

Tab. 21: Einfluß von Rauhfutter und Kraftfutter auf Verdauungsvorgänge im Darmkanal des Pferdes

	Rauhfutter	Kraftfutter
Dauer der Futteraufnahme	lang	kurz
Einspeichelung	stark	gering
Trockensubstanzgehalt der Futterbissen (%)	~ 20	~ 40
Füllung des Magens	langsam	schnell
Füllungsgrad des Magens, temporär	mäßig	mäßig bis stark, je nach Futtermenge
Trockensubstanzgehalt des Mageninhalts (%)	~ 20	30-40
pH-Wert-Senkung Mageninhalt, Pyloruszone	ausgeprägt	verzögert oder nicht
mikrobielle Aktivität im Magen und Dünndarm	moderat	evtl. hoch
Dickdarmfüllung mit Wasser, Natrium, Chlor	zunehmend	abnehmend
Säurebildung Dickdarm	kontinuierlich, moderat	diskontinuierlich, bei hohen Futtermengen pro Mahlzeit erheblich (Abb. 37)
Kottrockensubstanz (%)	20	20-45

der Verdauung sehr unterschiedlich. Daher sind ihre wesentlichen Effekte in Tabelle 21 nochmals zusammenfassend aufgeführt. Sie müssen bei der Rationsgestaltung, aber auch Fütterungstechnik berücksichtigt werden, um eine optimale Verwertung des Futters zu erreichen und Störungen im Verdauungskanal zu vermeiden.

3 Verdaulichkeit der Futtermittel

Als scheinbar verdaut gilt derjenige Teil des Futters, der nicht wieder mit dem Kot ausgeschieden wird. Diese Menge entspricht annähernd – nicht vollständig – dem Futteranteil, der über die Darmwand ins Körperinnere gelangt. Bei den üblichen Verfahren der Verdaulichkeitsbestimmung kann jedoch nicht ermittelt werden, in welchem Abschnitt des Verdauungskanals das Futter verdaut wurde. Je höher der Anteil, der bereits vor dem Dickdarm zerlegt und absorbiert wird, um so günstiger ist die Ausnutzung der verdauten Futterenergie (geringere Energieverluste durch Gasbildung und Wärme infolge mikrobieller Umsetzungen), und um so gerin-

ger ist bei mikrobiell schnell zerlegbaren Futterkomponenten (Stärke, Zucker) das Risiko für Fehlgärungen im Dickdarm.

Zur Charakterisierung der Verdaulichkeit eines Futtermittels wird im allgemeinen die Verdaulichkeit seiner organischen Substanz herangezogen. Soll die verd. Energie eines Futtermittels berechnet werden, so muß die Verdaulichkeit der einzelnen energiehaltigen Inhaltsstoffe (Rohprotein, Rohfaser, Rohfett, stickstofffreie Extraktstoffe) bekannt sein (s. Tab. II, Anhang).

Die Verdaulichkeit der organischen Futtersubstanz variiert bei verschiedenen Futtermitteln erheblich. (Tab. 17). Stroh wird z. B. nur zu 33 % verdaut, die Rübe dagegen zu rd. 85 %. Diese weite Spanne ist von zahlreichen Faktoren abhängig, besonders von der Zusammensetzung der Futtermittel sowie von physiologischen und psychischen Bedingungen beim Tier.

Von den Futtereigenschaften sind Rohfaseranteil und Zerkleinerungsgrad besonders wichtig. Dabei kommt der Rohfaser der größte Einfluß zu. Generell gilt:

Je höher der Rohfasergehalt eines Futtermittels, desto geringer seine Verdaulichkeit.

Da Rohfaser kein einheitlicher Stoff ist (Tab. 10), bleibt ergänzend festzustellen: Je größer der Anteil der Holz- und Korkstoffe in der Rohfaser, desto geringer ist die Verdaulichkeit, da diese – auch durch Mikroorganismen nicht aufschließbaren – Substanzen die übrigen Nährstoffe teilweise hüllenartig umschließen und den Zugang der körpereigenen oder mikrobiellen Verdauungsenzyme erschweren.

Andererseits können Futtermittel, deren Rohfaser überwiegend aus den mikrobiell gut abbaubaren Pektinen besteht (z. B. Trockenschnitzel), hochverdaulich sein.

Der Einfluß des Rohfasergehalts im Futter (% in der Futtertrockensubstanz: X) auf die Verdaulichkeit der organischen Futtersubstanz (Y; %) läßt sich nach ZEYNER (1995) allgemein nach der Formel

$$Y = 85,4 - 0,78 X$$

schätzen, allerdings mit einem Fehler bis 7,6 %. Bei einem Futtermittel mit 10 % Rohfaser in der Trockensubstanz ist im Mittel mit einer Verdaulichkeit der organischen Substanz von $Y = 85,4 - 7,8 = \sim 78\%$ zu rechnen.

Von der geschätzten Abnahme in der Verdaulichkeit der organischen Substanz gibt es jedoch – wie der Fehler bereits andeutet – erhebliche Abweichungen. So wird z. B. die organische Substanz von Trockenschnitzeln bei einem Rohfasergehalt von 20 % (in der TS) zu 82 % verdaut (Erwartungswert 70 %), während die vom Weizenstroh auf 33 % abfällt (Erwartungswert 53 %).

Eine wesentlich genauere Beurteilung für die Verdaulichkeit der organischen Substanz (Y, %) ist möglich, wenn der Ligningehalt im Futtermittel (ADL) bekannt ist. Mit der Formel

$$Y (\%) = 90,1 - 6,49 X \quad (X = \text{ADL, \% der TS})$$

wird der Schätzfehler auf 3,5 % gesenkt. Leider liegen über den ADL-Gehalt der wichtigsten Pferdefuttermittel kaum Analysen vor.

Die übrigen Futterkomponenten beeinflussen die Verdaulichkeit im Vergleich zur Rohfaser nur wenig. Der Wassergehalt in der

Gesamtration ist primär ohne Bedeutung. Bei extrem wasserreichem, jungem Grünfutter ebenso wie bei stark suppigem Futter kann die präzäkale Verdaulichkeit abfallen, vermutlich infolge geringerer Kautätigkeit und rascherer Passage von Magen und Dünndarm. Bei kleinen Getreidekörnern (Milo-corn, Weizen) wird die Verdaulichkeit durch Quetschen oder Schroten mit Sicherheit verbessert, da sie sonst evtl. unzerkaut abgeschluckt werden. Die zahlreichen Untersuchungen über die Verdaulichkeit von heilem oder geschrotetem bzw. gequetschtem Hafer zeigten bei Pferden mit intaktem Gebiß immer wieder, daß die Gesamtverdaulichkeit nicht verändert wurde. Dies gilt auch für die Verdaulichkeit bis zum Ende des Dünndarms (Tab. 17), so daß bei gesunden Pferden das Quetschen von Hafer nicht notwendig ist.

Pferde mit noch nicht voll entwickeltem Gebiß (Fohlen bis zu 3^{1/2} Jahren; s. S. 19), mit Zahnschäden oder Tiere, die hastig fressen und entsprechend wenig kauen, verdauen zerkleinerte Haferkörner besser. Zu feine Vermahlung ist jedoch unzweckmäßig, da neben verstärkter Staubbildung Verklumpungen oder Verkleisterungen im Magen auftreten können.

Die Stärke anderer Getreidearten (Mais, Gerste) wird bis zum Ende des Dünndarms nur unvollkommen verdaut (Tab. 17), so daß eine feine Vermahlung oder eine Behandlung mit feuchter Wärme angezeigt ist. Das gilt auch für die Stärke von Knollen (Kartoffeln, Maniok).

Die Verdaulichkeit von Rauhfutter ist wegen des höheren Rohfaser- bzw. Ligningehaltes geringer als von Krippenfutter. Zerkleinertes Rauhfutter wird schneller gefressen, aber nicht besser verdaut; bei Pulverisierung nimmt die Verdaulichkeit infolge beschleunigter Passage des Dickdarms sogar ab. Von Fohlen wird Rauhfutter schlechter verdaut wegen der zunächst nur unvollkommenen Ausbildung der Backenzähne und des Dickdarms.

Durch Pelletieren von Rauhfutter wird die Verdaulichkeit nicht wesentlich verändert, bis auf einen Rückgang der Rohfaserverdau-

Tab. 22: Durchschnittliche Verwertung der mit dem Futter aufgenommenen Mengenelemente und endogene Verluste

	Kalzium	Phosphor	Magnesium	Natrium	Kalium	Chlor
Verwertung (%)	60 ¹⁾	40 ²⁾	35	90	80	100
endogene Verluste (mg/kg LM/Tag)	30	12	5	18	40	2-5

¹⁾ bei hohem P-Angebot Verwertung tiefer
²⁾ Verdaulichkeit anorganischer P-Verbindungen höher, von Phytinsäure niedriger
nach SCHRIVER u. HINZ 1972; GÜRER 1985; MEYER 1986; COENEN 1992

lichkeit (bis zu 15 %), der mit der obengenannten rascheren Darmpassage von feingemahlenem Rauhfutter im Zusammenhang steht.

Die Gesamtfuttermenge beeinflusst die Verdaulichkeit offenbar nur dann, wenn zu große Mengen pro Mahlzeit aufgenommen werden. Die Kombination von Rauhfutter mit Kraftfutter vermindert nicht die Verdaulichkeit der im Kraftfutter enthaltenen Futterinhaltsstoffe.

Von den einzelnen Bestandteilen des Futters erreichen die *N-freien Extraktstoffe* (Stärke und Zucker) die höchste Verdaulichkeit (90 % und mehr), sofern sie nicht von rohfaserreichen Zellwandbestandteilen umschlossen sind. Beim *Rohprotein*, das im Mittel hohe Verdaulichkeitswerte erreicht, ist vor allem die Höhe der präzökalen Verdaulichkeit zu beachten (Tab. 17), da nur die in diesem Darmabschnitt absorbierten essentiellen Aminosäuren für das Pferd von Nutzen sind (s. S. 27). Die Verdaulichkeit der *Rohfaser* kann zwischen 10 und 60 % schwanken, je nach ihrer Zusammensetzung. Je höher der Gehalt an Holz- und Korkstoffen (z. B. in Stroh, Getreidespelzen, überständigem Gras), desto schlechter wird die Rohfaser verdaut, während reine Zellulose und Pektine bei ungestörter Tätigkeit der Dickdarm-

bakterien ähnlich gut aufgeschlossen werden wie die übrigen Kohlenhydrate. Durch höhere Stärkeanteile in der Ration wird die Verdaulichkeit von Rohfaser nicht verändert.

Die in der Regel angegebenen niedrigen Verdaulichkeitswerte für *Fette* sind häufig methodisch bedingt, da bei absolut geringen Fettanteilen in der Ration die endogene Fettsekretion bzw. -synthese eine geringe Fettverdaulichkeit vortäuscht. Bei höheren Fettzulagen (pflanzliche Öle, tierische Fette; bis 15 % in der Ration) wurden jedoch Verdaulichkeitswerte bis 90 % erreicht.

Zwischen einzelnen Pferden kommen bei gleicher Futtermenge Unterschiede in der Futterverdaulichkeit vor. Sie können bedingt sein durch das Freßverhalten (ungenügendes Kauen), Gebißschäden, erhöhte Peristaltik, Unterschiede in der Enzymproduktion oder Erkrankungen im Magen/Darm-Trakt (Kattarrhe, Parasitenbefall, Sandablagerungen usw.). Werden Pferde gemeinsam an einer Krippe gefüttert, kann die durch Futterneid bedingte hastige Futteraufnahme die Verdaulichkeit senken.

Die Verdauungsvorgänge werden auch durch körperliche Beanspruchung der Pferde beeinflusst. Leichte, nicht anstrengende Bewegung nach der Futteraufnahme (ohne Reiter) fördert die Verdauungstätigkeit. Stär-

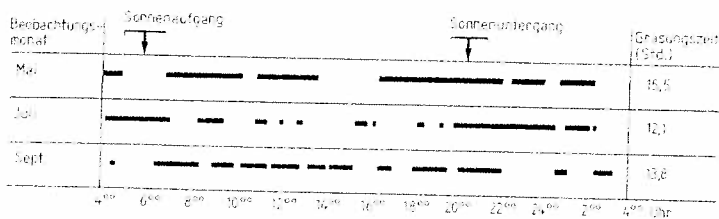


Abb. 13: Rhythmus der Nahrungsaufnahme bei Weidepferden. ■ Graspasungsphasen (nach KRULL 1984)

kere, strapazierende körperliche Belastungen nach der Futteraufnahme, besonders rasche Bewegungen beeinträchtigen dagegen die Verdauung und führen zu geringerer Futtermittelausnutzung. Unruhe im Pferdestall nach dem Füttern wirkt in die gleiche Richtung.

Die wahre Absorption der Mineralien ist – wie oben gezeigt – mit konventionellen Methoden nicht sicher zu erfassen. Da jedoch bei der Berechnung von Bedarfswerten die Ausnutzung der mit dem Futter zugeführten Mineralien bekannt sein muß, wurden Schätzwerte für die Verwertungsrate formuliert (Tab. 22). Die Verwertungsrate variiert erheblich in Abhängigkeit von Leistung, Alter der Tiere, Futterbegleitstoffen oder Höhe der Zufuhr.

4 Futteraufnahme und ihre Regulation

Unter natürlichen Bedingungen nimmt das Pferd seine Nahrung in kleinen Portionen über Tag und Nacht verteilt auf. Sowohl verwilderte Pferde in freier Natur als auch Weidpferde sind täglich 12–18 Std. mit der Nahrungsaufnahme beschäftigt in Abhängigkeit vom Futterangebot. Die Verteilung der Tag- und Nachtaktivitäten wird u. a. von der Tagtemperatur bestimmt. Die Grasungsphasen sind durch relativ kurze Pausen unterbrochen, maximal 2 Std. (Abb. 13).

Steht Pferden im Stall ad lib. Futter zur Verfügung, so ist eine ähnliche Rhythmik zu beobachten, selbst bei konzentrierten Futtermitteln. Wurde Mischfutter zur freien Verfügung angeboten, teilten sich die Pferde das Gesamtfutter in täglich etwa 10 Mahlzeiten auf. Dabei lag die Futtermenge pro Mahlzeit niemals über 0,25 kg/100 kg LM.

Bei der Regulation der Futteraufnahme sind lang- und kurzfristig wirkende Steuerungsfaktoren zu unterscheiden: langfristig im Hinblick auf die Erhaltung der Lebendmasse, kurzfristig für Beginn und Beendigung einer Mahlzeit. Beide Vorgänge reagieren auf Signale aus der Peripherie und

werden zentral gesteuert (Futteraufnahmezentrum im Zwischenhirn).

Langfristig versucht der Organismus, im Energiegleichgewicht zu bleiben, d. h. eine bestimmte Lebendmasse zu erhalten. Beobachtungen bei kleinen Haustieren zeigen, daß vermutlich von den energiespeichernden Geweben nervale (durch Veränderung der Zellgröße) oder auch humorale Reize ausgehen, die ihrerseits die zentralen Stellen der Futteraufnahme beeinflussen. Beim Hauspferd fehlen bisher gezielte Untersuchungen über die Regulation des Energiebestandes im Körper. Beachtenswert ist jedoch, daß durch Angebot von Futtermitteln, die nicht im Spektrum der Wildpferde vorkamen (Krippenfutter), durch Änderungen des Futteraufnahme-Rhythmus (längere Intervalle zwischen den Mahlzeiten), aber auch durch die meistens fehlenden Futteralternativen die unter natürlichen Bedingungen effektiven Regelmechanismen möglicherweise nicht immer voll greifen.

Das Normalgewicht ausgewachsener Tiere wird u. a. durch die Fettspeicherkapazität bestimmt, die bei Extensivrasen höher zu liegen scheint als bei Leistungsrasen. Wird zusätzlich Energie benötigt, z. B. bei tiefen Temperaturen, körperlicher Arbeit oder während der Laktation, so muß zur Erhaltung der Körpersubstanz vermehrt Futter, d. h. Energie aufgenommen werden, um den Energiebestand im Körper konstant zu halten. Bei wachsenden Tieren besteht ein zusätzliches Futteraufnahmebedürfnis, solange die Ansatzkapazität für Eiweiß und Fett noch nicht erschöpft ist.

Die aufgenommene Futtermenge wird auch durch die Energiedichte bestimmt: geht sie zurück, steigt die Futtermengenaufnahme und umgekehrt, nach einer Anpassungsphase, die bis zu 2 Wochen dauern kann.

Wird nicht zu konzentriertes Futter (älteres Gras, Raufutter) angeboten, funktioniert das Regulationssystem zur Konstanterhaltung der Lebendmasse nahezu perfekt. Bei überwiegend konzentriertem Futter, selbst bei jungem, hochverdaulichem Gras ist dagegen bei disponierten Tieren eine übermäßige Energieaufnahme festzustellen.

Tab. 23: Mittlere und maximal mögliche Aufnahme an Futtertrockensubstanz von Pferden (Angaben in % der Lebendmasse)

Rassen	mittlere Aufnahme ¹⁾						
	Erhaltung	Arbeit	Hochträchtigkeit	Laktation	3.-6.	Wachstum 7.-12. Monat	13.-24.
kleine	1,3-1,6	1,8-2,9	1,9-2,1	2,4-3,0	2,8-3,2	2,6-3,0	2,1-2,5
mittlere	1,2-1,4	1,5-2,4	1,6-1,8	2,0-2,5	2,0-2,5	1,8-2,2	1,6-1,8
große	1,0-1,3	1,3-2,2	1,3-1,6	1,7-2,3	1,6-2,2	1,6-2,0	1,3-1,7

Rassen	maximale Aufnahme ²⁾	
	Erhaltung ³⁾	Leistung Bewegung, Laktation, Wachstum ⁴⁾
kleine	2,5	3,5
mittlere	2,0	3,0
große	1,5-2,0	2,5-3,0

¹⁾ nach GEH 1994
²⁾ nach BOULOR 1987
³⁾ bei abgemagerten Pferden auch mehr
⁴⁾ Saugfohlen auch mehr

verbunden mit verstärktem Fettansatz. Danach scheinen bei diesen Pferden die von den Fettzellen ausgehenden Signale nicht auszureichen, um eine übermäßige Fettspeicherung zu verhindern.

Für die Erklärung der kurzfristigen Regulation, d. h. Beginn und Beendigung der Mahlzeiten, ist vorzuschicken, daß nach Untersuchungen bei anderen Spezies über das Futteraufnahmezentrum ständig das Bedürfnis zum Fressen aufrechterhalten, jedoch durch verschiedene Faktoren gehemmt wird. Pferde fasten freiwillig selten länger als 3-4 Stunden.

Für Beginn und Beendigung der Mahlzeiten sind Eigenschaften des Futters, Signale aus dem Verdauungskanal, evtl. der Stoffumsatz in verschiedenen Geweben, aber auch physische und psychische Einflüsse von Bedeutung.

Vor dem Fressen wird bereits die Geruchsqualität des Futters registriert: Dumpfer, schimmeliger Geruch oder sonstige Fremdgerüche können die Futteraufnahme erheblich beeinträchtigen. Auch bitter schmeckende Futtermittel (z. B. Mineralien, Roggen) werden weniger gut aufgenommen. Positiv wirken dagegen die Geschmacksqualitäten süß (Melasse, Zuckerschnitzel) und bis zu einem gewissen Grad auch salzig (Vieh-

salz, Lecksteine). Rohrzuckerlösungen in Konzentrationen von 12,5-100 g/l wurden destilliertem Wasser vorgezogen. Salzlösungen waren bis zu einer Konzentration von 6,3 g/l indifferent, erst bei höheren Konzentrationen wurden sie abgelehnt. Über den Einfluß taktiler Reize liegen nur Erfahrungen zur Futterstruktur vor. So wird z. B. härteres Heu (stengelreich) lieber gefressen als zu weiches, blattreiches Material; staubiges Futter wird nur zögernd aufgenommen. Weidegras mit über 14 % TS sowie Maissilage über 25 % TS werden in höheren Mengen gefressen als wasserreiches Material, vermutlich weil auch hier ein Konsistenzeffekt vorliegt.

Von den Getreidekörnern hat Hafer die höchste Präferenz, gefolgt von Mais und Gerste, während Roggen und Weizen die geringste Akzeptanz aufweisen. Bei Fohlen vermögen eiweißreiche Rationen die Gesamtfutteraufnahme zu erhöhen.

Von den hemmenden Signalen aus dem Verdauungskanal sind solche, die mit Kauen und Schlucken zusammenhängen, vermutlich die wichtigsten. Bei faserreichen, strukturierten Futtermitteln kann nicht ausgeschlossen werden, daß über eine Ermüdung der Kaumuskulatur die auftretenden Pausen in der Futteraufnahme (Abb. 13) mitbedingt werden. Dafür spricht auch die Beobach-

Fut
tung
tera
ode
erhö
bis zFi
zeDer
Deh
Füll
So k
faser
wirdKo
fu
gr
zeiDer
aus c
(Am
oder
bische
zentr
allern
Darn
cher
mit l
stung

tung, daß nach Erleichterung der Rauhfut-
 teraufnahme durch Häckseln, Pulverisieren
 oder Pelletieren die Gesamtfutteraufnahme
 erheblich gesteigert werden kann, bei Fohlen
 bis zu 50 %. Daher:

Für Rauhfutter ausreichend lange Freß-
 zeiten vorsehen.

Der Magen des Pferdes verfügt über keine
 Dehnungsrezeptoren, die bei übermäßiger
 Füllung die Nahrungsaufnahme blockieren.
 So kann Krippenfutter, evtl. aber auch junges,
 faserarmes Gras, das rasch aufgenommen
 wird, eine Magentüberladung provozieren.

Konzentrierte Futtermittel (Krippen-
 futter, evtl. auch junges Gras) stets in be-
 grenzten Mengen (pro Tag und Mahl-
 zeit) füttern.

Der Einfluß verschiedener Abbauprodukte
 aus der Nahrung im Dünn- oder Dickdarm
 (Aminosäuren, Fettsäuren), die osmotisch
 oder auf anderen Wegen wirken können, ist
 bisher nicht hinreichend geklärt. Hohe Kon-
 zentrationen an flüchtigen Fettsäuren, vor
 allem auch an Milchsäure (Abb. 6) im
 Darmchymus scheinen die Futteraufnahme
 eher zu dämpfen. Die nach Überfütterung
 mit konzentrierten Futtermitteln bei Lei-
 stungspferden gelegentlich von Tag zu Tag

schwankende Futteraufnahme („Sauerwer-
 dens“) könnte auf höheren Konzentrationen
 an organischen Säuren im Dünn- oder Dick-
 darm beruhen. Andererseits ist der Gluko-
 seumsatz im Gehirn (glukostatische Steue-
 rung) bei Pferden offenbar ohne spezifi-
 schen Einfluß auf die Futteraufnahme.

Letztlich sind auch physische und psychi-
 sche Einflüsse für das Freßverhalten bestim-
 mend. Krankheiten aller Art, besonders an
 Zähnen, Zunge und Schlund, wirken sich
 nachteilig auf die Futteraufnahme aus, des-
 gleichen eine allgemeine starke Erschöp-
 fung oder Überhitzung (nach Rennen,
 Jagden bzw. bei hohen Umgebungstempora-
 turen). Ungenügende Futteraufnahme kann
 auch durch Nährstoffmängel in der Ration
 bedingt sein, besonders durch eine Unter-
 versorgung mit B-Vitaminen (gestörte Syn-
 theseleistung im Dickdarm), Vitamin E, Na-
 trium und Eiweiß. Ein Wassermangel wirkt
 ähnlich. Positiv wird die Futteraufnahme der
 Tiere beeinflußt durch Gewöhnung an Fut-
 ter, Umgebung und Tierpfleger sowie durch
 die gemeinsame Haltung von mehreren Tie-
 ren (soziale Stimulation; s. auch S. 173).

Die *Aufnahmekapazität* für die *Futter-
 Trockensubstanz* (Tab. 23) variiert in Ab-
 hängigkeit von der Größe der Tiere und der
 geforderten Leistung, vor allem aber auch
 von der Zubereitung der Futtermittel. Sie
 liegt – außer bei Zuchtpferden – in der Regel
 erheblich höher als die durchschnittliche
 Futtertrockensubstanzaufnahme.