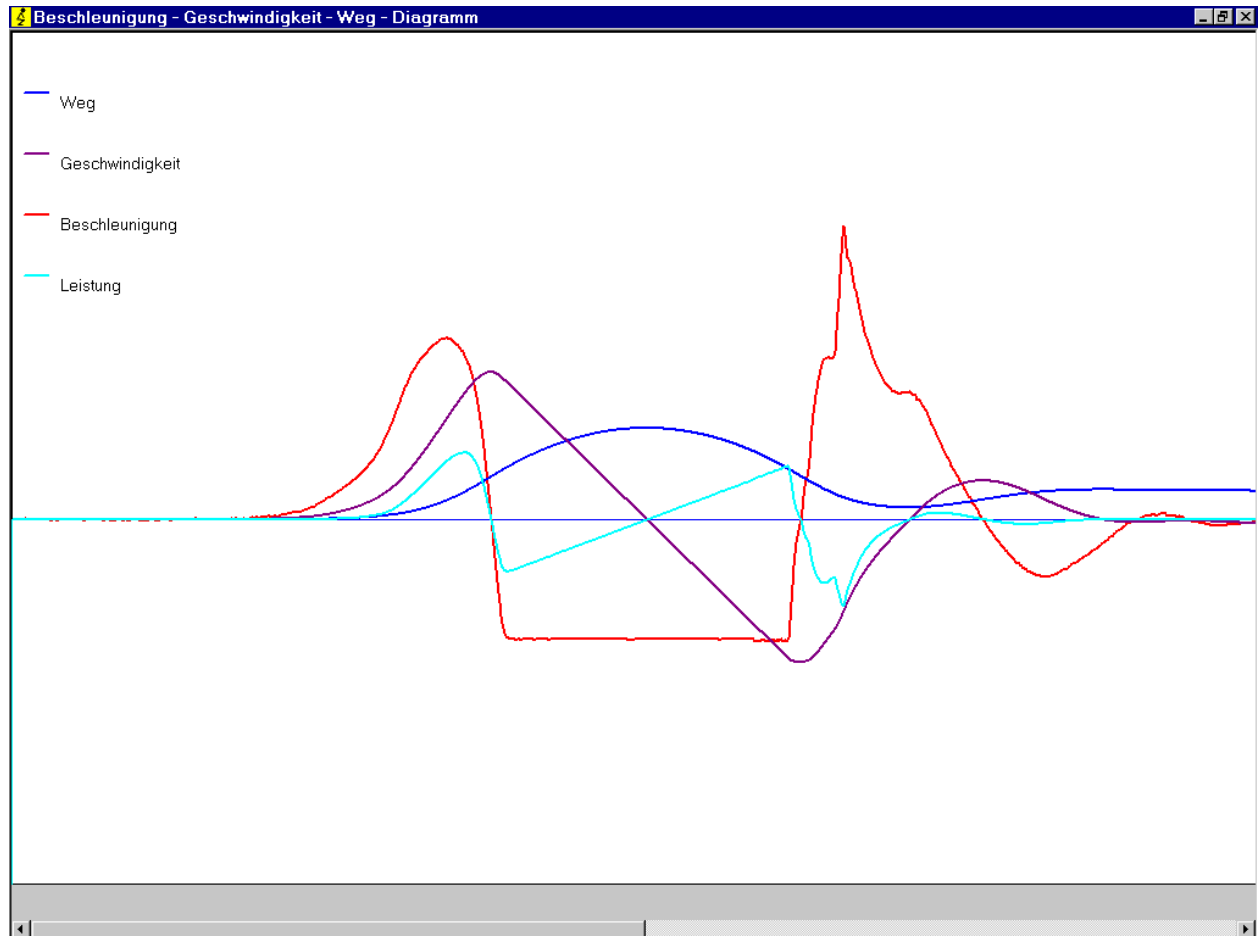


# Prinzip der optimalen Tendenz im Beschleunigungsverlauf

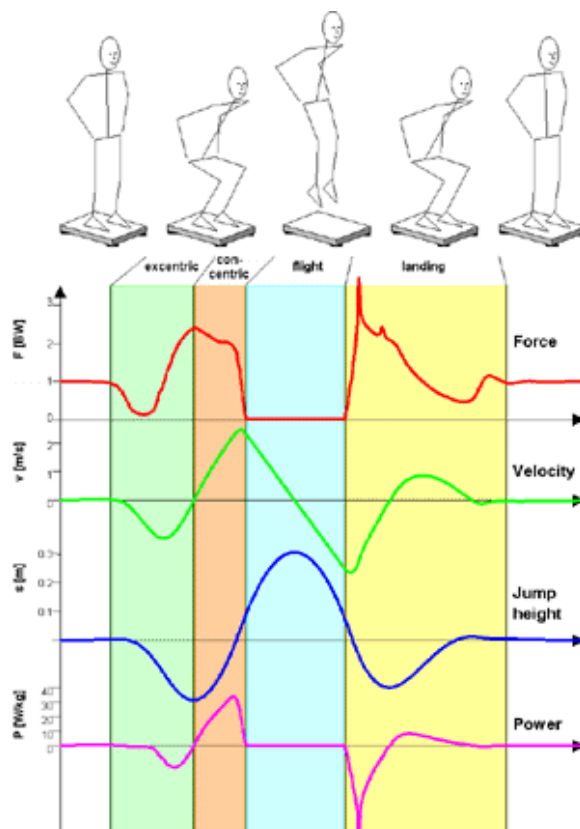




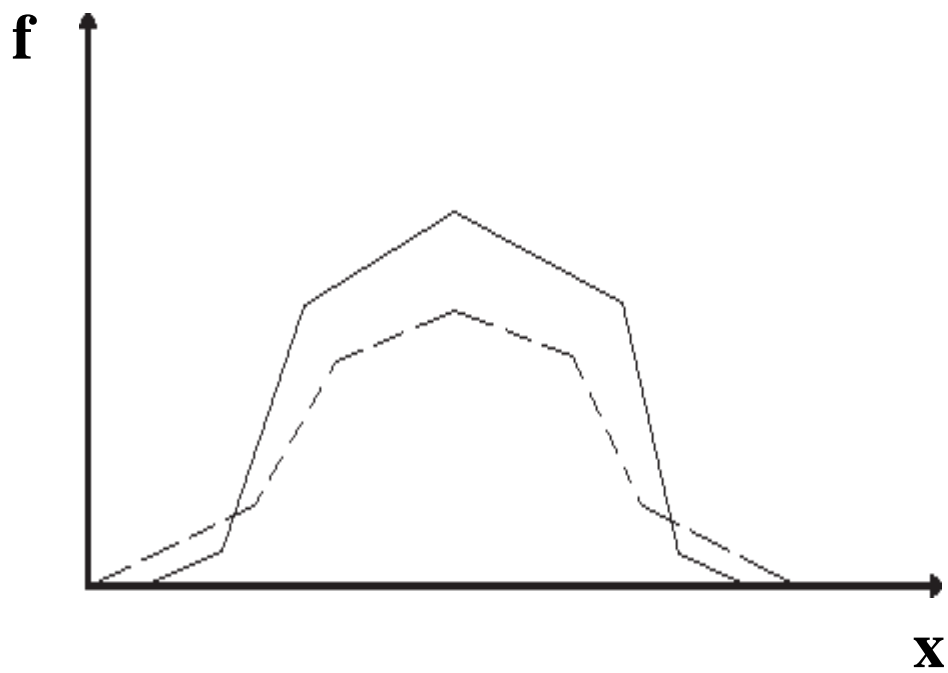
# Beschleunigungs-, Geschwindigkeits-, Weg- und Leistungsdiagramm beim Squatjump



# Beschleunigungs-, Geschwindigkeits-, Weg- und Leistungsdiagramm beim Countermovementjump

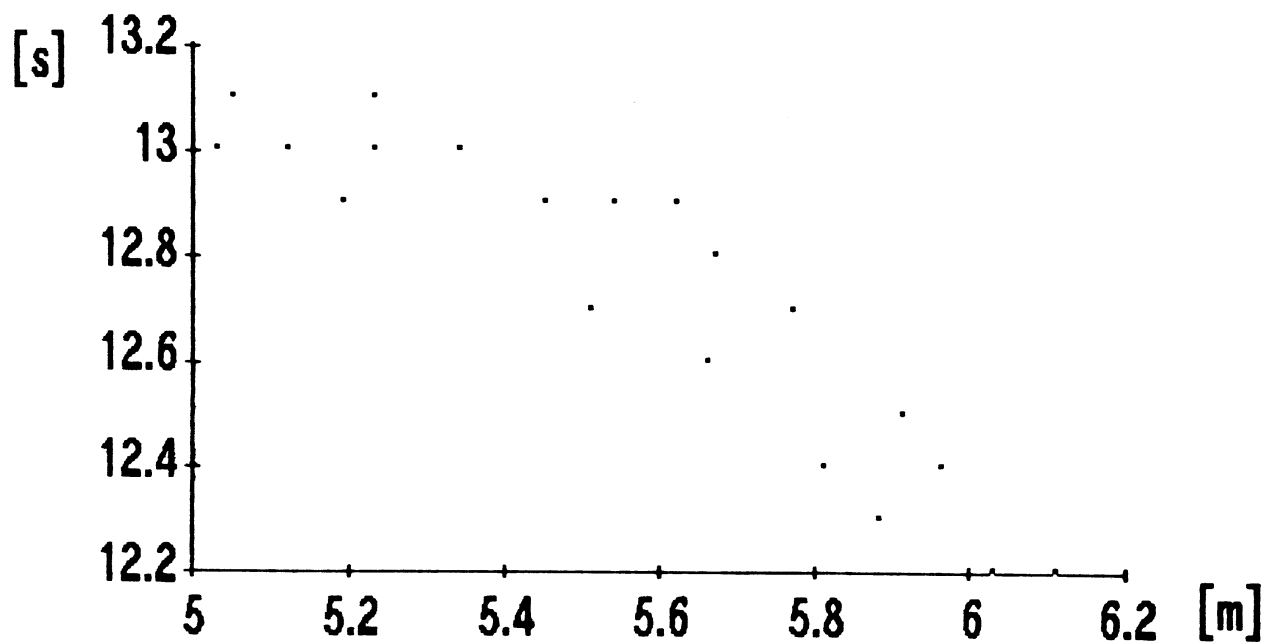


# Gleicher Mittelwert bei unterschiedlicher Streuung

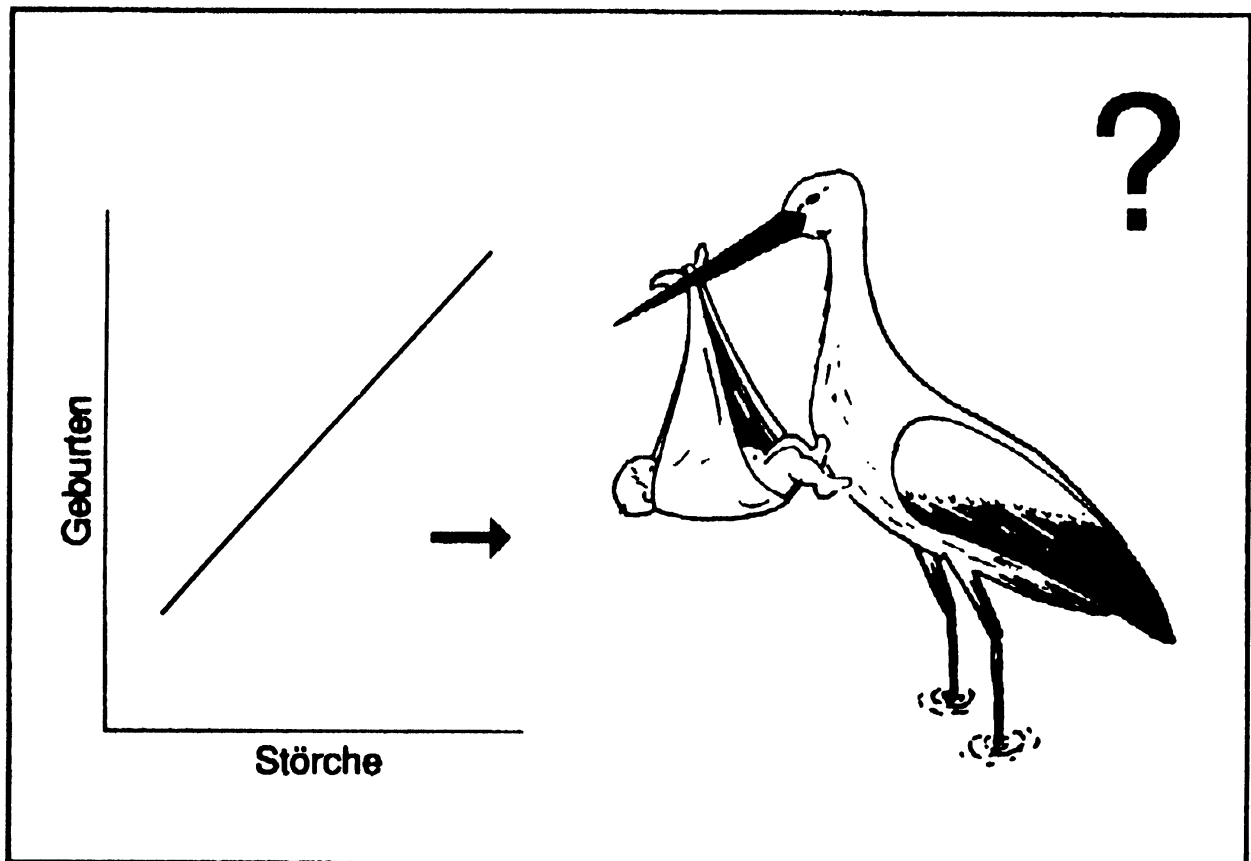


# Korrelation

## 100m-Zeit / Weitsprungweite



# Korrelation und objektiver Zusammenhang?



aus: BÄSSLER, U.: Irrtum und Erkenntnis. Berlin, Heidelberg, New York 1991.

# Korrelation ?

Sind gute Golfspieler gegenüber schlechteren die besseren oder die schlechteren Unternehmensführer? Wer erreicht die besseren Renditen? Was meinen Sie? Argumente? Begründungen?

Was braucht man zum Golferfolg? Disziplin? Konzentration?

Scheinbar korreliert ein kleines Handicap im Golf mit hohen Renditen durch den Vorstandsvorsitzenden (negative Korrelation)! Ob dies allerdings inhaltlich begründbar ist, bleibt fraglich.

Wäre Tiger Woods also der ideale Unternehmensführer?

## Ein Golf-Fan auf dem Chefsessel schadet den Anlegern nicht

Vorstandsvorsitzende, die auf dem Rasen erfolgreich sind, besetzen ihren Aktionären zum Teil sogar höhere Renditen als ihre Kollegen mit einem schlechten Handicap

**New York** – Mancher Vorstandschef ist auch passionierter Golf-Spieler und verbringt jede freie Minute auf dem Platz. Da stellt sich die Frage, ob die Begeisterung für den Golfsport auch Auswirkungen auf die Performance des Unternehmens hat und sich die Aktionäre Sorgen machen müssen. Eine Bloomberg-Analyse anhand einer Datenbank des Magazins „Golf Digest“ war bereits vor einigen Jahren zu dem erstaunlichen Ergebnis gekommen, dass die Erträge für die Aktionäre umso höher waren, je niedriger – also besser – das Golf-Handicap des CEO war. Das sorgte für einen

Jahrs zum 31. Dezember 2003 haben diese Unternehmen ihren Aktionären im Schnitt eine Rendite von elf Prozent pro Jahr beschert. Die anderen Unternehmen im US-Benchmarkindex Standard & Poor's 500 kommen dagegen auf eine Rendite von 5,6 Prozent. Allerdings gibt es eine Wahrscheinlichkeit von 25 Prozent, dass der Unterschied bei den durchschnittlichen Renditen zwischen den beiden Gruppen eine zufällige Erscheinung ist. Der Prozentsatz ist zu hoch, um einen eindeutigen Beweis zu liefern. Umgekehrt liefert die Tabelle aber auch den Pu-

ritanern keine Argumente, dass Golf spielende Führungskräfte ein Unternehmen an die Wand fahren. Populärpsychologisch betrachtet gibt es durchaus eine Erklärung für den Zusammenhang zwischen dem Erfolg beim Golfspiel und bei der Führung eines Unternehmens. Wer ein Unternehmen erfolgreich führen will, muss sehr diszipliniert sein und sich auf eine Sache konzentrieren können. Und für den Erfolg auf dem Golfplatz sind ebenfalls genau diese beiden Eigenschaften nötig. Auf der anderen Seite deutet die Analyse der Golf-Fertigkeiten von

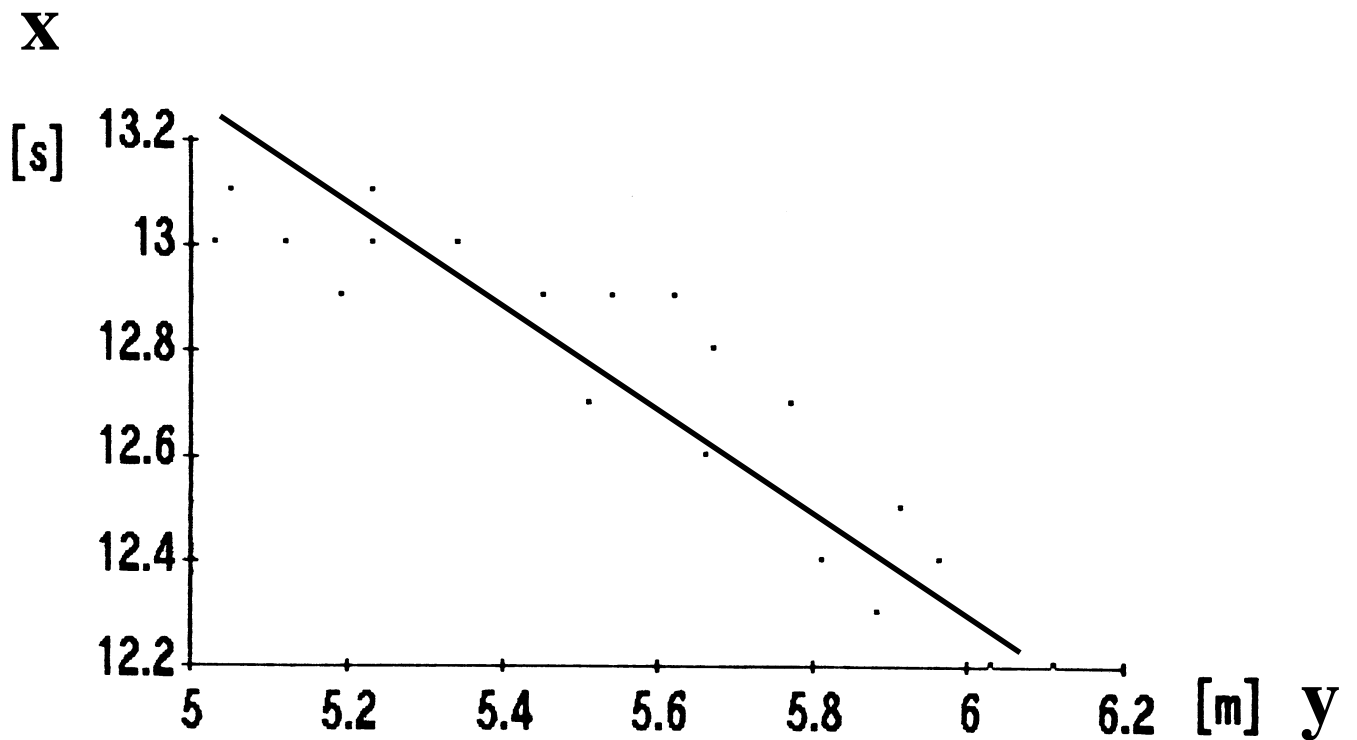
Vorstandschef auch darauf hin, dass ein ziemlich gutes Golf-Handicap der Unternehmens-Performance nicht schadet oder sogar nutzt, aber ein Super-Handicap sich eher negativ auswirkt. Ein Fallbeispiel: Scott McNeely, der Vorstandschef des Computerherstellers Sun Microsystems. Im Jahr 2002 glänzte McNeely mit einem unglaublich niedrigen Handicap von 0,3. In den zwei Jahren zum 31. Dezember 2001 lag der Ertrag von Sun Microsystems für die Aktionäre bei minus 43,6 Prozent jährlich. Angesichts dieser erbärmlichen Performance hat McNeely vermut-

lich weniger Zeit auf dem Golfplatz verbracht, mit dem Ergebnis, dass sein Handicap auf 2,9 anstieg. Die Rendite bei Sun verbesserte sich nur geringfügig auf immer noch schlechte minus 39,7 Prozent pro Jahr. Offenbar muss McNeely seine Zeit auf dem Platz noch weiter einschränken. Der Vergleich der Golf-Handicaps der CEOs mit dem Unternehmenserfolg förderte noch zwei weitere Erkenntnisse zutage: Zum einen gibt es keinen feststellbaren Zusammenhang zwischen dem Handicap im Jahr 2002 und der Rendite für Aktionäre in den fol-

genden beiden Jahren. Zum anderen gibt es keine statistischen Unterschiede zwischen der Vergütung der Golf-Asse und der anderen Unternehmenschefs. Dabei macht es keinen Unterschied, ob man nur das Basisgehalt oder auch Bonuszahlungen sowie Aktienoptionen in die Berechnung einbezieht. Die Golf-Enthusiasten unter den Vorstandschefs können also aufatmen. Sie sollten kein schlechtes Gewissen haben, wenn sie sich ihrem Hobby widmen, sondern mit Passion an ihrem Handicap arbeiten. Ihrem Unternehmen schadet das jedenfalls nicht. *Bloomberg*

# Regression

## 100m-Zeit / Weitsprungweite



$$y = mx + b$$

$$m = -1,0453504$$

$$b = 18,87$$

$$\text{Bsp: } 12,5 * -1,0453504 + 18,87 = 5,87 \text{ m}$$

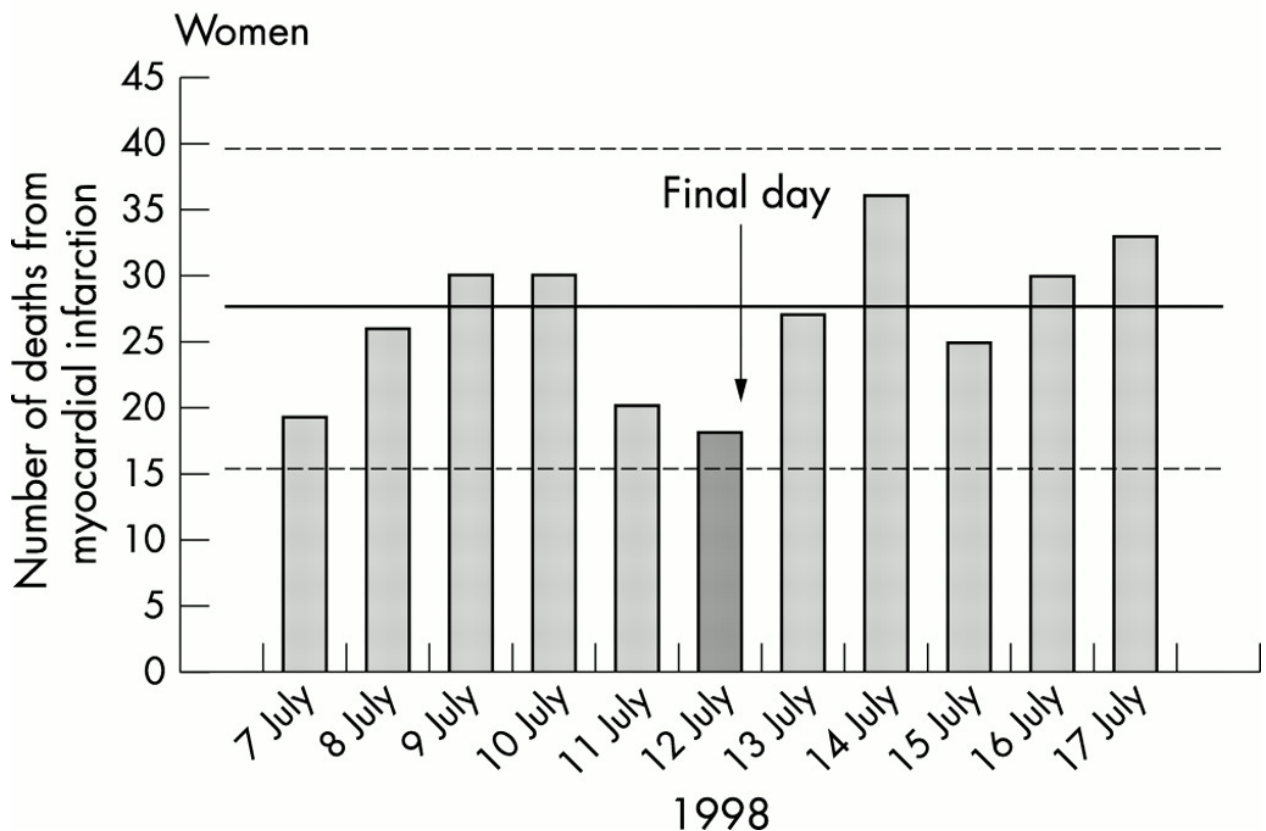
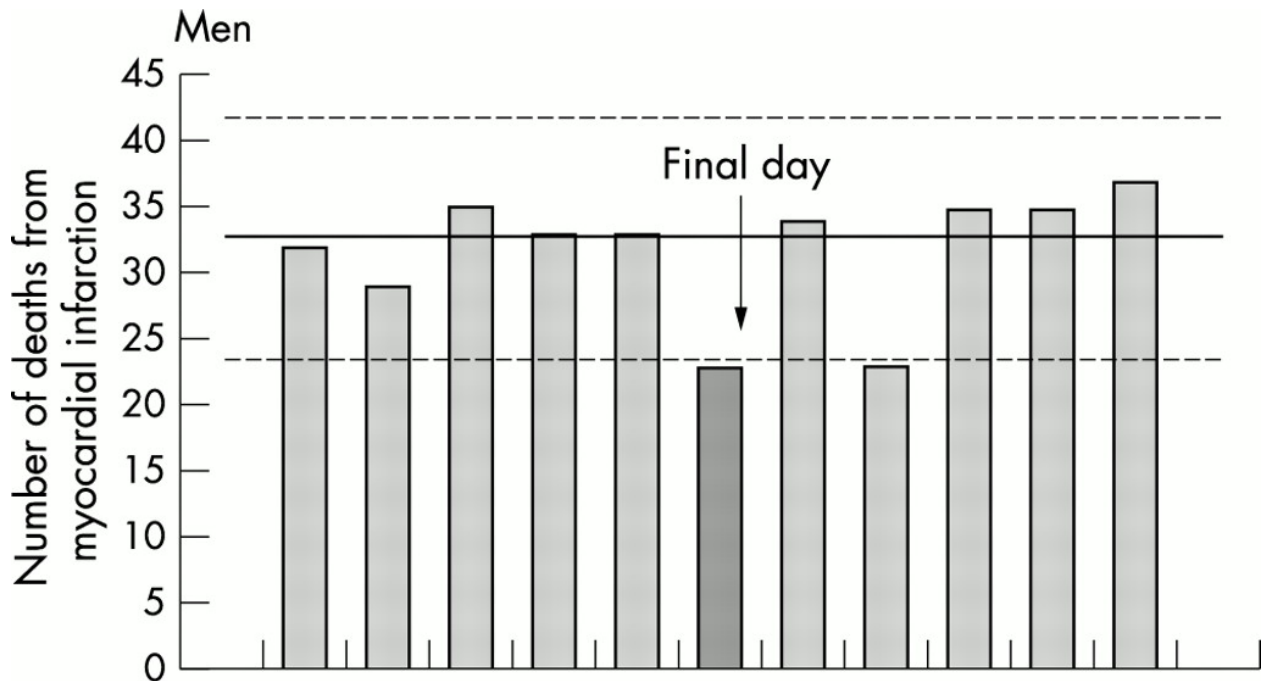
# Testverfahren für Gruppenunterschiede

Skalenniveau	Verteilungsart	Verhältnis der Stichproben zueinander	
		unabhängige Stichproben	abhängige Stichproben
Intervallskala	Normalverteilung $\sigma_1 = \sigma_2$	t-Test	t-Test
	Normalverteilung $\sigma_1 \neq \sigma_2$	t-Test	
	Parameterfreie Verteilung	U-Test	Wilcoxon-Test
Ordinalskala		U-Test	Wilcoxon-Test
Nominalskala		$\chi^2$ -Test	$\chi^2$ -Test

Quelle: WILLIMCZIK, K.: Statistik im Sport Hamburg 1997



# Testverfahren für Gruppenunterschiede



# Zusammenstellung aller wichtigen Formeln

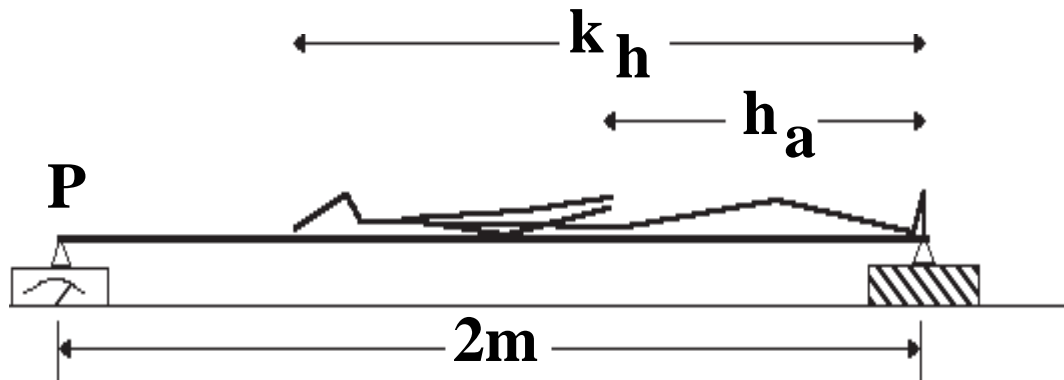
## Kinematische Größen

<u>Größe</u>	<u>Formelzeichen</u>	<u>Maßeinheit</u>	<u>Grundeinheit</u>
Länge	$l, s$	Meter	m
Zeit	$t$	Sekunde	s
Geschwindigk.	$v$	Meter/Sek.	m/s
Beschleunigung	$a, b, (g)$	Meter/Sek. <sup>2</sup>	m/s <sup>2</sup>
Winkel	$\alpha, \beta, \gamma$	Radian	1
Winkelgeschw.	$\omega$	Radian/Sek.	1/s
Winkelbeschl.	$\alpha$	Radian/Sek. <sup>2</sup>	1/s <sup>2</sup>

## Dynamische Größen

<u>Größe</u>	<u>Formelzeichen</u>	<u>Maßeinheit</u>	<u>Grundeinheit</u>
Masse	$m$	Kilogramm	kg
Kraft	$F$	Newton	kgm/s <sup>2</sup>
Massenträg.	$J, \Theta$	Kilogr*Meter <sup>2</sup>	kgm <sup>2</sup>
Impuls	$p$	Newton*Sek.	kgm/s
Drehimpuls	$L$	Newt*Met.*Sek	kgm <sup>2</sup> /s
Arbeit,Energie	$A, W$	Newton*Meter	kgm <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>
Leistung	$N, P$	Newt*Met./Sek.	kgm <sup>2</sup> /s <sup>3</sup>
Druck-Zugspan.	$\sigma$	Pascal=Newt/m <sup>2</sup>	kg/m*s <sup>2</sup>

# KSP-Waage



**Waage**

$h_a$  = absolute KSP-Höhe

$k_h$  = Körperhöhe

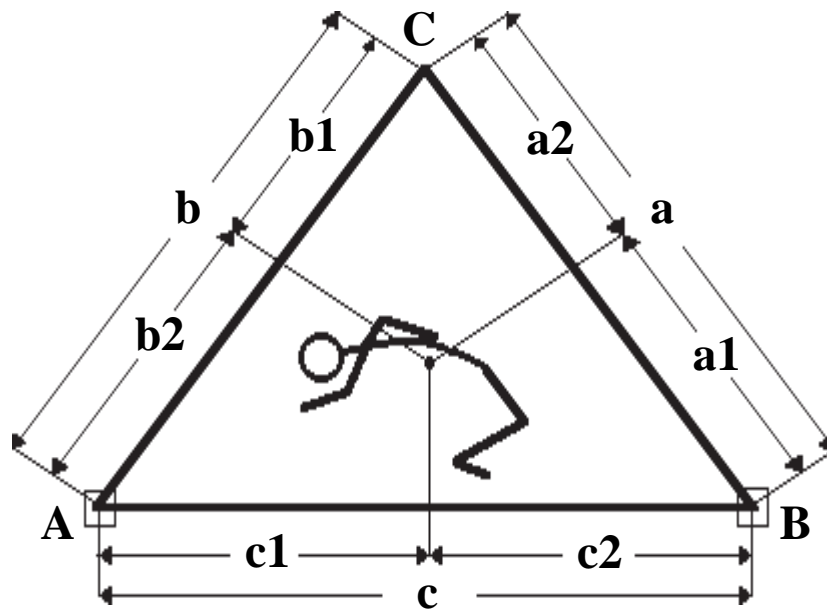
$P$  = Waageanzeige bei belastetem Brett

$P_0$  = Waageanzeige bei unbelastetem Brett

$G$  = Körpergewicht

$$h_a = \frac{P - P_0}{G} * 2$$

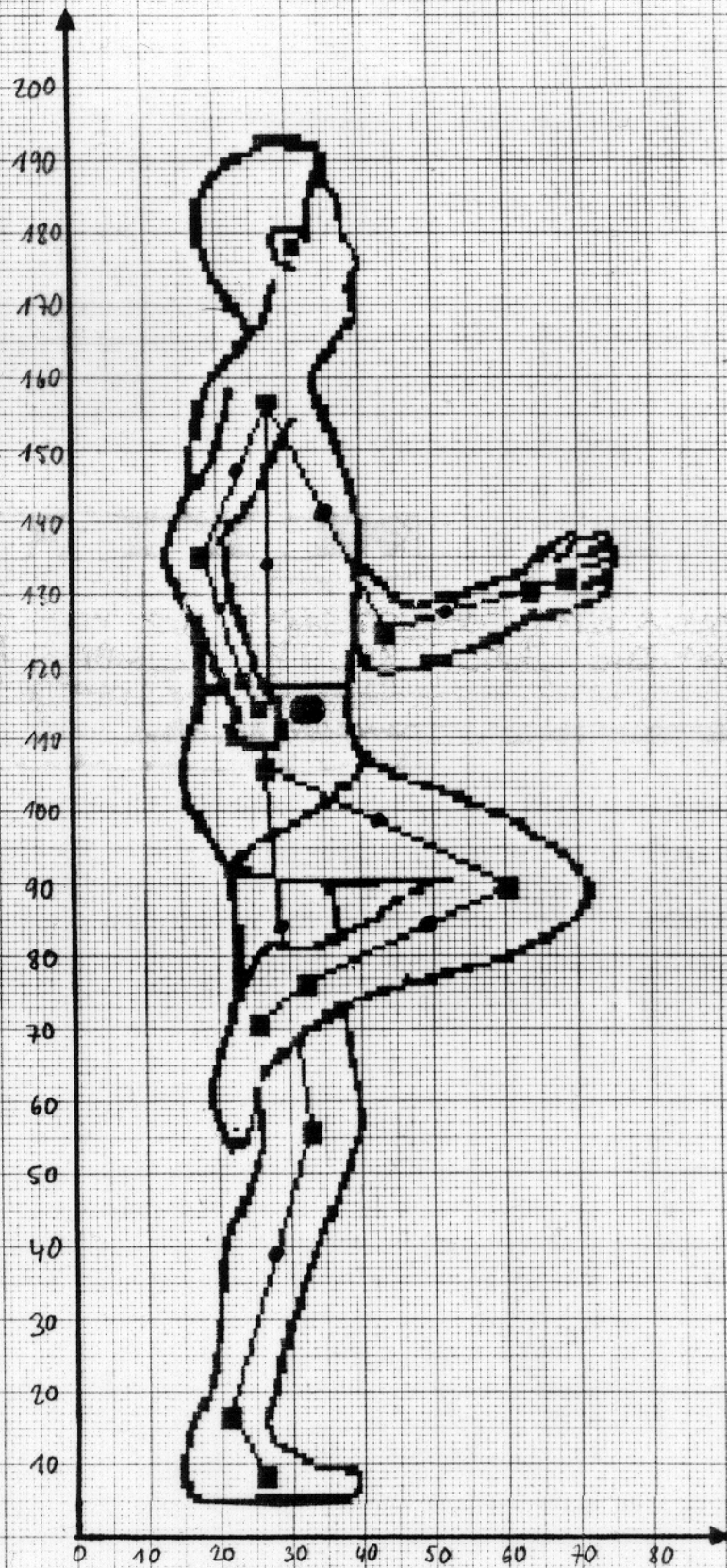
# KSP-Dreieckswaage



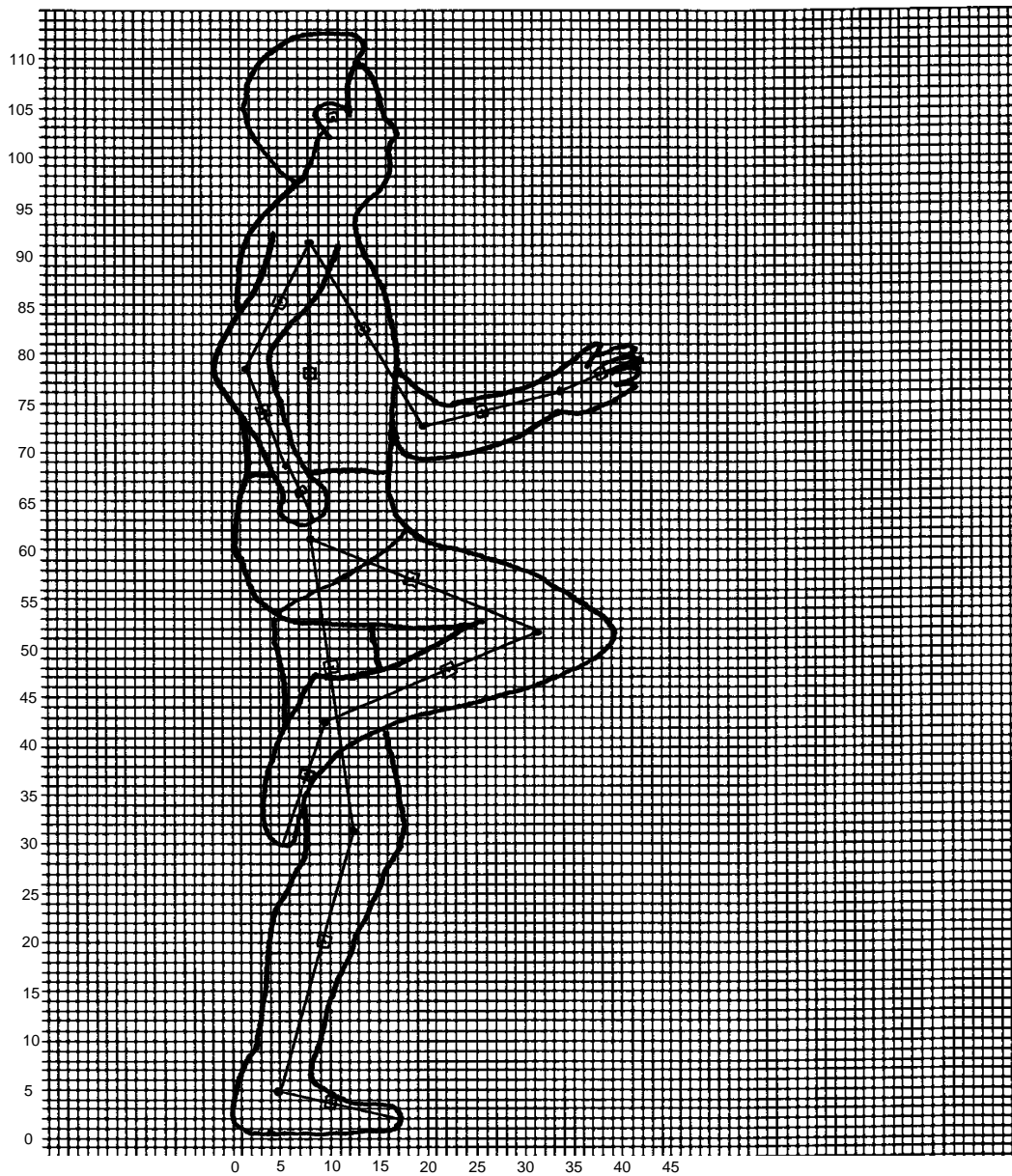
$$a=b=c$$

$$c1 = \frac{B * c + C * c/2}{G}$$

$$b1 = \frac{A * b + B * b/2}{G}$$



# Körpermodell im Koordinatensystem

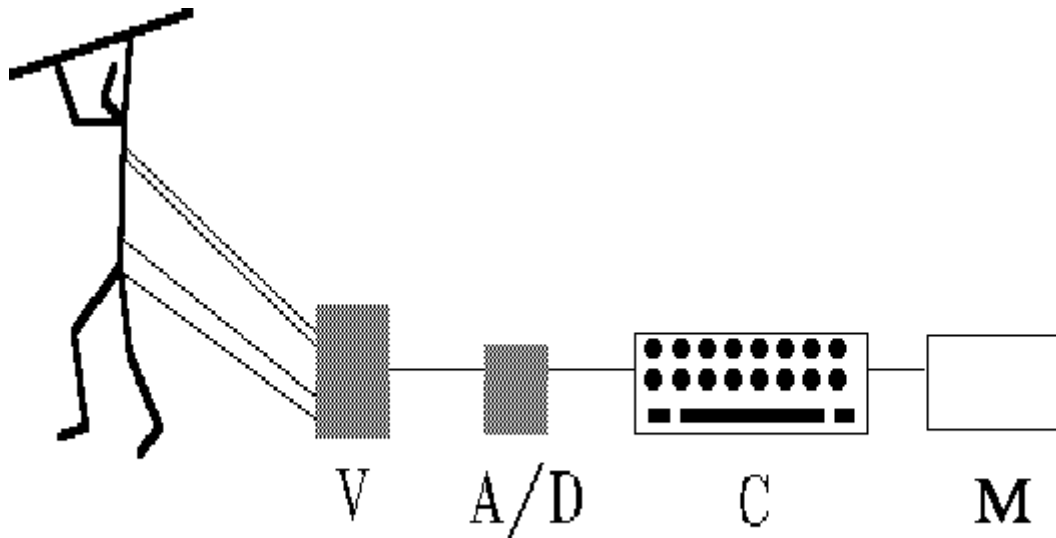


# Körpermodelle und Teilmassen

Körperteil	nach Fischer	nach Bernstein Männer	nach Bernstein Frauen	gerundete Werte
Kopf	7,06 %	6,72 %	8,12 %	7 %
Rumpf	42,70 %	46,30 %	43,90 %	43 %
ein Oberschenkel	11,58 %	12,21 %	12,89 %	12 %
ein Unterschenkel	5,27 %	4,65 %	4,34 %	5 %
ein Fuß	1,79 %	1,46 %	1,29 %	2 %
ein Oberarm	3,36 %	2,65 %	2,60 %	3 %
ein Unterarm	2,28 %	1,82 %	1,82 %	2 %
eine Hand	0,84 %	0,70 %	0,55 %	1 %

Relative Gewichte der Körperteile des Menschen (Gesamtkörper = 100 %)  
(Vgl.: Söll 1975, S. 34)

# Typische Meßkette bei biomechanischen Untersuchungen



**V=Verstärker**

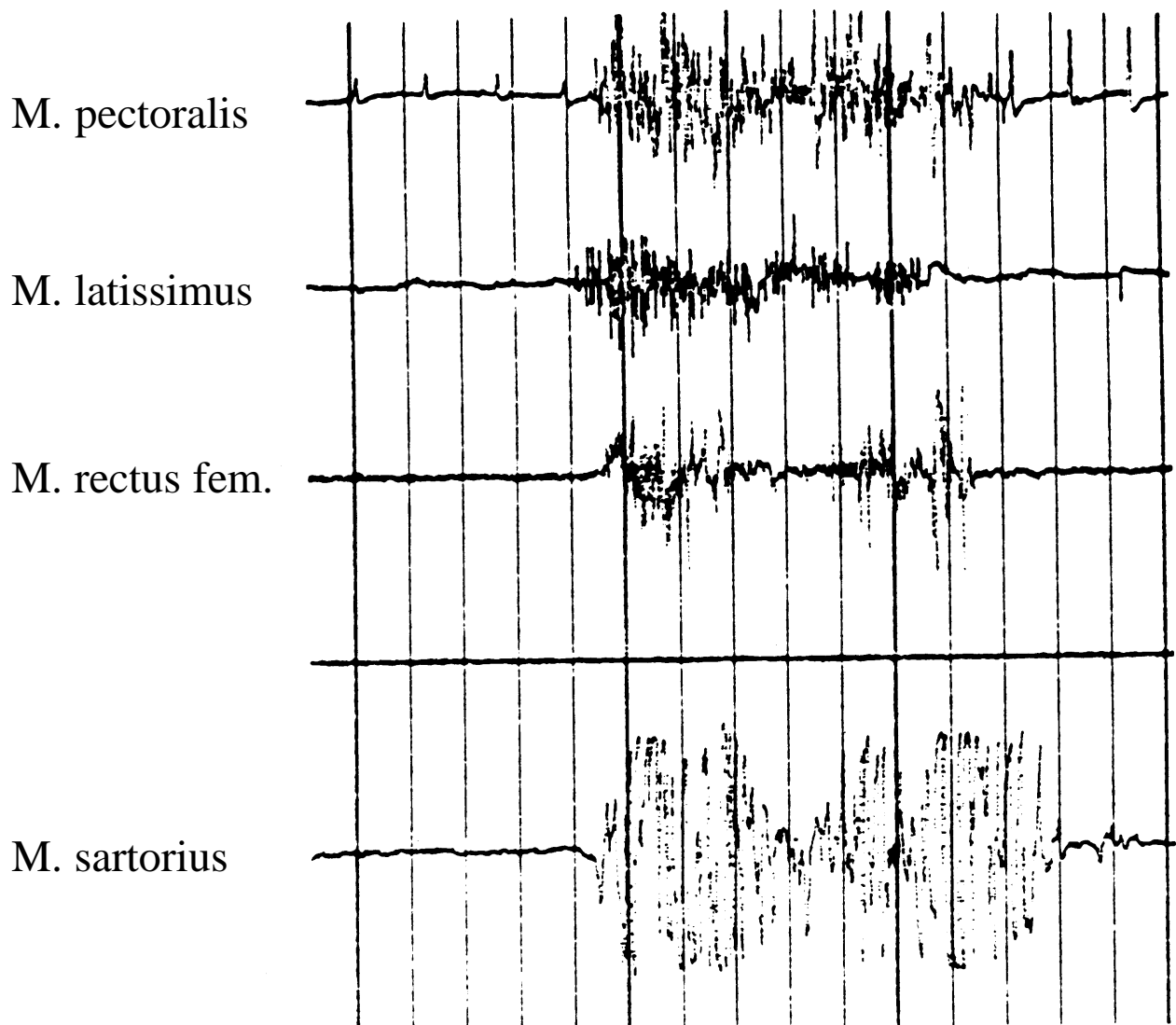
**A/D=A/D-Wandler**

**C=Computer**

**M=Massenspeicher**



# Rohelektromyogramm



# Rohelektromyogramm beim Skilanglauf

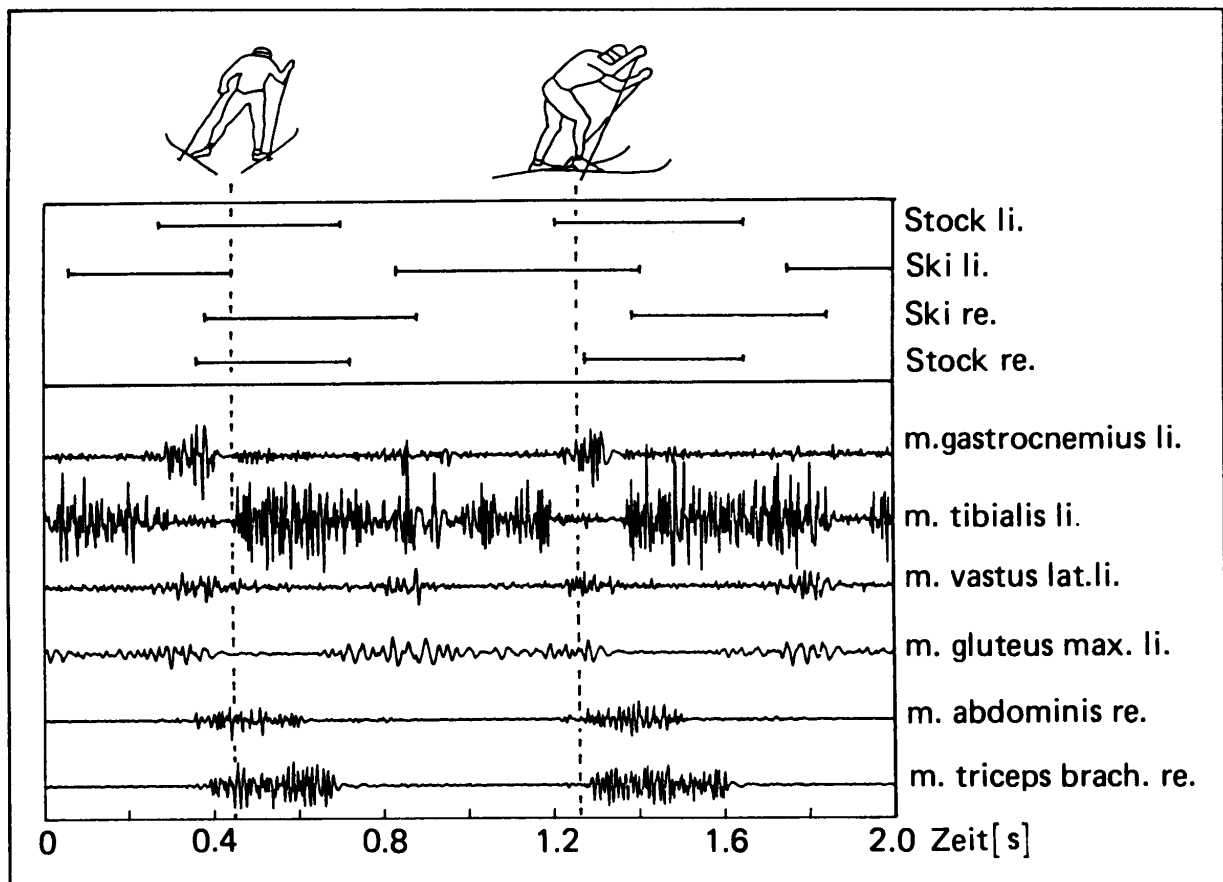
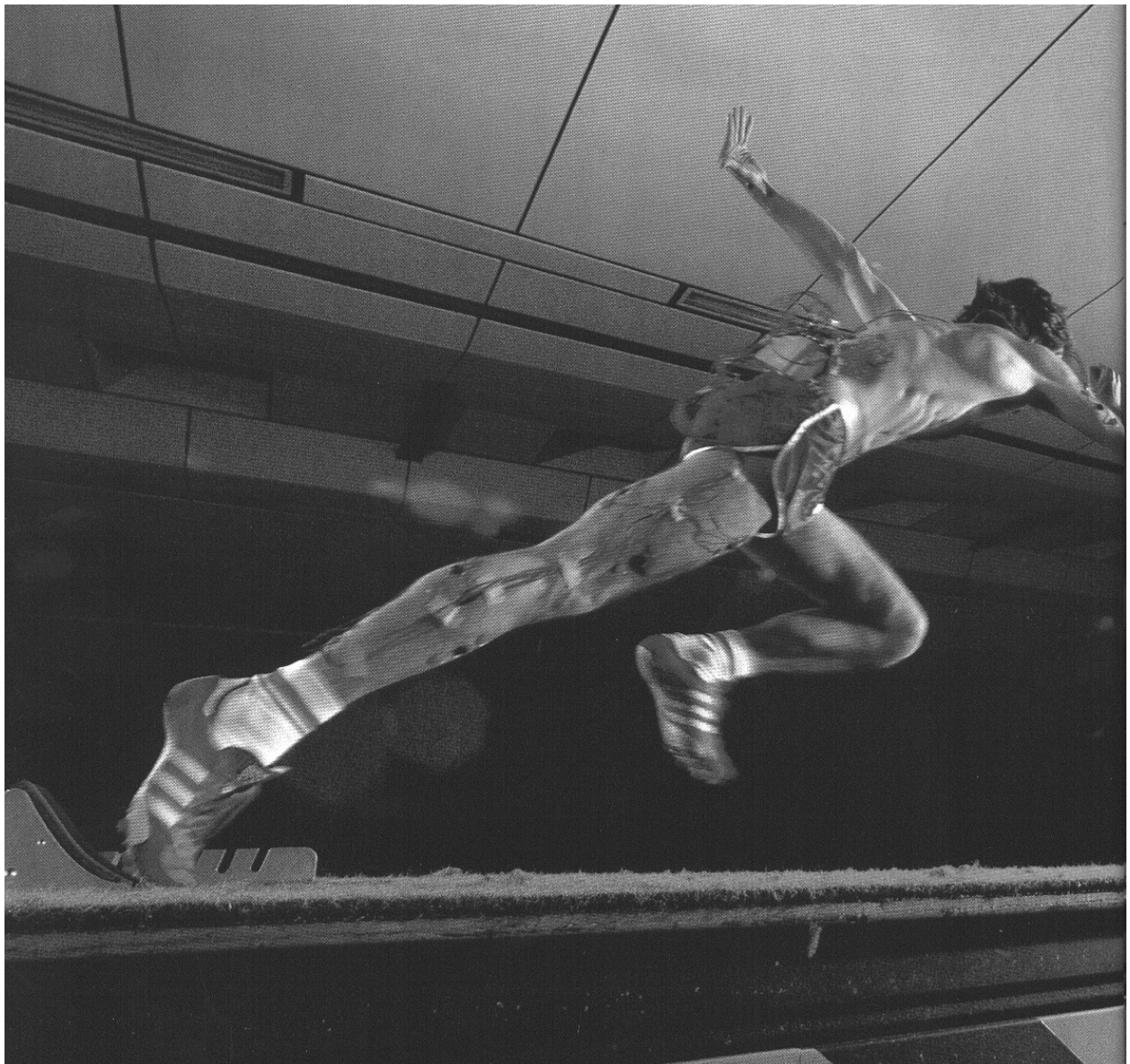


Abb. 7: Elektromyogramm von sechs Muskeln beim beidseitigen Schlittschuhschritt am Berg (Vp. : J. B.)

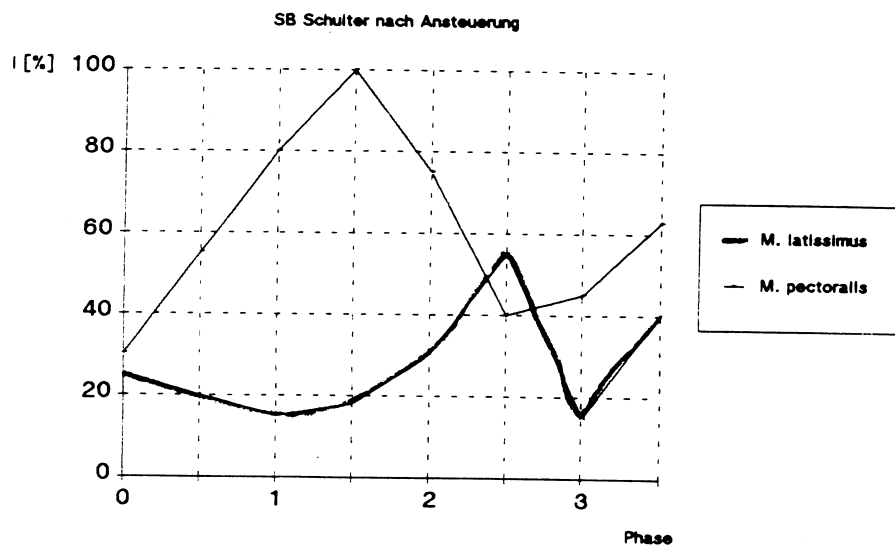
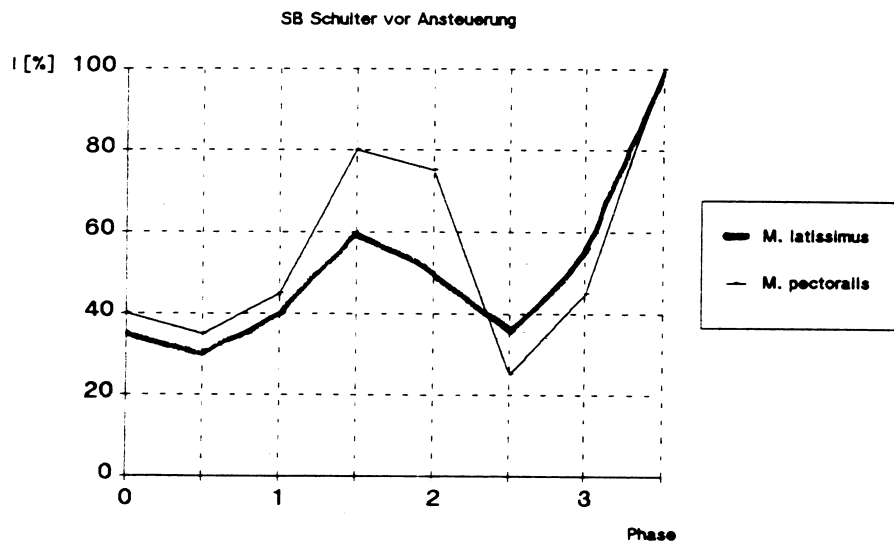
# Erfassung eines EMGs beim Sprintstart



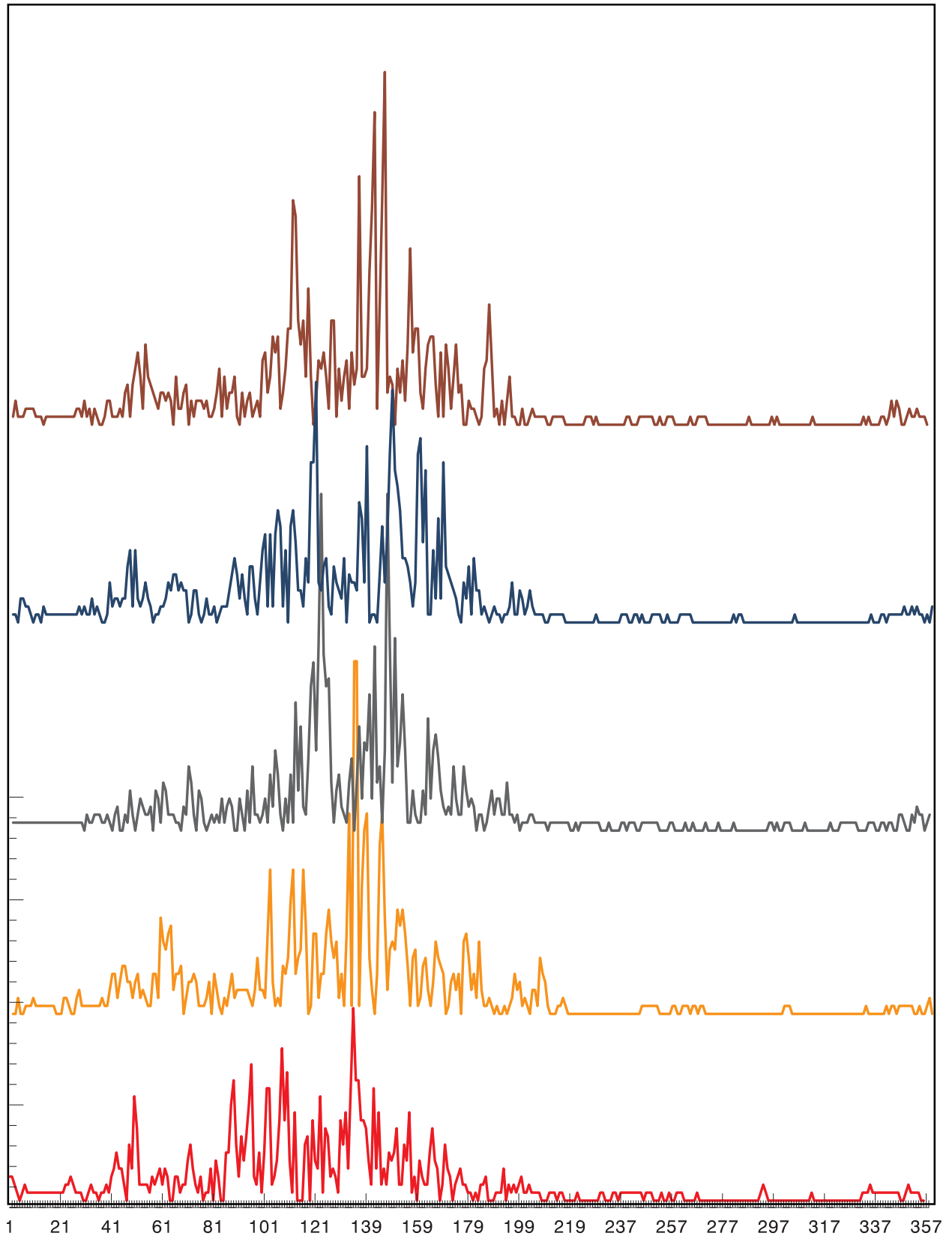
# Erfassung eines EMGs beim vastus medialis und gastrocnemius



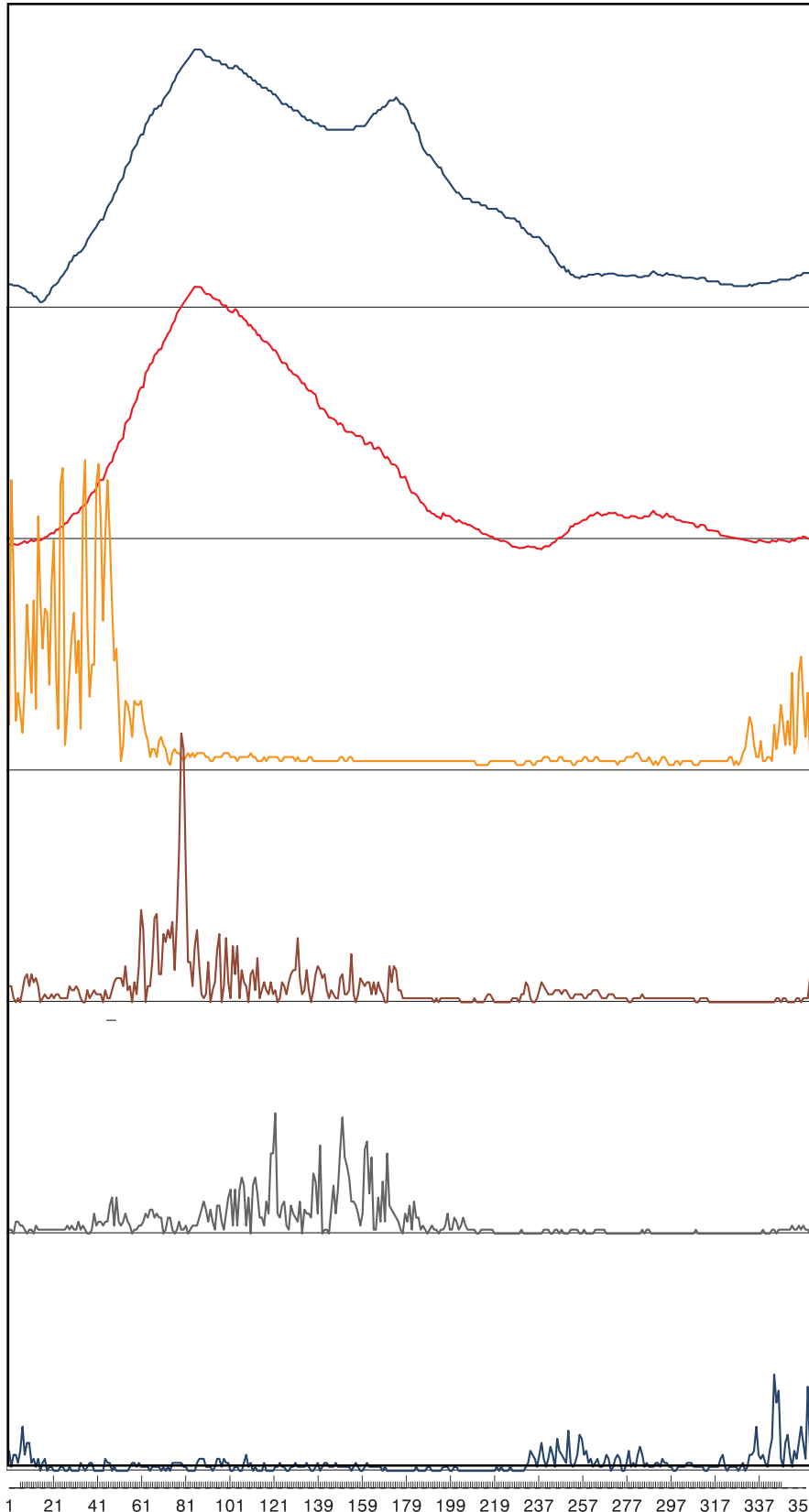
# Auswertung der EMG-Intensität in einzelnen Bewegungsphasen



# Variabilität der Koordination beim Fahrradfahren m. gastrocnemius, 360 Watt



# Koordination und Kräfte beim Fahrradfahren, 360 Watt (Proband 1)



**Resultierende Kraft**

**Tangentialkraft**

**vastus lateralis**

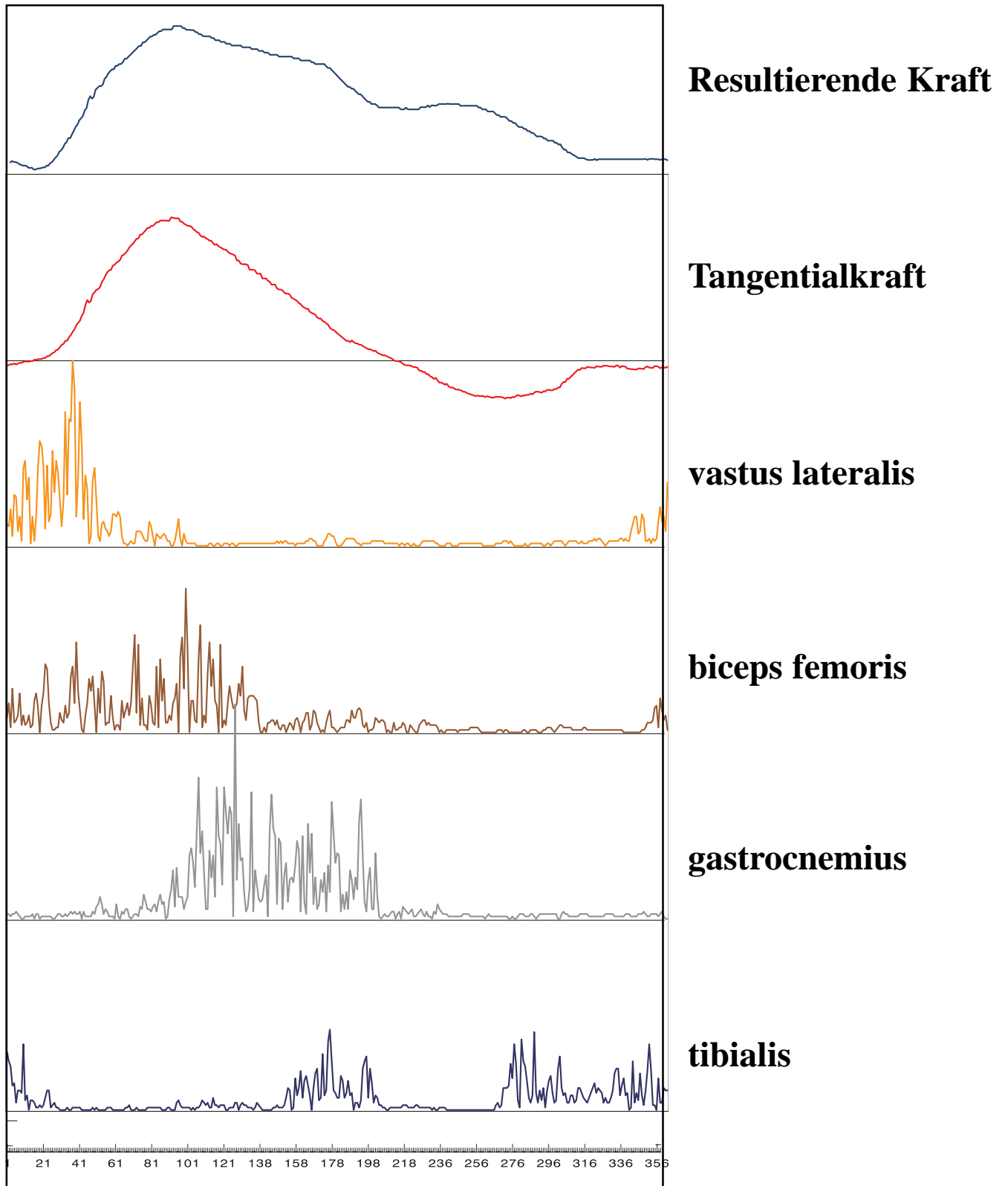
**biceps femoris**

**gastrocnemius**

**tibialis**

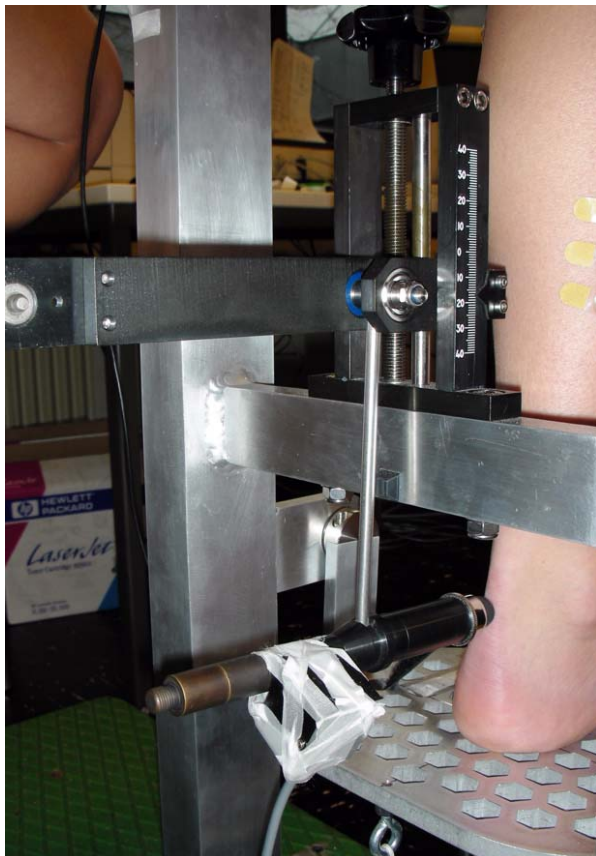
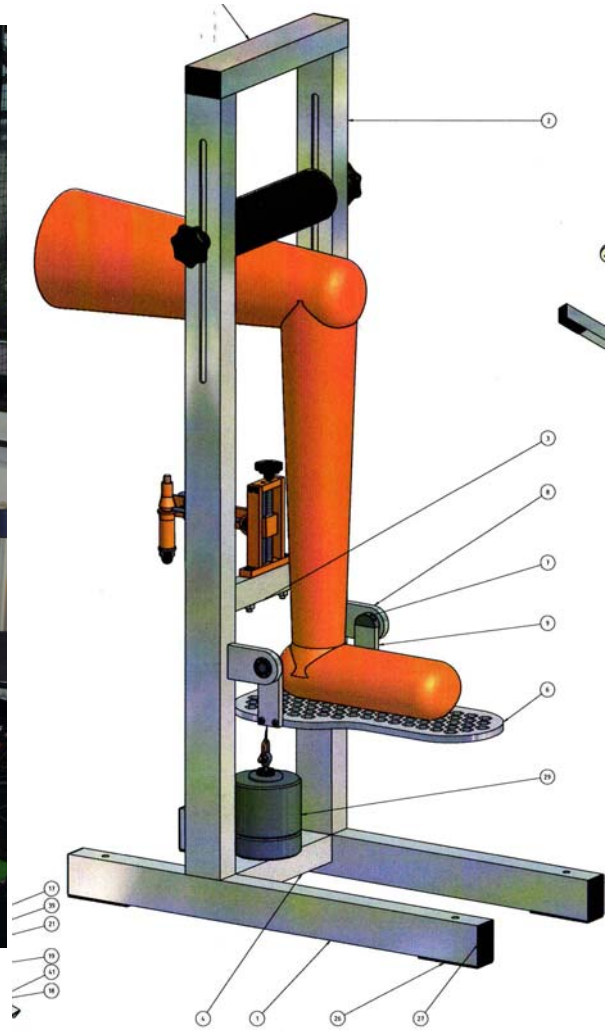
1 21 41 61 81 101 121 139 159 179 199 219 237 257 277 297 317 337 357

# Koordination und Kräfte beim Fahrradfahren, 360 Watt (Proband 2)

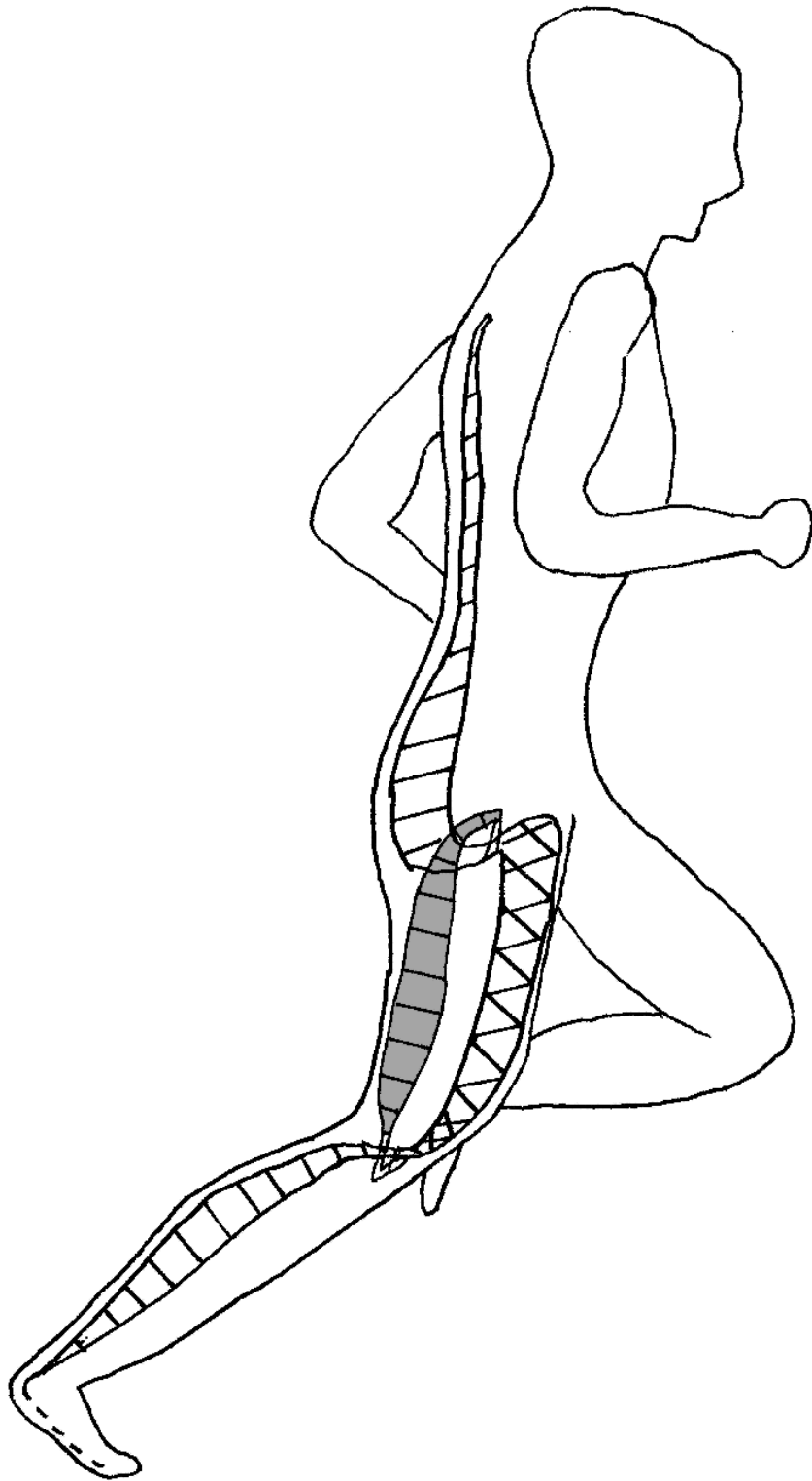




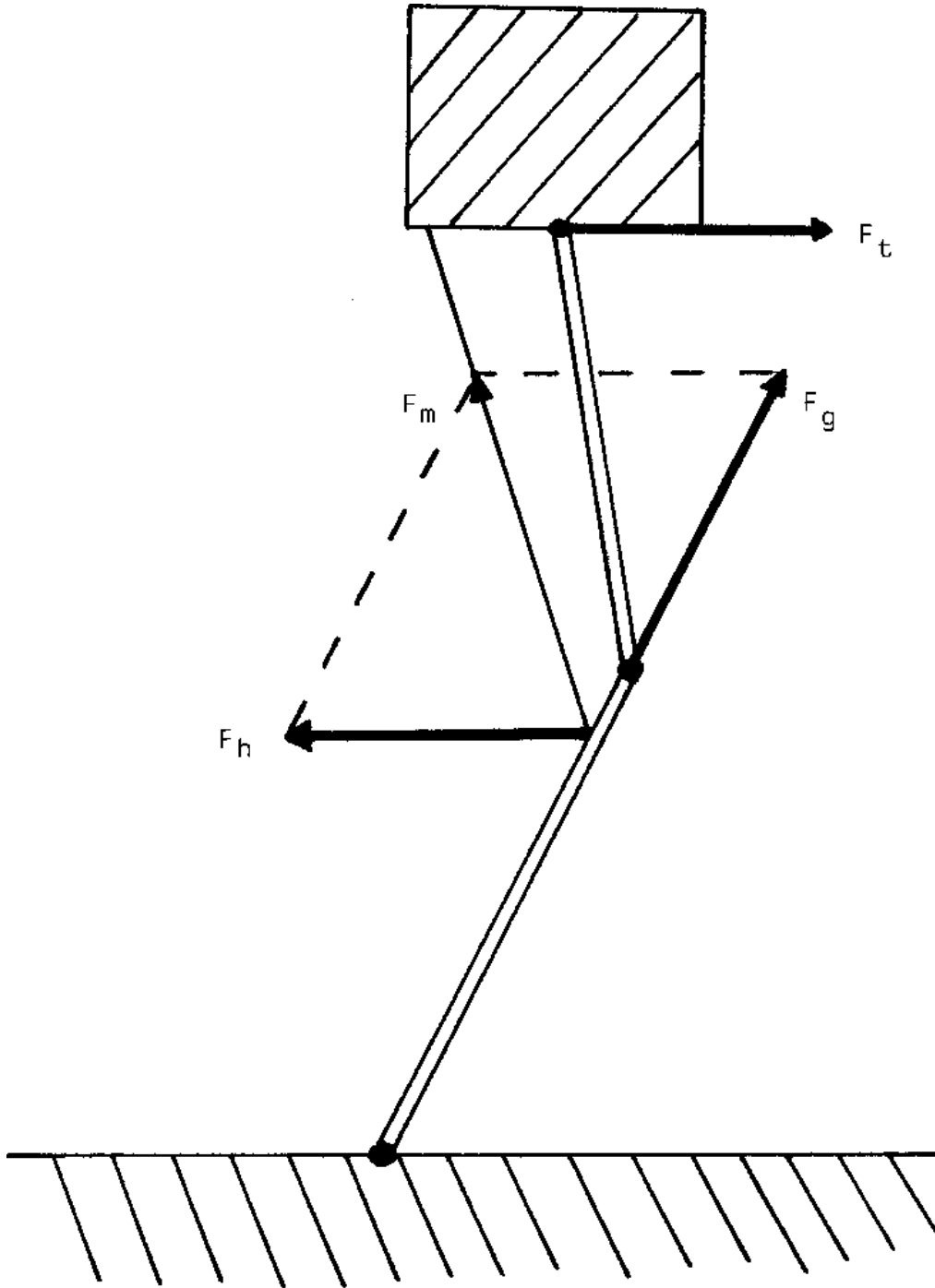
# T-Reflexmessung (EMG)



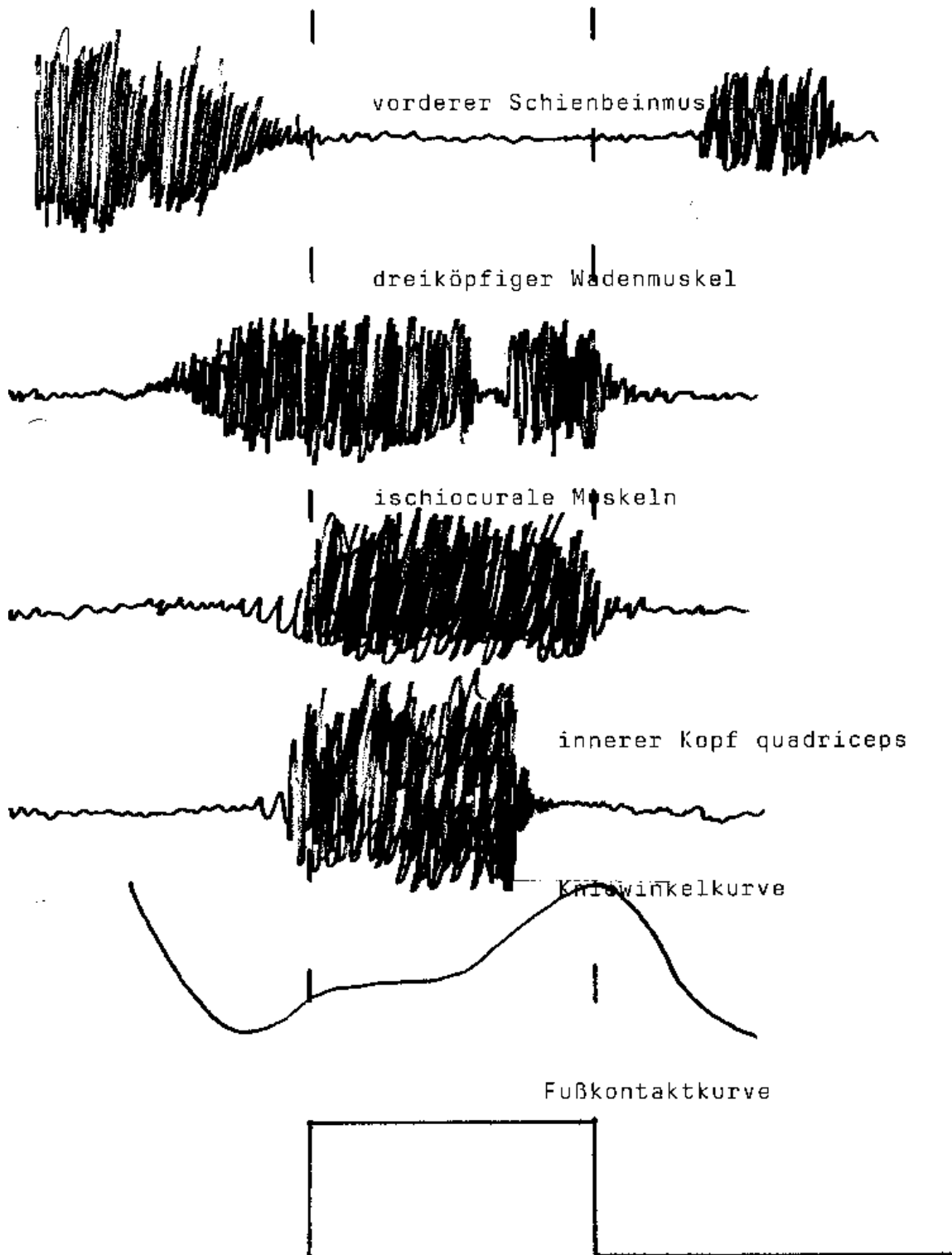
## Streckschlinge beim Sprint?



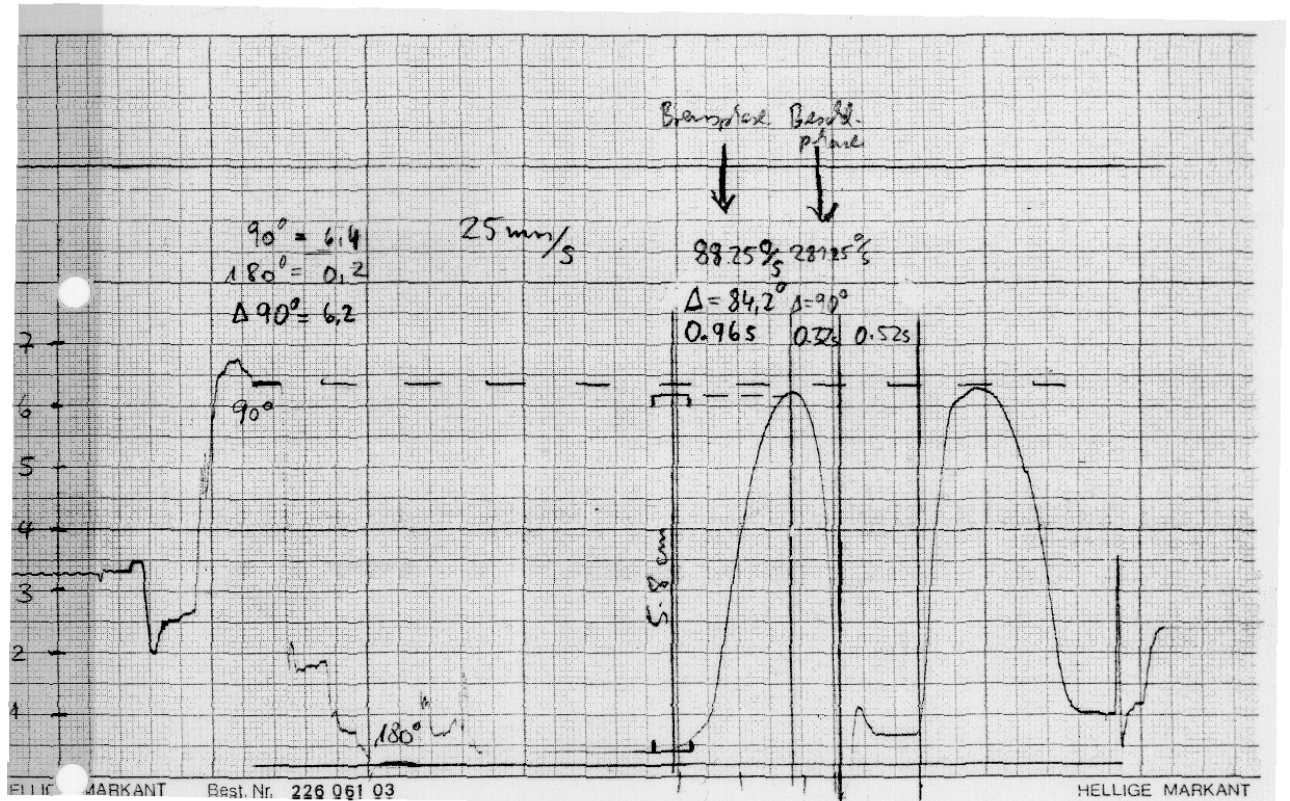
# Streckschlinge beim Sprint? Ein Modell



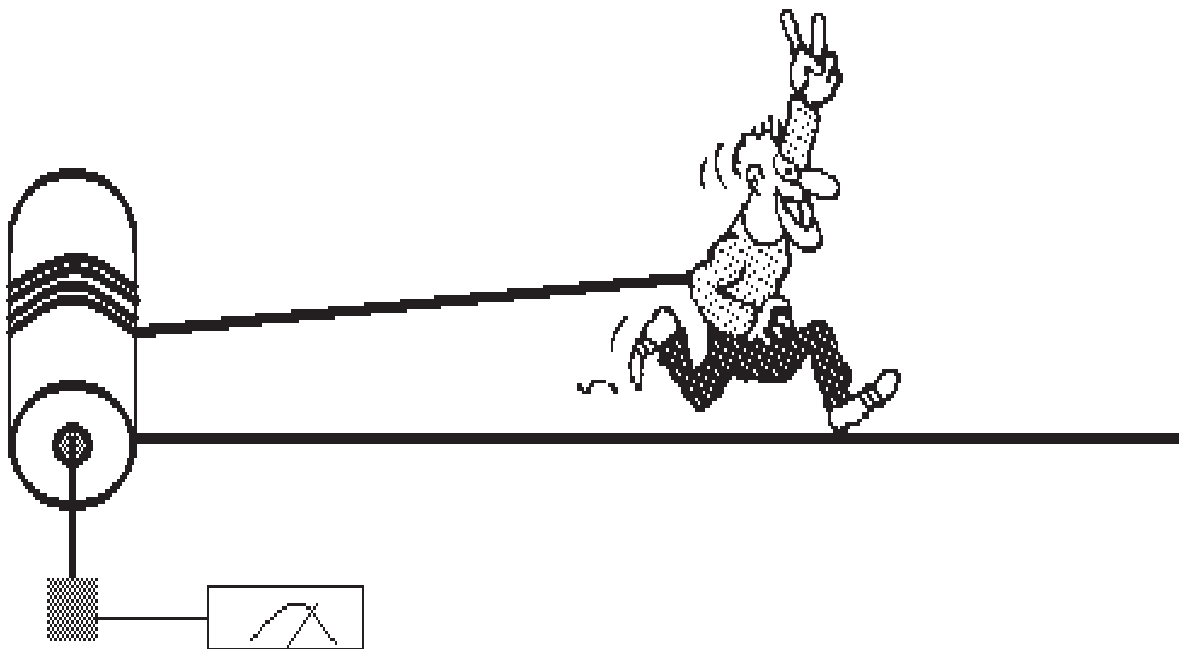
# EMG beim Sprintschritt



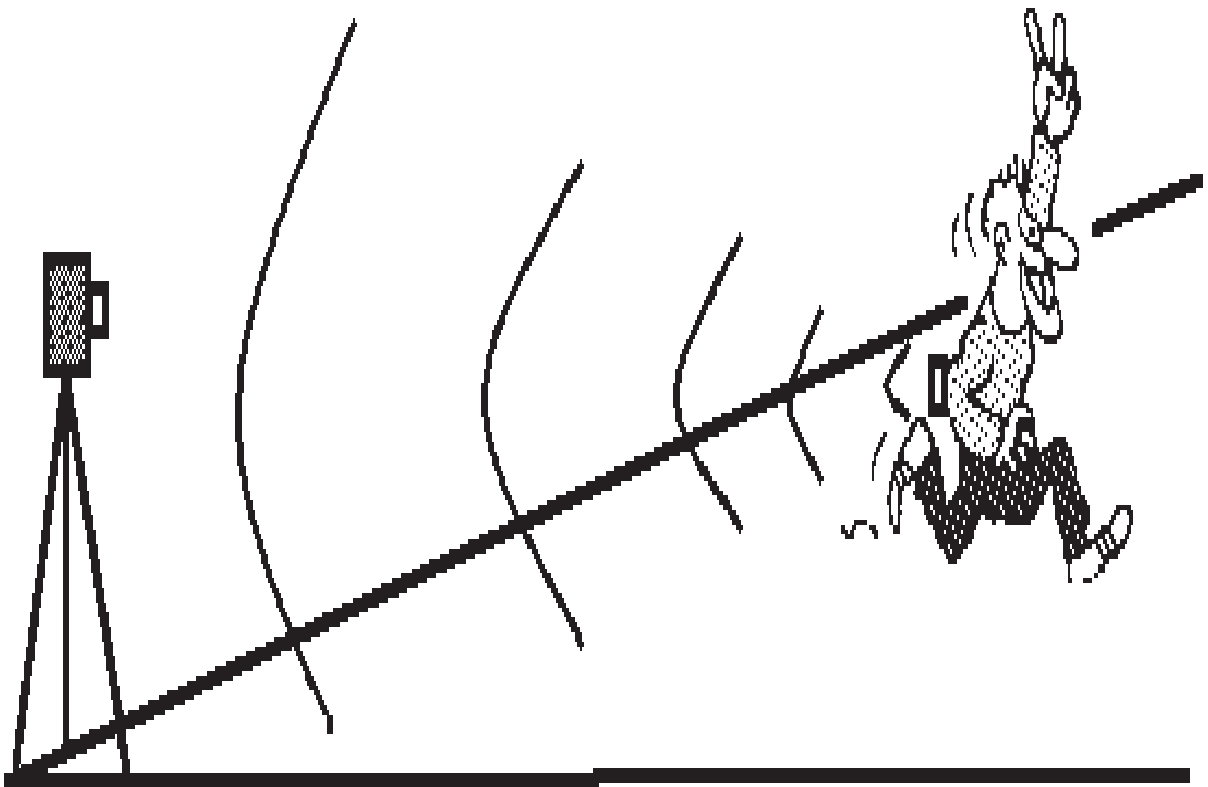
# Meßschrieb eines Goniometers



# Geschwindigkeitsmessung mit einer Drehtrommel



# Ultraschall-Messung Prinzip des Versuchsaufbaus

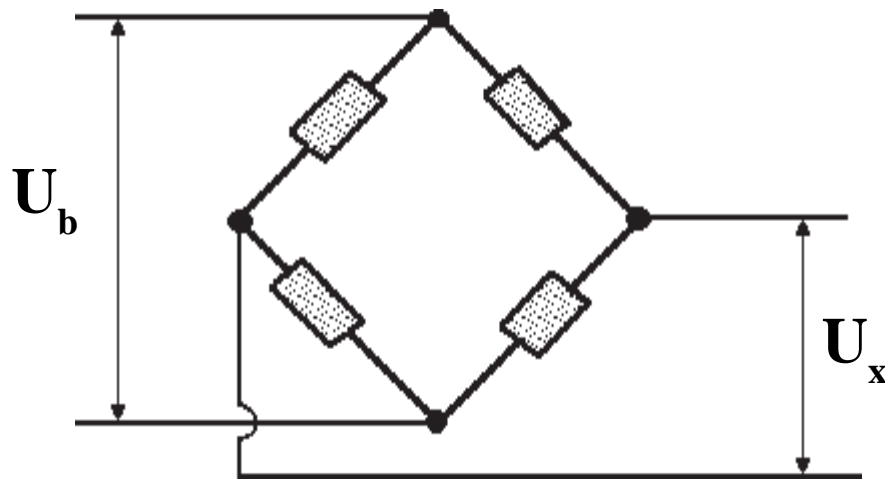


# Varianten von Dehnungsmessstreifen



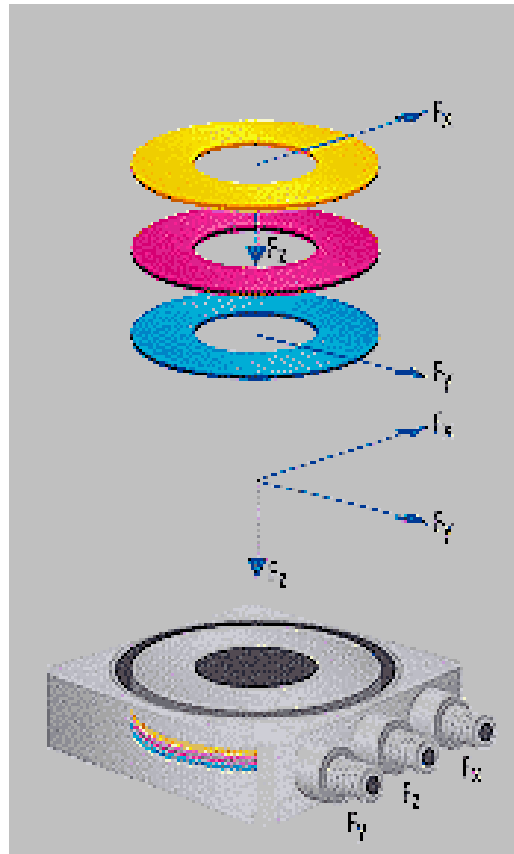


# Schaltungsbild einer Wheatstone'schen Meßbrücke

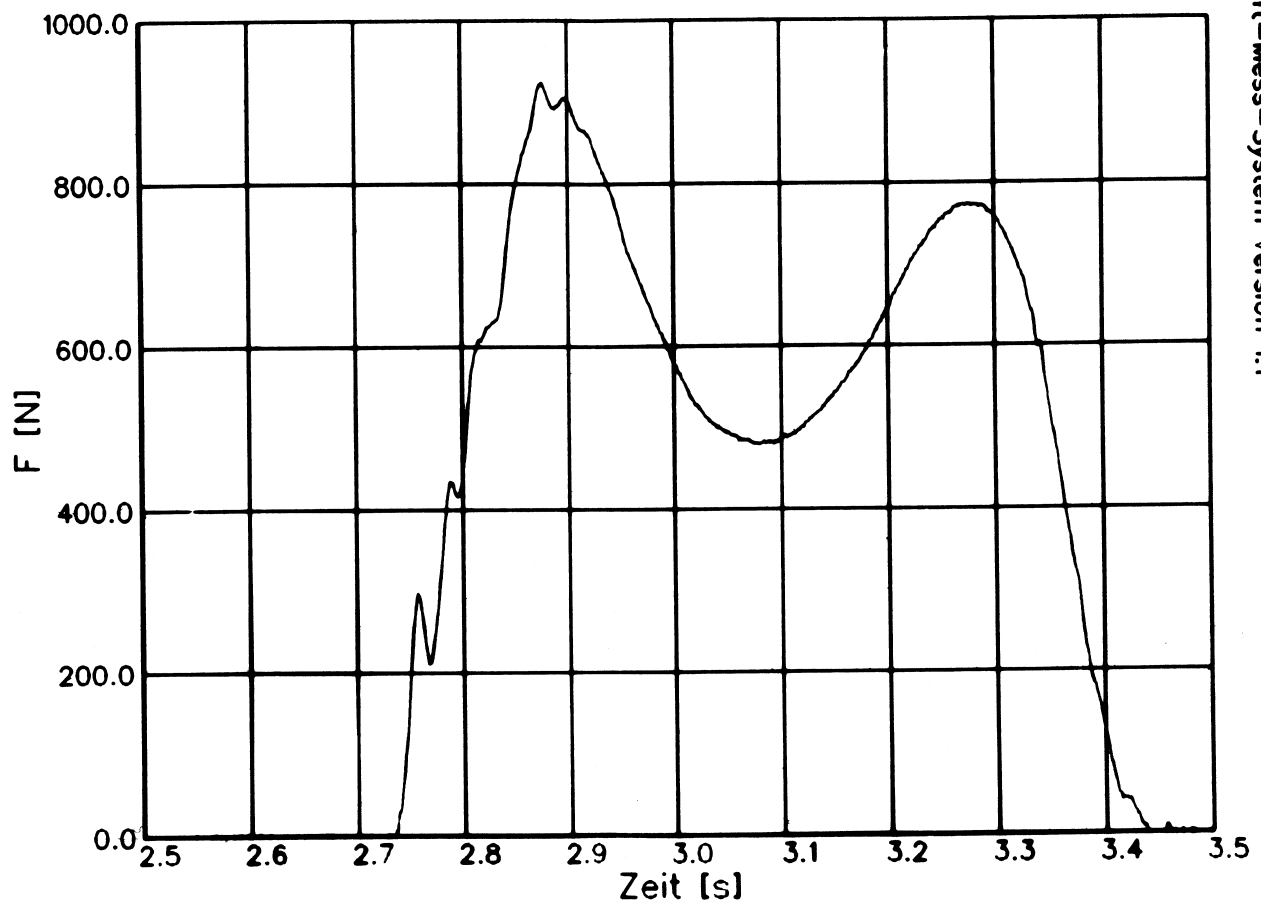


$$U_x = 0.5 * k * \epsilon * U_b$$

# Kistler-Piezo-Meßelement (3-dimensional)



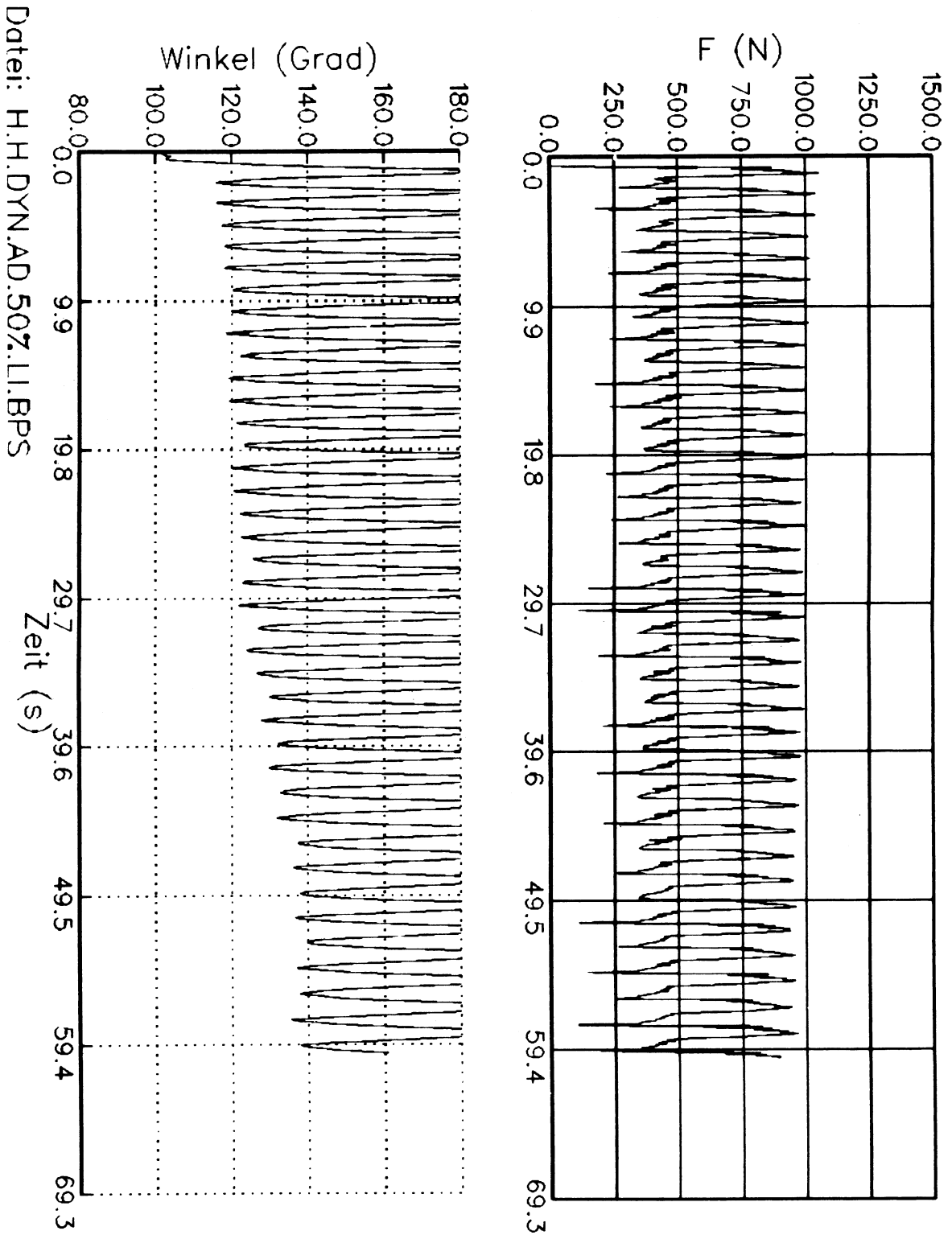
# Kraftmessung an einer Beinpresse



Kraft-Mess-System Version 1.1

Aktuelle Messung

# Kraft- und Winkelmessung bei einem Kraftausdauer-Test

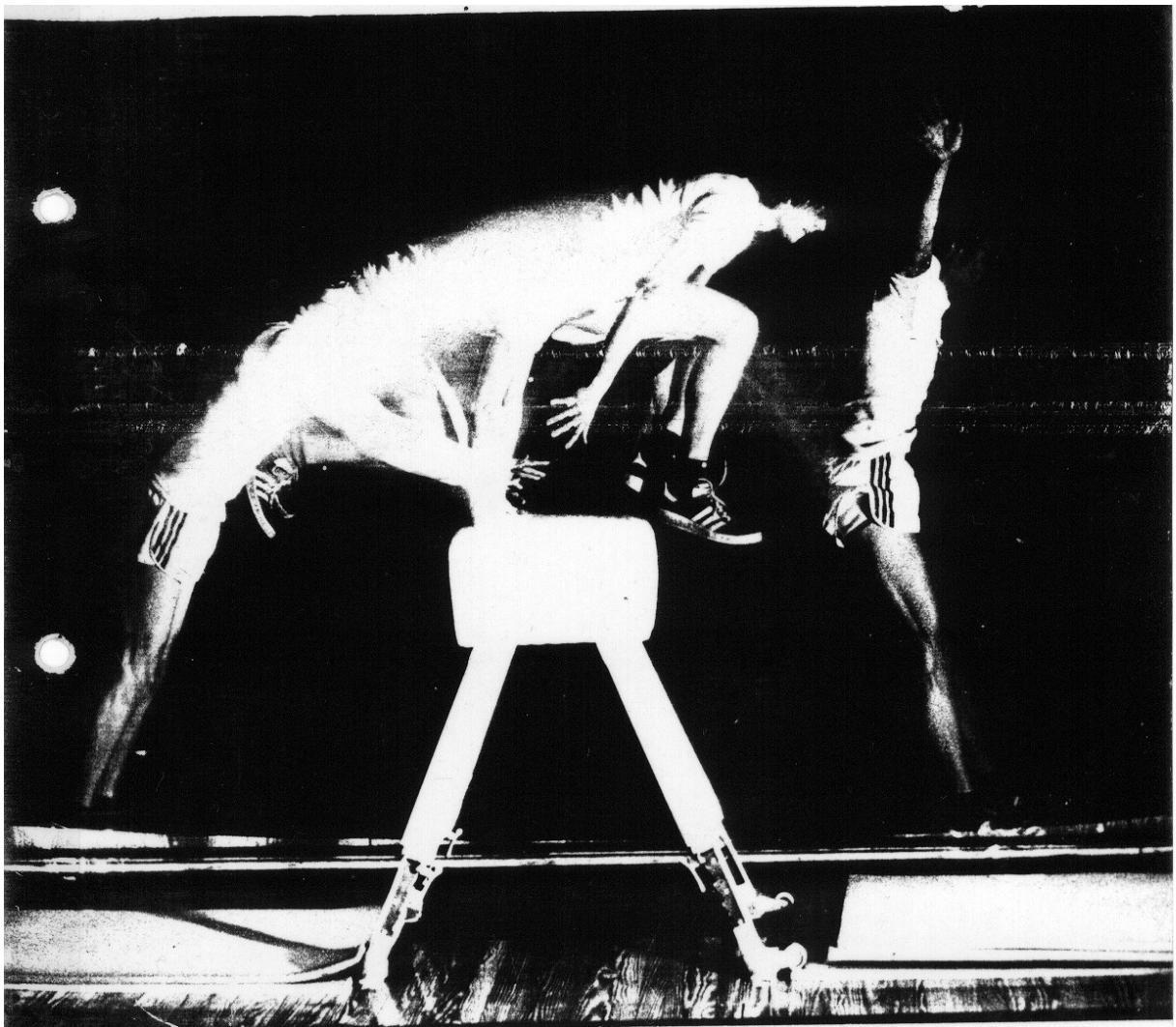




# Stroboskopaufnahme beim Tischtennis



# Stroboskopaufnahme beim Bockspringen



# Digitalisierung von Bewegungen

