

# Interne Fortbildung Biomechanik

## 1. Drehpunkt

- Fixpunkt (bewegt sich nicht)
- alle Körper, die an der Bewegung beteiligt sind, bewegen / drehen sich um diesen Punkt

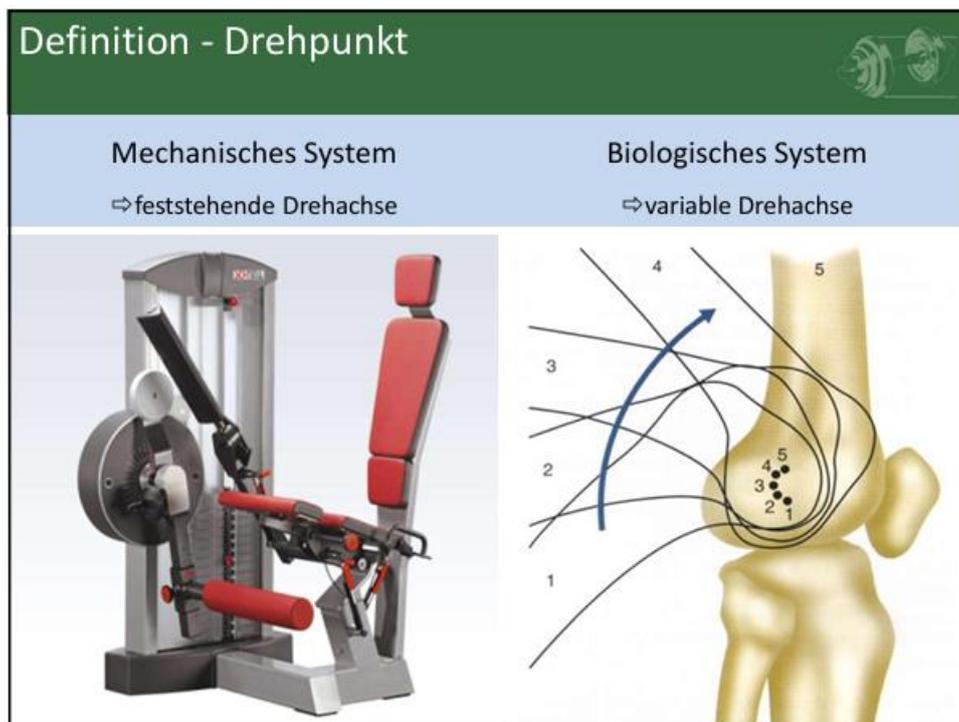
**ABER**



- winkelabhängiger DP
- Einflussfaktoren
  - Degeneration
  - Trauma
  - Individuelle Anatomie

→ variabel bleiben

- bei eindimensionalen Geräten (z. B. Kniebeuger), immer fixe Stelle am Gerät
- Mehrdimensionale oder mehrgelenkige Maschinen (z. B. Funktionsstemma) weisen DP nicht auf
- das Gleiche gilt auch für Seilzüge



Quelle: Skript Frank Diemer MTT 2023 Digotor

## Definition - Drehpunkt



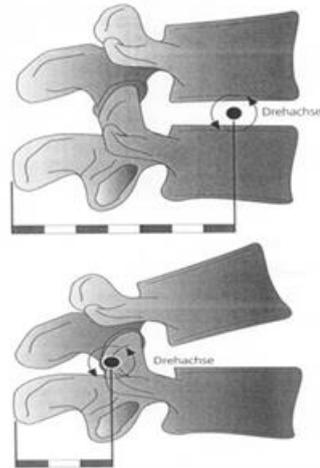
### Mechanisches System

⇒ feststehende Drehachse



### Biologisches System

⇒ variable Drehachse



Quelle: Skript Frank Diemer MTT 2023 Digotor

## 2. Lastarm

Besteht immer aus:

1. Drehpunkt
2. Wirkungslinie der Last
3. die rechtwinklige Verbindung von 1. & 2.

→ **rechtwinklige Verbindung zwischen Wirkungslinie der Last und dem Drehpunkt**

Klinische Relevanz:

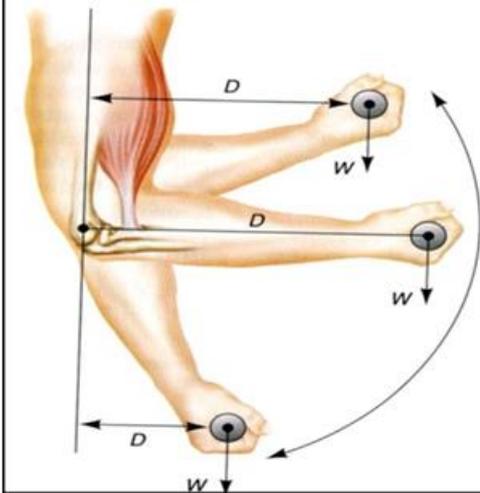
- lange Lastarm → grosse Lastmoment → hohe Gelenkbelastung
- kurze Lastarm → kleine Lastmoment → niedrige Gelenkbelastung
- gilt für Statik & langsame, kontrollierte Dynamik
- Gesetz funktioniert nicht bei schnellen Bewegungen (z. B. Springen), da hier Muskeln Kräfte absorbieren

## Definition - Lastarm



### Lastarm

⇨ freie Gewichte



### Lastarm

⇨ geführte Geräte



## Definition - Lastarm



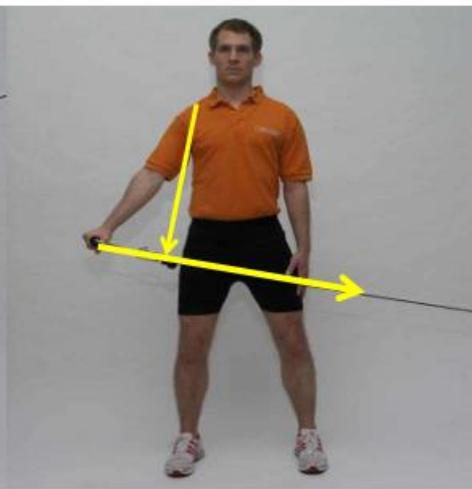
### Lastarm

⇨ Seilzug

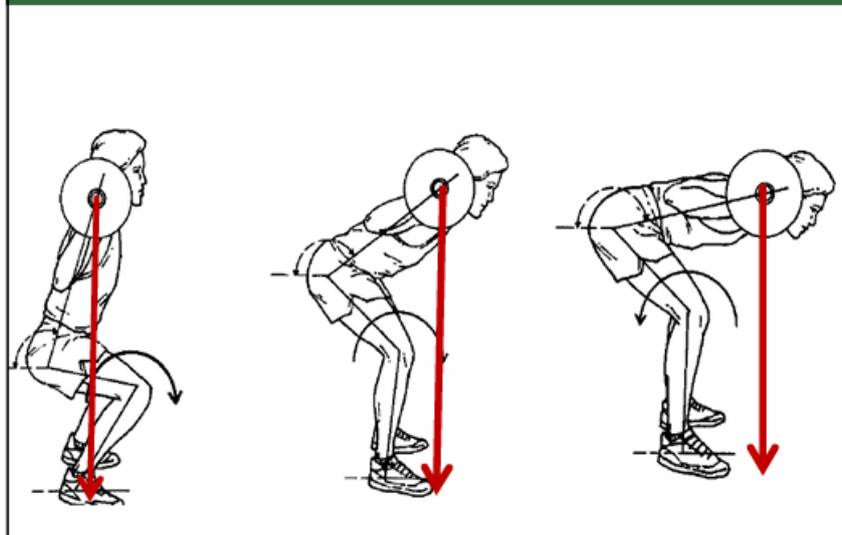


### Lastarm

⇨ Seilzug



Quelle: Skript Frank Diemer MTT 2023 Digotor



Quelle: Skript Alexander Beckmann KGG 2023 Digotor

### 3. Kraftarm

Besteht immer aus:

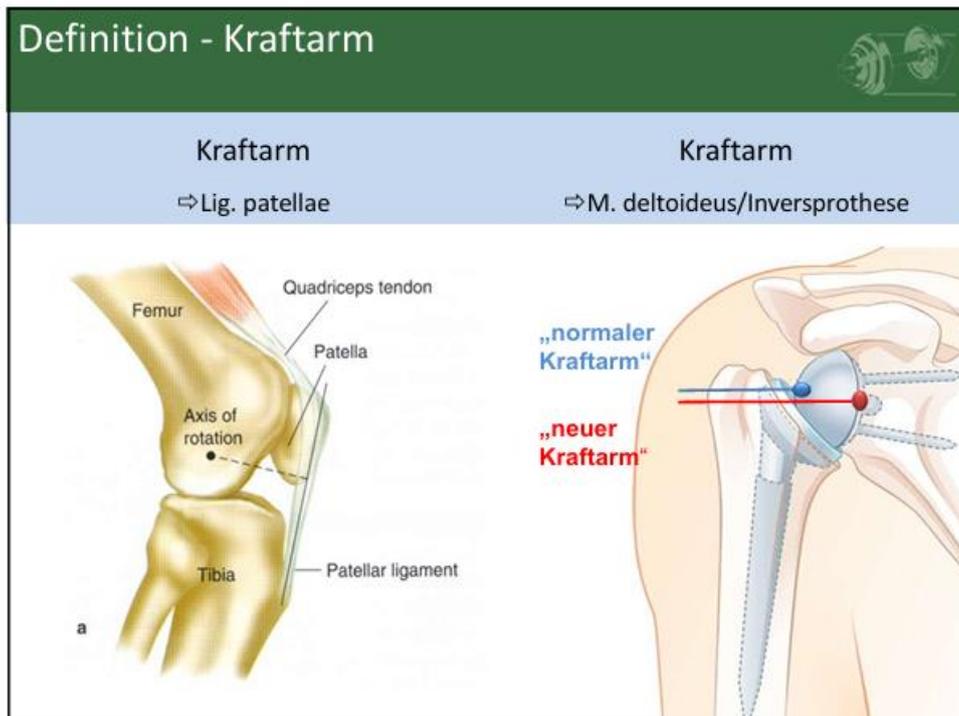
1. Drehpunkt
2. Wirkungslinie der Kraft (Insertionswinkel Sehne, wo Sehne in Knochen einstrahlt)
3. die rechtwinklige Verbindung von 1. & 2.

→ **rechtwinklige Verbindung zwischen Wirkungslinie der Kraft und dem Drehpunkt**

- Kraftarm zw. 0 – 10 cm

Klinische Relevanz:

Je länger der Kraftarm ist, umso mehr Kraft kann der Muskel entwickeln. Je nach Gelenkposition ist die Länge des Kraftarmes variabel (auch Arthrosen können den Abstand verringern).



Quelle: Skript Frank Diemer MTT 2023 Digotor

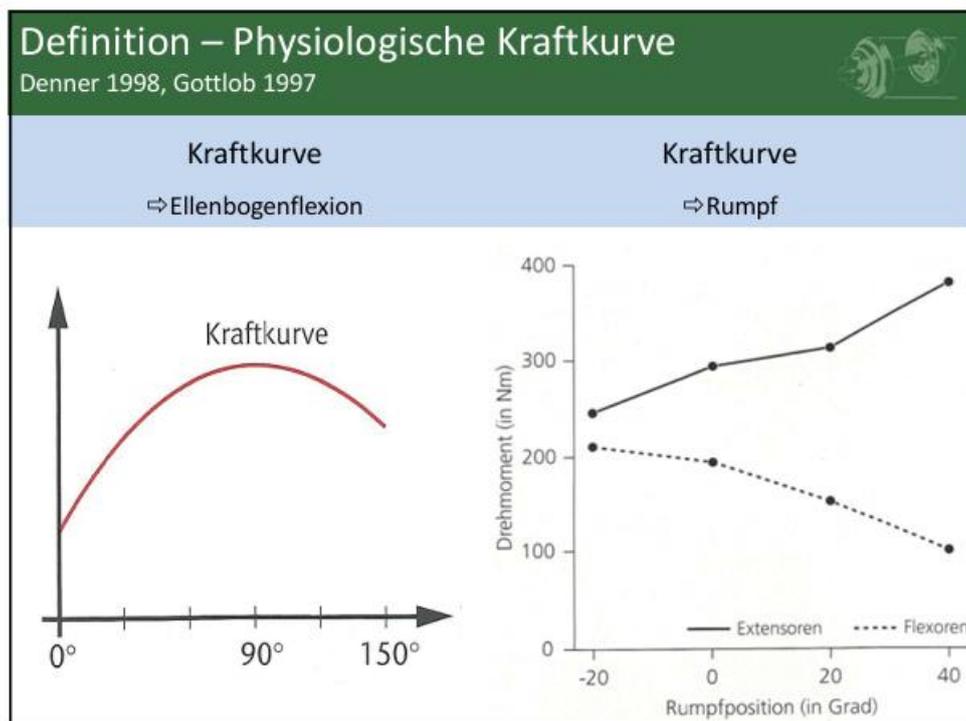
#### 4. Physiologische Kraftkurve

- bei Extremitätenmuskeln Kraftmaximum meist im mittleren Gelenkwinkel
  - in Endstellungen (maximale Vordehnung und maximale Annäherung) können nur geringere Drehmomente produziert werden
- bei Rumpfmuskeln (zum Beispiel Bauch- oder Rückenmuskulatur) liegt das größte Drehmoment in den Endstellungen
  - In der Gegenbewegung dagegen ist das geringste Kraftpotenzial vorhanden

### Klinische Relevanz:

Wird ein Training über das gesamte Range of Motion angestrebt, dann sollte in Gelenkwinkeln mit einer hohen Kraftentwicklung des Muskels auch der größte Widerstand (der größte Lastarm) einwirken. Dies erreicht der Therapeut durch eine gezielte Einstellung des Seilzuges (Verstellung der Seilwinde nach oben oder unten) oder eine genaue Platzierung des Trainierenden zum Gerät (Abstand oder Drehung des Körpers zum Gerät).

Wird dieser Faktor nicht beachtet, so muss der Trainierende häufig über Schwungmomente und/oder Ausweichbewegungen kompensieren. Gerade zu Beginn der Therapie kann das mit einer größeren Gelenkbelastung verbunden sein.



Quelle: Skript Frank Diemer MTT 2023 Digotor

- dies erklärt, mit dem Drehpunkt der Wirbelsäule (wandert bei Flexion nach vorne → lange Kraftarm), wieso man aus der Flexion gut heben kann

## 5. Drehmoment

Das Drehmoment ist eine Kraft, welche über einen Hebelarm einen rotatorischen Impuls produziert. Die einwirkende Kraft wird dabei in Newton (N) angegeben, die Länge des Hebelarmes in Metern gemessen (m). Die Einheit des Drehmoments ist daher Nm.



Gezielte Modifikation von Trainingswirkungen am Beispiel der Kniebeuge:

In der linken Abbildung wird die Last durch den Einsatz der Hüfte (Flexion) weiter nach ventral verlagert. Der Lastarm (und damit auch das Lastmoment) nimmt dadurch auf die Hüfte zu und auf das Kniegelenk ab (Hüftdominante Kniebeuge).

In der rechten Abbildung wird die Last durch einen reduzierten Einsatz der Hüfte (Extension) weiter dorsal gehalten. Der Lastarm (und damit auch das Lastmoment) nimmt dadurch auf die Hüfte ab und vergrößert sich für das Kniegelenk (Knie dominante Kniebeuge).

Nehmen wir bei obiger Abbildung an, dass sowohl die verwendete Zusatzlast (10 kg) als auch das Körpergewicht (60 kg) identisch sind, ergeben sich nun für die Gelenke der unteren Extremität unterschiedliche Belastungen und für die beteiligte Muskulatur differente Trainingswirkungen.

### Hüftdominante Kniebeuge:

- Drehmoment der Last für das Hüftgelenk (eine Seite wird beurteilt):
  - Beteiligte Teilkörpermasse und Zusatzlast: ca. 40 kg, zuzüglich der Zusatzlast 10 kg, ergibt 50 kg (25 kg pro Seite, entspricht 250 N)
  - Der Lastarm beträgt 0,3m
  - Lastmoment (Hüfte) = 250 (N) x 0,3m = 75 Nm
- Die Hüftumgebende Muskulatur muss daher bei dieser Ausführung ein Lastmoment von 75 Nm stabilisieren (Statik) oder überwinden (Dynamik).

### Kniedominante Kniebeuge:

- Drehmoment der Last für das Hüftgelenk (eine Seite wird beurteilt):
  - Beteiligte Teilkörpermasse und Zusatzlast: ca. 40 kg, zuzüglich der Zusatzlast 10 kg, ergibt 50 kg (25 kg pro Seite, entspricht 250 N)
  - Der Lastarm beträgt jetzt 0,1m
  - Lastmoment (Hüfte) = 250 (N) x 0,1m = 25 Nm
- Die Hüftumgebende Muskulatur muss daher bei dieser Ausführung ein Lastmoment von 25 Nm stabilisieren (Statik) oder überwinden (Dynamik).

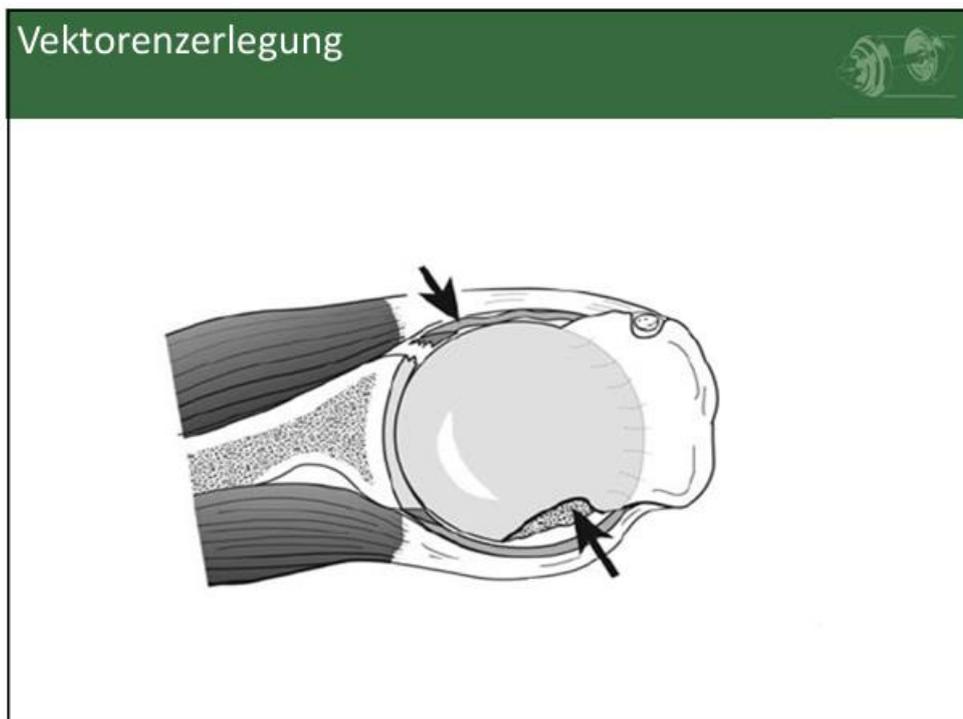
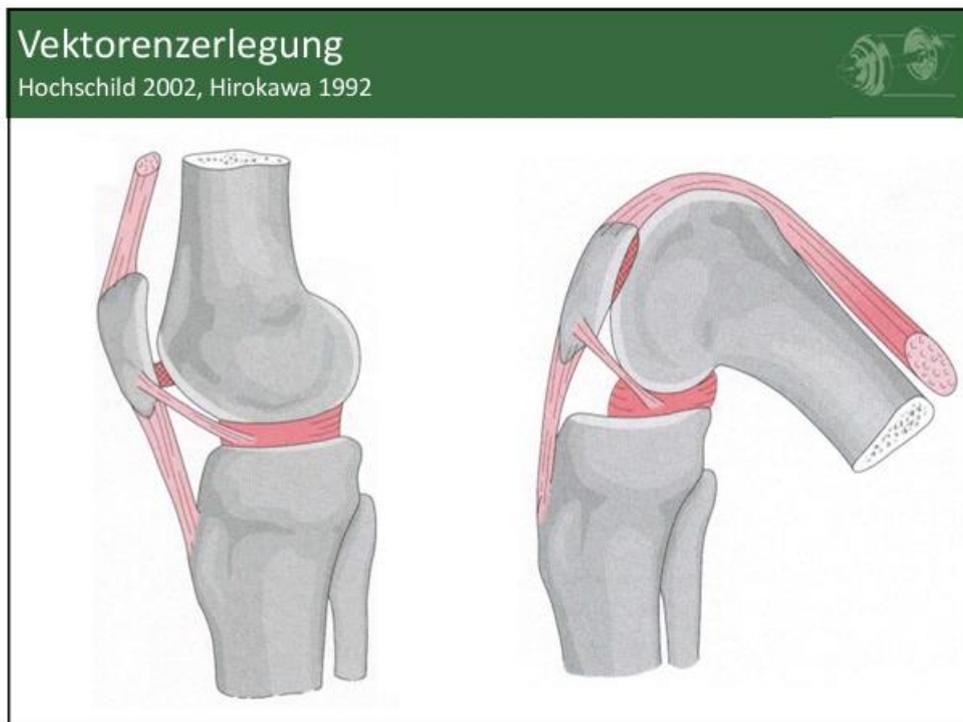
Die beiden Beispiele zeigen, dass trotz gleicher Massen (Körpergewicht und Zusatzlast) die Lastmomente auf das Hüft- und das Kniegelenk sehr unterschiedlich sein können.

Klinische Relevanz:

- Drehmomente verändern sich durch die Modifikation von Lasten oder unterschiedlich langen Hebeln (Last- oder Kraftarm).
- Drehmomentberechnungen sind bei der Beurteilung der mechanischen Belastung auf Gelenke oder der Trainingswirkung im Muskeltraining von großer Bedeutung.
- Das Wissen um Drehmomente versetzt den Therapeuten in die Lage, variabel mit mechanischer Belastung umzugehen und Übungen sinnvoll und frei von dogmatischen Regeln zu variieren.

Quelle: Digotor 2023, Textskript «Medizinische Trainingstherapie Fortbildungen für Orthopädische Medizin und Manuelle Therapie»

## 6. Vektorzerlegung



Quelle: Skript Frank Diemer MTT 2023 Digotor