

PureLiving100®-Gesundheitsprojekt

Bewusst wachsen – Gesund leben – Glücklich sein

Was Muskelarbeit biochemisch auslöst

Bei Bewegung setzen nicht nur die Muskeln selbst Stoffe frei, sondern auch Nerven, Gefäße, Leber, Fettgewebe und Immunsystem reagieren mit.

Gliederung

1. **Grundprinzipien: Was Muskelarbeit biochemisch auslöst**
2. **Leichte Bewegung** – z. B. Spazierengehen
3. **Intensive Bewegung / Kreislaufbelastung** – z. B. schnelles Laufen, HIIT, Bergaufgehen
4. **Krafttraining**
5. **Dehnen / Stretching**
6. **Spielerische Bewegungen** – z. B. Tanzen, Ballspiele, koordinative Bewegung
7. **Kurzfazit: Welche Stoffe bei welcher Bewegungsform dominieren**

1. Grundprinzipien: Was Muskelarbeit biochemisch auslöst

Bei Muskelarbeit entstehen grob fünf relevante Gruppen:

A. Energiebereitstellungs-Produkte

ATP wird verbraucht; dabei entstehen bzw. verändern sich unter anderem **ADP, AMP, anorganisches Phosphat, Protonen (H⁺), Lactat** und je nach Belastung vermehrt auch reaktive Sauerstoffspezies. Diese Stoffe sind nicht nur „Abfall“, sondern auch Signale für Anpassung.

B. Gefäßaktive Stoffe

Aktive Muskulatur setzt bzw. begünstigt lokal **Kalium, Adenosin, Stickstoffmonoxid (NO), Prostaglandine** sowie osmotisch wirksame Metabolite frei. Diese helfen, die Gefäße im arbeitenden Muskel zu erweitern und den Blutfluss zu steigern.

C. Myokine / Exerkine

Die Muskulatur wirkt wie ein endokrines Organ und kann unter Belastung Signalstoffe freisetzen, darunter **IL-6, IL-15, Irisin, BAIBA, METRN** und je nach Kontext Veränderungen bei **Myostatin/Follistatin**. Diese beeinflussen Fettstoffwechsel, Entzündung, Glukosehaushalt, Regeneration und Kommunikation mit Gehirn, Leber, Knochen und Fettgewebe.

D. Wachstums- und Reparatursignale

Vor allem bei mechanischer Belastung spielen **IGF-1**, lokal auch mechano-sensitive Wachstumsprogramme, und bei Mikroverletzung/Remodeling entzündliche Reparatursignale eine Rolle.

E. Neuro-metabolische Kopplung

Bewegung verändert auch **BDNF**-bezogene Signalwege; Lactat wird heute nicht mehr nur als Endprodukt, sondern auch als Signalmolekül verstanden, das Anpassung im Muskel und wahrscheinlich auch im Gehirn mitvermittelt.

PureLiving100®-Gesundheitsprojekt

Bewusst wachsen – Gesund leben – Glücklich sein

2. Leichte Bewegung, z. B. Spaziergehen

Typisches Muster

Bei leichter, rhythmischer Bewegung dominiert der **aerobe Stoffwechsel**. Es entstehen weniger „Stressprodukte“ als bei harter Belastung, aber kontinuierlich lokale Stoffwechsel- und Gefäßsignale. Der gesundheitliche Effekt kommt hier vor allem durch **Regelmäßigkeit und Dauer** zustande, nicht durch extreme Spitzen.

Wichtige Stoffe / Produkte

1. CO₂ und Wasser

Das sind die klassischen Endprodukte der aeroben Substratoxidation.

Wirkung: zeigen die oxidative Energiebereitstellung an; CO₂ steigert lokal Atemantrieb und ist Teil der Säure-Basen-Regulation.

2. Geringe Mengen Lactat

Auch beim Gehen kann Lactat entstehen, nur deutlich weniger als bei hoher Intensität.

Wirkung: Lactat ist ein **Energie-Shuttle** zwischen Geweben und zugleich ein Signalstoff für metabolische Anpassung. Es ist also nicht bloß „Milchsäure-Abfall“.

3. Adenosin

Entsteht bei erhöhtem ATP-Umsatz lokal im arbeitenden Gewebe.

Wirkung: fördert **Vasodilatation**, also bessere Durchblutung und Sauerstoffversorgung im aktiven Muskel.

4. Kalium (K⁺)

Wird bei Aktionspotenzialen und wiederholter Muskelaktivität lokal freigesetzt.

Wirkung: trägt zur frühen Steigerung der Muskelperfusion bei und ist an der lokalen Gefäßregulation beteiligt.

5. Stickstoffmonoxid (NO)

Wird im Zusammenhang mit Kontraktion und erhöhter Endothelaktivität vermehrt wirksam.

Wirkung: erweitert Gefäße, verbessert Blutfluss und unterstützt die Versorgung der Muskeln.

6. Prostaglandine

Lokale, aus Fettsäuren gebildete Botenstoffe.

Wirkung: Mitsteuerung von Durchblutung, Gewebeantwort und Anpassung an Belastung.

7. IL-6 in kleiner bis moderater Menge

Schon moderate Ausdauerbelastung kann IL-6 erhöhen; bei niedriger Belastung meist viel weniger als bei intensiver Bewegung.

Wirkung: unterstützt **Substratmobilisierung**, fördert Fettstoffwechsel, verbessert situationsabhängig Insulinsensitivität und kann antiinflammatorische Folgesignale anstoßen.

8. IL-15

Kann durch akute Bewegung ansteigen.

Wirkung: steht mit Muskel-Fett-Kommunikation, Muskelstoffwechsel und möglicherweise günstigen Körperzusammensetzungs-Effekten in Verbindung.

9. BAIBA

Ein muskelassoziierter Metabolit/Myokin, der mit Kontraktion und Trainingsanpassung verbunden ist.

Wirkung: begünstigt **Fettsäureoxidation**, verbessert metabolische Flexibilität und wird mit günstiger Glukose- und Fettstoffwechselregulation in Verbindung gebracht.

10. Irisin

Kann bei wiederholter Bewegung bzw. Training erhöht sein.

Wirkung: assoziiert mit „Browning“ von Fettgewebe, Energieumsatz und metabolischer Anpassung.

PureLiving100®-Gesundheitsprojekt

Bewusst wachsen – Gesund leben – Glücklich sein

3. Intensive Bewegung (Kreislauf belasten)

Typisches Muster

Je höher Intensität und Dauer, desto stärker steigen **ATP-Umsatz, anaerobe Glykolyse, Lactatbildung, Protonen, Katecholaminwirkung** und verschiedene Entzündungs-/Anpassungssignale. Die Antworten sind akuter, ausgeprägter und systemischer.

Wichtige Stoffe / Produkte

1. Lactat

Das Leitsignal intensiver Belastung.

Wirkung:

- schneller Energieträger für andere Gewebe
- Signal für mitochondriale Anpassung
- wahrscheinlich beteiligt an BDNF-vermittelten Gehirneffekten von Bewegung

2. Protonen (H⁺)

Steigen bei hoher glykolytischer Belastung mit an.

Wirkung: Mitverantwortlich für den pH-Abfall, Brennen und Leistungseinbruch; zugleich Reiz für Anpassung der Puffer- und Transportkapazität.

3. Anorganisches Phosphat (Pi)

Entsteht bei massivem ATP-Umsatz.

Wirkung: beteiligt an Ermüdungsvorgängen und beeinflusst Muskelkontraktion und Calcium-Handling.

4. AMP/ADP

Marker für hohen Energieverbrauch.

Wirkung: aktivieren intrazelluläre Energiesensoren und fördern Trainingseffekte wie bessere mitochondriale Kapazität.

5. IL-6

Steigt mit Intensität und/oder Dauer deutlich an.

Wirkung: mobilisiert Energie, fördert Lipolyse/Fettoxidation, unterstützt antiinflammatorische Gegenregulation.

6. IL-10

Steigt häufig nach intensiver Belastung als Teil der antiinflammatorischen Antwort.

Wirkung: dämpft überschießende Entzündungsreaktionen nach starker Belastung.

7. BDNF

Kann nach intensiver intermittierender Belastung akut ansteigen.

Wirkung: neuroplastische Effekte, Unterstützung von Lernen, Stimmung und Gehirnregeneration; ein Teil der Wirkung könnte mit Lactat gekoppelt sein.

8. NO, Adenosin, Prostaglandine, K⁺

Diese vasodilatatorischen Signale werden bei stärkerer Belastung noch wichtiger.

Wirkung: massiver Anstieg der lokalen Durchblutung, bessere Sauerstoff- und Substratzufuhr.

9. Reaktive Sauerstoffspezies (ROS)

Nehmen bei höherem oxidativem Umsatz zu.

Wirkung: in zu hoher Menge belastend; in physiologischer Menge wichtige **Redox-Signale** für Mitochondrienbildung, antioxidative Anpassung und Trainingseffekt.

PureLiving100®-Gesundheitsprojekt

Bewusst wachsen – Gesund leben – Glücklich sein

4. Krafttraining

Typisches Muster

Beim Krafttraining dominiert weniger die lange Kreislaufbelastung, sondern mehr **mechanische Spannung, hohe intramuskuläre Kräfte, kurzfristiger Energiestress, lokale Mikrotraumata und anabole/Remodeling-Signale**.

Wichtige Stoffe / Produkte

1. Lactat

Vor allem bei mehreren Wiederholungen, kurzen Pausen und hohem Volumen.

Wirkung: metabolischer Stress, hormonelle Mitreaktion, Signal für Anpassung.

2. Anorganisches Phosphat, ADP, AMP, H⁺

Entstehen durch schnellen ATP-Umsatz.

Wirkung: Ermüdung während des Satzes; zugleich Reiz für metabolische Anpassung.

3. IL-15

Ist für Kraft- und Muskelkontext besonders interessant.

Wirkung: steht mit **anabolen Effekten**, Muskel-Fett-Kommunikation und möglicher Förderung kontraktile Proteine in Verbindung.

4. IGF-1

Lokal im Muskel ein zentrales Wachstums- und Regenerationssignal.

Wirkung: fördert Proteinsynthese, Satellitenzell-Aktivierung, Reparatur und Hypertrophieprozesse.

5. Mechano-Growth-Factor (MGF) / IGF-1-abhängige mechano-sensitive Programme

Besonders im Kontext mechanischer Belastung diskutiert.

Wirkung: lokale Anpassung an Überlastung, Reparatur und Muskelaufbau. Die genaue praktische Bedeutung im Menschen ist komplexer als früher gedacht, aber als mechanosensitives Signal bleibt der IGF-1/MGF-Komplex relevant.

6. IL-6

Kann auch beim Widerstandstraining ansteigen, besonders bei hohem Volumen oder starker Beanspruchung.

Wirkung: Energieverteilung, Immunmodulation, Unterstützung von Reparaturprozessen.

7. HGF, VEGF, NO

Mechanische Belastung kann lokale Faktoren aktivieren, die Regeneration und Gefäßanpassung mitsteuern.

Wirkung: Satellitenzellen, Gefäßneubildung/Perfusionsanpassung, Muskelumbau.

8. Myostatin / Follistatin-Achse

Nicht einfach „mehr ist besser“: Krafttraining verschiebt häufig das Gleichgewicht in Richtung günstigerer Wachstumsbedingungen.

Wirkung: **Myostatin** bremst Muskelwachstum; **Follistatin** wirkt dem entgegen. Diese Achse ist Teil der Hypertrophie-Regulation.

9. Entzündungs- und Reparatursignale

Nach hartem Krafttraining entstehen lokal Signale, die Immunzellen und Reparaturprozesse aktivieren.

Wirkung: Umbau, Regeneration, Anpassung — in normalem Maß erwünscht.

PureLiving100®-Gesundheitsprojekt

Bewusst wachsen – Gesund leben – Glücklich sein

5. Dehnen

Typisches Muster

Beim Dehnen ist die **endokrine Gesamtantwort deutlich kleiner** als bei Ausdauer- oder Krafttraining. Die wichtigsten Prozesse sind hier eher **lokale mechanische Signalwege**, Gewebespannung, Flüssigkeitsverschiebung, neuronale Regulation und eventuell geringe Freisetzung von mechanosensitiven Mediatoren. Die Datenlage ist hier am wenigsten eindeutig.

Wichtige Stoffe / Produkte

1. NO

Mechanische Dehnung kann NO-bezogene Signalwege beeinflussen.

Wirkung: lokale Durchblutung, mechanotransduktive Signalweitergabe, Gewebeantwort.

2. IGF-1 / mechano-sensitive Wachstumsantwort

Bei wiederholter Dehnung können lokal Wachstums- und Reparatursignale aktiviert werden.

Wirkung: strukturelle Anpassung, Geweberemodeling.

3. IL-6 in kleiner lokaler Antwort

Mechanische Belastung kann prinzipiell IL-6 induzieren, aber Stretching ist kein starker Stimulus dafür verglichen mit intensiver Kontraktion.

Wirkung: lokale Reparatur- und Anpassungssignale.

4. Prostaglandin-vermittelte lokale Reaktionen

Durch mechanische Reizung und Gewebespannung möglich.

Wirkung: lokale Durchblutung, Sensitivität, Gewebeantwort.

5. Kaum Lactat, kaum starker systemischer Myokin-Peak

Bei reinem statischem Dehnen entstehen normalerweise **keine ausgeprägten metabolischen Produkte** wie bei fordernder Kontraktionsarbeit.

Wirkung: der Nutzen von Dehnen ist eher Beweglichkeit, Tonusregulation, Gewebegleiten und ggf. Schmerzwahrnehmung — weniger starke systemische Stoffwechselantwort.

PureLiving100®-Gesundheitsprojekt

Bewusst wachsen – Gesund leben – Glücklich sein

6. Spielerische Bewegungen

Damit sind meist Mischformen gemeint: **unvorhersehbare Intensitätswechsel, Koordination, Rhythmus, Reaktion, Freude, soziale Interaktion**, oft wie bei Tanz, Spielen, Ball- oder Parcoursformen.

Typisches Muster

Biochemisch sind spielerische Bewegungen **kein eigener Stoffwechselweg**, sondern eine Kombination aus:

- leichter bis moderater Ausdauerarbeit,
 - kurzen intensiven Spitzen,
 - koordinativer/neuroplastischer Aktivierung.
- Darum sieht man oft eine Mischung aus **Lactat, BDNF, IL-6, Irisin** und klassischen Durchblutungsmediatoren.

Wichtige Stoffe / Produkte

1. Lactat

Bei Sprints, Sprüngen, Richtungswechseln oder rhythmisch-intensiven Sequenzen.

Wirkung: schneller Energieträger und Signalstoff für Anpassung.

2. BDNF

Besonders interessant bei koordinativ fordernden, rhythmischen oder spaßbetonten Bewegungsformen.

Wirkung: fördert Neuroplastizität, motorisches Lernen, exekutive Funktionen, Stimmung und möglicherweise Motivation.

3. Irisin

Wurde auch in Tanz-/Bewegungsinterventionen als veränderter Exerkin-Marker beschrieben.

Wirkung: metabolische Anpassung, Energiebalance, Fettgewebseffekte.

4. IL-6

Wenn die Belastung phasenweise deutlich ansteigt.

Wirkung: Energiebereitstellung und antiinflammatorische Gegenregulation.

5. Katecholamin-getriebene Mitreaktion

Nicht primär aus der Muskulatur selbst, aber bei spielerischen, emotional aktivierenden Bewegungen häufig relevant.

Wirkung: mehr Wachheit, Reaktionsgeschwindigkeit, Herz-Kreislauf-Aktivierung, bessere Substratmobilisierung.

Der besondere Vorteil spielerischer Bewegung liegt also weniger in einem völlig neuen Stoff, sondern darin, dass sie **mehrere günstige Signalachsen gleichzeitig** anspricht: Stoffwechsel, Gehirn, Motivation und Regelmäßigkeit.

PureLiving100®-Gesundheitsprojekt

Bewusst wachsen – Gesund leben – Glücklich sein

7. Kurzfazit: Welche Stoffe dominieren wo?

1) Leichte Bewegung / Spazieren

- Adenosin
- NO
- Kalium
- Prostaglandine
- geringe Mengen Lactat
- leichte Anstiege von IL-6, IL-15, BAIBA, Irisin

Hauptwirkung: bessere Durchblutung, Fettstoffwechsel, Blutzuckerregulation, milde antiinflammatorische Effekte.

2) Intensive Bewegung

- Lactat
- H⁺
- Pi
- AMP/ADP
- IL-6
- IL-10
- BDNF
- stärker NO/Adenosin/Prostaglandine

Hauptwirkung: Leistungsanpassung, Mitochondrienreiz, starke Kreislaufreaktion, neuroplastische und antiinflammatorische Antworten.

3) Krafttraining

- Lactat (bei Volumen)
- Pi, H⁺, ADP/AMP
- IL-15
- IGF-1
- mechano-sensitive Wachstumsprogramme
- Myostatin/Follistatin-Achse
- Reparaturmediatoren

Hauptwirkung: Muskelaufbau, Gewebeumbau, Kraftzuwachs, Glukosestoffwechselverbesserung.

4) Dehnen

- NO
- geringe mechanosensitive IGF-1/IL-6-Antwort
- evtl. lokale Prostaglandin-Antwort

Hauptwirkung: Geweberegulation, Beweglichkeit, lokale Durchblutung, Spannungsmodulation – deutlich weniger systemische Exerkin-Ausschüttung.

5) Spielerische Bewegung

- Lactat
- BDNF
- IL-6
- Irisin
- Durchblutungsmediatoren

Hauptwirkung: Kombination aus Stoffwechseltraining, Gehirnaktivierung, Koordination, Motivation und höherer Trainingsadhärenz.