

Praxis Workshop Langhanteltraining und Kraftdiagnostik

Handout für Physiotherapeut:innen in Ausbildung

Kniebeuge. Kreuzheben. Bankdrücken.

Biomechanik, Coaching-Cues, Programmgestaltung

Kraft- und Sprungdiagnostik in Theorie und Praxis

Inhaltsverzeichnis

Nr.	Titel	Seite
1.	Langhanteltraining	2
	1.1 Einleitung	2
	1.2 Kniebeuge (Squat)	7
	1.3 Kreuzheben (Deadlift)	13
	1.4 Bankdrücken (Bench Press)	18
	1.5 Grundlagen der Programmgestaltung	26
2.	Kraft- und Sprungdiagnostik	28
	2.1 Grundlagen: Was und warum messen wir?	28
	2.2 Kraftformen	29
	2.3 Testverfahren	29
	2.4 Messparameter	29
	2.5 Messsysteme (VALD): ForceDecks, ForceFrame, DynaMo Plus	31
	2.6 Gütekriterien und Standardisierung	32

Die Seitenzahlen beziehen sich auf die Nummerierung in den Fußzeilen des Dokuments.

1. Langhanteltraining

Lernziele

1. Die biomechanischen Grundlagen von Kniebeuge, Kreuzheben und Bankdrücken erklären und das Limb Arc Modell sowie das Arm Arc Modell auf die Bewegungsanalyse anwenden.
2. Sportliches Krafttraining (Powerlifting/Gewichtheben) vom therapeutischen Einsatz differenzieren und Übungen entsprechend anpassen.
3. Typische Coaching-Cues kritisch bewerten – inklusive möglicher Konsequenzen bei Anwendung.
4. Häufige Fehlerbilder erkennen, biomechanisch einordnen und gezielte Korrekturen einleiten.
5. Eine Progression vom Bodyweight-Training bis zur Langhantel für Patient:innen planen.

1.1 Einleitung

Die Integration von Langhanteltraining in die physiotherapeutische Praxis gewinnt zunehmend an Bedeutung. Die aktuelle Studienlage zeigt, dass Krafttraining mit freien Gewichten nicht nur für die Rehabilitation, sondern auch für die Prävention und Leistungsoptimierung von großem Nutzen ist. Die drei Grundübungen – Kniebeuge, Kreuzheben und Bankdrücken – bilden das Fundament eines strukturierten Krafttrainings und bieten Physiotherapeut:innen ein nützliches Werkzeug für die Patientenversorgung.

Warum Langhanteltraining in der Physiotherapie?

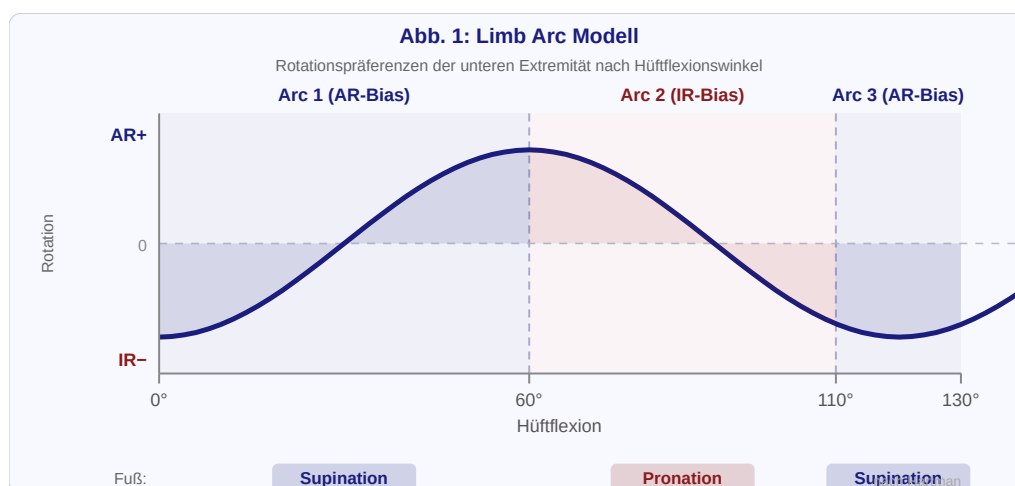
- Hohe funktionelle Übertragbarkeit auf Alltagsbewegungen (Heben, Aufstehen, Tragen)
- Progressive Belastungssteuerung durch fein dosierbare Gewichte
- Gleichzeitiges Training mehrerer Muskelketten (Compound Movements)
- Positive Effekte auf Knochendichte, Gelenkbelastbarkeit und neuromuskuläre Kontrolle
- Evidenz für Schmerzreduktion bei chronischen Beschwerden (z. B. LWS, Knie)
- Verbesserung der Körperwahrnehmung und des Selbstvertrauens der Patient:innen

Das Limb Arc Modell – Relative Bewegung in der unteren Extremität

Für das Verständnis der relativen Knochenbewegung bei Langhantelübungen ist das Limb Arc Modell (nach Bill Hartman) ein hilfreiches Konzept. Zur Einordnung: Es handelt sich um ein didaktisches Erklärmodell aus dem Coaching-/Performance-Kontext, nicht um einen peer-reviewten biomechanischen Standard; in der Originalform ist es gangbezogen ($0-60^\circ/60-120^\circ/120-180^\circ$) und wurde hier auf die Hüftflexionsbereiche der Kniebeuge adaptiert. Es beschreibt, wie sich die Rotationspräferenzen von Femur, Tibia und Fuß in Abhängigkeit vom Hüftflexionswinkel systematisch verändern. Dieses Modell ist für Physiotherapeut:innen hilfreich, da es erklärt, warum Patient:innen in bestimmten Winkelbereichen kompensieren und wie man gezielt intervenieren kann.

Wie ist dieses Modell zu lesen?

- **Heuristik, keine Messwerte:** Die Gradgrenzen ($60^\circ/110^\circ/130^\circ$) sind didaktische Orientierung, keine validierten Schwellen – sie variieren individuell und sind nicht klinisch gemessen.
- **Belegbarer Kern:** Dass sich Rotationspräferenz und Hebelverhältnisse der Hüftrotatoren und -adduktoren mit dem Flexionswinkel ändern, ist Standard-Kinesiologie (Neumann). Das ist der gesicherte Teil hinter dem Modell.
- **Klinische Botschaft (modellunabhängig):** Phasengerecht coachen statt mit einem statischen Cue über die gesamte ROM – diese Lehre gilt, auch wenn das Arc-Modell im Detail unscharf ist.



Die drei Bewegungsbögen (Arcs)

Das Modell beschreibt die Rotationspräferenz der gesamten unteren Extremität – nicht die isolierte Rotation eines einzelnen Knochens.

Bewegungsbogen	Netto-Rotation der UE (im Raum)	Fußverhalten
Arc 1: 0–60° Hüftflexion	UE-Außenrotation	Supination
Arc 2: 60–110° Hüftflexion	UE-Innenrotation	Pronation
Arc 3: 110–130° Hüftflexion	UE-Außenrotation	Supination

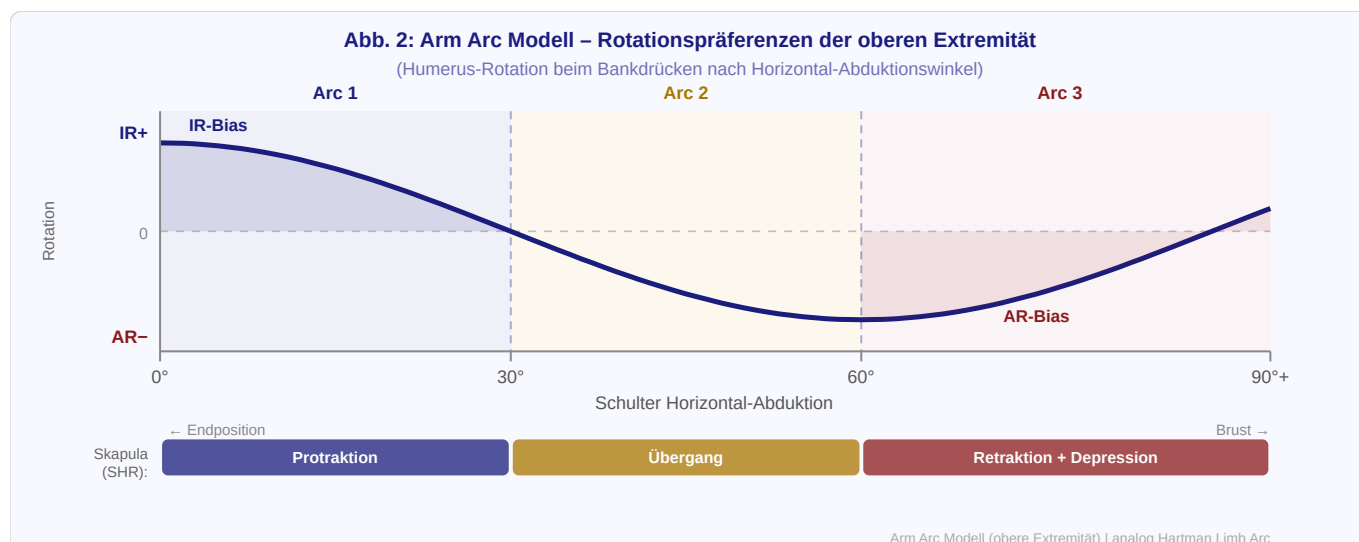
Wichtige Unterscheidung: Zwei Rotationsebenen sind zu trennen. Erstens das Kniegelenk selbst – hier ist die Rotation der Tibia relativ zum Femur fest an den Beugewinkel gekoppelt: mit zunehmender Flexion rotiert die Tibia nach innen, mit der Streckung wieder nach außen. Diese Kopplung ist flexionsabhängig und damit über die gesamte Kniebeugetiefe gerichtet, nicht oszillierend. Zweitens die Rotation der gesamten Extremität im Raum, die überwiegend proximal (Hüfte/Femur) entsteht und das Fußverhalten bestimmt: *absolute* Außenrotation der Tibia im Raum führt zur Supination, Innenrotation zur Pronation. Für die klinische Interpretation von Fußstellungen bei Kniebeuge und Kreuzheben zählt die absolute Tibiarotation im Raum – nicht allein der Kniegelenkwinkel.

Klinische Relevanz des Limb Arc Modells

Das Modell erklärt, warum ein nach innen fallendes Knie (Valgus) in der mittleren Kniebeugetiefe (Arc 2) nicht automatisch pathologisch ist, wenn es im Kontext der phasenbezogenen Rotationspräferenz betrachtet wird. Gleichzeitig liefert es die Grundlage für gezieltes Coaching: Statt pauschaler Cues wie „Knie nach außen“ müssen Instruktionen auf die jeweilige Bewegungsphase abgestimmt sein.

Das Arm Arc Modell – Relative Bewegung in der oberen Extremität

Analog zum Limb Arc Modell der unteren Extremität lässt sich auch für das Bankdrücken ein phasenabhängiges Rotationspräferenz-Modell beschreiben. Hinweis: Dies ist kein etablierter Fachbegriff, sondern ein eigenes didaktisches Konstrukt. Es bildet keine „Arcs“ des Humerus ab, sondern übersetzt die bekannten Phasen des skapulohumeralen Rhythmus (skapuläre Aufwärtsrotation und posteriore Kippung, Serratus-Aktivierung) in eine merkbare Form – in Anlehnung an die einschlägige SHR-Literatur (u. a. Kibler et al.):



Der skapulohumerale Rhythmus (SHR) bezeichnet das koordinierte Zusammenspiel von glenohumeraler Bewegung (Humerus) und skapulothorakaler Bewegung (Skapula auf dem Thorax) – klassisch etwa im Verhältnis 2:1. Funktionell bedeutet das beim Bankdrücken: Aufwärtsrotation und posteriore Kippung der Skapula bei aktivem M. serratus anterior während des Drückens, kontrollierte Retraktion und Depression im Abstieg. Die folgende Tabelle ordnet diese Skapulabewegung den Bewegungsbögen zu.

Bewegungsbogen	Horizontal-Abduktion	Rotationspräferenz Humerus	Skapula (SHR)
Arc 1: Ausgangsposition (Lockout)	Neutral / leichte Adduktion	Innenrotationsbias	Protraktion (Serratus aktiv)
Arc 2: Abstieg (0–60° Abduktion)	Zunehmende Abduktion	Außenrotationsbias	Einleitung Retraktion
Arc 3: Tiefpunkt (60–90° Abduktion)	Maximale Abduktion	Außenrotation maximal (schützend)	Retraktion + Depression (maximaler Schutz)
Arc 2 rückwärts: Drückphase	Abnehmende Abduktion	Zunehmende Innenrotation	Progressive Protraktion (Serratus)

Klinische Relevanz: Das Arm Arc Modell verdeutlicht, dass die Skapula beim Bankdrücken keine feste Position einnimmt, sondern dem Bewegungsrhythmus folgt – kontrollierte Retraktion und Depression im Abstieg, progressive Protraktion mit Serratus-Aktivierung beim Drücken. Therapeutisch ist genau dieser dynamische SHR das Ziel, nicht eine über die gesamte Bewegung erzwungene Retraktion. Da Schulterschmerz multifaktoriell ist (mechanische „Einklemm“-Modelle gelten als überholt; vgl. Lewis sowie CSAW/FIMPACT 2018), zählt in der Behandlung weniger das „Öffnen eines Raums“ als Belastungstoleranz, Kapazitätsaufbau und graduierte Exposition. Die Serratus-/SHR-Arbeit dient der Bewegungsqualität – nicht dem Schutz vor einem „Pinch“.

Limb Arc vs. Arm Arc – Vergleich der Modelle

Eigenschaft	Limb Arc (untere Extremität)	Arm Arc (obere Extremität)
Leitgelenk	Hüftgelenk	Glenohumeralgelenk
Primärwinkelmessung	Hüftflexionswinkel	Horizontalabduktionswinkel
Distales Reaktionsgelenk	Knie, OSG, Fuß	Ellbogen, Handgelenk
Rhythmuskopplung	Femur-Tibia-Fuß-Rotation	Humerus-Skapula (SHR)
Schutzposition	Arc 3 (tiefe Flexion)	Arc 3 (tiefe Abduktion)
Sportliche Abweichung	Powerlifting: breiter Stand, IR-Förderung	Powerlifting: fixierte Retraktion, SHR-Inhibition
Therapeut. Schlüssel	Phasengerechte Knieführung	Phasengerechter SHR / Serratus-Aktivierung
Häufigster Fehler	Permanente Valgus- oder Varus-Korrektur	Permanente Retraktion ohne SHR
Klinisch. Modell	Bill Hartman (Limb Arc)	Adaptiert aus SHR-Literatur (Kibler et al.)

1.2 Kniebeuge (Squat)

Die Kniebeuge ist eines der grundlegendsten Bewegungsmuster des Menschen und gleichzeitig eine der am häufigsten missverstandenen Übungen in der Therapie. Sie trainiert die gesamte untere Extremität unter geschlossener kinetischer Kette und hat eine hohe Transferwirkung auf Alltagsbewegungen wie Aufstehen, Treppensteigen und Heben.

1.2.1 Biomechanik

Die Kniebeuge ist ein Multi-Gelenk-Bewegungsmuster, das primär die Hüft- und Knieextension unter Last trainiert. Die koordinierte Bewegung aller beteiligten Gelenke unter axialer Belastung macht sie zu einer der effektivsten Übungen für die untere Extremität.

Beteiligte Gelenke und Bewegungen

- **Sprunggelenk:** Dorsalextension (ca. 15–30°) – limitierender Faktor für die Tiefe; eingeschränkte Dorsalextension führt zu kompensatorischem Fersenheben oder Rumpfvorneigung.
- **Kniegelenk:** Flexion bis ca. 120–140° in der tiefen Kniebeuge; Knie bewegen sich physiologisch über die Zehenspitzen – dies ist biomechanisch korrekt und nicht schädlich.
- **Hüftgelenk:** Flexion (ca. 100–120°) kombiniert mit Abduktion und Außenrotation je nach Standbreite.
- **Wirbelsäule:** Neutrale Position anstreben; leichte Lordose erwünscht; Vermeidung von Butt Wink (posteriore Beckenkipfung in der Tiefe).

Primäre Muskulatur

- **M. quadriceps femoris:** Hauptstrecker des Kniegelenks, besonders aktiv beim Aufstehen aus der tiefen Position.
- **M. gluteus maximus:** Hüftextension, besonders aktiv in der unteren Hälfte der Bewegung.
- **Ischiocrurale Muskulatur:** Knieflexion/Hüftextension, stabilisierend und ko-kontrahierend.
- **Mm. adductores:** Unterstützung der Hüftextension, besonders in der tiefen Position.
- **M. erector spinae / Core-Muskulatur:** Isometrische Stabilisation der Wirbelsäule unter Last.

Biomechanische Schlüsselfaktoren

- **Schwerpunktlinie:** Muss über der Mitte des Fußes bleiben; Barposition (High Bar vs. Low Bar) beeinflusst den Oberkörperwinkel.
- **Knie-Tracking:** Knie folgen der Zehenrichtung; Valgusstellung vermeiden (Differenzierung zu physiologischer Innenrotation beachten).
- **Tiefe:** Ziel im therapeutischen Kontext ist die volle, schmerzfreie Range of Motion; nicht zwingend maximal.
- **Atemtechnik:** Valsalva-Manöver bei höheren Lasten; bei therapeutischen Lasten kann normale Atmung beibehalten werden.

Bewegungsphasen der Kniebeuge

Phase	Gelenkaktion	Limb Arc Zone	Klinischer Fokus
Ausheben / Stand	Hüfte + Knie extendiert	Hüftextension: IR-Bias	Stabile Ausgangsposition, Bracing
Abstieg (Descent) 0–60°	Hüft-/Knieflexion beginnt	Frühe Flexion: AR-Bias	Kontrollierte Exzentrik; Knie folgen durch AR-Bias passiv der Außenrotation
Abstieg 60–110°	Tiefe Flexion, Rumpf neigt vor	Mid-Flexion: IR-Bias	Valgus-Monitoring; leichtes Nachinnenkommen phasengerecht
Tiefpunkt 110–130°	Maximale Flexion	Späte Flexion: AR-Bias	Butt-Wink-Kontrolle, Endrange-Mobilität
Aufstieg	Konzentrische Extension	Zonen rückwärts	Gleichmäßiger Antrieb über den ganzen Fuß

Bezug zum Limb Arc Modell

Stand (IR-Bias): Im aufrechten Stand befindet sich die Hüfte in Extension mit einem leichten Innenrotationsbias. Die Stützmuskulatur hält das Becken stabil.

Einleitung der Beugung 0–60° (AR-Bias): Mit Beginn der Hüftflexion wechselt das Modell in den Außenrotationsbias. Die Knie folgen durch den AR-Bias passiv nach außen – kein aktiver Cue notwendig oder sinnvoll.

Mid-Flexion 60–110° (IR-Bias): Im mittleren Bereich wechselt der Bias zur Innenrotation. Ein leichtes Nachinnenkommen der Knie ist hier phasengerecht und physiologisch – nicht zu verwechseln mit einem Valgus-Kollaps.

Tiefe Beuge 110–130° (AR-Bias): In der tiefen Position wechselt der Bias erneut zur Außenrotation. Der Fuß supiniert tendenziell. Kompensationen wie Butt Wink können durch Mobilitätseinschränkungen entstehen.

Klinische Relevanz

Der Wechsel zwischen IR- und AR-Bias erklärt, warum ein leichtes Nachinnenkommen der Knie im Arc-2-Bereich (60–110°) physiologisch ist – das ist die phasengerechte IR-Reaktion. Ein **Valgus-Kollaps** (mediales Kniekollabieren) ist davon klar zu unterscheiden: er ist ein klinisches Fehlerbild und entsteht durch mangelnde motorische Kontrolle oder zu hohes Gewicht – nicht durch den IR-Bias allein. Ein persistierender Valgus über alle Phasen ist nicht normal.

1.2.2 Differenzierung: Gewichtheben / Powerlifting vs. Physiotherapie

Aspekt	Gewichtheben / Powerlifting	Physiotherapie
Ziel	Maximale Last / Wettkampfleistung	Funktionelle Kraft, Schmerzreduktion, Rehabilitation
Tiefe	Maximal (Wettkampfstandard)	Individuell angepasst an Mobilität und Schmerzfreiheit
Barposition	High Bar (GH) / Low Bar (PL)	Je nach Patient:in und Ziel flexibel wählbar
Tempo	Explosiv (GH) / kontrolliert (PL)	Kontrolliert, oft mit Tempo-Vorgaben (z. B. 3-1-2)
Last	Submaximal bis maximal (1–5 RM)	Moderat, progressiv gesteigert (8–15 RM typisch)
Atemtechnik	Valsalva-Manöver Standard	Individuelle Anpassung, ggf. normale Atmung
Fokus	Technik für maximale Leistung	Technik für sichere Bewegungsqualität

1.2.3 Technik-Cues und Coaching

Vorbereitung (Setup)

- **Standbreite:** Schulterbreit bis hüftbreit, Zehenspitzen leicht nach außen (5–12°) je nach Hüftmorphologie
- **Barposition (High Bar):** Bar liegt auf dem oberen Trapezius, Griff schulterbreit oder etwas weiter
- **Barposition (Low Bar):** Bar liegt auf dem hinteren Deltoid/Spine of Scapula, erfordert mehr Schulterflexibilität
- **Griff:** So eng wie möglich für Latissimus-Spannung; Handgelenke neutral oder leicht gestreckt
- **Ausheben:** Tief durchatmen, Bauchspannung aufbauen (Bracing), dann Knie strecken und aus dem Rack heraustreten

Typische Coaching-Cues – Kritische Bewertung

Cue	Intention	Kritische Bewertung (bei Übertreibung)
„Knie nach außen drücken“	Valgus verhindern, Hüftöffnung	Bei Übertreibung: erzwungene Varus-Position, unphysiologische Belastung des lateralen Kniekompartiments; Phase-abhängig anwenden
„Brust raus / Stolz wie ein Pfau“	Aufrechter Rumpf, Wirbelsäule neutral	Kann zu übermäßiger Hyperlordose führen; besser: neutrale Wirbelsäule betonen
„Schrauben mit den Füßen“	Außenrotation der Hüfte aktivieren	Gut für AR-Phasen; bei zu starker Anwendung: Instabilität des Längsgewölbes
„Absätze in den Boden drücken“	Gleichmäßige Druckverteilung	Kann zu Gewichtsverlagerung nach hinten führen; Ziel ist Drei-Punkt-Kontakt des Fußes
„Knie nie über Zehenspitzen“	Knieschutz (veraltete Idee)	Biomechanisch überholt: Die Knie dürfen und sollen bei tiefer Kniebeuge über die Zehenspitzen wandern; ein erzwungenes Zurückhalten verlagert die Last auf Hüfte und LWS und erhöht dort das Drehmoment

Häufige Fehlerbilder

- **Valgusknie (Knee Cave):** Einwärtsfallen der Knie als klinisches Fehlerbild; Ursachen: mangelnde motorische Kontrolle, zu hohes Gewicht; Korrektur: Last reduzieren, Bewegungsqualität priorisieren, neuromuskuläres Training
- **Butt Wink:** Posteriore Beckenkipfung in der Tiefe; Ursachen: eingeschränkte Hüftmobilität, mangelnde Dorsiflexion, individuelle Hüftmorphologie; Korrektur: Tiefe reduzieren, Mobility OSG/Hüfte
- **Fersenheben:** Ursache fast immer eingeschränkte Dorsalextension; Korrektur: Absatzerhöhung kurzfristig, Mobility-Arbeit mittelfristig
- **Exzessive Vorneigung des Rumpfes:** Ursachen: schwache Quadrizeps, eingeschränkte Dorsiflexion, falsche Barposition; Korrektur: Front Squat oder Goblet Squat als Regression

1.2.4 Regressionen für die Therapie

- **Box Squat:** Reduziert Tiefe und Anforderung an Endrange-Mobilität; gibt taktilen Feedback für Tiefenkontrolle
- **Goblet Squat:** Gegengewicht vorne fördert aufrechten Rumpf und tiefe Position; ideal als Lernübung
- **Tempo Squat:** Verlangsamt die Exzentrik (z. B. 4-1-2); verbessert Körperwahrnehmung und neuromuskuläre Kontrolle
- **Pin Squat / Pause Squat:** Pause in der Tiefe eliminiert Stretch-Reflex und Bewegungs-Momentum; fördert Kraft aus der Tiefe
- **Front Squat:** Erzwingt aufrechten Rumpf; reduziert Rückenbelastung; quadrizeps-dominanter; erhöht Anforderung an Dorsalextension
- **Split Squat / Bulgarischer Split Squat:** Unilaterale Variante; ermöglicht Seitenvergleich und reduziert Gesamtlast

1.2.5 Progression für Patient:innen

Stufe	Übung	Ziel	Kriterium für Aufstieg
1	Bodyweight Squat / Box Squat	Bewegungsmuster erlernen, Mobilität testen	Schmerzfrie tiefe Kniebeuge, neutraler Rücken
2	Goblet Squat (Kurzhandtel/KB)	Aufrechter Rumpf, Tiefe verbessern	Saubere Form mit 8–12 kg, 3×10 ohne Ausweichbewegungen
3	Box Squat mit leerer Stange (20 kg)	Barbell-Handling, Koordination	3×8 technisch sauber, stabile Stangenführung
4	Back Squat mit leerer Stange / Technikstange	Vollständige Kniebeuge mit Bar, Technikfokus	3×8 volle Tiefe, schmerzfrei, gutes Knie-Tracking
5	Back Squat mit progressiver Laststeigerung	Kraftaufbau, progressive Überlastung	RPE ≤ 7/10, Technik stabil über alle Sätze
6	Tempo Squat / Pause Squat als Variation	Körperwahrnehmung, Kraftlücken schließen	Integration in reguläres Trainingsprogramm

Fallbeispiel (fiktiv, zur Veranschaulichung): Kniebeuge nach Knie-TEP

Patientin, 58 Jahre: Knie-TEP rechts, 8 Wochen post-OP, Ziel: Wiederherstellung funktioneller Kraft und Selbstständigkeit im Alltag.

Befund: Knieflexion rechts 90°, deutliche Quadrizeps-Atrophie, Angstvermeidungsverhalten bei Belastung.

Vorgehen:

- **Woche 1–3:** Stuhlaufstehen / Sit-to-Stand als Kniebeuge-Analogie; Körpergewicht und Handstütze erlaubt
- **Woche 4–6:** Box Squat mit hoher Box (60 cm), schmerzfreier Bereich, 3×8
- **Woche 7–10:** Box Squat progressiv tiefer, Goblet Squat mit leichtem Gewicht
- **Woche 11+:** Langhantel-Kniebeuge mit Technikstange, wenn Flexion ≥ 110° und keine Schmerzen

Ergebnis: Signifikante Verbesserung der funktionellen Kraft, Knieflexion 115° nach 12 Wochen, Patientin eigenständig zu Hause trainierend.

1.3 Kreuzheben (Deadlift)

Das Kreuzheben ist die Grundübung, bei der die höchsten Lasten bewegt werden. Als Hinge-Bewegung trainiert es primär die posteriore Muskelkette und hat eine direkte Übertragbarkeit auf das Heben von Gegenständen im Alltag. In der Rehabilitation gilt es als besonders wertvoll für Patient:innen mit LWS-Beschwerden, da es die Rumpfmuskulatur unter Last kräftigt.

1.3.1 Biomechanik

Das Kreuzheben ist eine Scharnierbewegung der Hüfte (Hinge) mit isometrischer Rumpfstabilisation. Die Stange wird vom Boden bis in die aufrechte Standposition gehoben.

Beteiligte Gelenke und Bewegungen

- **Hüftgelenk:** Flexion (ca. 70–100° je nach Variante) beim Abstieg, Extension beim Zug – Hauptbewegungsgelenk
- **Kniegelenk:** Flexion zu Beginn (ca. 30–50° konventionell, bis 80° Sumo), Extension während des Zugs
- **Sprunggelenk:** Minimale Beteiligung; Ferse bleibt auf dem Boden, leichte Dorsalextension
- **Wirbelsäule:** Neutrale Position; das Kreuzheben erzeugt hohe lumbale Last – bei neutraler Wirbelsäule und konsequenter isometrischer Stabilisierung wird der Flexionsstress minimiert; kein dynamisches Runden erwünscht
- **Schulterblatt:** Depression durch Lat-Aktivierung hält die Stange körpernah und den Schultergürtel stabil; eine aktive Retraktion ist nicht erforderlich und kann die Stangenführung eher verschlechtern

Primäre Muskulatur

- **M. gluteus maximus:** Hauptstrecker der Hüfte beim Aufstehen aus tiefer Hinge-Position
- **Ischiocrurale Muskulatur:** Hüftextension und Kniestabilisation; bei ROM-Einschränkung oft limitierender Faktor
- **M. erector spinae:** Isometrische LWS-Stabilisation unter hoher Last – therapeutisch besonders relevant
- **M. quadratus lumborum:** Laterale Rumpfstabilisation
- **M. trapezius (mittlerer/unterer Anteil):** Skapulapositionierung, verhindert Schulterprotraktion unter Last
- **Unterarmmuskulatur / Griffkraft:** Limitierender Faktor bei hohen Lasten

Bewegungsphasen des Kreuzhebens

Phase	Gelenkaktion	Limb Arc Zone	Klinischer Fokus
Vorbereitung (Setup) / Startposition	Hüfte flexi., Knie flexi., Rücken neutral	Arc 2 / Übergang Arc 3	Lats spannen, Stange am Schienbein, Bracing
Zug vom Boden (0–knee)	Knieextension, Hüfte beginnt zu extensieren	Arc 2 → Arc 1	Stange nah am Körper, gleichmäßiger Druck
Kniehöhe – Hüfte (knee–hip)	Hüftextension dominant, Knie fast gestreckt	Arc 1	Hüfte vorwärts treiben, kein Runden LWS
Endposition (Lockout)	Volle Hüft- und Knieextension, neutral	IR-Bias im Stand	Glutes zusammenpressen, keine Überstreckung
Abstieg (exzentrisch)	Hüftflexion zuerst, dann Knie beugen	Arc 1 → Arc 2/3	Kontrolle, Stange nah, kein Sturz der Hüfte

Konventionell vs. Sumo

Aspekt	Konventionell	Sumo
Standbreite	Hüftbreit bis schulterbreit	Weit (deutlich über schulterbreit)
Griffposition	Außerhalb der Knie	Zwischen den Kniegelenken
Oberkörperneigung	Stärker nach vorne (ca. 45°)	Aufrechter (ca. 20–30°)
Hüftbelastung	Größere Hüftflexion, mehr posteriore Kette	Mehr Hüftabduktion/-außenrotation
LWS-Belastung	Etwas höher durch Rumpfvorneigung	Geringer, aufrechter Rumpf
Kniebeteiligung	Geringer, Knie weniger gebeugt	Höher, Knie stärker gebeugt
Therapie-Relevanz	Gut für Ischiocrurale/Gluteus-Training	Besser bei LWS-Problemen, guter Einstieg für Patient:innen

1.3.2 Differenzierung: Powerlifting vs. Physiotherapie

Aspekt	Powerlifting	Physiotherapie
Ziel	Maximale Last im Wettkampf	Rumpfkraftigung, funktionelles Heben, Schmerzreduktion
Grifftechnik	Mixed Grip, Hook Grip bei max. Last	Doppelter Obergriff, Griffhilfen erlaubt
Wirbelsäule	Neutral bis minimal gerundet (tolerated)	Neutral bis minimal gerundet (tolerated); kein dynamisches Runden unter Last
Last	95–105% des Maximalgewichts	40–70% des geschätzten Maximalgewichts
Tempo	Explosiv konzentrisch	Kontrolliert konzentrisch und exzentrisch
Variation	Konventionell oder Sumo je nach Körperbau/Stärke	Variation nach Befund und Verträglichkeit

1.3.3 Technik-Cues und Coaching

Vorbereitung (Setup) – schrittweise

1. Stange über Mittelfuß positionieren (ca. 2–3 cm vom Schienbein entfernt, Vogelperspektive)
2. Hüftbreit hinstellen, Zehen leicht nach außen; Unterschenkel senkrecht
3. Hinunterbeugen und Stange greifen (Schulterbreite, Obergriff); Schultern über oder leicht vor der Stange
4. Bracing: tief einatmen, Bauchspannung aufbauen, Lats aktiv anspannen; „Slack aus der Stange nehmen“ – Spannung aufbauen bevor die Stange den Boden verlässt
5. „Boden wegdrücken“ – initiiert gleichzeitige Knie- und Hüftextension, Stange bleibt nah

Coaching-Cues – Kritische Bewertung

Cue	Intention	Kritische Bewertung
„Stange am Körper entlang ziehen“	Kurzer Hebelarm, Rücken schonen	Sehr sinnvoll; verhindert Vorwärtsspendeln und reduziert LWS-Moment
„Brust zur Wand, Hüfte zur Stange“	Aufrechter Rumpf, Hüftextension initiieren	Gut für die Endposition (Lockout); bei zu früher Anwendung: Hüfte hebt zu schnell
„Lat anspannen, Stange zu dir ziehen“	Skapulastabilisation, Stange nah am Körper	Gut; aktiviert Lats und verhindert Vorwärtsspendeln der Stange
„Knie über die Zehen – dann Hüfte zurück“	Korrekte Startposition	Gut für Sumo; bei Konventionell: Knie nur minimal nach vorne
„Hüfte nach oben, nicht nach hinten“	Verhindert Stiff-Leg-Fehler beim Zug	Sinnvoll; stellt sicher, dass Knie und Hüfte gleichzeitig extensieren

Häufige Fehlerbilder

- **Hüfte steigt zuerst („Stiff-Leg“-Fehler):** Ursache: Quadrizeps zu schwach oder fehlerhafte Startposition; Rücken übernimmt; Korrektur: Startposition tiefer, Knie aktiver einsetzen
- **Rundrücken (LWS-Flexion):** Differenzieren: statische Flexion (Startposition) in gewissem Maß tolerabel; dynamische Flexion unter Last (Bewegung aus neutraler Position heraus) ist nicht akzeptabel und erhöht das Verletzungsrisiko; Korrektur: Bracing intensivieren, Last reduzieren
- **Stange pendelt nach vorne:** Ursache: Lats nicht aktiviert, Schultern vor der Stange; Korrektur: Lats-Aktivierung üben, Schulterposition korrigieren
- **Überstreckung in der Endposition (Lockout):** Ursache: Kompensation für fehlende Hüftextension; Korrektur: Glutes in der Endposition bewusst anspannen, keine Hyperlordose

1.3.4 Regressionen für die Therapie

- **Hip Hinge mit Dowel (Stab):** Grundübung für das Hinge-Muster; Stab entlang der Wirbelsäule gibt propriozeptives Feedback für neutralen Rücken
- **Kettlebell Deadlift:** Tieferer Griff, symmetrische Belastung; ideal für Patient:innen mit eingeschränkter Dorsiflexion
- **Trap-Bar Deadlift:** Aufrechter Rumpf, geringere LWS-Belastung; exzellente therapeutische Variante für LWS-Patient:innen
- **Romanian Deadlift (RDL):** Kein Bodenkontakt; fokussiert ischiocrurale Dehnfähigkeit und exzentrische Kontrolle
- **Block Pulls:** Stange auf erhöhter Position (Kniehöhe); reduziert Range of Motion; gut für eingeschränkte Mobilität oder Angstvermeidung

1.3.5 Progression für Patient:innen

Stufe	Übung	Ziel	Kriterium für Aufstieg
1	Hip Hinge mit Dowel / Wandhinge	Bewegungsmuster erlernen, Hinge vs. Squat differenzieren	Neutraler Rücken, saubere Hinge-Bewegung ohne Cue-Abhängigkeit
2	Kettlebell / Dumbbell Deadlift	Belastung an die Bewegung anpassen	3×10 sauber, keine LWS-Kompensation
3	Trap-Bar Deadlift (leicht)	Funktionelles Heben, erhöhte Last möglich	3×8 mit moderater Last, stabile Skapula
4	Konventionelles Kreuzheben leere Stange	Technik mit Langhantel erlernen	3×5 technisch einwandfrei, Stange nah am Körper
5	Progressive Laststeigerung	Kraftaufbau posteriore Kette	RPE ≤ 7, konsistente Technik
6	RDL / Sumo-Variante als Ergänzung	Variation und spezifische Schwächen adressieren	Integration in vollständiges Programm

Fallbeispiel (fiktiv, zur Veranschaulichung): Chronischer LWS-Schmerz

Patient, 42 Jahre: Chronische unspezifische LWS-Beschwerden seit 3 Jahren, Arbeit im Büro, gelegentliche Ausstrahlungen ins linke Bein (kein radikuläres Muster), NRS Schmerz 4–5/10 unter Belastung.

Befund: Deutliche Schwäche der Hüftstrecker und Rumpfmuskulatur, passive Haltung im Alltag.

Therapiestrategie:

- **Phase 1 (Wo. 1–3):** Hip Hinge mit Dowel, RDL mit Körpergewicht, Aufklärung Schmerzentstehung; Fokus: Bewegungsvertrauen aufbauen
- **Phase 2 (Wo. 4–6):** Trap-Bar Deadlift mit leichter Last, 3×10; NRS-Monitoring; Toleranzgrenze 3/10
- **Phase 3 (Wo. 7–10):** Konventionelles Kreuzheben mit progressiver Laststeigerung; Schmerz-Edukation vertiefen
- **Phase 4 (Wo. 11+):** Eigenständiges Programm, NRS unter Belastung ≤ 2/10

Ergebnis: NRS-Reduktion auf 1–2/10 nach 12 Wochen, verbesserte Arbeitsfähigkeit, Patient trainiert eigenständig 2× wöchentlich.

Praxistipp: Kreuzheben bei Ischiasschmerz

Patient:innen mit ischialgieformen Beschwerden profitieren oft von der Sumo-Variante, da der aufrechte Rumpf den neuralen Zug auf den N. ischiadicus reduziert. Beginnen Sie mit Block Pulls auf Kniehöhe, um die Range of Motion zu limitieren. Steigern Sie die ROM erst, wenn die Beschwerden unter Belastung auf NRS $\leq 2/10$ sind. Das Kreuzheben ist bei nicht-spezifischen LWS-Beschwerden keine Kontraindikation – es ist oft Teil der Lösung.

1.4 Bankdrücken (Bench Press)

Das Bankdrücken ist die klassische Drückübung für die obere Extremität und trainiert primär die Pektoralmuskulatur sowie Trizeps und vordere Schultermuskulatur. Im therapeutischen Kontext ist es ein wertvolles Werkzeug zur Kräftigung der Schulter-Arm-Kette. Entscheidend für den sicheren und effektiven Einsatz ist das Verständnis des skapulohumeralen Rhythmus (SHR), der beim Bankdrücken eine dynamische, phasenabhängige Rolle spielt.

1.4.1 Biomechanik

Das Schulterblatt ist **keine** statisch fixierte Struktur – es folgt dem Humerus in einem dynamischen, phasenabhängigen Rhythmus. Dies ist das Kernprinzip für das therapeutische Bankdrücken.

Beteiligte Gelenke und Bewegungen

- **Glenohumeralgelenk:** Horizontale Abduktion (Abstieg) und Adduktion (Drückphase, Press), kombiniert mit Innen-/Außenrotation je nach Ellbogenposition
- **Skapulo-thorakales Gelenk (SHR):**
 1. Abstieg (exzentrisch): Kontrollierte Retraktion und Depression der Skapula – schützend, stabilisierend, Arc-3-Schutz für das Schultergelenk
 2. Drückphase (konzentrisch): Progressive Protraktion der Skapula – M. serratus anterior als Hauptmobilisator; voller SHR entfaltet sich. Powerlifting-Technik (fixierte Retraktion während der gesamten Bewegung) unterdrückt diesen Rhythmus bewusst für Wettkampfszwecke.
- **Akromioklavikulargelenk:** Beteiligung an der skapulären Rotationsbewegung; bei Pathologie schmerzhaft bei Protraktion
- **Ellbogengelenk:** Flexion (Abstieg) bis ca. 80–90°, Extension (Drückphase); Unterarm bleibt senkrecht zur Stange
- **Handgelenk:** Neutral bis leicht dorsalextendiert; kein vollständiges Knicken nach dorsal

Primäre Muskulatur

- **M. pectoralis major (klavikulärer + sternaler Anteil):** Hauptagonist der Drückphase; horizontale Adduktion und Innenrotation
- **M. triceps brachii:** Ellbogenextension in der konzentrischen Phase; limitierender Faktor bei engem Griff
- **M. deltoideus (anteriorer Anteil):** Horizontale Abduktion / Flexion des Humerus
- **M. serratus anterior: Schlüsselmuskel** der konzentrischen Phase – Skapulaprotraktion und -rotation; bei Schwäche: Winging scapulae; wird durch fixierte Retraktion (PL-Technik) aktiv inhibiert
- **Rotatorenmanschette (RM):** Dynamische Zentrierung des Humeruskopfs; M. subscapularis besonders aktiv beim Drücken
- **M. trapezius (mittl./unterer Anteil):** Skapulastabilisation; kontrolliert die Retraktion in der exzentrischen Phase
- **M. coracobrachialis:** Unterstützung der Schulterflexion, bes. in der Anfangsphase

Skapulohumeraler Rhythmus (SHR) beim Bankdrücken – Kernprinzip

Es gibt **keine** einheitliche Skapulaposition für die gesamte Bewegung:

- **Abstieg (exzentrisch):** Skapula retrahiert und deprimiert kontrolliert → schützend, stabilisierend, Arc-3-Schutz für das Glenohumeralgelenk
- **Drückphase (konzentrisch):** Skapula protrahiert progressiv → M. serratus anterior aktiv; die Skapula rotiert aufwärts und kippt nach posterior. Das ist physiologisch korrekt und erwünscht.
- **Endposition (Lockout):** Volle Protraktion mit „Serratus-Punch“ – maximale Serratus-Aktivierung, vollständiger SHR
- **Powerlifting-Abweichung:** Feste Retraktion über die gesamte Bewegung = kürzerer Kraftweg + maximale Stabilität für Wettkampf, aber Serratus wird inhibiert. Für therapeutische Ziele ist dies **nicht** das Modell.

Bewegungsphasen des Bankdrückens

Phase	Gelenkaktion	Skapula (SHR)	Klinischer Fokus
Ausgangsposition (Lockout)	Ellbogen extended, Schulter leicht flektiert	Protraktion (Serratus aktiv)	Stabiler Kontaktpunkt, Bracing
Abstieg 0–30°	Ellbogenflexion beginnt, hor. Abduktion	Einleitung Retraktion	Kontrollierte Exzentrik, Ellbogen 45–75° abgespreizt
Abstieg 30–60°	Zunehmende Abduktion, AR-Bias	Aktive Retraktion + leichte Depression	Unterarme senkrecht halten
Tiefpunkt (Stange berührt Brust)	Maximale Abduktion, max. AR	Volle Retraktion + Depression	Kurze Pause, kein Aufprall; Stange ca. Xiphoid-Höhe
Drückphase 0–30° (Brust → Mitte)	Horizontale Adduktion beginnt, IR nimmt zu	Beginn Protraktion	Ellbogen kontrolliert einführen, gleichmäßiger Druck
Drückphase 30–60° (Mitte → oben)	Zunehmende Adduktion und Schulterflexion	Progressive Protraktion (Serratus!)	Schulterblätter folgen aktivem Bewegungsrhythmus
Endposition (Lockout)	Volle Ellbogenextension	Volle Protraktion (Serratus-Punch)	Serratus-Aktivierung maximal; kein Hyperextensions-Lock

1.4.2 Differenzierung: Powerlifting vs. Physiotherapie

Aspekt	Powerlifting	Physiotherapie
Skapulakinematik (Hauptunterschied)	Fixierte Retraktion + Depression über GESAMTE Bewegung → SHR bewusst inhibiert für Stabilität	Dynamischer SHR: Retraktion im Abstieg, Protraktion beim Drücken → physiologisch korrekt
Rückenbögen (Arch)	Maximaler Bogen → kürzere ROM, mehr Pec-Anteil	Neutraler/minimaler Bogen → volle ROM, sichere Schultermechanik
Ellbogenposition	45–60° zur Körperlängsachse (Wettkampf)	Flexibel je nach Schultergesundheit; oft 45–70°
Stangenkontakt	Tiefer Brustkorb / Xiphoid	Mittlerer Brustkorb, schmerzfreier Kontaktpunkt
Serratus anterior	Inhibiert (Retraktion); kein Serratus-Punch	Aktiv in konzentrischer Phase; Serratus-Punch als Ziel
Griffbreite	Maximal erlaubt (81-cm-Markierung)	Individuell angepasst; meist schulterbreit bis etwas weiter
Tempo	Kontrollierter Abstieg, explosiver Druck	Kontrolliert konzentrisch und exzentrisch (z. B. 3-0-2)
Last	Wettkampf: 95–100% 1RM	Therapeutisch: 50–75% 1RM, RPE ≤ 7
Ziel	Maximale Kraft im Wettkampf	Schultergesundheit, Kräftigung, Rehabilitation
Sicherung / Spotter	Immer bei max. Versuchen	Immer, oder Rack-Sicherungen verwenden

1.4.3 Technik-Cues und Coaching

Vorbereitung (Setup) – schrittweise

1. Rücken flach auf der Bank; Schulterblätter bewusst nach hinten und unten ziehen (Retraktion + Depression) – *nur für den Abstieg*
2. Füße flach auf dem Boden, Hüften auf der Bank; stabiles Drei-Kontakt-Muster (Kopf, Rücken, Gesäß)
3. Griffbreite: Unterarm im Tiefpunkt senkrecht zur Stange; i. d. R. etwas weiter als schulterbreit
4. Stange aus dem Rack ausheben mit Spotter oder alleine (Sicherungen einstellen!); Ellbogen gestreckt, Schultern über der Stange
5. Einatmen, Bauchspannung aufbauen; Stange langsam zum unteren Brustkorb absenken
6. Kontrollierte Pause auf Brust, dann explosiv/kontrolliert drücken – Schulterblätter folgen dem Bewegungsrhythmus (Protraktion)

Coaching-Cues – Kritische Bewertung

Cue	Intention	Kritische Bewertung
„Schulterblätter retrahieren“ – NUR für den Abstieg	Stabilisation Schultergelenk, Schutzposition	Korrekt für die exzentrische Phase; falsch , wenn für die gesamte Bewegung angewendet → verhindert SHR, Serratus inhibiert
„Stange zur Brust“ (kontrolliert)	Volle ROM, kein Half-Rep	Sinnvoll; Kontaktpunkt individuell anpassen (kein erzwungener Aufprall)
„Serratus-Punch“ in der Endposition	Maximale Serratus-Aktivierung, voller SHR	Sehr wichtig therapeutisch; fehlt meist bei PL-trainierten Patient:innen komplett; aktiv einüben
„Stange aus der Bank herausdrücken“	Vertikale Kraft maximieren, Ellbogen nicht flaren	Gut für Kraftübertragung; Skapulaprotraktion folgt natürlich wenn nicht übermäßig retrahiert wurde
„Ellbogen einführen“ (45° Winkel)	Schulter-Schutz, Trizeps einbeziehen	Sinnvoll für konstante Position; übertriebenes Einführen (0°) erhöht Trizepsbelastung, reduziert Pec-Beteiligung zu stark

Häufige Fehlerbilder

- **Konstante Retraktion ohne SHR (häufigstes PL-Muster):** Serratus anterior wird inhibiert; Impingement-Risiko steigt durch eingeschränkte Skapulakinematik; besonders relevant bei Patient:innen, die aus dem Powerlifting-Umfeld kommen
- **Exzessiver Rückenbogen:** Reduziert ROM auf ein Minimum; erhöht Belastung auf LWS; therapeutisch vermeiden – volle ROM ist das Ziel
- **Ellbogen flaren (> 90° Abduktion):** Erhöhter Stress auf anteriore Schulterkapsel; Rotatorenmanschette gefährdet; Unterarm nicht mehr senkrecht
- **Protraktion beim Drücken als „Fehler“ falsch interpretieren:** Klarstellung: Progressive Protraktion während der konzentrischen Phase ist physiologisch korrekt und erwünscht – kein Fehler, sondern Teil des normalen SHR
- **Hüfte hebt von der Bank:** Kompensation für zu hohe Last oder eingeschränkte Schultermobilität; Lastreduktion und Technikkorrektur nötig

1.4.4 Regressionen für die Therapie

- **Serratus-Punch-Drill (Grundlage):** Rückenlage, Arme senkrecht, leichte Last; aus Retraktion in volle Protraktion drücken; trainiert gezielt Serratus anterior und SHR-Bewusstsein – erste Stufe vor allen anderen Regressionen
- **Liegestütz (Push-Up) mit Serratus-Fokus:** Körpergewicht; voller SHR von Retraktion zu Protraktion; Kniestütz als Erleichterung; Progression zur Wand-Push-Up bei sehr schwacher Schulter
- **Kurzhantel-Bankdrücken:** Unabhängige Bewegung beider Arme; ermöglicht individuelle ROM-Anpassung; weniger Schulterbelastung als Langhantel bei eingeschränkter Außenrotation
- **Kabelzug-Drücken (stehend / sitzend):** Konstante Spannung; gut für Serratus-Training und neuromuskuläre Reeduktion des SHR
- **Floor Press:** ROM durch Boden begrenzt; reduziert Schulterbelastung im Tiefpunkt; ideal bei anteriorem Schulterimpingement
- **Incline Bench Press (30°):** Verminderte Schulterabduktion; mehr klavikulärer Pec-Anteil; oft besser toleriert bei subacromialer Pathologie

1.4.5 Progression für Patient:innen

Stufe	Übung	Ziel	Kriterium für Aufstieg
1	Serratus-Punch-Drill (Rückenlage)	SHR-Bewusstsein, Serratus anterior aktivieren	Saubere Protraktion ohne Schulterimpingement, 3×15
2	Wall Push-Up / Knie-Liegestütz	SHR unter leichter Last, Bewegungsmuster festigen	3×12 mit vollständigem SHR, schmerzfrei
3	Kurzhantel Floor Press	Bankdrücken-Muster mit begrenzter ROM	3×10 mit 5–10 kg, neutraler Rücken, SHR vorhanden
4	Kurzhantel Bankdrücken (volle ROM)	Volle Schulterflexion, SHR über gesamte ROM	3×10 mit adäquater Last, Serratus-Punch in der Endposition
5	Langhantel Bankdrücken (leere Stange)	Übergang zur Langhantel, Technikfokus	3×8 technisch sauber, SHR phasengerecht
6	Progressive Laststeigerung Langhantel	Kraftaufbau, progressive Überlastung	RPE ≤ 7, Technik stabil, Serratus-Punch konsistent
7	Variation: Incline / Close-Grip / Tempo	Spezifische Schwächen, Variation, Periodisierung	Integration in vollständiges Oberkörperprogramm

Fallbeispiel (fiktiv, zur Veranschaulichung): Belastungsabhängiger Schulterschmerz bei Powerlifter

Patient, 28 Jahre: Aktiver Powerlifter, belastungsabhängiger Schulterschmerz rechts seit 6 Wochen (vormals als „Impingement“ klassifiziert), NRS 5/10 beim Bankdrücken. Technik: maximaler Rückenbogen, fixierte Skapularetraktion über die gesamte Bewegung; zuletzt rasch gesteigertes Trainingsvolumen.

Befund: verminderte aktive Skapula-Aufwärtsrotation und -protraktion unter Last, belastungsabhängiger Schmerz, klinische Tests für subakromialen Schmerz positiv.

Analyse: Mögliche Beitragsfaktoren: eine über die gesamte Bewegung fixierte Retraktion schränkt die Skapulakinematik ein, hinzu kommt plausibel eine reizüberschreitende, rasch gesteigerte Belastung. Der Skapula-Mechanismus ist einer von mehreren Faktoren – nicht der alleinige Auslöser; Schulterschmerz ist multifaktoriell.

Ziel: Belastung anpassen, Bewegungsqualität (dynamischer SHR, Serratus-Aktivierung) verbessern und die Kapazität graduiert wieder aufbauen – nicht „einen Raum öffnen“.

- **Phase 1 (2–3 Wo.):** Serratus-Punch-Drill täglich, 3×20; keine Schmerzprovokation
- **Phase 2 (3–4 Wo.):** Push-Ups mit SHR-Fokus, Kurzhantel Floor Press; Edukation zur Differenz PL-Technik vs. Gesundheitstechnik
- **Phase 3 (4–6 Wo.):** Kurzhantel Bankdrücken volle ROM, bewusster Serratus-Punch; Laststeigerung wenn schmerzfrei
- **Rückkehr PL-Training:** Erst nach vollständiger Symptombefreiheit und SHR-Wiederherstellung; Aufklärung, dass PL-Technik bewusste Kompromisse macht

Ergebnis: NRS 1/10 nach 8 Wochen unter angepasster Belastung und graduiertem Wiederaufbau; vollständige Rückkehr zum Bankdrücken.

Schnellreferenz: Übungsvergleich

Eigenschaft	Kniebeuge (Squat)	Kreuzheben (Deadlift)	Bankdrücken (Bench Press)
Bewegungstyp	Knee-dominant Squat-Muster (geschlossene kin. Kette)	Hip-dominant Hinge-Muster (geschlossene kin. Kette)	Horizontales Drücken (geschlossene kin. Kette OE)
Primärmuskeln	Quadrizeps, Gluteus maximus, Ischiocrurale	Gluteus maximus, Ischiocrurale, Erector spinae	Pectoralis major, Triceps, Deltoid ant., Serratus ant.
Arc-Modell	Limb Arc (3 Zonen; AR-Bias 0–60°, IR-Bias 60–110°, AR-Bias 110–130°)	Limb Arc (IR-Bias Endposition, AR-Bias Hinge-Einleitung)	Arm Arc (SHR-basiert; Retraktion Abstieg, Protraktion Druck)
Skapula-Kinematik	Nicht primär relevant; Schulter stabilisieren die Stange	Retraktion + Depression für vertikale Stangenführung	Dynamisch: Retraktion exzentrisch → Protraktion konzentrisch (SHR)
Kritischer Punkt	Butt Wink in Tiefe; Dorsalextension OSG limitierend	LWS-Neutralität unter hoher Last; Hüfte steigt zuerst	SHR-Inhibition durch konstante Retraktion; Serratus-Schwäche
Häufigster Fehler	Knie-Valgus, Fersenheben, Rumpf-Vorneigung	Rundrücken, Hüfte hebt zuerst, Stange pendelt	Konstante Retraktion (PL-Übertrag), Ellbogen-Flaring
Haupt-Cue therapeutisch	„Knie folgen den Zehen – phasengerecht“	„Stange nah am Körper, Hüfte und Knie gleichzeitig“	„Serratus-Punch in der Endposition – Schulterblätter folgen“
Einstieg-Regression	Box Squat / Goblet Squat	Hip Hinge mit Dowel / Kettlebell Deadlift	Serratus-Punch-Drill / Wall Push-Up
Therapeutischer Fokus	Knie-Rehabilitation, Hüft-OP, funktionelle Kraft	LWS-Rehabilitation, Hüft-Kräftigung, posturales Training	Schulter-Rehabilitation, Impingement, RM-Schwäche
Atemtechnik	Valsalva bei Last; normale Atmung therapeutisch möglich	Valsalva beim Zug; zwischen Wiederholungen ausatmen	Ausatmen beim Drücken; einatmen beim Absenken

1.5 Grundlagen der Programmgestaltung

Eine strukturierte Programmgestaltung ist die Grundlage für nachhaltige Fortschritte und sichere Belastungssteigerung in der therapeutischen Praxis. Die folgenden Prinzipien gelten universell für alle drei Grundübungen und bilden den Rahmen für die individuelle Patientenbetreuung.

Trainingsprinzipien

- **Progressive Überlastung:** Das Grundprinzip des Krafttrainings. Last, Volumen oder Intensität müssen kontinuierlich gesteigert werden, um Adaptationen auszulösen. Im therapeutischen Kontext langsam und kontrolliert steigern – Technik hat Priorität.
- **Individualität:** Jede:r Patient:in bringt unterschiedliche Anatomie, Mobilität, Kraft und Vorerfahrung mit. Übungen und Programme müssen individuell angepasst werden – kein Einheitsrezept.
- **Spezifität:** Training muss auf das Ziel abgestimmt sein. Kraft- vs. Hypertrophie- vs. Rehabilitationstraining erfordert unterschiedliche Parameter (Last, Volumen, Tempo, Pause).
- **Reversibilität:** Trainingseffekte gehen ohne Reiz verloren. Für Patient:innen bedeutet dies: Kontinuität ist wichtiger als kurzfristig hohe Intensität. Auch leichte Erhaltungseinheiten haben Wirkung.
- **Belastungssteuerung über RPE:** Rate of Perceived Exertion (10er-RPE-Skala bzw. CR10, oder RIR-Methode) ermöglicht individuelle Belastungssteuerung ohne 1RM-Testung. Ziel im therapeutischen Training: meist RPE 6–8, im Reha-Einstieg eher 6–7.

Beispiel-Progression für Patient:innen

Phase	Dauer	Fokus	Parameter (Beispiel)
Phase 1: Technik & Aktivierung	2–4 Wochen	Bewegungsmuster erlernen, neuromuskuläre Aktivierung, Vertrauen aufbauen	3 × 8–12 Wdh., RPE 4–6, Körpergewicht bis leichte Last, 2–3 Einh./Woche
Phase 2: Hypertrophie & Kraft (Grundlage)	4–8 Wochen	Muskelaufbau, Kraftgrundlage, Technikstabilisierung	3–4 × 8–12 Wdh., RPE 6–7, moderate Last (50–70% 1RM), 2–3 Einh./Woche
Phase 3: Kraft & Progressive Überlastung	4–8 Wochen	Kraftsteigerung, Laststeigerung, funktionelle Übertragbarkeit	3–5 × 5–8 Wdh., RPE 7–8, höhere Last (70–85% 1RM), 2 Einh./Woche
Phase 4: Eigenständigkeit & Erhalt	Dauerhaft	Eigenständiges Training, Erhalt der Kraft, Prävention	2–3 × 6–10 Wdh., RPE 6–7, individuell variabel, 2 Einh./Woche

Praxistipps für die therapeutische Praxis

- Beginnen Sie immer mit der leeren Stange (20 kg) oder noch leichter (Technikstange 10–15 kg).
- Dokumentieren Sie Gewicht, Sätze, Wiederholungen und RPE für jede Sitzung.
- Steigern Sie die Last erst, wenn die Technik bei aktuellem Gewicht konsistent sauber ist.
- Nutzen Sie Video-Feedback – ein kurzes Handyvideo kann die Körperwahrnehmung enorm verbessern.

Sicherheitsaspekte

- **Spotten und Sicherungen:** Immer Rack-Sicherungen beim Bankdrücken und Kniebeuge einstellen; beim Kreuzheben Spotter für max. Versuche; Patient:innen nie alleine bei Überkopf- oder Maximalbelastungen lassen
- **Equipment:** Geeignetes Schuhwerk (flache Sohle für Kniebeuge und Kreuzheben, keine Lafschuhe); Langhantelstange in gutem Zustand; funktionierende Verschlüsse (Collars) und Sicherungsclips
- **Aufwärmen:** Spezifisches Aufwärmen mit 2–3 Aufwärmsets vor Arbeitssätzen; allgemeines Aufwärmen 5–10 Minuten (Fahrrad, Rudergerät)
- **Kommunikation:** Patient:innen ermutigen, Schmerzen sofort zu kommunizieren; Differenzierung zwischen Muskelarbeit (Brennen, Ermüdung) und Schmerz (scharf, neu, beängstigend); NRS als objektives Maß verwenden

2. Kraft- und Sprungdiagnostik

Lernziele

1. Kraft- und Sprungdiagnostik definieren und den Nutzen objektiver Messung für Therapiesteuerung, Verlaufskontrolle und Return-to-Sport erklären.
2. Die Kraftformen (Maximal-, Schnell-, Explosiv-, Reaktiv-, Kraftausdauer) unterscheiden und passende Testverfahren zuordnen.
3. Isometrische, isokinetische und dynamische Testverfahren sowie die Sprungtests (SJ, CMJ, DJ) und ihre Kennwerte (RFD, RSI, Asymmetrien) einordnen.
4. Die Messprinzipien gängiger Systeme (Kraftmessplatte, Gestell-Dynamometer, handgehaltenes Dynamometer) vergleichen.
5. Die Gütekriterien (Objektivität, Validität, Reliabilität) und die Standardisierung einer Testung im Befund sicherstellen.

Kraft- und Sprungdiagnostik ist ein zentraler Bestandteil evidenzbasierter Physiotherapie und ermöglicht die objektive Erfassung von Kraftfähigkeiten, Leistungsentwicklung und Rückkehrkriterien nach Verletzungen. Dieses Kapitel vermittelt die theoretischen Grundlagen sowie die praxisrelevante Anwendung diagnostischer Verfahren.

2.1 Grundlagen: Was und warum messen wir?

Was ist Kraft- und Sprungdiagnostik?

Kraftdiagnostik umfasst Methoden zur systematischen Erfassung der Fähigkeit eines Menschen, mechanische Kräfte zu erzeugen. Dies beinhaltet nicht nur die Bestimmung der maximal möglichen Kraft, sondern auch, wie schnell diese Kraft aufgebaut werden kann und wie effizient sie im spezifischen Kontext umgesetzt wird.

Sprungdiagnostik nutzt verschiedene Sprungformen, um die Explosivkraft und die Reaktivkraft (Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus, DVZ) zu analysieren. Sprünge gelten als sehr sensibler Indikator für neuromuskuläre Ermüdung und Trainingsanpassungen.

Relevanz und Ziele

- **Therapie- und Trainingssteuerung:** Objektive Dokumentation von Verbesserung oder Verschlechterung
- **Monitoring und Verlaufsdiagnostik:** Regelmäßige Tests zeigen Leistungsentwicklung und Ermüdungszustände
- **Verletzungsprävention:** Asymmetrien, Kraftdefizite oder technische Auffälligkeiten frühzeitig identifizieren
- **Return-to-Sport:** Objektive Kriterien unterstützen sichere Entscheidungen nach Verletzungen (z. B. Kreuzband-Reha: kriterienbasiertes Arbeiten; Waldron et al., 2022)
- **Vergleichbarkeit:** Standardisierte Testverfahren ermöglichen Vergleiche – Einzelperson, Team, Normwerte

VALD im Kontext physiotherapeutischer Befundung

Die Testung via VALD kann ein wichtiger Bestandteil der Befundung sein. Die Basis bildet stets die personenzentrierte Anamnese (ICF). Je nach Ziel und Pathologie wird eine Testung relevant – nicht jede klinische Fragestellung erfordert diagnostische Messung. Beispiel: Bei Schulterschmerz (RMAS) zeigt die Verbesserung der Kraft keinen konstant klinisch relevanten Einfluss auf die Schmerzverbesserung.

2.2 Kraftformen

Kraftform	Definition
Maximalkraft	Die höchstmögliche Kraft, die ein Muskel oder eine Muskelgruppe willkürlich gegen einen Widerstand erzeugen kann.
Schnellkraft	Beschreibt, wie schnell Kraft entwickelt werden kann – entscheidend für explosive sportliche Bewegungen.
Explosivkraft	Die Fähigkeit, in sehr kurzer Zeit möglichst viel Kraft zu erzeugen.
Reaktivkraft	Die Fähigkeit, im Rahmen des DVZ kurze Bodenkontaktzeiten mit hoher Kraftentwicklung zu verbinden (Stiffness).
Kraftausdauer	Die Ermüdungswiderstandsfähigkeit bei lang andauernden oder sich wiederholenden Kraftleistungen.

2.3 Testverfahren

Kraftdiagnostik

- **Isometrisch (feste Gelenkstellung):** Hohe Standardisierung; Messung von Maximal- und Schnellkraft gegenüber festem Widerstand
- **Isokinetisch (feste Geschwindigkeit):** Geräte ermöglichen konstante Bewegungsgeschwindigkeit; liefert Muskelkraftprofile einzelner Gelenkbewegungen
- **Dynamisch:** 1RM-Tests oder Load-Velocity-Profiling zur Bestimmung der Kraftfähigkeiten im übungs- und sportartspezifischen Kontext

Sprungdiagnostik

- **Squat Jump (SJ):** Bewertung der konzentrischen Kraftentwicklung ohne DVZ (Startkraft)
- **Counter Movement Jump (CMJ):** Analyse der Explosivkraft und DVZ-Funktion (langer DVZ >200 ms)
- **Drop Jump (DJ):** Erfassung der Reaktivkraft; Kennzahl: Reactive Strength Index (RSI) = Höhe / Kontaktzeit (kurzer DVZ <200 ms)
- **Repeated Jump Tests / Hop Tests:** Bewertung von Ermüdungsresistenz, Technik und Reaktivkraft über mehrere Sprünge

2.4 Messparameter

Bereich	Parameter
Kraftdiagnostik	Peak Force und Mean Force • RFD (Rate of Force Development) in definierten Zeitfenstern • Impuls (Kraft × Zeit) • Asymmetrien zwischen rechter und linker Körperseite
Sprungdiagnostik	Sprunghöhe • Absprunggeschwindigkeit • Bodenkontaktzeit (v. a. Drop Jump) • RSI = Höhe / Kontaktzeit • Leistungs- und Kraft-Zeit-Kurven • Kräfte bei Absprung und Landung

Fallbeispiel (fiktiv, zur Veranschaulichung): Verlaufsdiagnostik nach VKB-Rekonstruktion

Patient:in, 24 Jahre: 6 Monate nach vorderer Kreuzband-Rekonstruktion (rechts), Ziel: Rückkehr zum Handball (Pivot-/Kontaktsport).

Fragestellung: Sind die Kraft- und Leistungswerte seitengleich genug, um die Belastung Richtung sportartspezifischem Training zu steigern?

Testung: isometrische Kniestreckung am Gestell-Dynamometer und Counter Movement Jump (CMJ) auf der Kraftmessplatte; Auswertung über den Limb Symmetry Index (LSI = betroffen / nicht betroffen × 100).

Befund: LSI Kniestreckung 78 %, CMJ-Sprunghöhe LSI 84 %; in der Kraft-Zeit-Kurve deutliche Asymmetrie im konzentrischen Impuls der operierten Seite.

Interpretation: Kraft- und Leistungsdefizit der operierten Seite. Übliche Richtwerte liegen bei einem LSI > 90 % (für Pivot-/Kontaktsport eher 100 %) – die Werte sprechen gegen eine Freigabe für Pivot-Belastung.

Vorgehen: gezielter Kraftaufbau der operierten Seite, Re-Test in 6–8 Wochen; Entscheidung kriterien- statt zeitbasiert (vgl. Waldron et al., 2022).

Methodischer Hinweis: Der LSI hat Grenzen – auch die „gesunde“ Seite kann deconditioniert sein, und Symmetrie allein bildet die Bewegungsqualität nicht vollständig ab. Werte stets im Gesamtbild interpretieren.

2.5 Messsysteme – VALD

Die folgenden Überlegungen gelten geräteunabhängig: Entscheidend sind nicht Marke oder Modell, sondern das Messprinzip (Kraftmessplatte, fixiertes Gestell-Dynamometer, handgehaltenes Dynamometer), die Standardisierung und die Gütekriterien. VALD wird hier exemplarisch dargestellt, weil es in der Praxis verbreitet ist – die Konzepte lassen sich auf andere Systeme übertragen.

VALD (Hauptsitz Brisbane, Australien) bietet Systeme für Kraft- und Schnelligkeitstests sowie Bewegungsanalysen an und ist international weit verbreitet.

Technische Spezifikationen

System	ForceDecks	ForceFrame	DynaMo Plus
Anwendung	Sprung- & Krafttests	Isometrische Krafttests für Gelenkpositionen	Kraft- & ROM-Tests, Tension & Kompressionstests
Kapazität	2.000 kg (Overload 4.000 kg)	250 kg	200 kg
Auflösung	0,15 N	1 N	1 N
Frequenz	1.000 Hz	50–400 Hz	225 Hz

Umrechnung (Erdbeschleunigung $g \approx 9,81 \text{ m/s}^2$): $\text{N} \rightarrow \text{kg}: \div 9,81$ | $\text{kg} \rightarrow \text{N}: \times 9,81$

ForceDecks

Zwei Kraftmessplatten mit je vier Bodenkontaktpunkten. Jeder Bodenkontaktpunkt hat Sensoren verbaut, die Bodenreaktionskräfte (GRF) über die Zeit messen. Grundlage: Newtons 3. Axiom – actio = reactio. Kraft- und Sprunganalysen: CMJ, SJ, Hop Tests, Squat Assessment, Isometrie.

ForceFrame

Sechs Sensoren montiert an einem festen, rotier- und höhenverstellbaren Gestell. Ermöglicht isometrische Krafttests in definierten Gelenkpositionen. Typische Tests: Hüft-Abduktion/Adduktion, Schulter, Plantarflexion sitzend.

DynaMo Plus

Handgehaltenes Dynamometer für Kraft- und ROM-Messung mit zwei Sensoren: einem Sensor für Druck/Zug und einem Sensor für die Bewegung im Raum. Typische Tests: Knie Extension/Flexion (Kraft), Schulter Abduktion (Kraft + ROM), Griffkraft.

2.6 Gütekriterien und Standardisierung

Was macht eine gute Testung aus?

Kriterium	Definition	Praxisrelevanz
Objektivität	Unabhängigkeit der Ergebnisse von der Person, die testet	Standardisierte Protokolle, klare Anweisungen
Validität	Gültigkeit der Messung – wird tatsächlich gemessen, was gemessen werden soll?	Richtiges Testverfahren für die Fragestellung wählen
Reliabilität	Bei wiederholter Messung kommt es zum gleichen Ergebnis (Bsp. Maßband)	Intra-Tester vs. Inter-Tester Reliabilität beachten

Standardisierung in der Praxis

Für valide und reliable Ergebnisse ist eine konsequente Standardisierung entscheidend:

- **Aufwärmen:** Einheitliches Aufwärmprotokoll vor jeder Testung
- **Technik:** Klare Instruktionen und Demonstration; Probeversuch, wenn nötig
- **Gerät & Einstellungen:** Dokumentierte Geräteparameter (Höhe, Position, Befestigung)
- **Externe Faktoren berücksichtigen:** Schlaf, Ernährung, Tageszeit, Medikation – dokumentieren und konstant halten

Literatur

1. Kibler WB, et al. Clinical implications of scapular dyskinesis in shoulder injury: the 2013 consensus statement from the 'Scapular Summit'. *Br J Sports Med.* 2013;47(14):877–885.
2. Lewis J. Rotator cuff related shoulder pain: Assessment, management and uncertainties. *Man Ther.* 2016;23:57–68.
3. Beard DJ, et al.; CSAW Study Group. Arthroscopic subacromial decompression for subacromial shoulder pain (CSAW): a placebo-controlled randomised surgical trial. *Lancet.* 2018;391(10118):329–338.
4. Paavola M, et al.; FIMPACT Investigators. Subacromial decompression versus diagnostic arthroscopy for shoulder impingement: randomised, placebo surgery controlled clinical trial. *BMJ.* 2018;362:k2860.
5. Hartman B. The Limb Arc Model. billhartmanpt.com (Konzept/Lehrmaterial; in der Originalform gangbezogen, hier auf die Kniebeuge adaptiert).
6. Neumann DA. Kinesiology of the Musculoskeletal System: Foundations for Rehabilitation. 3rd ed. Elsevier; 2017.
7. Gomes Neto M, et al. Effects of progressive resistance exercise in patients with chronic low back pain: A systematic review. *J Bodyw Mov Ther.* 2017;21(2):494–501.
8. Escamilla RF, et al. Biomechanics of the Knee During Closed Kinetic Chain and Open Kinetic Chain Exercises. *Med Sci Sports Exerc.* 1998;30(4):556–569.
9. Waldron K, et al. Anterior Cruciate Ligament Rehabilitation and Return to Sport: How Fast Is Too Fast? *Arthrosc Sports Med Rehabil.* 2022;4(1):e175–e179.