

# Fragenkatalog Teil 1 Rehabilitationstechnik VO 307.487, SS 2021

## Introduction

### 1. Wie definiert die Weltgesundheitsorganisation (WHO) den Begriff ‚Rehabilitation‘?

Rehabilitation umfasst den koordinierten Einsatz medizinischer, sozialer, beruflicher, pädagogischer und technischer Maßnahmen sowie Einflussnahmen auf das physische und soziale Umfeld zur Funktionsverbesserung zum Erreichen einer größtmöglichen Eigenaktivität zur weitestgehenden Partizipation in allen Lebensbereichen, damit der Betroffene in seiner Lebensgestaltung so frei wie möglich ist.

### 2. Was sind laut WHO die drei wichtigsten Kategorien von ‚Behinderung‘?

**Beeinträchtigung** in der Körperstruktur oder Körperfunktion bzw. mentale Funktion  
**Aktivitätseinschränkung**, wie z. B. Sehen, Hören, Gehen, Problemlösung  
**Teilnahme einschränkung** an normalen täglichen Aktivitäten, wie z. B. Arbeiten, Soziale Aktivitäten, aber auch das Erhalten von Gesundheitsversorgung und -vorsorge.

### 3. Was sind die 7 Prinzipien des ‚Universal Design‘? Beispiele?

7 Punkte die die Nutzung von Dingen für möglichst viele Menschen zugänglich machen

- Prinzip 1: Breite Nutzbarkeit
  - Design ist nützlich für Menschen mit diversen Fähigkeiten
- Prinzip 2: Flexibilität in der Benutzung
  - Design berücksichtigt individuelle Präferenzen und Fähigkeiten (z. B. Höhenverstellbarer Tisch)
- Prinzip 3: Einfache und intuitive Benutzung
  - Ikea Anleitung

- Prinzip 4: Sensorisch wahrnehmbare Informationen
  - Notwendige Informationen werden unabhängig von sensorischen Fähigkeiten (hören, sehen, etc.) übermittelt
- Prinzip 5: Fehlertoleranz.
  - Undo bei Word
- Prinzip 6: Niedriger körperlicher Aufwand
  - Effizientes Design mit minimalem Erschöpfungsgrad
  - z. B. Bankomat für Rollstuhlfahrer und „Normale“
- Prinzip 7: Größe und Platz für Zugang und Benutzung
  - Unabhängig von Körpergröße, Mobilität, etc. ist genug Platz vorhanden (z. B. Zugang)

#### **4. Welche ethischen Bedenken werden mit dem Einsatz von Prothesen und Implantaten verbunden?**

- Vorteilhaft für Patienten
- Schadet den Patienten nicht
- Patientenautonomie (Ja oder nein zur Prothese)
- Gerechtigkeit (Verteilung von knappen Gesundheits-Ressourcen)
- Würde
- Vertraulichkeit (von medizinischen Informationen)
- Informierte Zustimmung (Risiken und Chancen sind bekannt)

Prothesen und Implantate machen Menschen zu Cyborgs (Mensch + Maschine).

Identitätsverlust?

Trotz Abhängigkeit von elektrischen Kreisläufen im Körper noch immer autonom?

Neurologische Geräte könnten Wahrnehmung, Laune und Verhalten von Menschen ändern (Soldaten!) – sind solche Menschen noch immer für ihre Verhalten verantwortlich?

**5. Welche Bedeutung hatte ‚Behinderung‘ in der Antike und wann begann ein Umdenken?**

Behinderung = Ausschluss aus sozialem Leben

Behinderung = Strafe Gottes, konnte nur durch komplette Entfernung überwunden werden

Umdenken begann ca. 400 BC, wenn Hippocrates (= Vater der westlichen Medizin) Verletzungen und Erkrankungen als Naturereignisse einstufte.

In der Renaissance (15.-16. Jahrhundert A. D.) wurde die Beibehaltung/Wiedererlangung der Gesundheit mithilfe technischer Hilfsmittel und gezielte Behandlungen erreicht (auch von Behinderten).

**6. Wann etwa entstand das erste medizinische Zentrum für Rehabilitation und welches Ereignis trug dazu bei?**

1951 in Amerika

Der 2. Weltkrieg: Viele verletzte und verstümmelte Soldaten

**7. Wer war der erste dokumentierte Benützer einer Handprothese?**

Marcus Sergius: Ein römischer General (ca. 200 BC)

**8. Welchen Beitrag zur Prothetik leistete Ambroise Paré? In welchem Jahrhundert?**

Beitrag zur chirurgischen Amputation und zu einem Design von Gliedmaß-Prothesen

Ebenfalls hat er Augenprothesen aus Gold, Silber, Porzellan und Glas erfunden.

**9. Was war der ‚Pedomotor‘? Wann etwa und von wem wurde er entwickelt?**

1917 von Leslie C. Kelley entwickelt

Er war von einem Dampfmotor angetrieben und der Mensch hat ihn am Rücken getragen. Künstliche Bänder laufen parallel zu den menschlichen Muskeln und sind mit der Energiequelle verbunden.

So sollen die Muskeln entlastet werden und man kann schneller laufen.

**10. Was war der ‚Hardiman‘? Wann etwa und von wem wurde er entwickelt?**

1965 von General Electric

Ein ganzkörper-Exoskelett, das die Kraft vom Träger steigern hätte sollen.

Angetrieben wurde es von Hydraulik und Strom, es hatte einen Kraft-Steigerungsfaktor von 25. Das Projekt scheiterte da die kontrollierte Benützung nicht gelang

**11. Von wem wurde der erste Herzschrittmacher entwickelt und wann wurde er erstmals eingesetzt?**

1932 von Albert Hyman entwickelt

1958 das erste Mal implantiert

## Sensory-Motor System & Impairments

### 12. Was versteht man unter hierarchischer Organisation (höhere, mittlere und niedrigere Ebene) bei der Bewegungssteuerung?

Die Bewegungskontrolle ist ein körperinterner Vorgang, bei dem bei Menschen und Tieren ihr Bewegungssystem so koordiniert wird, dass geplante und ungeplante Bewegungen so ablaufen, dass deren beabsichtigtes Ziel sicher erreicht wird. Keine körperliche Bewegung wird ohne Bewegungskontrolle ausgeführt.

höhere Ebene: Motor Cortex – Planung, Initiierung und Richtungssteuerung von freiwilligen Bewegungen

mittlere Ebene: Brainstem Centers – Grund- und Haltungsbewegungen, System integriert visuelle und vestibulare (Gleichgewicht) Informationen mit somatosensorischen (Wahrnehmung) Informationen für Haltungskontrolle

niedere Ebene: neuronale Schaltkreise die automatische Reflexe steuern (spinal cord and brainstem circuits)

### 13. Welche funktionellen Komponenten gehören zum motorischen System?

**Skelett:** Gibt dem Körper die Form, stützt, schützt, erlaubt Bewegung, produziert Blut und speichert Mineralien

**Muskeln:** Bewegen den Körper:

**Herzmuskeln:** gestreifte Muskulatur, unfreiwillig  
Hauptbestandteil des Gewebes vom Herzen

**Skelettmuskeln:** gestreifte Muskulatur, freiwillige/gesteuerte  
Bewegung

**Glatte Muskeln:** glatte Muskeln, unfreiwillig, z. B. Innereien

**Sehnen:** Zäh, flexibles Band aus faserigem Bindegewebe, Verbindung zwischen Muskeln und Knochen, Muskelkontraktion = Band überträgt die Kraft und zieht an den beteiligten Knochen

**Gelenke:** Verbindet individuelle Knochen und erlaubt unterschiedliche Bewegungen von zwei Knochen

**Bänder:** Verbinden die Enden von Knochen um ein Gelenk zu formen. Sie verhindern Luxation bzw. verhindern Bewegungen die zu Verletzungen führen könnten.

**Knorpel:** Belastbares und elastisches Gewebe, Gummiähnliche Polsterung die die Enden von langen Knochen und Gelenken schützt, strukturelle Komponente des Brustkorbes, Ohr, Nase, etc.

#### 14. Was sind Hauptbestandteile des sensorischen Systems?

Geruch (Chemikalien)

Gehör (Schallwellen)

Sehen (Sichtbares Licht)

Tastsinn (Mechanische Kräfte)

Geschmackssinn (Chemikalien)

#### 15. Was sind häufige kognitive Einschränkungen?

Als Kognition werden alle Vorgänge hinsichtlich der geistigen Wahrnehmung und der Denkprozesse bezeichnet. Die **kognitiven Fähigkeiten** des Menschen können Signale aus der Umwelt wahrnehmen und verarbeiten.

→ Verschiedene Areale im Gehirn arbeiten zusammen damit wir denken und handeln können.

- Ursachen für mentale/kognitive Einschränkungen:
  - Verletzungen (traumatische Gehirnverletzung)
  - Sauerstoffmangel
  - Genetik
- Resultate:

Einschränkungen in Intelligenz und körperlichen Fähigkeiten

Demenz

Senilität

Symptome: Depression, Wut, Apathie, Angst, Gedächtnisprobleme,  
Schlechtes Decision making

## **16. Was versteht man unter Spastizität?**

Motorische Störung

...eine krankhafte Erhöhung der Muskelspannung (auch Muskeltonus bezeichnet), die durch eine Schädigung des zentralen Nervensystems (ZNS) hervorgerufen wird. Die überaktive Muskulatur führt zu dauerhaften Verhärtungen und Versteifungen, so genannten spastischen Lähmungen. Diese sind mit Einschränkungen der Beweglichkeit verbunden.

...Übererregbarkeit des Streckreflexes

## **17. Was sind die Anzeichen für einen Schlaganfall?**

**Face:** Einseitige Gesichtslähmung

**Arm:** Beide Arme heben...geht einer wieder runter?

**Speech:** Problem beim Sprechen

**Time:** Schnell Rettung rufen

## **18. Wie entsteht Amyotrophe Laterale Sklerose / Multiple Sklerose / Parkinson-Krankheit? Erste Anzeichen?**

### **Amyotrophe Laterale Sklerose:**

Motorische Neuronen in Hirnrinde, im Hirnstamm und im Rückenmark zerstören sich selbst. Signale zu allen selbst-gesteuerten Muskeln werden unterbrochen. Dieser Prozess schreitet ständig voran und der Patient wird gelähmt (inkl.

Sprache/Schlucken) – letztendlich tödlich

**Erste Symptome:** Zucken, Krampfen und Muskelschwäche

### **Multiple Sklerose:**

Das Immunsystem attackiert die schützende Hülle (Myelin) über den Nervenfasern. Potentielles lahmlegen von Gehirn und Rückenmark. Die Krankheit kann permanenten Schaden oder Verfall von Nerven verursachen

**Symptome:** Bewegungseinschränkungen (Spastik, erhöhte Muskelspannung), Seh-/Sprachstörungen, Schmerzen, emotionale Störungen

### **Parkinson:**

Verursacht durch das Verschwinden von Dopamin-Neuronen (Neurotransmitter) in den Basalganglien (Endhirn), die sich später im Kortex (Hirnrinde) ausbreiten.

**Symptome:** Tremor, langsame Bewegungen, gestörter Gleichgewichtsreflex, erhöhte Muskelspannung, Erschöpfung, emotionale Störungen

## **19. Welche Aussage haben Ashworth Scale / ASIA Scale / Fugl-Meyer Assessment / Wolf Funktionstest?**

### **Ashworth Scale:**

Index zum Messen von Spastik  
(auch Gehirnverletzung, MS, Stroke,...)

Wenn ein Muskel getestet wird der das Gelenk anspannt: Gelenk in max. angespannte Position bringen und innerhalb von einer Sekunde in max. ausgestreckte Position bringen.

Bei Muskel der das Gelenk ausstreckt umgekehrt.

Skala von 0 bis 4: Wie sehr sich die Muskelspannung verändert

0 = Keine Erhöhung der Muskelspannung

4 = Betroffene Bereiche starr in Extension und Flexion

### **ASIA Scale:**

Index zum Einschätzen von motorischen und sensorischen Beeinträchtigungen nach einer Rückenmarksverletzung

Skala von 0 bis 5

0 = totale Paralyse

5 = aktive Bewegungen, vollständige ROM, normale Kraft, etc.



### **Fugl-Meyer Assessment:**

Index zum Einschätzen von motorischen und sensorischen Beeinträchtigungen nach einem Schlaganfall.

Skala mit Punktevergabe

0 = Testperson kann Aufgabe nicht ausführen

2 = Testperson kann Aufgabe vollständig ausführen

Tests beinhalten motorische Fähigkeiten, sensorische Fähigkeiten, Gleichgewicht, ROM von Gelenken, Gelenksschmerzen

### **Wolf Funktionstest:**

Test zum Quantifizieren von der motorischen Fähigkeit der oberen Extremitäten mithilfe zeitlich beschränkter funktionaler Aufgaben

Aufgaben werden mit 0 – 5 bewertet:

0 = Nicht-Involvieren der oberen Extremitäten

5 = normale Bewegungen

Task list: Forearm to table, to box, Extend elbow, Hand to table, to box, lift can, lift pencil, fold towel, .....

→ Kombination aus Kraft- und Geschicklichkeitsübungen

## Sensor / Actuator Systems

### **20. Welche Möglichkeiten gibt es, Gelenkwinkel zu messen?**

**Goniometer:** Längenänderung der leitfähigen Faser wird gemessen

## 21. Was versteht man unter einem IMU?

Inertiale Messeinheit, 3 Paare von Gyroskopen und Beschleunigungssensoren werden am Fuß, Wade und Oberschenkel befestigt

**Gyroscope:** Beschleunigungssensor mit oszillierenden Massen die unter der Corioliskraft eine Drehrate erzeugen, diese wird in ein Beschleunigungssignal umgewandelt.

**MEMS- Beschleunigungssensoren** funktionieren nach Feder-Masse-Prinzip. Beim Auftreten von Beschleunigungen kommt es zu einer Relativbewegung zwischen Messfingern und Referenzelektroden → Kapazitätsänderung an der Messstruktur, die in ein analoges oder digitales Sensorsignal umgewandelt wird.

## 22. Welche optischen Bewegungs-Messsysteme gibt es?

1. Am Körper werden Marker befestigt die das IR-Licht der Kamera reflektieren – „Passive Marker Based“
2. LED Marker werden aktiviert und von der Kamera erfasst → „Active Marker Based“
3. Ultraschallbasiertes Tracking: Die Laufzeit des Ultraschallimpulses wird gemessen. Das System verwendet Ultraschall-Transmitter, Ultraschall Mikrofone (= Sensoren) und ein Messsystem mit dem die Koordinaten der Ultraschall-Marker gemessen werden.

## 23. Was ist ein Eye Tracking System und wie funktioniert es?

Infrarotlicht wird von der Hornhaut und der Retina reflektiert und so die Augenbewegungen nachverfolgen. Das System besteht aus Kameras, Illuminatoren und Algorithmen. Die Illuminatoren erstellen ein Muster von fast-IR-Licht auf den Augen. Die Kameras erfassen die Augen und die Muster, das Bild wird in einen Algorithmus eingespielt und die Augenposition und der Fokus wird berechnet.

## **24. Welche Sensoren werden in Messsohlen verwendet? Was sind die physikalischen Prinzipien?**

Resistive, piezoelektrische, kapazitive und optische Sensoren

### **Resistive Sensoren:**

Dehnmessstreifen (DMS), Längenänderung = Widerstandsänderung

Piezoelektrische Sensoren: Durch Druck wird der Widerstand des piezoelektrischen Materials verändert (resistive Drucksensoren)

Ultra-Sensitive Drucksensoren: Mit einer schaumartigen Struktur basierend auf laser-scribed-graphene (LSG), Druck verändert Widerstand

### **Kapazitive Drucksensoren:**

Zwei leitfähige elektrisch aufgeladene Platten sind durch eine dielektrische elastische Schicht getrennt → Druck verringert den Abstand → Spannungsänderung proportional zur Kraft

### **Piezoelektrischer Sensor:**

Basiert auf piezoelektrischen Effekt

### **Optische Sensoren:**

Es wird gemessen wie sich ein Material unter Kräfteinfluss deformiert. Wenn sich das Teil verbiegt schneidet es einen Teil von der Lichtquelle den Weg zum Sensor ab → Sensor erkennt, dass weniger Licht ankommt

**25. Was versteht man unter einem ‚self powered pacemaker‘? Aufbau und Funktion?**

Ein dünner Streifen mit piezoelektrischer Stromerzeugung. Besteht aus flexiblen Streifen und einer piezoelektrischen Einheit aus lead magnesium niobate-lead titanate (PMN-PT). Er ermöglicht die Bewegungen des Herzes in Strom für den Schrittmacher (oder andere Medizingeräte) umzuwandeln.

**26. Wofür sind EMG Messungen geeignet, welche Aussagen können aus EMG Signalen getroffen werden?**

...Elektromyografie. Um die Muskelaktivität zu messen und um zu wissen ob die Erkrankung im Bereich der Muskeln oder wo anders liegt. Auch zur Prothesenkontrolle geeignet.

Aktivierungszeit der Muskeln, Kraft und Muskeler schöpfung können gemessen werden.

**27. Was versteht man unter einem Brain Computer Interface? Funktionsweise, Anwendungen?**

Ein BCI ist ein direkter Kommunikationsweg zwischen einem „angeschlossenen“ Gehirn und einem externen Gerät. Mittels EEG wird die elektrische Aktivität des Gehirns erfasst und das Signal digitalisiert und verstärkt → Diese Daten werden verarbeitet und klassifiziert → Der jeweilige Befehl wird auf einen Bildschirm dargestellt

Wird für Kommunikation, Steuerung und Training mit Feedback benutzt

**28. Welche Aktuatoren werden in der Prothetik häufig verwendet?**

Elektromagnetische  
Flüssigkeit (Pneumatic/Hydraulik)  
Piezoelektrische

Rheologische Flüssigkeiten  
(elektrisch empfindlich)  
Formgedächtnis Materialien

## 29. Beispiel für einen Piezo-Aktuator? Funktionsweise?

Aktuator zum Beugen

Umgekehrter piezoelektrischer Effekt: Spannung wird angelegt um Deformationen zu erzeugen

Hohe Frequenz, schnelle Reaktionszeit, große Verschiebung, jedoch geringe Kraft

## 30. Was versteht man unter einem ‚Shape Memory Actuator‘?

### Anwendungsbeispiel?

Stabil in zwei Phasen:

in der hohen Temperatur-Phase (Austenite)

in der niedrigen Temperatur-Phase (Martensite)

Phasenänderung aufgrund Temperaturänderung

Vorteile: Hohes Kraft-Gewicht Verhältnis

Nachteile: langsam, Kühlung ist schwierig, Hysterese, eingeschränkte Bandbreite

SMA's finden z.B. bei Finger-Exoskeletten Anwendung

## 31. Was ist ein McKibben Muskel? Funktion?

...ein pneumatischer (Druckluft) Muskel mit Aramid Fasern. Wenn Luft in die „Muskeln“ strömt, vergrößern diese ihren Umfang und spannen in Länge an → flüssige und elastische Bewegung

## 32. Beispiele für Entwicklungen künstlicher Muskel?

- Pneumatische Muskeln (400 Röhren zusammengebunden, z. B. für Hamstring und Kniemuskeln)
- Nanoröhrenfaser: werden mit Silikon gefüllt – bis zu 50 % Kontraktion
- Elektrohydraulische Wandler: Kontrahieren nach Aktivierung

- Pneumatische: Mit Flüssigkeit gefüllt

## Rehabilitation of the Locomotor System

### 33. Wie klassifiziert man Rehabilitations-Roboter?

Automatisch funktionierende Maschinen die dafür designed ist Bewegungen von Menschen mit eingeschränkten Bewegungsmöglichkeiten zu verbessern.

**Assistive Robot:** ersetzt die Bewegungen von verlorenen Gliedmaßen

**Therapy Robot:** Maschinen oder Werkzeuge die dem Patienten bei Therapiebewegungen helfen

### 34. Was ist ein Central Pattern Generator? Steuerung des Gangzyklus (EHC/FHC)?

Ein Netzwerk von Nervenzellen, die rhythmische und koordinierte Bewegungsabläufe abrufen können. Sie dienen der Erzeugung sich wiederholender oder oszillierender Muster von Muskelaktivitäten und somit der Ausführung stereotyper Verhaltensmuster, wie z.B. Beinbewegungen beim Gehen.

CPG beinhaltet ein sich gegenseitig hemmendes Extensor und Flexor Halbzentrum (EHC und FHC)

### 35. Was sind mögliche Regelungsgrößen / Feedback-Parameter für Laufband-Gangtraining (Human in the control loop)?

**Biomechanische Regelung:** Schwerkraft-Kompensation, Unterstützung des Exoskelettes,

**Puls-Regelung**

## **Kognitive Belastung**

### **36. Was ist ein Lokomat?**

Computergesteuerte Motoren jeweils am Knie und Hüftgelenk die genau mit dem Laufband synchronisiert sind.

### **37. Was versteht man unter einem ‚Endeffektor‘ Trainingsgerät?**

Endeffektor = Gangtrainer, der Teile des Körpergewichts übernimmt, den Körper aufrecht hält und auch die Beinbewegungen unterstützt.

Gerät hat 8 DOFs und man braucht keine exakte „Alignment“. Die angetriebenen DOFs können unterschiedlich stark eingestellt werden, bis zum freien Gehen.

### **38. Was ist das Prinzip von Gangtrainern mit Fußplatten?**

Sie simulieren Stand- und Schwungphase und kompensieren das Gewicht. Patient ist über einen Gurt gesichert und Seile können die vertikale und laterale Bewegungen des Massenmittelpunktes ändern.

### **39. Was versteht man unter ‚virtual rehabilitation‘? Was sind die drei wesentlichen Vorteile?**

Das Training basiert auf Übungen in VR oder AR Simulationen.

Neue Skills lernen/ausüben führt zu neuroplastischen Veränderungen und Funktionsrehabilitation nach einer Verletzung des Nervensystems. VR Set-Up hilft die Anwenderbewegungen in Echtzeit zu analysieren.

Visuelle Informationen können Signale an sensomotorische Schaltkreise senden. Durch verschiedenste Impulse (Helligkeit, Formen, etc.) und durch die Optionen Bewegungen wieder abzuspielen oder zu stoppen werden die Chancen auf Reorganisation der Nerven maximiert.

Vorteile:

- Interaktionen sind ähnlich wie in der Realität
- Der Patient muss sich auf verschiedene Szenarien einstellen
- Individuale Virtual Environments (VE)
- VE bereiten den Patienten auf die echte Welt vor

#### **40. Was können nachteilige Effekte sein?**

- Wenig Individualisierungsparameter bezüglich Schwierigkeit
- Ungenaueres bzw. entmutigendes Feedback
- Das vielfältige, sofortige bzw. konsistente Feedback schafft eine Abhängigkeit bezüglich der VE
- Die visuellen und auditiven Feedbacks könnten überwältigend sein

#### **41. Anwendungsbeispiel für Training mit VR auf dem Laufband?**

- Adaptive Geschwindigkeit gepaart mit einer VE um eine realistische Bewegung in der VR zu garantieren.

**Hemiparese/Asymmetrischer Gang:** paretischer Fuß macht kürzere Schritte während einer Kurve

Virtuelle Kurve ist proportional zu der Asymmetrie des Patienten → Patient kann eine Verbindung zwischen Asymmetrie und zum visuellen Feedback herstellen

- Schlaganfallspatienten
- Hemiplegie (halbe Seite gelähmt)



## Fragenkatalog Teil 2

### 1. Erklären Sie die Begriffe Prothese - Orthese - Exoskelett und nennen Sie je ein Anwendungsbeispiel.

- Prothese = Körperersatzstück (Gliedmaßen, Organe/Organteile, etc)
  - Beinprothese, Handprothese
- Orthese = Hilfsmittel zur Stabilisierung, Entlastung, Ruhigstellung, Führung oder Korrektur von Gliedmaßen oder Rumpf
  - HKAFO
  - Knieorthese
  - Korsett
- Exoskelett (Exo) = äußere formgebende Struktur zur Wiederausführung, Unterstützung oder Verstärkung von Bewegungen
  - Militär (höhere Lasten)
  - Industrie (Überkopfarbeiten)

### 2. Wie können Exoskelette allgemein nach der Anwendungsart eingeteilt werden?

- Aktiv
  - Motorisch, hydraulisch, pneumatisch
- Passiv
  - Unterstützend, verstärkend, keine aktiven Elemente
- Haptisch
  - Interaktion über Reizsinne (vibrieren), Einsatz in virtueller Umgebung
- Coaching
  - Verfolgen von Bewegungen, Feedback über Ausführung der Bewegung
- Stationär
  - Fix aufgestellt – Patient kommt zum Gerät
- Mobil
  - Örtlich nicht gebunden, leicht transportierbar, Montage auf Rollstuhl, etc.

**3. Nennen Sie mindestens 4 allgemeine Anforderungen an Exoskelette, welche die Konstruktion bzw. die Anbindung an den Körper betreffen.**

- Anforderung für Anbindung mechanischer Elemente an den Körper:
  - Bewegung der Gelenke in dem vorgesehenen Bereich unterstützen und die Körpersegmente führen
  - Keine (geringe) Zwangskräfte generieren
- Anforderungen an die Konstruktion:
  - Geringe Masse
  - Freiheitsgrade (DoF) kontrollierbar
  - Kräfte so gut wie möglich ableiten/reduzieren
  - Möglichst großer Bewegungsraum (ROM)
  - Tragbarkeit/Komfort
  - Endanschläge/Sicherheitsvorkehrungen
  - Steuerungs-/ Regelungsmöglichkeit

**4. Wie viele Freiheitsgrade besitzt die obere Extremität bzw. wie werden diese bezeichnet? (Hinweis: vernachlässigen Sie dabei die Freiheitsgrade der Finger)**

1. Rotation Schulter-Elevationsebene
2. Schulter Elevation
3. Oberarm Rotation (mediale bzw. laterale Rotation)
4. Ellbogen Flexion/Extension
5. Unterarm Pro-/Supination
6. Handgelenks Flexion/Extension
7. Handgelenks Abduktion-/Adduktion

**5. Nennen Sie 3 Risikofaktoren für einen Schlaganfall**

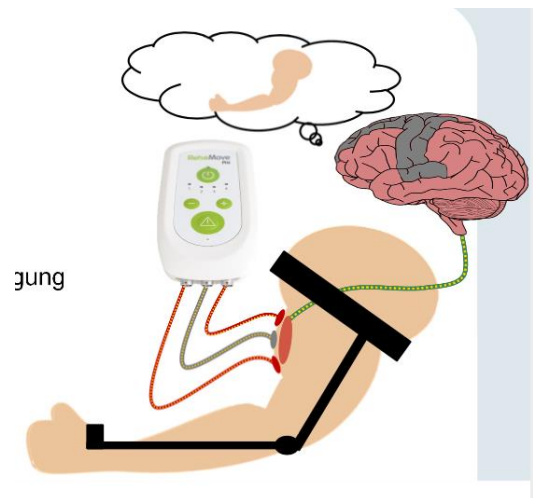
- Bluthochdruck
- Cholesterin
- Rauchen
- Hoher Blutzucker

## 6. Nennen Sie 3 Effekte von Schlaganfall

- Sensorische Störung (Schmerzen, Muskelsteife, Spasmen)
- Aphasie: Probleme bei Nutzen/Verstehen der Sprache
- Kognitive Beeinträchtigung: Planung, Lernen, Verstehen, ...
- Emotionale Störungen: Depression, ...
- Motorische Beeinträchtigung: Hemiplegie oder Hemiparese

## 7. Erklären Sie (gerne mittels einer Skizze) das Konzept des RETRAINER Systems

- Passives Exoskelett
  - Gewichtsentslastung
- Willkürliche Muskelaktivierung
- Willentliche Kontraktion gemessen
  - Start von Elektrosimulation
  - Feedback zu willentlichen Beteiligungen
- Sensoren in Exoskelett
  - Automatische Ausführung
  - Reduziert Betreuung



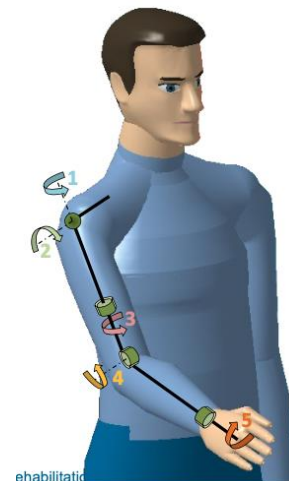
## 8. Welche und wie viele Freiheitsgrade (DoF) besitzt das ReTrainer S1 Exoskelett? Ordnen Sie auch zu, welche DoF manuell und welche mittels NMES aktuiert werden können.

DoFs mittels Neuromuskuläre Elektrostimulation (NMES):

- Schulterrotation (1)
- Schulter heben (2)
- Ellbogen Flexion/Extension (4)

DOFs manuell:

- Oberarm rotation (3)
- Unterarm pro-/supination (5)



**9. Erklären Sie (gerne mittels einer Skizze) wie sich die Beeinträchtigung des motorischen Zentrums auf die Bewegung der Skelettmuskulatur auswirkt.**

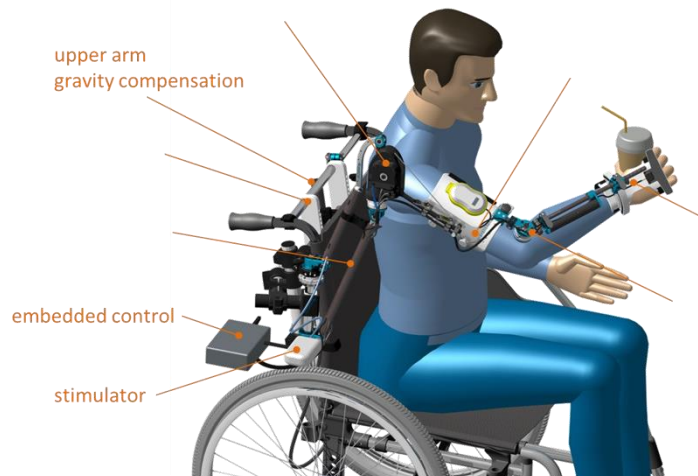
Normaler Ablauf von Muskelbewegungen:

- Bewusste Entscheidung
- Generiertes Signal im ZNS
- Signal über Nervensystem zum Muskel
- Kontraktion der Muskulatur

Beeinträchtigung:

- Läsion im Gehirn
- Signal aus ZNS schwach/fehlt
- Nervenverbindung zur Muskulatur intakt
- Nur schwache / keine Kontraktion

**10. Benennen Sie die einzelnen Module des ReTrainer Exoskeletts und ordnen Sie diese in der untenstehenden Grafik ein:**



# Fragenkatalog Teil 3

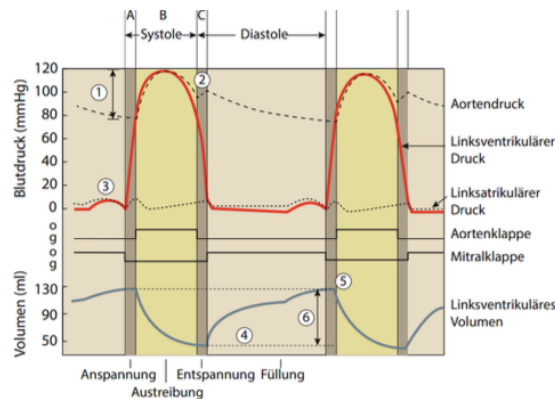
## 1. Beschreiben Sie die Druckzustände im linken Ventrikel und in der Aorta im Verlauf der Systole und Diastole!

Linken Ventrikel:

- Während der Systole wird das Blut aus der Kammer ausgetrieben
- Während der Systole steigt der Druck rapide an, während der Diastole ist er auf annähernd gleichem Niveau
- Es wird nicht das ganze Blut hinausgedrückt (Enddiastolisches Volumen – Auswurfsvolumen = Restvolumen)
- Anspannung (mit Enddiastolisches Volumen) → Austreibung → Entspannung → Füllung

Aorta:

- Aortendruck sinkt leicht während Diastole und steigt während Systole an – erreicht ähnlichen Druck wie der linke Ventrikel

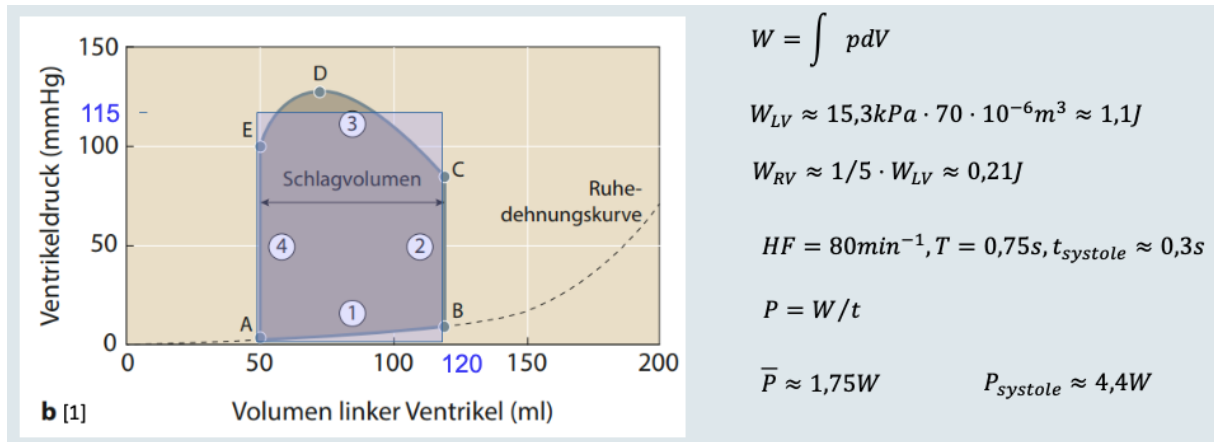


[2]

- |   |   |
|---|---|
| A...Anspannung (isovolumetrische Kontraktion) | 1 Differenz zw. diastolischem und systolischem Blutdruck,   |
| B...Austreibungsphase                         | 2 Inzisur, am Ende der Systole, kehrt sich Blutfluss um und schließt Aortenklappe, danach kommt es wieder kurz zu einem Druckanstieg. |
| C...Isovolumetrische Erschlaffung             | 3 Atriale Systole,  |
|   | 4 endsystolisches Volumen,  |
|   | 5 enddiastolisches Volumen und  |
|   | 6 Auswurfvolumen.   |
|   | o, offen; g, geschlossen  |

## 2. Beschreiben Sie die Herzarbeit während einer Pulsperiode!

Pulsperiode = Systole + Diastole



$$W = \int p dV$$

$$W_{LV} \approx 15,3 \text{ kPa} \cdot 70 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \approx 1,1 \text{ J}$$

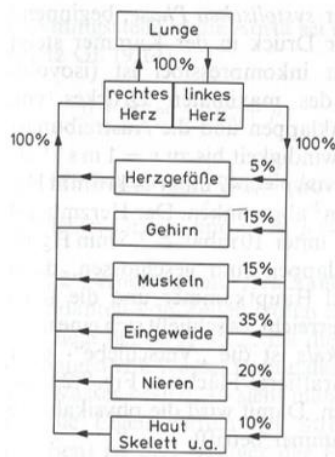
$$W_{RV} \approx 1/5 \cdot W_{LV} \approx 0,21 \text{ J}$$

$$HF = 80 \text{ min}^{-1}, T = 0,75 \text{ s}, t_{\text{systole}} \approx 0,3 \text{ s}$$

$$P = W/t$$

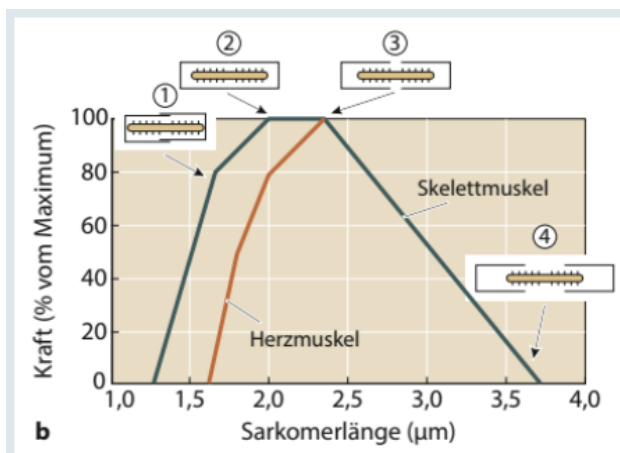
$$\bar{P} \approx 1,75 \text{ W}$$

$$P_{\text{systole}} \approx 4,4 \text{ W}$$



## 3. Welchen Einfluss hat die Vordehnung im Ventrikel für die Systole? Was passiert, wenn eine kritische Sarkomerlänge überschritten wird?

Die diastolische Füllung bestimmt die Vordehnung und somit die systolische Kraftentfaltung → Je mehr Füllung desto mehr Kraftentfaltung.



Sarkomer = kleinste funktionelle Einheit der Muskelfibrille

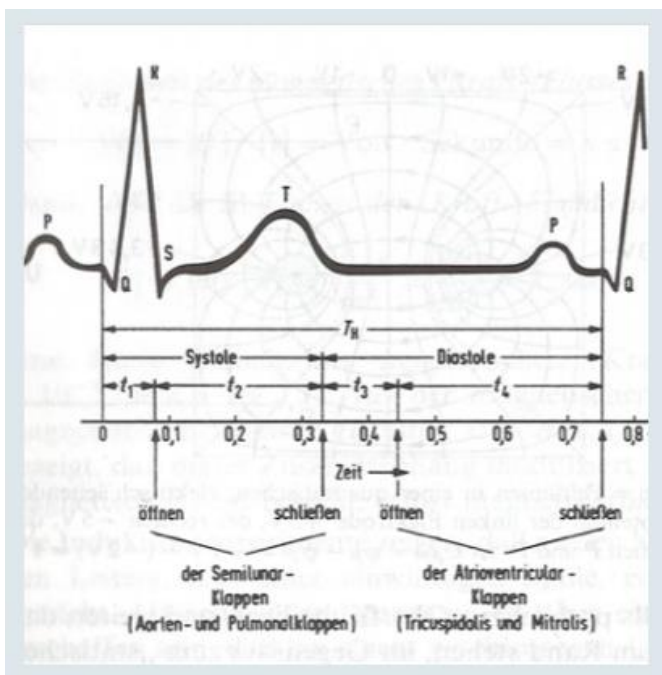
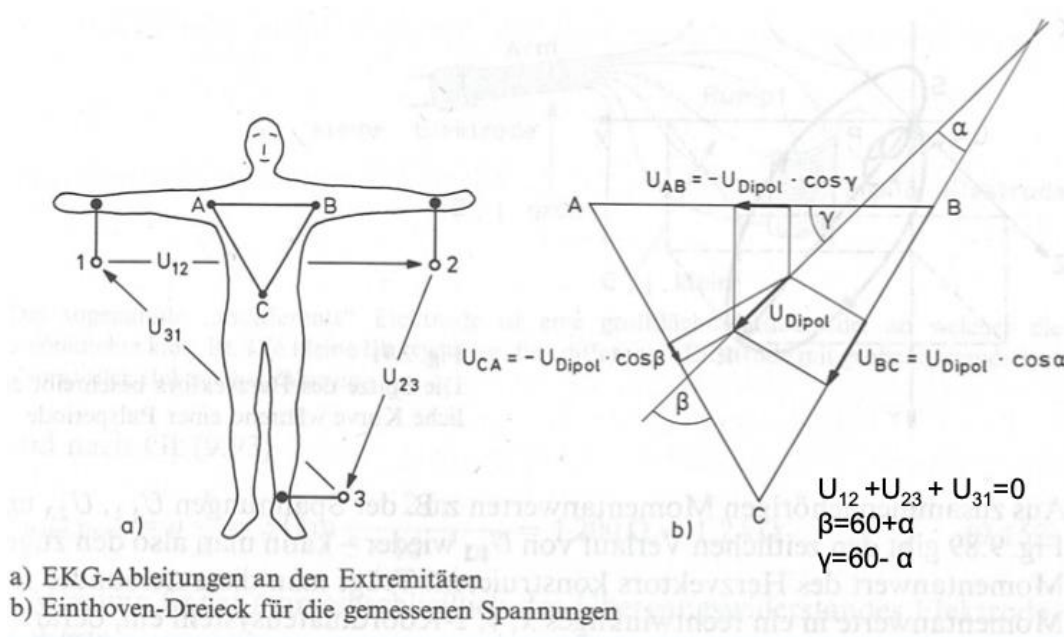
Wenn die kritische Sarkomerlänge erreicht wird fällt die Spannungsentwicklung ab (→ reißt)

Spannungsentwicklung ab (→ reißt)

4. Warum kann die Lage der Herzspitze mit dem EKG (Elektrokardiogramm) bestimmt werden. Beschreiben Sie dies mit dem Einthoven-Dreieck für den projizierten Fall in der Ebene. Was wird im EKG dargestellt?

Herzspitze = Schmalste Stelle des Herzens – liegt am unteren Rand, zeigt nach links vorne unten

EGK = Die Aufzeichnung der Summe der elektrischen Aktivitäten aller Herzfasermuskeln mittels eines Elektrokardiografen



Die bei normaler Herzlage erzeugte **R-Zacke** spiegelt eine **Erregungsausbreitung ventrikulär** von der Herzbasis zur Herzspitze wider.

Die **T-Welle** ist Ausdruck der Erregungsrückbildung in den Ventrikeln. Dabei verläuft die Repolarisation in umgekehrter Reihenfolge wie die Depolarisation, also von außen nach innen und von

der Herzspitze in Richtung Herzbasis.

**5. Unter welcher Voraussetzung kann Blut näherungsweise wie ein Newtonsches Fluid behandelt werden? Zeichnen Sie den schematischen Verlauf der dynamischen Viskosität des Blutes in Abhängigkeit der Scherrate!**

Newtonsche Flüssigkeit = Belastungsunabhängige Viskosität

**Newton'sches Verhalten**  
 $\tau = \eta \cdot du/dy$

**Blutmodelle (Beispiele)**

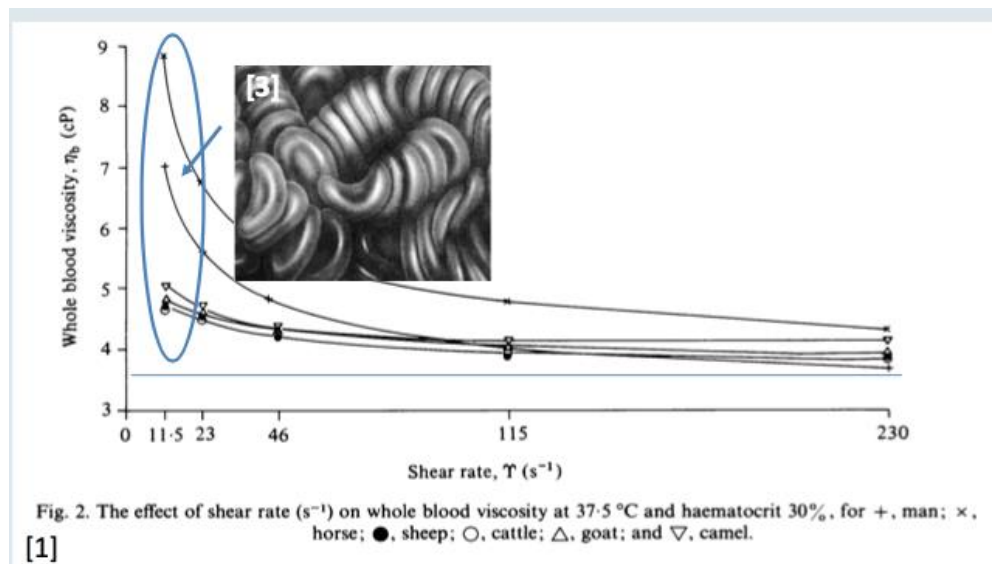
$\tau = K \left(\frac{du}{dy}\right)^n$  Ostwald-de Waele Power Law

$\sqrt{\tau_{zz}} = K \cdot \sqrt{\frac{du}{dz}} + \sqrt{C}$  Casson-Gleichung

Fahraeus-Linqvist-Effekt → Abnahme der Viskosität unter 300 µm Gefäßdurchmesser:

- Blutkörperchen ordnen sich in der Mitte an
- In der Randzone wirken maximale Schergeschwindigkeiten
- $v_{\text{Blutkörperchen}}$  30-60% größer als  $v_{\text{Plasma}}$
- Blutviskosität nahe Plasmaviskosität

Fahraeus-Linqvist-Effekt = Scheinbare Abnahme der Viskosität des Blutes bei abnehmendem Gefäßdurchmesser



[1]

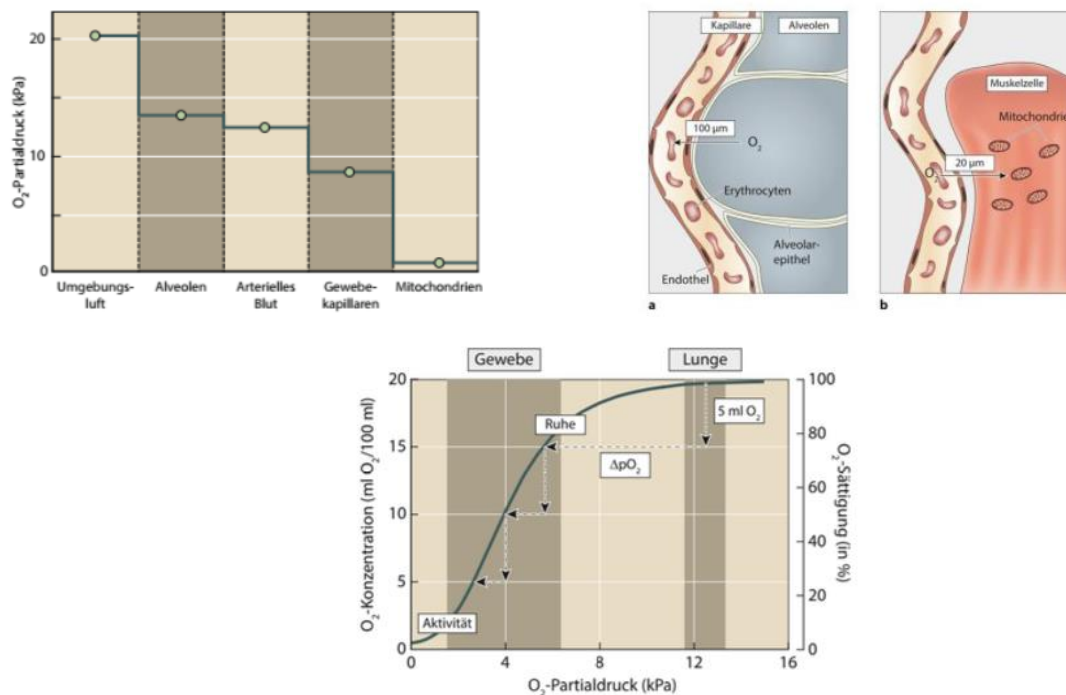


**6. Beschreiben Sie die Transportvorgänge von O<sub>2</sub> und CO<sub>2</sub> von der Ein- bzw. Ausatmung bis zu den Mitochondrien. Welchen Einfluss hat der Partialdruck von O<sub>2</sub> für die Sauerstoffaufnahme in der Lunge und für die Sauerstoffabgabe im Gewebe im Verlauf der O<sub>2</sub>-Bindungskurve?**

a) In der Lunge diffundiert Sauerstoff aus den mit Atemluft gefüllten Alveolen über das Alveolarpithel, Interstitium und Endothel in die Kapillaren und von dort in die Erythrozyten.

b) In den systematischen Geweben diffundiert Sauerstoff in umgekehrter Richtung aus den Erythrozyten über das Kapillarendothel, das Interstitium, die Zellenmembran und schließlich die Mitochondrienmembranen in die Matrix der Mitochondrien.

Ausgehend von 21,3 kPa im Atemmedium nimmt der O<sub>2</sub> Partialdruck kontinuierlich bis hin zu den Mitochondrien ab. Für eine Nettodiffusion ist bei jedem Übergang ein Partialdruckgefälle von mindestens 0,7 kPa erforderlich. Nur der Partialdruck in den Gewebekapillaren treibt den Transport von O<sub>2</sub> in die Mitochondrien an.

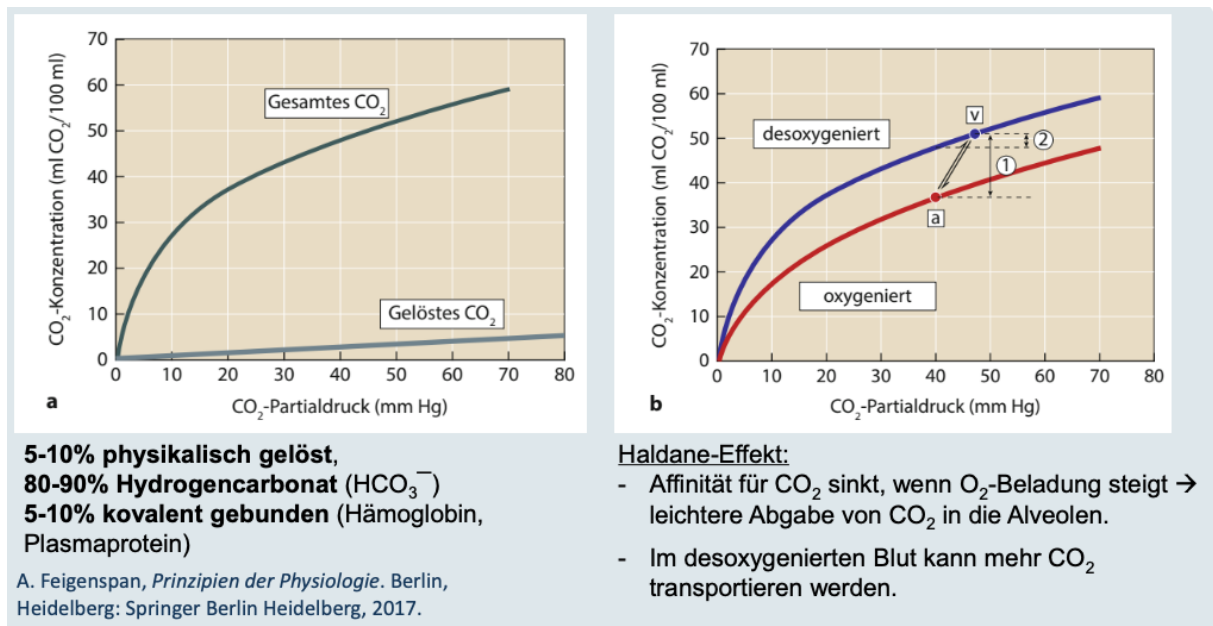


**Abb. 4.8** Sauerstoffbindungskurve des menschlichen Hämoglobins. Beim O<sub>2</sub>-Partialdruck in der Lunge ist das Hämoglobin annähernd vollständig mit O<sub>2</sub> gesättigt (Plateauphase der Bindungskurve). Der geringere O<sub>2</sub>-Partialdruck in den Geweben fällt genau mit dem steileren Teil der Bindungskurve zusammen. Hier kann bereits durch eine geringfügige Reduktion des Partialdrucks relativ viel O<sub>2</sub> abgegeben werden. Die senkrechten Pfeile zeigen eine Abgabe von 5 ml O<sub>2</sub> pro 100 ml Blut, die waagerechten Pfeile die dafür jeweils erforderliche Veränderung des O<sub>2</sub>-Partialdrucks  $\Delta p_{O_2}$ . Die O<sub>2</sub>-Partialdrücke im Gewebe reichen von Ruhebedingungen bis hin zu anstrengender körperlicher Aktivität

Dargestellte Kurve = Ohne Bohr-Effekt

Bohr Effekt = Steigendes CO<sub>2</sub> und sinkender PH-Wert reduzieren Affinität für O<sub>2</sub> → verbesserte O<sub>2</sub> Abgabe ins systemische Gewebe

**7. Wie ändert sich die Affinität für CO<sub>2</sub> der CO<sub>2</sub>-Bindungskurve in Abhängigkeit der O<sub>2</sub> - Sättigung? Wie beeinflusst dies die CO<sub>2</sub>-Aufnahme aus dem Gewebe und die CO<sub>2</sub>-Abgabe in der Lunge?**



**8. Welchen wesentlichen Nachteil hat eine laminare Blutströmung im Faserbündel für den Gasaustausch durch die Faser? Mit welcher Maßnahme kann hier entgegengewirkt werden?**

Blut kann überladen werden, Blut fließt zu langsam

Gasaustausch wird beschränkt.

Je schneller desto turbulenter.

### **9. Welchen wesentlichen Vorteil Membranoxygenatoren gegenüber Film-, oder Blasenoxxygenatoren gegenüber?**

Beide Verfahren sind kaum zu steuern. Die Materialien müssen nach jedem Gebrauch aufwändig gereinigt und sterilisiert werden. Außerdem ist der direkte großflächige Kontakt mit Sauerstoff wenig blutschonend. Plasmaproteine werden denaturiert, Thrombozyten sowie Erythrozyten werden angegriffen und können Schaden nehmen.

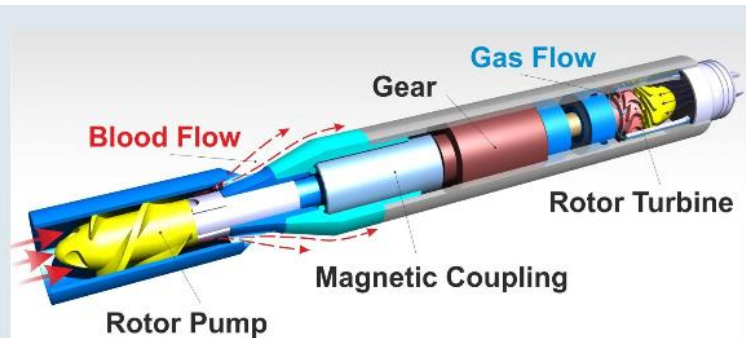
Wie beim Filmoxygenator lässt sich dabei aber der Partialdruck des Sauerstoffs nicht unabhängig vom Partialdruck des Kohlendioxids steuern. Unter Umständen muss dem Gasgemisch sogar wieder Kohlendioxid zugesetzt werden. Um die Gefahr von Mikroembolien durch Gasbläschen zu minimieren, muss ein Entschäumer verwendet werden.

Bei diesem Verfahren ist die Gas- von der Blutseite durch eine Membran getrennt – ähnlich der menschlichen Lunge. Der Gasaustausch findet entlang der gasdurchlässigen Membran durch Partialdruckdifferenzen der beteiligten Gase statt. Die Mischung von Druckluft und Sauerstoff wird mittels eines Gasblenders (elektronisch oder analog) eingestellt. Membranoxygenatoren sind sterile Einmalprodukte und müssen daher nicht gereinigt oder aufbereitet werden.

### **10. Beschreiben Sie die wesentlichen Komponenten der Assistocor Herzkatheterpumpe!**

#### Systemaufbau:

- Blutpumpe
- Turbine
- Hermetische Trennung mit Magnetkupplung
- Planetengetriebe
- Additiv gefertigte Keramikgleitlager bei der Pump
- Kugellagerung bei der Turbine

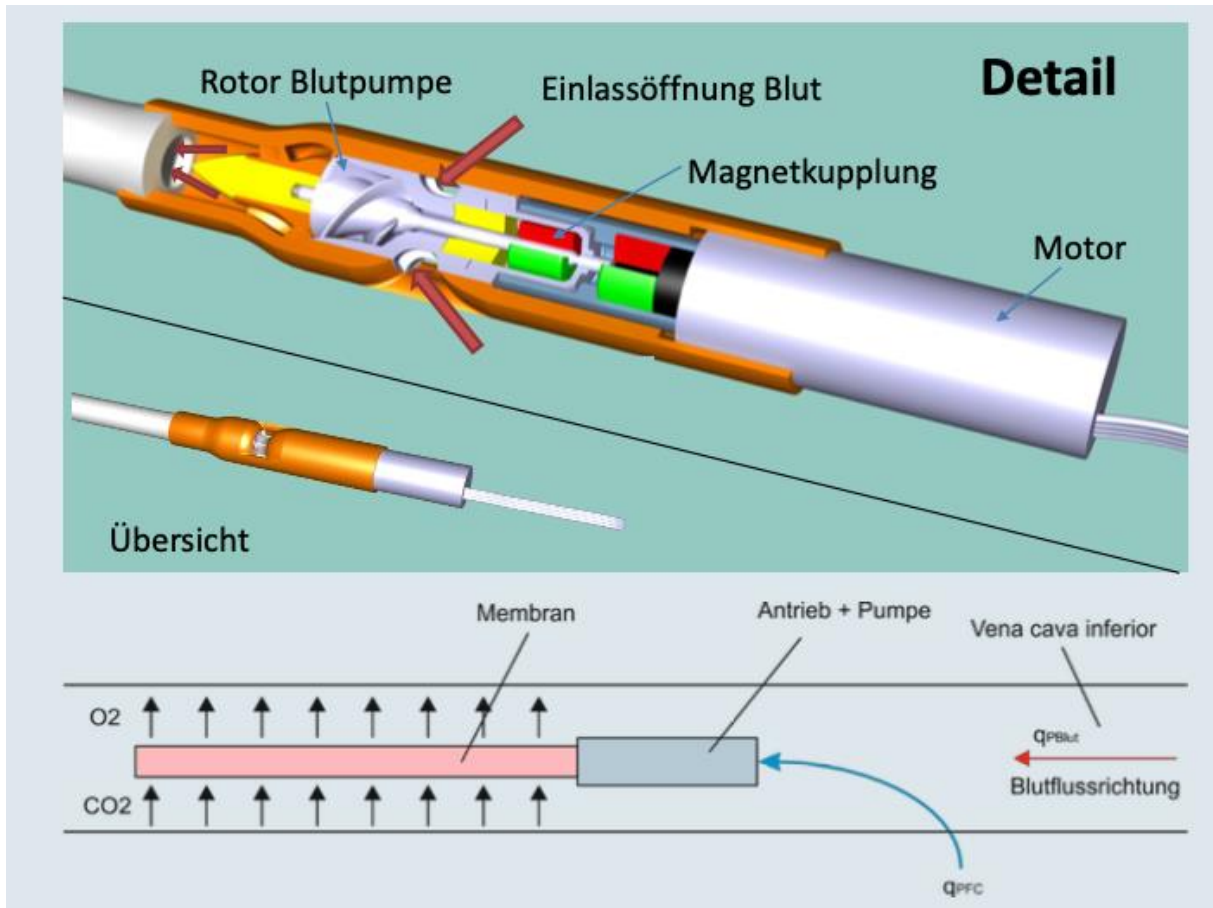


Pumpendrehzahl: ca. 40.000 rpm  
Turbinendrehzahl: ca. 160.000 rpm

### 11. Beschreiben Sie die wesentlichen Komponenten des Membrankatheters LiquiClear!

Minimal invasiver Gasaustauschkatheter

- Partielle CO<sub>2</sub> Reduktion im Membranmodul (Ziel 20 % der metabolischen CO<sub>2</sub>-Produktion)
- Druckerhöhung durch Katheterpumpe zur Kompensation des Druckverlustes im Katheter
- Gasaustausch erfolgt mit Hilfe eines PFCs (Perfluorcarbon): inerte Flüssigkeit, CO<sub>2</sub> Löslichkeit bis zu 207 Vol%).
- Externe Einheit zur Regelung des Systems



## 12. Warum haben die Assistacor Pumpe und die LiquiClear Pumpe unterschiedliche Arbeitspunkte?

Aufgrund Druckdifferenzen.

