

Proteinbedarf, -funktionalität und -wertigkeit

Tages- und Mahlzeitenbetrachtung pflanzlicher und tierischer Proteine

Dr. Samuel Mettler

► BFH - G - EuD

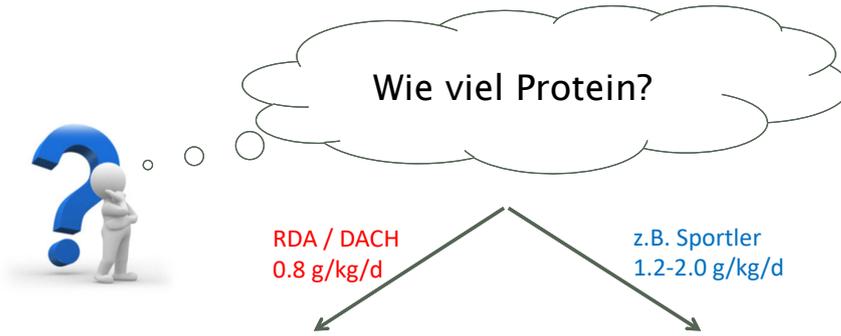
Content / Fragen

- **Proteinempfehlungen**
 - Pro Tag
 - Pro Mahlzeit
 - Muskelprotein: 3 Hauptfaktoren

- **Protein-Wertigkeit**
 - Was ist Proteinwertigkeit?
 - Sind pflanzliche Proteine gleichwertig?

- **Wie können wir damit umgehen?**

Proteinbedarf: Differenzierung der Fragestellung



- ▶ Minimal protein for N-balance
- ▶ Avoid clinical deficiency

“There is no evidence that efficiency equates to optimum metabolic health for adults”

Layman, Am J Clin Nutr, 2015

- ▶ Optimized physiological functioning
- ▶ Optimal health
- ▶ Maximize physiological effects (e.g. MPS in sport)

DACH-Referenzwerte...

Protein

Empfohlene Zufuhr laut DACH 2017

Formulierung irreführend?

Zu diesem Nährstoff existieren **Expertenberichte und Empfehlungen** des Bundesamtes für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen BLV/Eidgenössische Ernährungscommission EEK.

Alter	Protein			
	g/kg KG /Tag ^a		g/Tag ^b	
	m	w	m	w
Erwachsene				
19 bis unter 25 Jahre	0,8		57	48
25 bis unter 51 Jahre	0,8		57	48
51 bis unter 65 Jahre	0,8		55	47
65 Jahre und älter ^d	1,0		67	57

Der RDA als missverstandenes Konzept

COMMENTARIES CLINICIAN'S CORNER

The Recommended Dietary Allowance of Protein

A Misunderstood Concept

Robert R. Wolfe, PhD
Sharon L. Miller, PhD

AT PERIODIC INTERVALS THE FOOD AND NUTRITION Board of the Institute of Medicine produces a report entitled the *Dietary Reference Intakes* (DRI). The recent DRI report for macronutrients (energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids) was published in 2005.¹ For each macronutrient, a series of values is published, along with a detailed review of all data used to derive those values. Those values for macronutrients are the estimated average requirement, the recommended dietary allowance (RDA), the tolerable upper intake level, and the adequate intake. Of these terms, the RDA is the most widely recognized and has the greatest influence on daily nutrition practices.

on circulating glucose as an energy substitute. It was determined that there is no particular requirement for total fat intake, and therefore there is no RDA. Minimal values for required intake of linoleic acid (between 12-17 g, depending on age and sex) and n-3 polyunsaturated fats (between 1.1-1.6 g) were provided.¹ In addition, the requirement for protein for adults older than 18 years was determined to be 0.8 g of protein per kilogram body weight per day (g/kg/d).¹

The RDA for protein was based on the results of all available studies that estimated the minimum protein intake necessary to avoid a progressive loss of lean body mass as reflected by nitrogen balance. The Food and Nutrition Board acknowledged the conceptual limitation of relying entirely on results from nitrogen balance studies to determine the RDA, because this method does not measure any relevant physiological end point. Furthermore, the existing data were

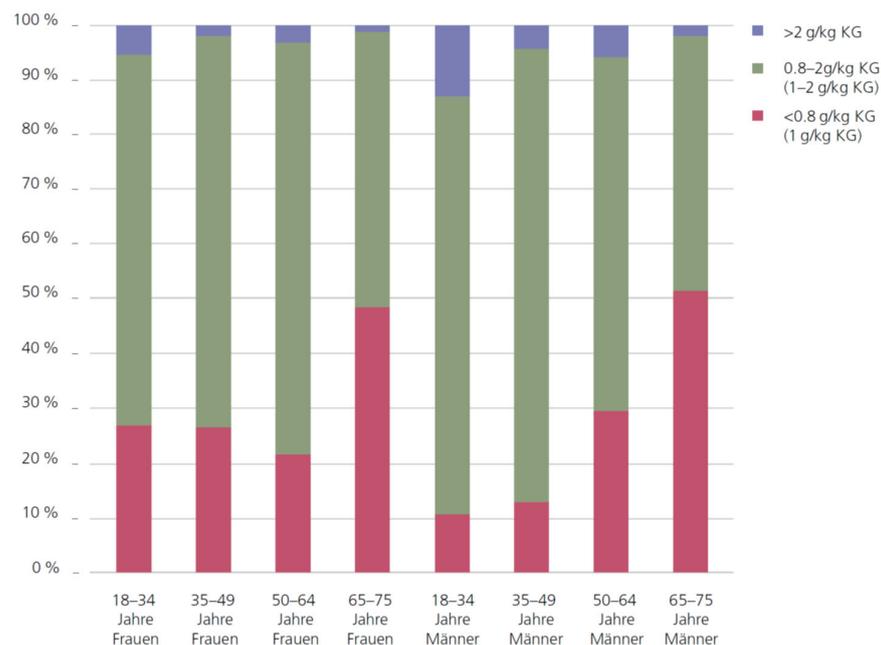
- ▶ "the RDA (0.8 g/kg/d) has been widely applied as the appropriate amount, or even maximal amount,
- ▶ ... more pervasively, dietary guidelines published in the dietetic literature, the popular press, and various nutritional computer programs promulgate a protein intake of 0.8 g/kg/d."

Wolfe & Miller, JAMA, 2008

Proteinkonsum in der Schweiz (18-75 Jahre, menuCH-Studie)

Verteilung Proteinaufnahme

- ▶ Männer: 1.23 g/kg
- ▶ Frauen: 1.10 g/kg

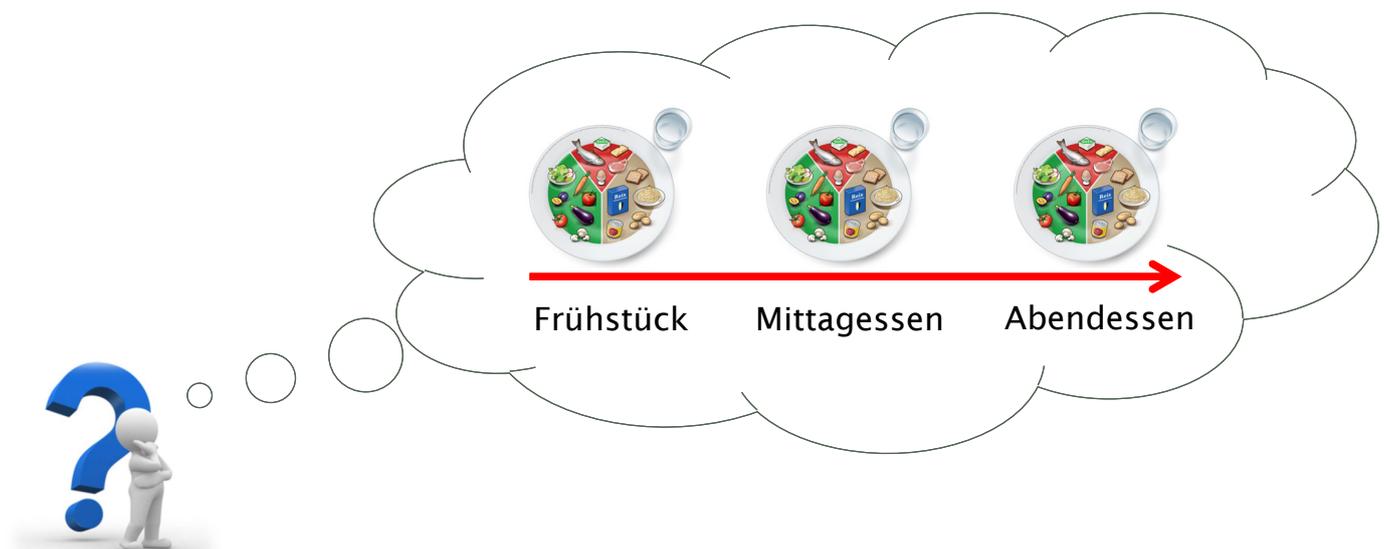


BLV Bulletin, 2021, basierend auf MenuCH Daten

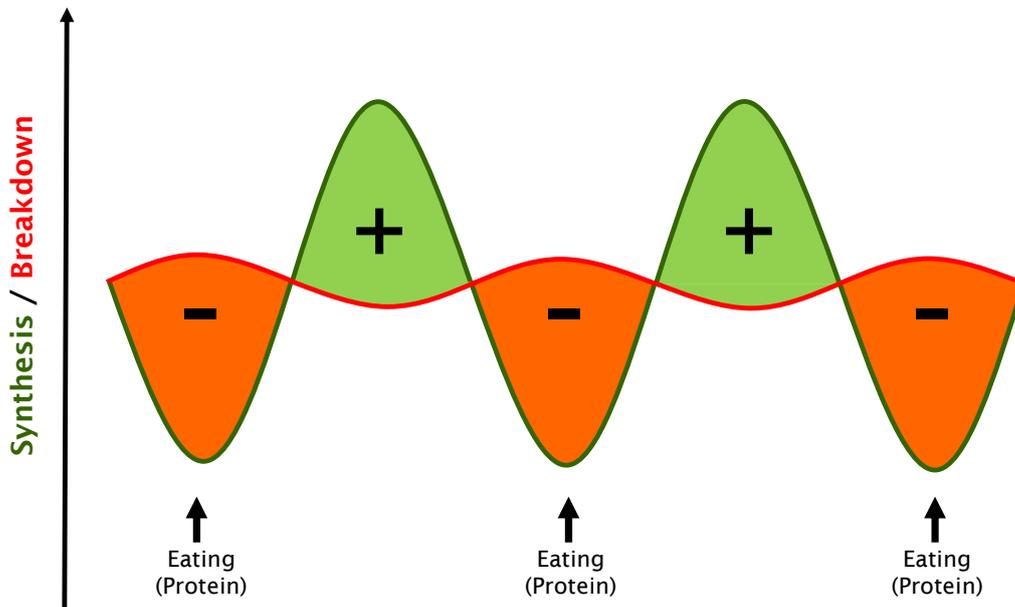
Proteinquellen

- ▶ Verbrauchsdaten und Verzehrdaten (grob):
 - ▶ Ca. ¼ Fleisch und Fleischprodukte
 - ▶ Ca. ¼ Milchprodukte
 - ▶ Ca. ¼ Getreide
 - ▶ Ca. ¼ Rest: (Gemüse, Eier, Hülsenfrüchte, Fisch)
- ▶ Insgesamt
 - ▶ Ca. 60% tierisches Protein
 - ▶ Ca. 40% pflanzliches Protein

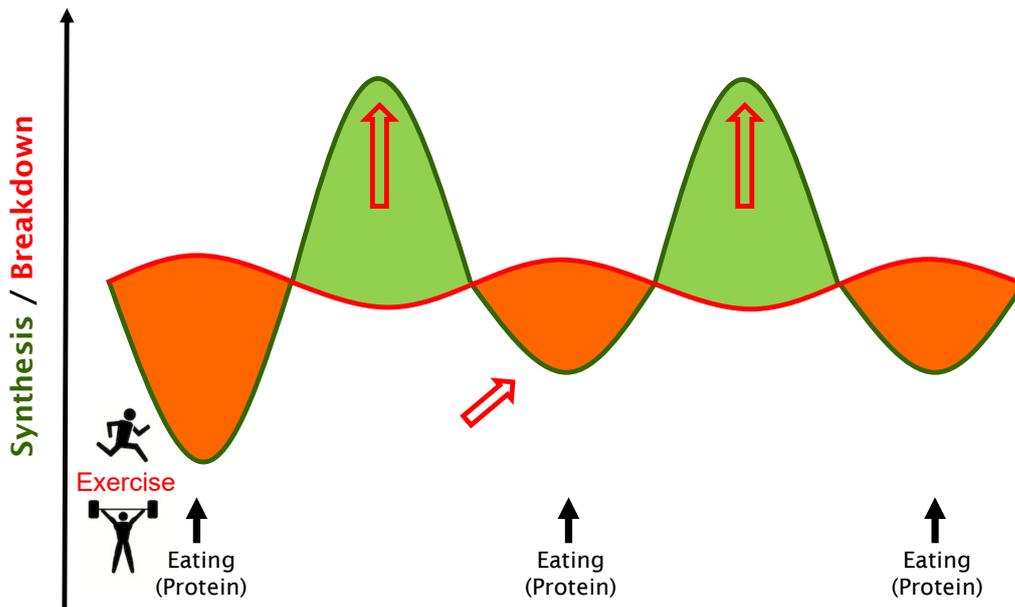
Die Mahlzeitenbetrachtung



Proteinbilanz

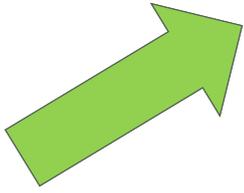


Proteinbilanz



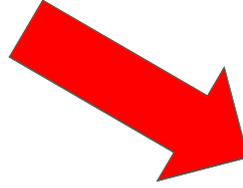
Anabolismus

Anabolismus / Muskelaufbau

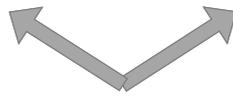


1. Training
2. Ausreichende Energieversorgung
3. Protein (Menge / Qualität)

Atrophie / Muskelabbau

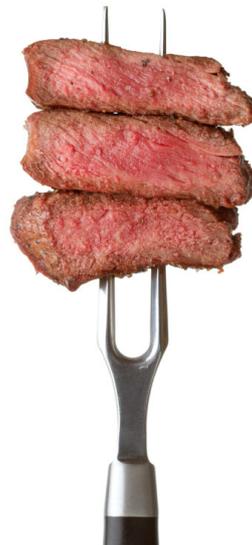


1. Detraining
2. Energierestriktion
3. Ungenügend Protein (Menge/Qualität)



Weitere klinische Aspekte
können beeinflussen

Dose-Response: Wie viel Protein?

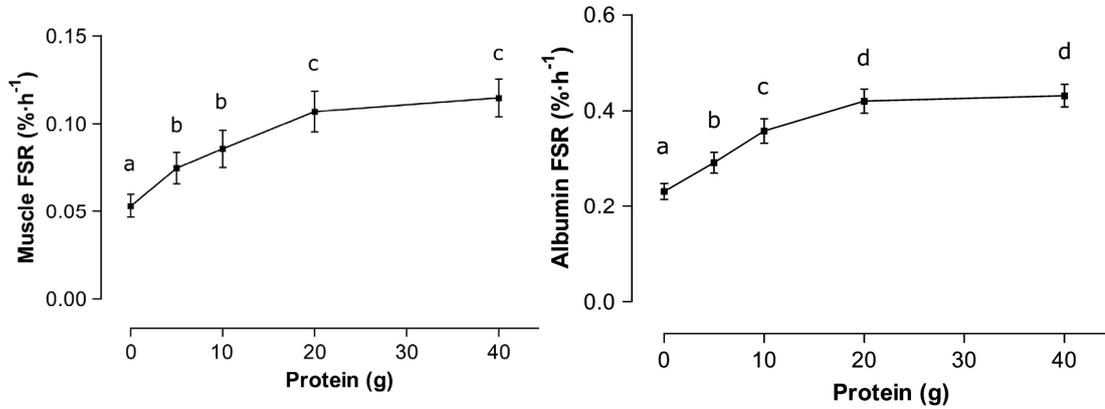


Dose-response pro Mahlzeit bzgl. MPS

Effect of a single post exercise protein dose (egg protein)

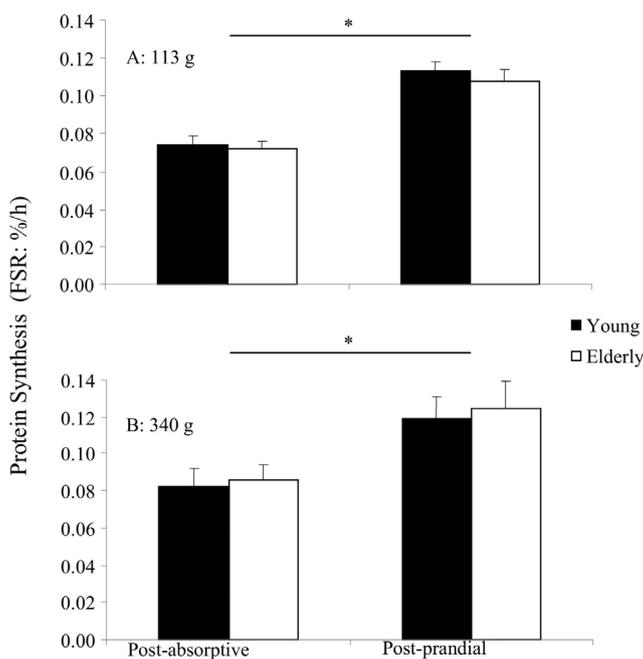
Subjects: young healthy trained men

Measurement time: 4 h



Moore et al, Am J Clin Nutr, 2009

Altersabhängige dose-response



30 g vs. 90 g beef protein

No effect of age
No effect of dosage

Symons et al, Am J Clin Nutr, 2007
Symons et al, J Am Diet Assoc, 2009

Altersabhängige dose-response

healthy young and elderly men
following the ingestion of 20 g protein

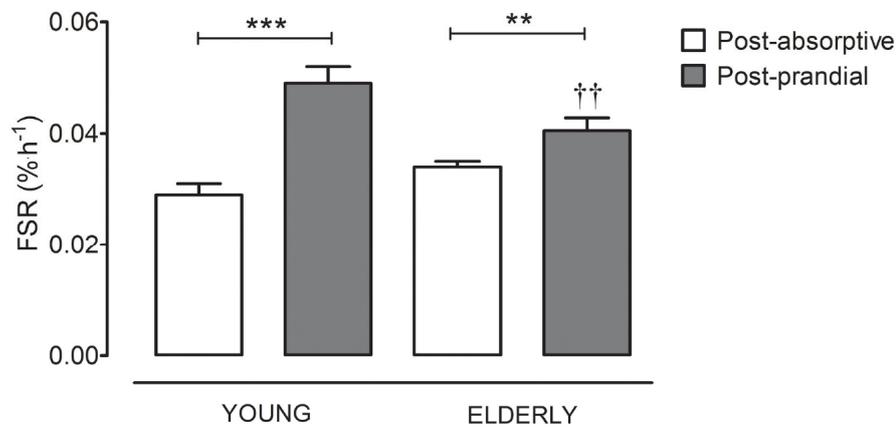


Fig 1. Fractional mixed muscle protein synthesis rates (FSR), calculated using plasma L-[ring-²H₅] phenylalanine enrichments as the precursor pool, in healthy young and elderly men in the post-absorptive state ($n = 34$ young and $n = 72$ elderly) and following the ingestion of 20 g protein (post-prandial; $n = 35$ young and $n = 40$ elderly). Data were analyzed with multiple unpaired t-tests. Significantly different between corresponding post-absorptive and post-prandial values = ** ($P < 0.01$), *** ($P < 0.001$). Significantly different compared to corresponding values in the young = †† ($P < 0.01$).

Wall et al, PLoS One, 2015

Altersabhängige dose-response

Junge Person (gesund, evtl. Sportler/in)

- ▶ 20 g hochwertiges Protein → "near maximal" bis maximale MPS Antwort
- ▶ ~30 g hochwertiges Protein → maximale MPS Antwort

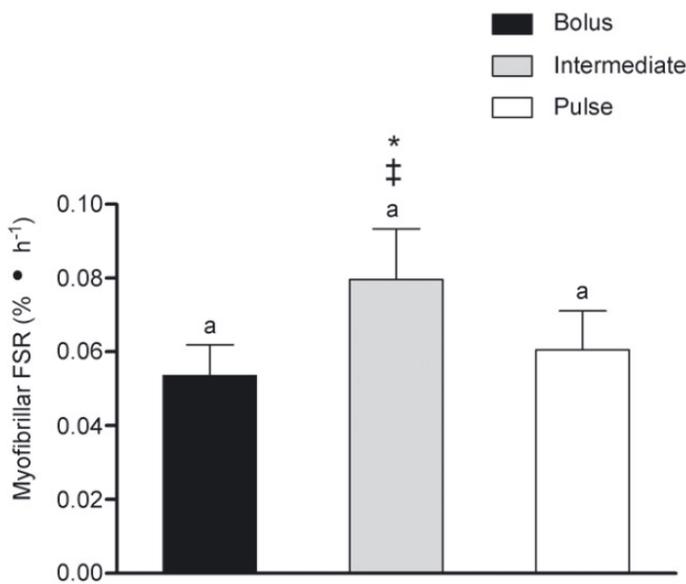
Ältere Person

- ▶ Zunehmende "Anabole Resistenz"
- ▶ 20 g hochwertiges Protein → Marginale MPS Antwort
- ▶ >30 g hochwertiges Protein nötig für robuste MPS Antwort

Starker Interaktionseffekt von Training / PA auf MPS

- ▶ Unabhängig des Alters

Proteinverteilung und Muskelproteinsynthese



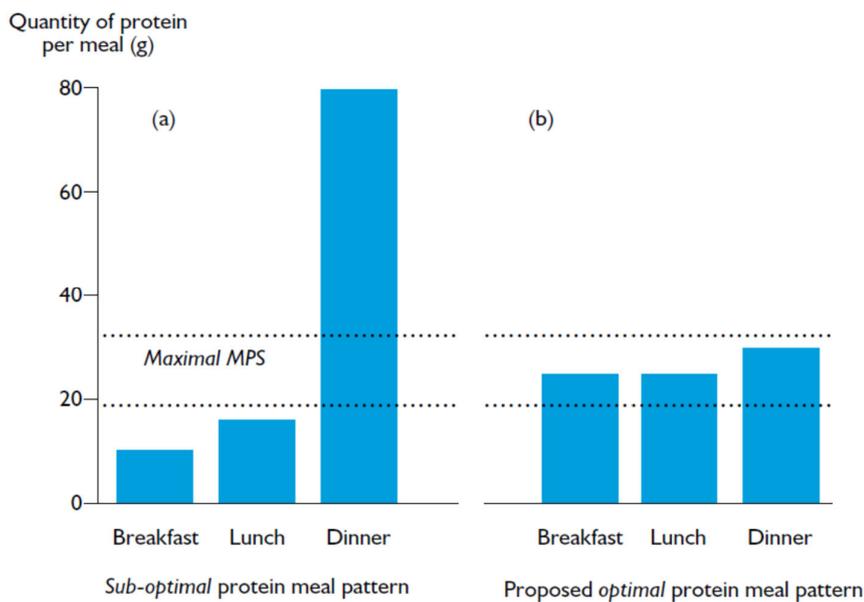
post exercise:	40 g protein
6 h after ex.:	+ 40 g prot.
Total	80 g protein

post exercise:	20 g protein
3 h after ex.:	+ 20 g prot.
6 h after ex.:	+ 20 g prot.
9 h after ex.:	+ 20 g prot.
Total	80 g protein

post exercise:	10 g protein
1.5 h after ex.:	+ 10 g prot.
3.0 h after ex.:	+ 10 g prot.
4.5 h after ex.:	+ 10 g prot.
6.0 h after ex.:	+ 10 g prot.
7.5 h after ex.:	+ 10 g prot.
9.0 h after ex.:	+ 10 g prot.
10.5 h after ex.:	+ 10 g prot.
Total	80 g protein

Areta et al. J Physiol 2013

Proteinverteilung und Muskelproteinsynthese

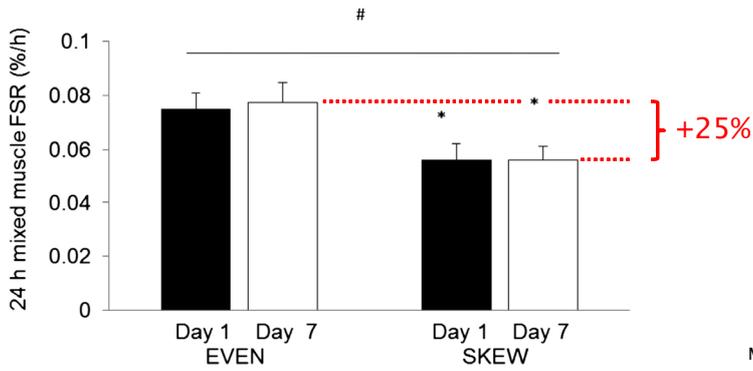


Adapted from Macnaughton & Witard, Sport Exerc Sci, 2014

„Leucine-Threshold“ oder Aktivierung MPS je Mahlzeit

- 1.2 g Protein / d
- 5 M + 3 F
- 25-55 y

	Morgen	Mittag	Abend
EVEN	32 g	30 g	33 g
SKEW	11 g	16 g	63 g



Mamerow et al, J Nutr, 2014

Was für Protein?



Biologische Wertigkeit



Fokus:
Minimalbedarf, bzw.
Minimaler Stickstoffbedarf

Biologische Wertigkeit nach Thomas (1909)

- ▶ Beschreibt, wie effizient Nahrungsprotein in Körperprotein umgewandelt werden kann.
- ▶ Biological Value (BV) = $\frac{\text{Stickstoff-Retention (Körperprotein)[g]}}{\text{Stickstoff-Aufnahme (Nahrungsprotein)[g]}} \times 100$
- ▶ Problem: Wesentlich abhängig von diversen Faktoren, v.a.
 - ▶ Absoluter Proteineinnahme
 - ▶ Energie
 - ▶ Relevant für schnell wachsende Nutztiere
(Erwachsene Person im Gleichgewicht: NettoRetention 0...)

Protein Efficiency Ratio (PER)

- ▶ $PER = \frac{\text{Gewichtszunahme [g]}}{\text{Proteinaufnahme [g]}}$
- ▶ Wichtiges Mass in der Tierzucht
(z.B. schnell wachsende Nutztiere)
- ▶ Im Humanbereich keine wesentliche Bedeutung

Biologischen Wertigkeit nach Kofranyi

- ▶ Experimentell: **Minimalzufuhr** für eine Proteinquelle, damit **ausgeglichene Stickstoffbilanz** möglich ist.
- ▶ Referenzprotein: Vollei: BV=100
- ▶ $BV = \frac{\text{Minimaler Proteinbedarf Referenzprotein [g/kg/d]}}{\text{Minimaler Proteinbedarf Testprotein [g/kg/d]}} \times 100$
- ▶ Bsp.: Mit Eiprotein... werden 0.50 g/kg/d benötigt
Mit Bohnenprotein... werden 0.68 g/kg/d benötigt
BV von Bohnenprotein = $50/68 = 73$

Chemical Score: Nicht-experimentelle Bewertungssysteme

- ▶ Prinzip: Aminosäuregehalt im Testprotein relativ zum Referenzprotein (üblicherweise Ei)

$$\text{Aminosäureverhältnis} = \frac{\text{Aminosäuregehalt im Testprotein [mg/g]}}{\text{Aminosäuregehalt im Referenzprotein [mg/g]}}$$

- ▶ **Chemical Score = Tiefstes Aminosäureverhältnis einer essentiellen Aminosäure (erstlimitierende AS)**

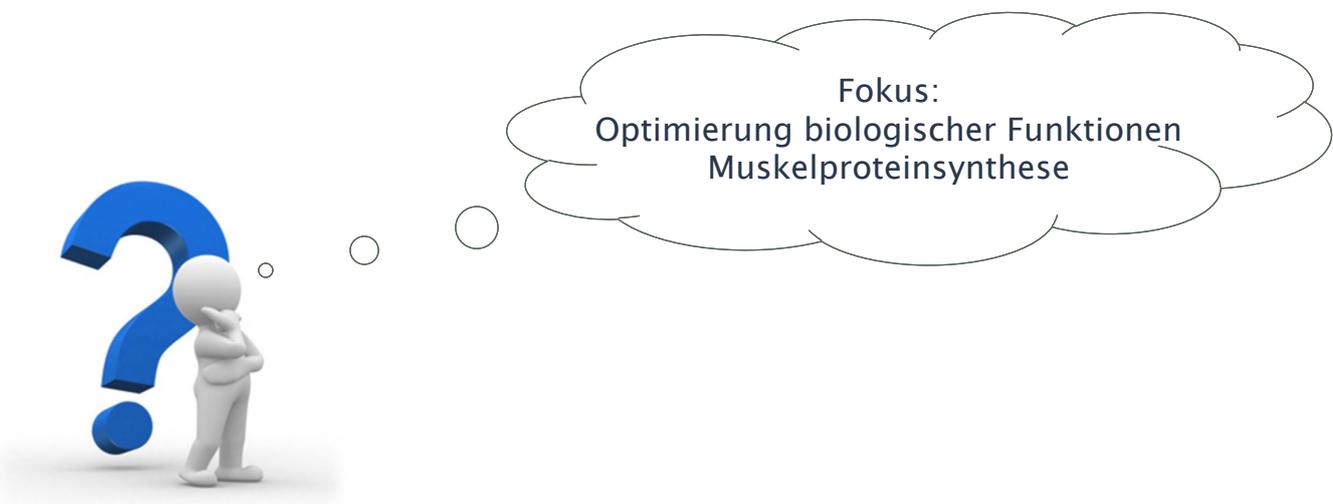
PDCAAS / DIAAS

- ▶ **Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score (PDCAAS)**
 - ▶ Im Grundsatz: PDCAAS = Chemical Score x Verdaulichkeit
 - ▶ FAO/WHO (1989).
- ▶ **Digestible Indispensable Amino Acid Score (DIAAS)**
 - ▶ FAO/WHO (2013)
 - ▶ Beruht auf ilealer Verdaubarkeit
 - ▶ Begrenzung auf 1.0 aufgehoben
 - ▶ Besseres Referenzprotein
- ▶ Exakte Interpretation: Ein DIAAS Score von 100 bedeutet, dass bei einer Proteinaufnahme von 0.66 g/kg/d von jeder essentiellen Aminosäure mindestens 100% des Bedarfs aufgenommen wird.

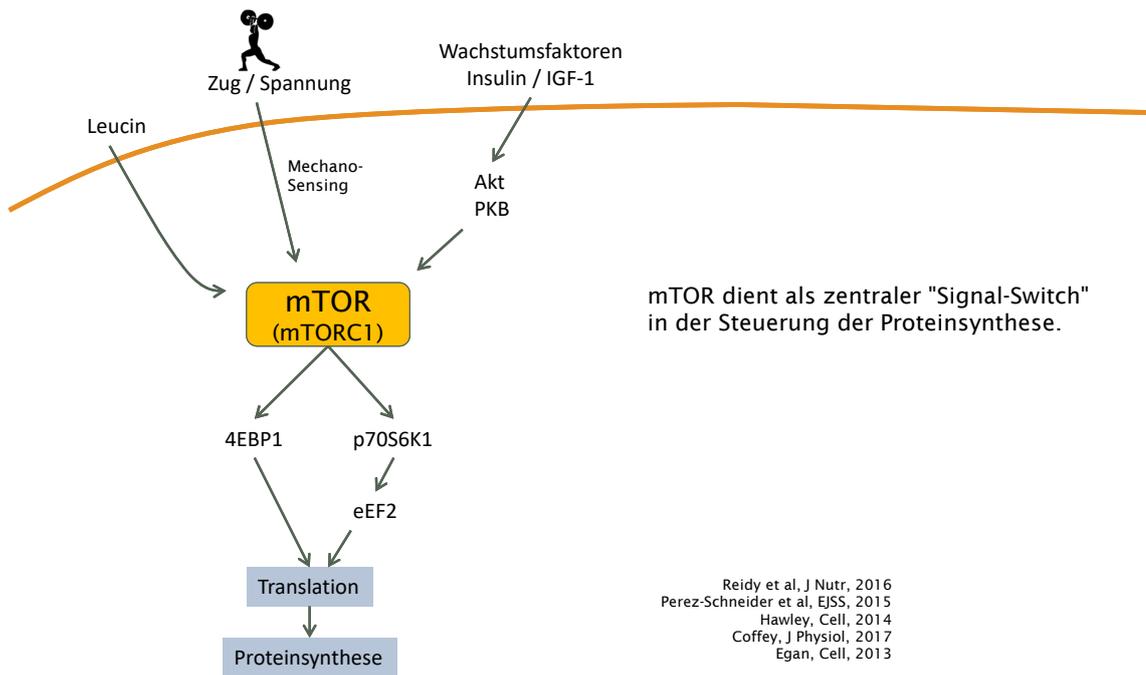
Relevanz der Scoring-Systeme?

- ▶ Vermutlich gewisse Relevanz für Minimalbedarfs-Fragen
- ▶ Biologische Funktionen (z.B. MPS) können aber nur bedingt durch Scores erklärt werden

Biologische Wertigkeit

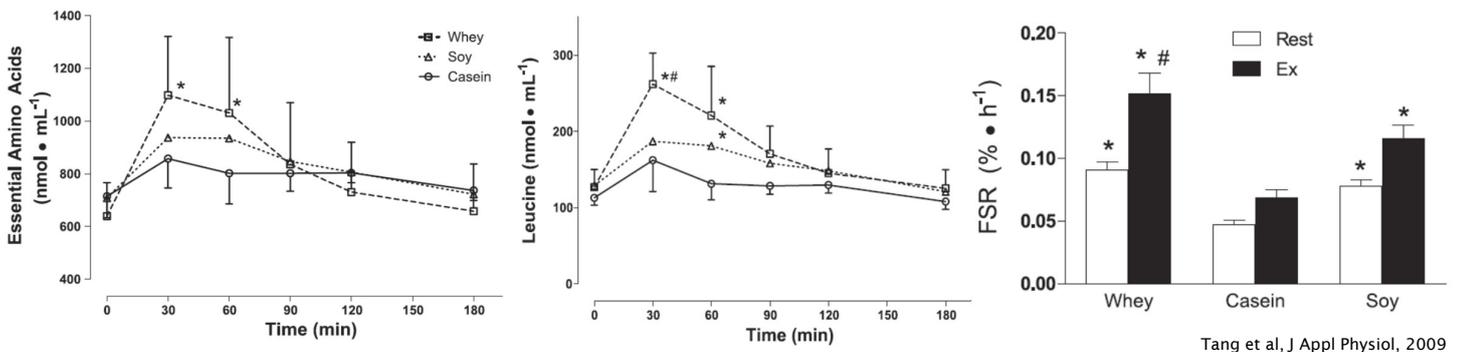


Leucin als Signal-Aminosäure



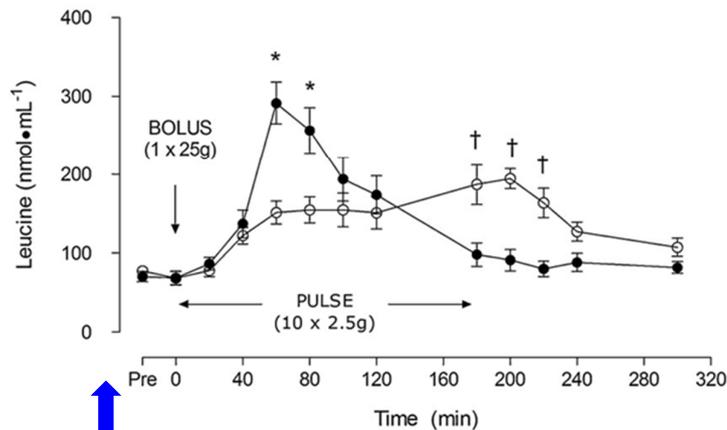
Aminosäurekinetik

~22 g whey, casein or soy protein
At rest or after resistance exercise

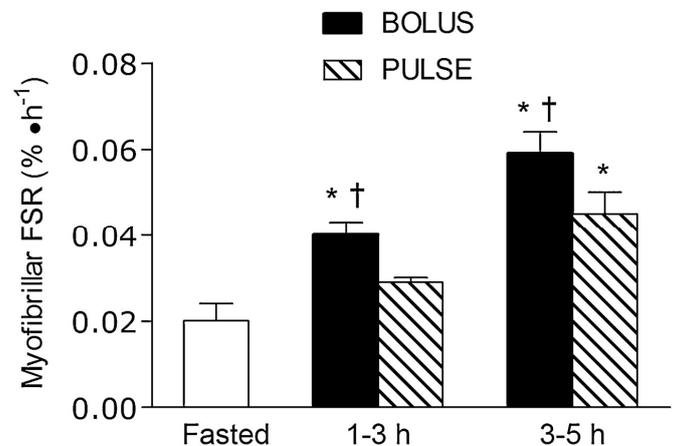


Aminosäurekinetik (slow-fast)

Bolus: 1x 25 g whey
Pulse: 10x 2.5 g whey



8 x 8-10 reps leg extension



West et al, Am J Clin Nutr, 2011

Geht es um Soja vs. Milch oder um Leucindosierung?

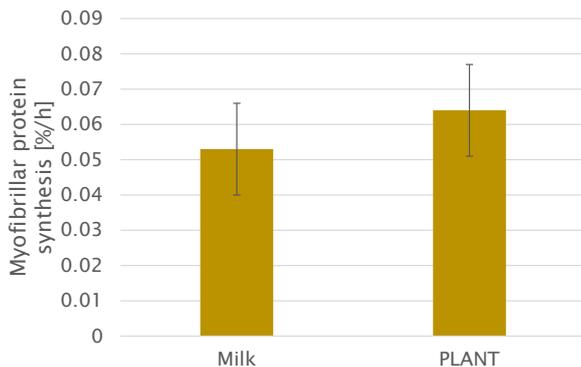
- ▶ Werden geringere Proteinmengen verglichen (z.B. 20 g oder weniger, entsprechend <1.8 g Leucin).
 - ▶ Milchproteine zeigen erhöhte MPS response
- ▶ Werden höhere Proteinmengen verglichen (z.B. >25-30 g)
 - ▶ Kein Unterschied Milch ↔ Soja hinsichtlich MPS
- ▶ *.... these data suggest that protein type is likely irrelevant if a high-quality protein is ingested at a dose that stimulates the leucine threshold for that protein.*

Bei Jungen!

Reidy & Rasmussen, J Nutr, 2016

Pflanzliches vs. Milchprotein

- ▶ 24 gesunde junge Männer
- ▶ 30 g Protein
 - ▶ Milch vs.
 - ▶ Pflanzenproteinmischung (Weizen, Mais, Erpse) (→identische Leucinmenge)

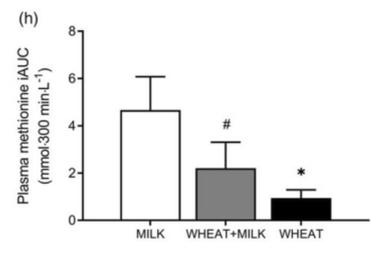
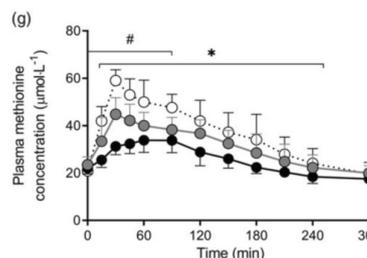
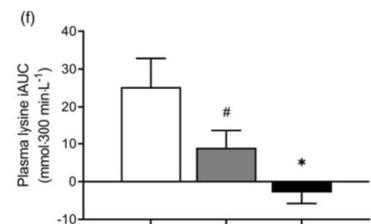
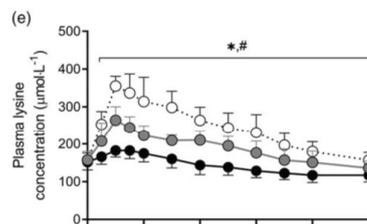
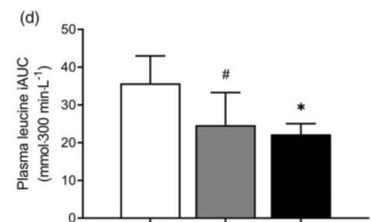
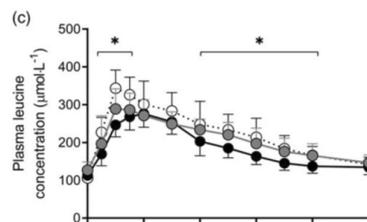
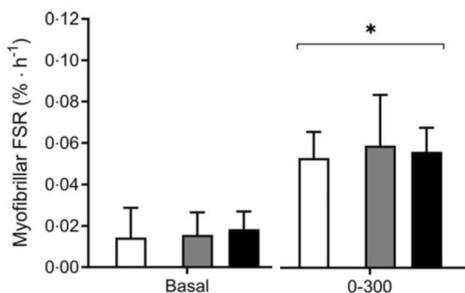


- ▶ Kein Unterschied in MPS response
- ▶ Bei genügend Protein und keiner limitierenden AS → Pflanzliches Protein dürfte äquivalent sein zu Milch oder Molke.

Pinckaers et al, Curr Develop Nutr, 2021

Milch vs. Weizenprotein

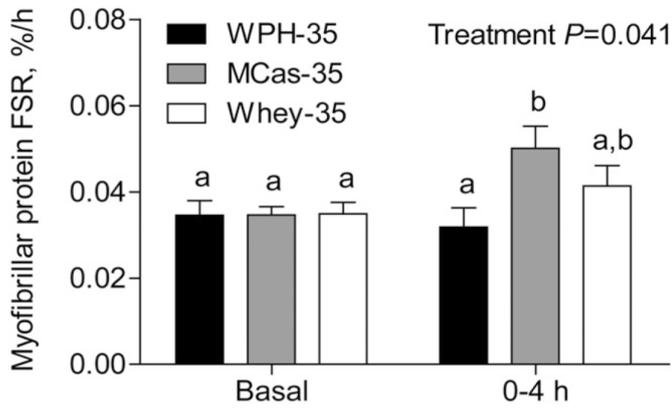
- ▶ Gesunde junge aktive Männer
- ▶ 35 g Protein:
 - ▶ Milch
 - ▶ Weizen + Milch
 - ▶ Weizen



Pinckaers et al, Brit J Nutr, 2021

Milch vs. Weizenprotein

- ▶ Ältere Männer (71 y)
- ▶ 35 g Protein
 - ▶ Weizen (hydrolysed)
 - ▶ Casein
 - ▶ Molke
- ▶ Keine signifikante MPS-response mit 35 g Weizenprotein
- ▶ "Kompensation" wenn 60 g Weizenprotein verwendet
- ▶ Was könnte den Unterschied zur vorherigen Studie erklären?

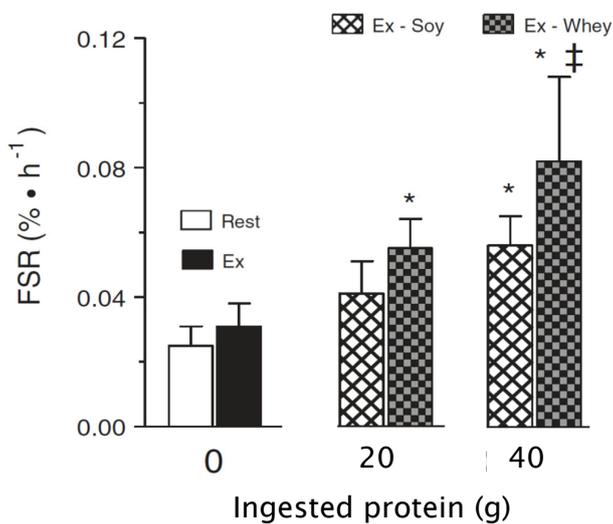


Gorissen et al, J Nutr, 2016

37

Milch vs. Soja

- ▶ Ältere Männer (71 y)
- ▶ 20 or 40 g Soja/Weizen-protein
- ▶ Erhöhte "Dosis" Sojaprotein kann reduzierte MPS-response gegenüber Molke nicht kompensieren

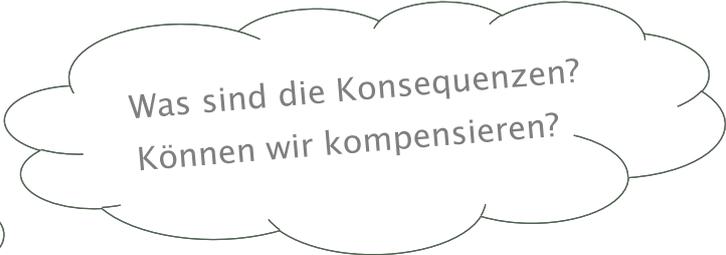


Yang et al, Nutr Metab, 2012

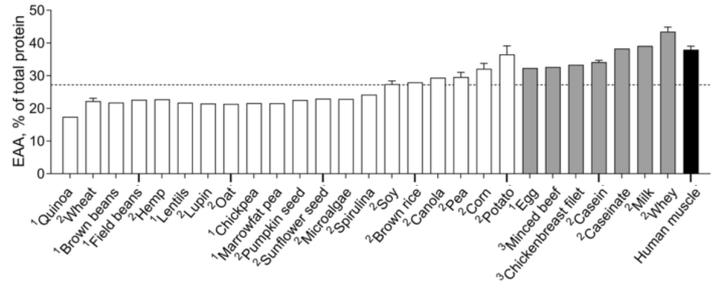
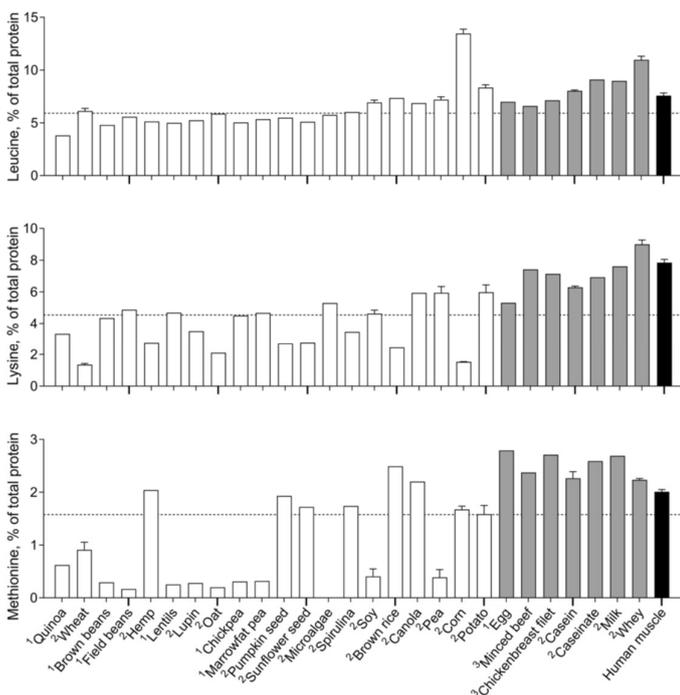
38

Herausforderungen mit pflanzlichem Protein

- ▶ Im Vergleich zu tierischem Protein, generell:
 - ▶ Tieferer Gehalt EAA
 - ▶ Tieferer Gehalt einzelner EAA (limitierende Aminosäuren)
 - ▶ Tiefere "Proteindichte"
 - ▶ Tiefere Verdaulichkeit ("Proteinverfügbarkeit")



Aminosäureprofile pflanzlicher und tierischer Proteine



Pinckaers et al, Sports Med, 2021

Wie Proteine mit tieferem anabolem Potential kompensieren?

- ▶ In jüngeren (trainierten) Personen
 - ▶ Fast maximale MPS Aktivierung mit ~20 g high quality Protein (oder ~0.25 g/kg BM)
 - ▶ Häufig (etwas) reduzierte MPS-response mit 20 g pflanzlichem Protein
 - ▶ Maximale MPS response mit ≥30 g Protein
 - ▶ Bei hohen Dosen (e.g. 30-40 g pro MZ) äquivalente Response, auch mit weniger hochwertigem Protein
- ▶ Bei Älteren (mit anaboler Resistenz)
 - ▶ Nur bedingte MPS response mit ~20 g Protein (selbst bei hoher Proteinqualität)
 - ▶ Mind. 30 g high quality Protein benötigt für robuste MPS Aktivierung
 - ▶ Reduzierte MPS Aktivierung mit nicht hochwertigem Protein (z.B. Soja/Weizen)
 - ▶ Optimale Mischungen von Pflanzenproteinisolate vermutlich gleichwertig

Proteinisolate vs. Normale Lebensmittel

- ▶ Normale Lebensmittel (als Proteinquelle)
 - ▶ Verlangsamte Absorptionskinetik → Vermutlich leicht höhere Mengen nötig
- ▶ Ileale Verdaubarkeit von tierischem Protein: 95%+
- ▶ Ileale Verdaubarkeit von pflanzlichen und tierischen Proteinisolate: Hoch (~95%+)
 - ▶ z.B. Milch- vs. Pflanzenproteinshake
- ▶ **Ileale Verdaubarkeit von pflanzlichem Protein aus Nahrungsmitteln: z.B.:**
 - ▶ ~56-74% für Kichererbsen, Bohnen, Erbsten
 - ▶ ~70-90% für Mais, Brot, Getreide
 - ▶ Bei pflanzlichem Protein aus normalen LM wird ca. 30%? mehr Protein benötigt für vergleichbare Proteinbioverfügbarkeit.

Evenepoel et al, J Nutr, 1998
Gilani et al, J AOAC Int, 2005
Kashyap et al, Am J Clin Nutr, 2019
Devi et al, Am J Clin Nutr, 2018

Herausforderungen mit pflanzlichem Protein

Tiefere "Proteindichte" (im Vergleich zu tierischen Quellen), betreffend

- ▶ Nahrungsvolumen
- ▶ Nahrungsgewicht
- ▶ kcal

Besser "kompensierbar" für junge aktive Personen

- ▶ "Anabole Sensitivität" gut
- ▶ Energiebedarf hoch → Nahrungsmenge hoch → ausreichend Protein

Kritischer für ältere (inaktivere) Personen

- ▶ "Anabole Resistenz" kombiniert mit weniger Nahrung
- ▶ Wenn proteindichte LM fehlen erhöhtes Risiko für Proteinmangel (Menge/Qualität)
- ▶ Vor allem erschwert: MZ für MZ Versorgung mit Protein

Herausforderungen mit pflanzlichem Protein

- ▶ 3 dl Kuhmilch: ~11 g Protein (high quality)
- ▶ 3 dl Haferdrink: ~1.5 g Protein (low quality)

- ▶ Frühstücksmüsli + 3 dl Milch → ca. 20 g Protein (hohe Qualität)
8-10 g Getreideprotein
- ▶ + 3 dl Haferdrink → ca. 10 g Protein (tiefe Qualität)

Zusammenfassung

- ▶ **Proteinversorgung:**
 - ▶ Täglich: minimal 0.8 g/kg/d (optimale Zufuhr aber höher)
 - ▶ **Mahlzeitenbetrachtung**
 - ▶ Dose-Response je MZ
 - ▶ # Mahlzeiten mit ausreichend Protein als wichtiger Parameter
 - ▶ Training/Energie/Protein als zentrale Effektoren betreffen Muskelproteinsynthese
 - ▶ **Biologische Funktionen wie MPS, abhängig von**
 - ▶ Proteinmenge je MZ
 - ▶ Proteinqualität je MZ (Leucinkinetik, Bolusmenge, ...)
 - ▶ Training/PA/Alter → Anabole Sensitivität/Resistenz
 - ▶ **Verschiedene Systeme der Wertigkeit**
 - ▶ Primär relevant für Minimalbedarf
 - ▶ Für biologische Funktionen wie MPS sind viele weitere Faktoren relevant
 - ▶ **Mögliche Herausforderungen bei pflanzlichem Protein**
 - ▶ Tiefere Wertigkeit und Proteindichte in Lebensmitteln
 - ▶ Tiefere Verdaubarkeit aus LM (Bioverfügbarkeit)
 - ▶ Relevante Frage: Wie gut kann kompensiert werden?
 - ▶ Pflanzliches und tierisches Protein ergänzen sich gut.