

2 Einblick in die Literatur

2.1 Extensiv bewirtschaftetes Grünland

2.1.1 Literaturübersicht zu Grünland-Extensivierung und Weidenutzung

Zahlreiche Studien und Veröffentlichungen thematisieren die Extensivierung von Grünland, seine Vegetation, Erträge, Qualitäten sowie (Weide-)Nutzung und daraus resultierende tierische Leistungen. Da diese Materie sehr weitläufig und disziplinübergreifend ist und der Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit auf der Futterselektion liegt, sei an dieser Stelle lediglich stellvertretend auf einige der entsprechenden Literaturquellen verwiesen:

- Düngung und Grünland allgemein: DYCKMANS (2005), ELSÄSSER (2005), LAIDLAW et al. (2000)
- Vegetation sowie Ertrag bei Grünlandextensivierung: BITTMAN et al. (1997), BRIEMLE (2006a, b), ELSÄSSER (2002), HOFMANN und ISSELSTEIN (2005), KÜHBAUCH et al. (1994)
- Futterqualitäten von Extensivgrünland: KAISER (1998), MEAK (2002), OTTO (1995), PETERHÄNSEL et al. (1994), ROBOWSKY (1997), TITZE und JAKOBS (2004)
- Nutzung bzw. Beweidung von extensiv bzw. ökologisch bewirtschaftetem Grünland: BURGSTALLER (1985), JANS und TROXLER (1996), PRIEBE und ZUBE (1999), SCHMIDT et al. (1999b)
- weidebasierte tierische Leistungen und Qualitäten: ARELOVICH et al. (2003), BÖHLER et al. (2003), CAUSLEY (1989), GALLOWAY et al. (1993), NIELSEN (2003), SCHMIDT und HADENFELDT (1981), VOGEL et al. (1985), WENDT und NEUMANN (1993)
- zum Gesamtkomplex: BRIEMLE (2006a), DYCKMANS et al. (1999), FRANKE und SPATZ (2001), FRIBOURG et al. (1984), HERTWIG und BAECK (2004), PEETERS und JANSSENS (1999), RUMP (1993), SEGERT (2000), STEINHÖFEL und WACKER (2000), YARROW und PENNING (2001)

2.1.2 Kurzer Exkurs zu einigen Pflanzenarten des Grünlandes

NEUBERT (2006) nennt als ertragsstarke, gern gefressene **Futtergräser** Deutsches Weidelgras, Wiesenschwingel, Wiesen-Lieschgras, Wiesen-Rispengras, Knäuelgras und (in Flussauen) Wiesen-Fuchsschwanz. Ein möglichst hoher Anteil von Deutschem Weidelgras im Weidegrünland wird laut mehrerer Autoren angestrebt: Deutsches Weidelgras ist ein hochwertiges und ertragsreiches Futtergras mit hoher Intensität – wenn seine hohen Ansprüche an Wasser- und Nährstoffversorgung erfüllt werden (NEUBERT 2004). Unter den wichtigsten Futtergräsern sei nur dieses, zusammen mit dem Weißklee, einer ständigen Beweidung mit dauerndem Verbiss und Tritt gewachsen. In weidelgrasunsicheren Lagen sollte es regelmäßig nach- bzw. neu eingesät werden (LUCAS 2001, VOIGTLÄNDER und JACOB 1987, ERNST 1983). Auf für Weidelgras weniger geeigneten Standorten (Moor- und Sandböden) bringen laut BAUER und SUCHENWIRTH (1994) Mehrartenmischungen eine größere Sicherheit. Beim Vergleich verschiedener Deutsch Weidelgras-Sorten bei Umtriebsweide mit Färsen (Simmental x Holstein) variieren die Futteraufnahmeleistungen kaum (ORR et al. 2005). Bei tetraploiden Sorten sind die Verdaulichkeit des Aufwuchses sowie die Rate der Kieferbewegungen pro min signifikant höher und die Wiederkäudauer signifikant niedriger als bei diploiden Sorten. Unterschiede in Morphologie (Blattscheide, Blattlänge) und Triebdichte haben dabei keinen generellen Einfluss auf die Futteraufnahmeleistung. Rohr-Schwingel wird auf Weiden nur jung gut gefressen (NEUBERT 2004). Das Gemeine Rispengras breitet sich durch oberflächliche Kriechtriebe (Stolonen) v.a. in Lücken flächig aus und bildet einen „filzigen“, schnell muffig riechenden Bewuchs (ELSÄSSER und BAUMEISTER 2002). Es bevorzugt reiche, frische bis mäßig nasse Böden und versagt in Trockenzeiten fast völlig. Mit den feinen Halmtrieben bringt es meist nur zum ersten Schnitt einen nennenswerten Ertrag.

Für eine gute Narbendichte sind laut SCHUPPENIES und FECHNER (1996) bei Nachsaaten auf Niedermoorgrünland Deutsches Weidelgras und Wiesen-Rispengras wichtig.

Als futterwirtschaftlich **minderwertig** gelten Gemeines und Einjähriges Rispengras, Ruchgras, Rohr-Glanzgras, Flechtstraußgras, Wasser-Schwaden, Seggen-Spezies, Gemeine Quecke (bis 15 %), Spitz- und Breit-Wegerich und Gemeine Schafgarbe (ANONYMUS 1979, HERTWIG und PRIEBE 2006, PIATKOWSKI et al. 1990). ANONYMUS (1979) stuft auch Gemeinen Löwenzahn entsprechend ein. Rasen-Schmiele, Einjähriges Rispengras, Ampferarten, Wiesen-Kerbel, Brennessel und Distel werden als wertlos angesehen (PIATKOWSKI et al. 1990). Teilweise werden die Arten aber sehr unterschiedlich bewertet. Gemeiner Löwenzahn, Spitz-Wegerich und Wiesen-Bärenklau (*Heracleum sphondylium* L.) gelten teilweise auch als gute Futterkräuter (ANONYMUS 2004b). Ab einer bestimmten Besatzdichte werden aber viele Arten

zu Unkräutern. Erwünschte und unerwünschte Arten sowie entsprechende Toleranzgrenzen führt auch MORITZ (1998) auf. Bei Mischverunkrautung wird die Schadschwelle bei zusammen 25 % angegeben (ANONYMUS 2004b). Bei qualitativ hochwertigen Futterbeständen sollten Unkräuter maximal 5 % Ertragsanteil ausmachen (ANONYMUS 1979). Als aus futterbaulicher Sicht qualitativ geringwertiger gelten Bestände mit nur niedrigen Anteilen wertvoller Futtergräser, mehr oder minder stark überständige Bestände sowie verhorstetes Knäuelgras (ANONYMUS 1979). Negativ werden hohe Anteile minderwertiger Arten (z.B. Gemeine Quecke, Gemeines und Einjähriges Rispengras, Ruchgras, Gemeiner Löwenzahn, Breitwegerich), lückige Bestände sowie erhöhte Anteile vergilbten und vertrockneten Pflanzenmaterials bewertet. Auf extensiv bewirtschafteten Rinderweiden breitet sich die Acker-Kratzdistel beträchtlich aus (SCHOLZ 1995). Bei der Ausbreitung des Krausen Ampfers ist das Weidevieh beteiligt. Die Große Brennessel wird hingegen durch Beweidung eingedämmt. Winternässe sowie der Wechsel von Weide und Mahd wirken der Ausbreitung unerwünschter Pflanzen entgegen. Unerwünschte Kräuter und Gräser sollen dabei weniger bekämpft, als vielmehr der angestrebte Bestand durch angepasstes Management gestärkt werden (ELSÄSSER und BAUMEISTER 2002, JACOBS et al. 1999). Empfohlen wird z.B., wenig wertvolle Gräser in jungem Stadium abzuweiden (PIATKOWSKI et al. 1990).

Die Giftigkeit von Pflanzen ist relativ zu bewerten und v.a. abhängig von der aufgenommenen Dosis (BRIEMLE 2002b). Zudem wirken sie ausgesprochen tierartspezifisch. Auf den Versuchsflächen aufgefundene, teils toxisch wirkende Arten waren Scharfer Hahnenfuß, Sumpfschachtelhalm, Wiesen-Schaumkraut (Flächentyp III) sowie Zypressen-Wolfsmilch (am Rand von Fläche 1). Die beiden letztgenannten Arten werden vom Weidevieh ohnehin gemieden (BRIEMLE 2002b).

Die besondere Bedeutung von Leguminosen, insbesondere **Weißklee**, auf extensiveren Weideflächen wird von zahlreichen Autoren (z.B. LAIDLAW und STEEN 1989, SCHEDRINA et al. 2000) herausgestellt.

Weißklee bildet oberirdische Kriechtriebe, wodurch er sich rasch vermehren und schnell in Bestandeslücken hineinwachsen kann (ELSÄSSER und DYCKMANS 2006). Er ist im Bestand sehr ausdauernd und trittverträglich – abgetretene Triebe bilden neue Wurzeln und wachsen weiter. Es werden keine besonderen Ansprüche an den Boden gestellt, doch eine ausreichende Grundnährstoffversorgung (P, K) ist für die N-Bindung wichtig. Weißklee kann sich bei intensiver Nutzung und bei ausreichender Versorgung mit Grundnährstoffen und Kalk auf vielen Standorten ausbreiten. Er weist bei geringen XF-Gehalten eine hohe Verdaulichkeit der organischen Substanz, sowie hohe XP- und (im Vergleich zu Gräsern) Mineralstoffgehalte auf

(ELSÄSSER und DYCKMANS 2006). Dies und die Schmackhaftigkeit steigern die Futterraufnahme durch die Tiere. Bei Weißklee werden keine rasch verholzenden Stängelteile (wie bei Rot-Klee oder Luzerne), sondern nur Blattstiele mit den Blättern genutzt, was eine bessere Futterqualität und hohe Nutzungselastizität bewirkt (siehe auch PFEFFER et al. 1995). In Weißklee-Gras-Gemischen werden – auch unter N-Düngung – durch den Kleeanteil Mehrerträge erzielt (ELSÄSSER und DYCKMANS 2006).

Auf Flächen mit geringerer N-Düngung stellen LAIDLAW und STEEN (1989) eine höhere Dichte von Wachstumspunkten von Klee, bei höherer N-Düngung aber eine größere Bestockungstriebdichte von Gräsern fest. Bei konventioneller Bewirtschaftung und entsprechend hoher N-Düngung registrieren ERNST und HEITING (1994) nur Weißkleeanteile von 2 % bis 4 %. Gräser treiben im Frühjahr bereits bei niedrigeren Temperaturen wieder aus und haben so gegenüber Weißklee einen Entwicklungsvorsprung (ELSÄSSER und DYCKMANS 2006). Dies führt oft zu geringen Kleeanteilen im ersten Aufwuchs. Weißklee hat hohe Ansprüche an Temperatur und Lichtverhältnisse, weshalb Beschattung allgemein zur Verdrängung aus dem Bestand führen kann. Häufig reagiert er hochempfindlich gegenüber Trockenheit. Auch SÖLTER et al. (2005) verzeichnen bei Trockenheit schwankende Kleeerträge sowie einen völligen Zusammenbruch des Weißkleebestandes (Dürre im Jahr 2003). Gemeiner Hornklee wird im Vergleich zu Rot- und Weißklee hinsichtlich des Ertrages nicht von Trockenheit beeinflusst. Bei Dauerbeweidung durch Rinder und Niederschlägen in der Weidesaison deutlich unter dem Durchschnitt beobachten BRINK und PEDERSON (1993) bei Weißklee geringere durchschnittliche Blattflächen, Ausläufermassen (TS) sowie Dichten der Wachstumspunkte der Stolonen. Auf Umtriebsweiden überleben die Ausläufer generell besser als unter Dauerbeweidung. Mäuse bevorzugen Weißklee, insbesondere die Wurzeln, was zu einem nesterweisen Absterben führen kann (ELSÄSSER und DYCKMANS 2006).

Dass Klee-Gras-Gemische unter Gülledüngung genauso produktiv sein können wie Monokulturen mit hohem mineralischen N-Aufwand, macht LANTINGA (2000) deutlich. Bei stark reduzierter N-Düngung sind auf Grünland relativ hohe Futtererträge möglich, wobei der bei extensiver Bewirtschaftung zunehmende Weißkleeanteil eine enorme Rolle bezüglich Quantität und Qualität des Aufwuchses spielt (ERNST 1996). Um einen Ertragsabfall in der Umstellungsphase der Bewirtschaftung zu mindern, wird zur Beschleunigung der Umstrukturierung des Pflanzenbestandes die Nachsaat von Weißklee empfohlen (PFEFFER et al. 1995). Bei der Erneuerung v.a. von Ökogrünland müssen besonders standortangepasste Leguminosen Berücksichtigung finden (TITZE 1999b). ANONYMUS (2003) betont deren Rolle als Stickstofflieferanten und empfiehlt höhere Saatanteile in Mischungen bis zur Verdopplung

der angegebenen Saatmengen. Einsatz von Rot-Klee bringt zwar im ersten Jahr höhere Futtererträge, hat aber keinen Einfluss auf die tierische Produktivität von einjährigen Bullen. Der Rot-Klee-Anteil geht im nächsten Jahr außerdem wieder erheblich zurück (BRYAN und PRIGGE 1990). Durch Herbstbeweidung hält sich eingesäter Rot-Klee etwa ein Jahr länger im Bestand (PRIGGE et al. 1999).

2.1.3 Fleischqualität bzw. Schlachttierwert von Rindern

Nach WEGENER et al. (1993) wird die Fleischqualität beim Rind weniger durch die Muskelfasergröße und -typenzusammensetzung bestimmt, sondern hauptsächlich durch die mikrostrukturellen Komponenten intramuskuläres Fett (imF; Marmorierung) und Bindegewebe. Das Fett gibt dem Fleisch die geschmacklichen Eigenschaften Saftigkeit, Zartheit und Aroma. Mit zunehmendem Alter steigt der tägliche Fettansatz schneller als der Proteinansatz (GROSSE 1983). Nach WIEGAND et al. (2006) konzentriert sich die Züchtung derzeit auf mageres Rindfleisch. Fett ist aber in einer bestimmten Größenordnung (Fettgewebssklasse 3) ein wichtiger Geschmacksträger und somit auch ein Kennzeichen für Qualitätsrindfleisch. Laut SCHNÄCKEL et al. (2006b) beeinflussen vor allem Gattung und Genotyp den imF maßgeblich. Die ausgebildete Magerfleischqualität bei Weidemast ist nach GROSSE und PAPSTEIN (1991) abhängig von der Weidequalität sowie der Kategorie der Tiere. Demnach liefern Weidemastfärsen gutes Qualitätsfleisch (2,8 % imF mit guter Zartheit, Saftigkeit und Geschmack). Bullen weisen die magersten Schlachtkörper, aber bezüglich des Magerfleisches die schlechteste Qualität auf (imF 0,6 %, unterdurchschnittliche Zartheit).

FRICKH et al. (2002) verzeichneten in einem Mastversuch mit Fleckvieh mit unterschiedlichen Fütterungsintensitäten in der extensiven Variante (nur Grundfutter) hohe imF (Kalbinnen 4,0 %, Ochsen 3,2 %). Stark erhöhte Mastendgewichte brachten bei Weidemastbullen der Rasse Deutsche Schwarzbunte nicht automatisch höhere Fettgehalte (SCHMIDT und HADENFELDT 1981). Dazu war eine verstärkte Energiezufuhr i.d.R. durch Kraftfuttergaben nötig. Weidemast war nach GROSSE und PAPSTEIN (1991) bei Bullen nur in der Vormastphase anzuraten. Bei Ochsen wurde eine Stallnachmast von acht bis zehn Wochen angeraten, um durch Anhebung des imF die Saftigkeit und den Geschmack zu verbessern. Verschiedene Autoren (PAPSTEIN und WENDT 1993, WENDT und NEUMANN 1993, ENDER und AUGUSTINI 1998) raten zu einer intensiven Endmast, da die Tiere mit relativ hohem Muskelfleischansatz nach Weideabtrieb bzw. extensiver Vormast (hoher Grobfuttereinsatz) zu geringe imF sowie Schlachtendgewichte aufweisen.

Tierspezifische Faktoren hinsichtlich des Schlachttierwertes sind nach ENDER und AUGUSTINI (1998) Rasse, Geschlecht und Alter des Tieres. Charolais gelten als großwüchsig mit gut ausgeprägter Muskulatur, sehr guter Ausbeute sowie grobem Knochenbau. Sie zeichnen sich durch eine sehr gute Dicke des Auflagefettes und gute Essqualität aus, wogegen die Marmorierung als befriedigend und die Faserigkeit als verbesserungsbedürftig eingestuft werden. Bezugnehmend auf den Einfluss der Vaterrasse auf die Magerfleischqualitätsmerkmale wird für Charolais-Kreuzungen der imF im *Musculus longissimus* mit 1,2 % angegeben (ENDER und AUGUSTINI 1998). Angus hingegen haben bei sehr guter Marmorierung, Faserigkeit und Essqualität eine verbesserungsbedürftige Dicke des Auflagefettes. Hinsichtlich Rahmen, Muskelausprägung, Ausbeute und Knochenbau werden Deutsche Angus (in vorliegender Arbeit Kreuzungstiere aus Erstkalbenden) mit „gut“ eingeordnet.

Hinsichtlich der Geschmackseigenschaften Zartheit, Saftigkeit und Aroma schneidet Färsenfleisch eindeutig am besten ab. Ochsenfleisch wird zwischen Färse und Jungbulle eingeordnet. Das Fleisch von Ochsen und Färsen aus extensiver Weidemast weist im Vergleich zu dem von Bullen aus intensiver Stallmast zudem eine dunklere Farbe mit höherer Intensität und reinerem Rotton auf (SCHNÄCKEL et al. 2006a). Die Fleischreifung verläuft langsamer. Die Färsen weisen mit 3,24 % einen signifikant höheren imF als die Intensivmastmullen auf, die Ochsen (keine Signifikanzen) nehmen eine mittlere Position ein (SCHNÄCKEL et al. 2006b). Zur Verbesserung der Zartheit wird eine Erhöhung des imF durch eine intensive Nachmastphase angeraten. (weitere Betrachtungen zum Einfluss des Geschlechts siehe Kapitel 5.5 der Ergebnisdiskussion.)

Das **Temperament** von Rindern spielt nicht nur hinsichtlich der Sicherheit des betreuenden Personals eine Rolle, sondern auch im Bezug auf Mastleistungen, Fleischqualität und teilweise Krankheitsanfälligkeit (SWALVE 2006, CRC 2006). Rinder mit ausgeglichenem Temperament erbringen höhere tierische Leistungen (Tageszunahmen, Fruchtbarkeit) sowie bessere Schlachtkörper- und Fleischqualitäten, was sich insgesamt auf die Rentabilität auswirkt. Zur Einstufung des Temperaments (z.B. im Hinblick auf eine positive Selektion von Zuchttieren) können Skalen hinsichtlich der Reaktion bei Gedränge sowie Fluchtgeschwindigkeiten dienen. In Versuchen zeigen Ochsen mit den langsamsten Fluchtgeschwindigkeiten im Vergleich zu den schnellsten Tieren 380 g höhere Lebendtagszunahmen (BURROW 2006). An anderer Stelle wird bei nervösen britischen Rassen (Angus x Hereford bzw. Hereford) von verminderten Zunahmen von 420 g/d sowie signifikant höherer Krankheitsanfälligkeit berichtet. (CRC 2006). Entsprechende Unterschiede sind allgemein bei verschiedensten Rinderrassen zu beobachten. Die genetische Korrelation zwischen Fluchtgeschwindigkeit und diversen

Fleischqualitätsmerkmalen (z.B. Zartheit des Fleisches) ist hoch. Tiere mit den höchsten Fluchtgeschwindigkeiten zeigen bei langen Transporten zudem 5 % höhere Gewichtsverluste als die der Vergleichsgruppe und holen diese Verluste auch langsamer wieder auf. Die Heritabilität des Fluchtverhaltens liegt bei 0,31. BURROW und CORBET (2006) berichten bei Zebus bzw. Zebu-Kreuzungen von einem negativen Einfluss von Behandlungen gegen Endoparasiten (Würmern) auf die Fluchtgeschwindigkeit.

2.2 Futteraufnahme und Futterselektion auf der Weide

2.2.1 Zum Gesamtkomplex

Futteraufnahme und -selektion durch Weidetiere sind sehr komplexe Vorgänge und müssen auch als solche betrachtet werden.

Unter Weidebedingungen haben die Tiere v.a. auf Grund von Witterungseinflüssen und erhöhter Muskelaktivität (Laufen und Fressen) einen erhöhten Nährstoff- und v.a. Energiebedarf (FORBES 1995). Dabei sind Weidetiere bezüglich ihres Verhaltens gewissen Zwängen unterworfen: Sie sind Wetterwechseln ausgesetzt und müssen ihr Futter suchen, bevor sie es aufnehmen können. Kontrovers wird diskutiert, ob die Weidetiere maximale Aufnahmeraten zu erzielen suchen. Die **Futteraufnahme** wird durch Bisszahl und Bissgröße bestimmt. Die Pflanzenmasse je Fläche beeinflusst demnach die Futtermenge, die je Biss aufgenommen werden kann. Die Grasezeit variiert stark und ist unter anderem abhängig von Quantität und Qualität des Futterangebotes sowie dem physiologischen Zustand des Tieres. Bei sehr geringem Aufwuchs kann die Zeit, die das Tier zum Grasens aufwenden kann, die aufgenommene Futtermenge beschränken. Bei einem Rückgang der Aufwuchsmasse auf der Weide registrieren FORBES und HODGSON (1985) eine sinkende Futteraufnahme je Biss. Unterschiede in der botanischen Zusammensetzung des aufgenommenen Futters sind minimal. Die tägliche Aufnahme organischer Substanz verringert sich im Verlauf einer Graseperiode beträchtlich.

Auf tropischen und subtropischen Weiden korreliert die Futteraufnahme direkt mit der Bissmasse (DA SILVA und DE F. CARVALHO 2005). Die Blattcharakteristik, wie z.B. die Länge der Blattspreite, spielen eine wichtige Rolle und beeinflussen die Kurzzeit-Futteraufnahme. Für die Regulierung der Futteraufnahme sind Bestandesstruktur sowie Verhaltensfaktoren von größerer Bedeutung als ernährungsspezifische Faktoren. Grünland der Tropen weist jedoch im Gegensatz zu dem gemäßiger Zonen eine starke vertikale Heterogenität hinsichtlich Dichte, Anteilen der einzelnen Pflanzenteile sowie Nährwert auf. (SOLLENBERGER und BURNS 2001). Der größte Unterschied besteht demnach nicht in der

allgemeinen Bestandeshöhe, sondern in den oberen Schichten mit Blattproportionen und Dichte. In der gemäßigten Zone stehen Bissmasse und Bestandeshöhe in enger Beziehung. In den Beständen der Tropen spielen der Blattanteil, die Blattmasse oder die Grünmasse der oberen Schichten, wie auch die Art und Weise, in der die Blätter den Tieren dargeboten werden bzw. ob und in welcher Form sie vom Tier getrennt von Stängel bzw. Totmaterial aufgenommen werden können eine bedeutendere Rolle.

GRUBER et al. (2001b) weisen auf den Einfluss von Grundfutterqualität, Konservierungsform sowie botanischer Spezies auf die Futteraufnahme hin. Bei Grünfutter werden im Vergleich zu konserviertem Wiesenfutter 1,5 bis 2,0 kg TS höhere Futteraufnahmen durch Milchkühe realisiert. Bei um 1 MJ NEL/kg TS angestiegenen Energiegehalten steigt die Futteraufnahme um 1,2 kg TS. Bei Grünfutter werden zudem Einflüsse anderer Faktoren wie z.B. Umweltbedingungen (nasses Futter durch Regen) mit angeführt. Auch FORBES (1995) verweist auf den Zusammenhang von Trockenmasse-Verdaulichkeit des Futters und Höhe der Futteraufnahme. Mit der Alterung des Pflanzenbestandes sinkt die Verdaulichkeit. Bedingt durch die unterschiedlichen Futterqualitäten bei häufigerer Schnittnutzung steigt die Grundfutteraufnahme bei höherer Nutzungsfrequenz deutlich an (GRUBER et al. 2000).

Weideland weist eine mehr oder weniger große räumliche und zeitliche Variabilität hinsichtlich der Qualität und Verfügbarkeit des Aufwuchses auf (O'REAGAN 2001). Durch **Selektion** versuchen die Tiere, die Aufnahme verdaulicher Nährstoffe und somit die tierischen Leistungen zu optimieren. Dies kann durch angepasstes Weideverhalten wie auch die Nutzung kritischer Ressourcen oder Flächen geschehen. Kurzfristig genutzte, kleinräumige und relativ einfache Strukturen können derzeit bereits recht gut beurteilt werden, wogegen das entsprechende Wissen hinsichtlich großräumiger, komplexer Weideflächen eher gering ist. Auch FORBES (1995) vermutet, dass die Tiere – durch die natürliche Selektion bedingt – Futter effizient aufnehmen: das heißt maximale Futteraufnahme unter Minimierung von Fresszeit, Energieaufwand und der Gefahr, gejagt zu werden. Daher wird angenommen, dass die Tiere Pflanzen mit dem höchsten Energiegehalt (oder anderen begrenzenden Nährstoffen) bevorzugen. Ob eine bestimmte Art bzw. ein spezieller Pflanzenteil selektiert wird, hängt nicht allein von deren speziellen Eigenschaften ab, sondern v.a. auch davon, ob ranghöhere Arten oder Teile verfügbar wären. Faktoren, die das Gras beeinflussen, sind nach BORELL (1994): Spezies, Futterqualität und -menge, Pflanzenzusammensetzung, Jahreszeit, Parasiten/Insekten, das physiologische Stadium, der Tagesrhythmus sowie die Effizienz der Futteraufnahme (in Abhängigkeit von Wachstumszustand der Pflanzen, Körperkondition des Tieres und der Strecke, die vom Tier zurückgelegt werden muss). Futterselektion von Pflanzenfressern allgemein ist nach NEWMAN

et al. (1995a) zum Großteil vom physiologischen Status des Tieres abhängig – von der gespeicherten Energiemenge sowie den Mengen verdaulichen und unverdaulichen Materials in den Eingeweiden. Entsprechend gestalten sich Aufnahmeraten diverser Pflanzenarten, Futteraufnahmeraten sowie die tägliche Gesamtaufnahme. Die Tiere müssen grundsätzlich Gefahren durch Raubtiere sowie Verhungern überleben, um sich schließlich fortpflanzen zu können. Auch BESSEI (2005a) weist darauf hin, dass im Hinblick auf das Verhalten stets auch die Physiologie beachtet werden muss. Hinsichtlich der Futteraufnahme kommt der Frage der Passage dabei eine besondere Rolle zu (ausführlich siehe Kapitel 2.3.2).

In der Fachliteratur finden sich sehr unterschiedliche Angaben zur Beliebtheit einzelner Pflanzenarten. Dies ist auch dadurch bedingt, dass sehr viele Faktoren Schmackhaftigkeit und Beliebtheit beeinflussen. Die Pflanzenpräferenz auf der Weide wird durch Geschmack, Geruch und Aussehen der Pflanzen sowie den Instinkt der Tiere gesteuert (VOISIN 1968). Nach BELL et al. (1979) ist der Geruch der wichtigste Faktor bei der Pflanzenwahl.

Pflanzen weisen außerdem eine große Vielfalt an Verbindungen und Wachstumsformen auf, die den Futterwert für Pflanzenfresser vermindern (verringerte Gehalte an verdaulichen Nährstoffen bzw. Energie wie auch toxische Stoffe) bzw. vom Verbiss abhalten (LAUNCHBAUGH et al. 2001). Die Tiere vermindern zum einen die Aufnahme potenziell gefährlicher Stoffe durch Futterselektion, wobei sie ein hochentwickeltes System zur Einordnung des Nährwertes bzw. der Giftigkeit an Hand des Geschmacks nutzen. Die Selektionsfähigkeiten werden durch bestimmte angepasste Futteraufnahmemuster erhöht, wie z.B. vorsichtiges Probieren neuen Futters, Aufnahme einer variierenden Diät sowie zyklischer, teilweise aussetzender oder vorsichtiger Verzehr. Zum anderen verfügen die Tiere über interne Systeme zur Entgiftung bzw. Tolerierung aufgenommener Phytotoxine (schnelle Ausscheidung, Ausschüttung spezieller Sekrete zur Inaktivierung der Stoffe, Entgiftung durch Pansenmikroben, Toleranzentwicklung etc.). Hinsichtlich des praktischen Managements sollten den Tieren entsprechende frühe Erfahrungen ermöglicht, angemessene Tierarten und Individuen genutzt, Tiere mit entsprechenden Anpassungsmechanismen gezüchtet sowie bestimmtes Futter bzw. Zusatzstoffe zur Unterstützung der Verdauung und Entgiftung dargeboten werden.

FORBES (1995) gibt zu bedenken, dass es sehr schwierig ist, die Futterselektion unter Weidebedingungen zu untersuchen. Daher seien die meisten Versuche auf kleine Flächen, wenige Pflanzenarten und Weidetiere sowie kurze Beweidungszeiten beschränkt. Dies kann jedoch das Graseverhalten der beobachteten Tiere und somit die Ergebnisse der Futterselektion beeinflussen. Auch das Alter der Tiere sowie deren Erfahrungen bzw. Gewöhnung an bestimmtes Futter sind hinsichtlich der Futterselektion wesentlich. Die Methodik spielt bei

Untersuchungen zur Futterselektion daher eine wesentliche Rolle und es ist schwierig, feste Schlussfolgerungen zu ziehen.

2.2.2 Futteraufnahme und Trittwirkung verschiedener Tierarten

Fast alle Tiere haben eine gewisse Futterweisheit, Mangelsituationen durch entsprechende Futterwahl auszugleichen. Auch die Meidung von verunreinigtem Futter und von Geilstellen ist ihnen gemein (SAMBRAUS 1991). Die Tierarten zeigen aber ein unterschiedliches Fressverhalten (BROUWER 1962). Bezüglich der geschmacklichen Vorlieben sind z.B. Gräser mit hartem Stängel vor allem für Pferde, saftreiches Futter eher für Rinder als für Schafe und Gewürzkräuter am besten für letztere geeignet (VOIGTLÄNDER und JACOB 1987). Insgesamt kann durch die Selektion über längere Zeiträume die Vegetationszusammensetzung beeinflusst werden (FORBES 1995).

Die Trittwirkung muss jeweils im Zusammenhang mit Bodenfeuchte, -art und Narbenzustand betrachtet werden. Die Pflanzenarten reagieren darauf auch verschieden (VOIGTLÄNDER und JACOB 1987). Bei unsachgemäßer Weideführung kommt es v.a. in hängigem Gelände leicht zu entsprechenden Schäden und somit Erosion.

Schafe und Ziegen können sehr tief – 3 bis 1,6 cm – beißen und schädigen dadurch die Bestockungszonen der Pflanzen. Dies hat wiederum nachhaltigen Einfluss auf die botanische Zusammensetzung des Pflanzenbestandes. Schafe favorisieren die Spitzen und Blätter der Pflanzen (JOOSSE 1997) und sie bevorzugen süß und sauer (GOATCHER und CHURCH 1970, SZABÒ 1979, 1981, HEROLD und JAVOR 1984). Zudem nehmen sie gern einen Teil der Nahrung in Form von Blättern von Gehölzen auf. BARCSÁK et al. (2000) beobachten bei Schafen eine Futterzusammenstellung aus 36 bis 51 % Gräsern, 28 bis 37 % Kräutern sowie 16 bis 24 % Leguminosen. Ziegen verbeißen bevorzugt Gehölztriebe und sind mindestens ebenso starke Futterselektierer wie Schafe (SAMBRAUS 1991, PORZIG und SAMBRAUS 1991).

Bei guter Weideführung trägt die schwächere Trittbelastung zu untergrasreichen, dichten Narben bei, wobei die leichte Trittverdichtung einen geringeren Besatz mit Grünlandschädlingen bewirkt (VOIGTLÄNDER und JACOB 1987, AID 1997). Für das Weideverhalten der Schafe ist außerdem typisch, dass sie vertraute Orte bevorzugen und entlegene Bereiche der Flächen weniger abweiden (PORZIG und SAMBRAUS 1991).

Pferde verbeißen stärker als Rinder und neigen zu starker Selektion und partiellem Kahlfraß. Geruch und Geschmack spielen für die Akzeptanz oder Ablehnung eine sehr wichtige Rolle. Die entstehenden Bestandesveränderungen führen zu den typischen Pferdeweiden mit groben

Unkräutern. Allgemein zu beachten ist, dass den Kulturrassen mehr oder weniger der Instinkt zur Vermeidung von Giftpflanzen verlorengegangen ist (PORZIG und SAMBRAUS 1991).

Problematisch bei Pferden sind die verhältnismäßig scharfe, zerstörerische Trittwirkung sowie das Koten an festen Plätzen. Dies erfordert einen hohen Pflegeaufwand der Flächen (VOIGTLÄNDER und JACOB 1987, BOBERFELD 1994).

Bei **Rindern** ist hinsichtlich der Futtermittel Kraftfutter, gefolgt von Grünfutter, Silage und Heu am beliebtesten, jedoch wird bei Wahlmöglichkeit nie ausschließlich das beliebteste Futter gefressen (SAMBRAUS 1991). FORBES (1995) verweist darauf, dass Wiederkäuer auch bei ad libitum-Konzentratgaben stets eine gewisse Menge Rauhfutter aufnehmen, obwohl es geringere Energiekonzentrationen aufweist. Nach GOATCHER und CHURCH (1970) sind Rinder sensibel für bitter, sauer, salzig und süß.

Trittverdichtungen sind bis in 10 cm, teilweise sogar 20 cm Bodentiefe feststellbar, wobei Wiesenobergräser und Wiesenkräuter (v.a. Staudenartige) stark geschädigt werden. Untergräser und somit die Narbendichte profitieren davon (VOIGTLÄNDER und JACOB 1987, BOBERFELD 1994).

2.3 Spezifik des Rindes

2.3.1 Anatomie und Futteraufnahme

Zur Futteraufnahme und -zerkleinerung ist beim Rind der Gesichtsschädel (siehe Abb. 1) kräftig entwickelt und bietet einer starken Kaumuskulatur Ansatz. Die Form der Zähne steht in engem Zusammenhang mit der Art der Nahrungsaufnahme und -zerkleinerung, wobei letztere beim

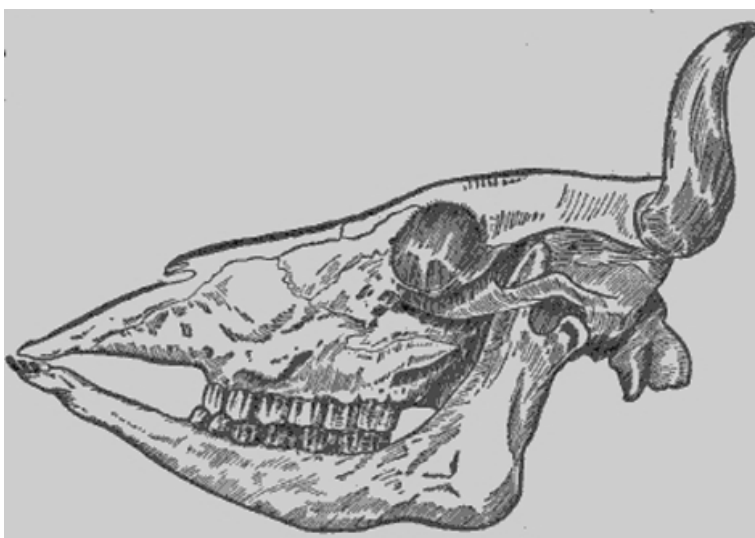


Abb. 1: Schädel und Gebiss des Hausrindes (nach REICHENBACH 1959)

Rind als Pflanzenfresser zermahlend erfolgt. Als Wiederkäuer trägt das Rind im Oberkiefer keine Schneidezähne – aus Zahnfleisch mit stark verhorntem Epithel ist dort eine Kauplatte ausgebildet. Bei den Schneidezähnen des Unterkiefers unterscheidet man die Zangen, die inneren und äußeren Mittelzähne sowie die Eckzähne, die im Laufe der Stammesgeschichte nah an die eigentlichen Schneidezähne herangerückt sind. Sie sind schaufelförmig und sitzen lose in den Alveolen. (LOEFFLER 1994)

Rinder grasen im langsamen Vorwärtsgehen, wobei der Kopf von einer Seite zur anderen geführt wird. Die Zunge ist sehr beweglich. Mit ihr wird ein Pflanzenbüschel umschlungen und ins Maul gezogen. Das Futter wird abgebissen, indem das Tier die Schneidezähne gegen die Dentalplatte des Oberkiefers presst. Dadurch kann das Tier nicht tiefer als 3 cm Bestandeshöhe abweiden. (SAMBRAUS 1991). Auch VOIGTLÄNDER und VOSS (1979) sprechen von höchstens 3 cm Verbisstiefe. PORZIG und SAMBRAUS (1991) geben diese hingegen teilweise mit 8 bis 10 cm an. Bei hoher Vegetation wird laut SAMBRAUS (1991) nur der obere Teil des Stängels erfasst. Rinder üben von allen Weidetieren die schonendste Bisswirkung aus und können kaum Kahlfraß verursachen (SAMBRAUS 1991, PORZIG und SAMBRAUS 1991).

Rinder sind bestrebt, das Futter im Sozialverband aufzunehmen (synchrones Fressverhalten) (PORZIG und SAMBRAUS 1991). Bei Jungrindern (Galloway, Schwarzbuntes Milchrind) auf Niedermoor-Standweiden beobachtet FISCHER (1995) ein fast geradliniges Weiden mit Variationen in der Herdenbreite sowie Laufgeschwindigkeit. Hindernisse wie Abzäunungen oder Distelbestände bedingen Änderungen in der Laufrichtung. Rinder beweiden Flächen insgesamt gleichmäßiger als Schafe, welche „fleckigere“ Koppeln hinterlassen (FORBES und HODGSON 1985).

Im Mittel nehmen laut BARCSÁK et al. (2000) Hereford-Mutterkühe mit 7000 bis 8000 Bissen pro Tag 43 kg Grünfutter auf. Limousin-Kühe (andere Versuchsjahre) verzehren hingegen mit 6000 bis 7000 Bissen 47 kg pro Tag. LACA et al. (1992b) befinden in speziell arrangierten Graseversuchen mit Rindern die visuelle Bisszählung als inakkurat, da die Tiere in der Lage sind, mit der selben Maulbewegung gleichzeitig bereits aufgenommenes Futter zu kauen und Neues aufzunehmen. Viele Maulbewegungen „bewegen“ nur den Aufwuchs, ohne zu beißen oder zu kauen.

Die Dimension des Bisses beim Rind ergibt sich aus der physischen Interaktion zwischen relativ festen Bewegungsmustern (wie z.B. Zungenschwung und Maulbewegung) und der Vegetationsstruktur (LACA et al. 1992b). Nach Untersuchungen von LACA et al. (1992a) mit Ochsen (750 kg LM) sinkt die mittlere Bissfläche (linear) mit verringerter Bestandesdichte und steigt (quadratisch) mit der Bestandeshöhe. In hohen Narben erreicht die Bissfläche ein Plateau

von 170 cm², welches durch die umschlingende Bewegung der Zunge bestimmt wird. Die Bissdimension (Höhe) steigt mit der Höhe des Aufwuchses an. Auf Grund des kompensatorischen Effektes zwischen Bissfläche, Bisstiefe und Dichte variiert das Bissgewicht weniger als die Bissdimensionierung. In hohen, dünnen Beständen werden größere Bissgewichte als in kurzen dichten Narben (bei gleicher Masse pro Fläche) erzielt.

McLEOD et al. (1990) weisen auf die Bedeutung der Kauaktivität bei der Bewältigung unterschiedlichen Futters mit sehr verschiedenen chemischen und morphologischen Eigenschaften hin. Bei Grobfutter sehen EHLE und STERN (1984) das Kauen als den wichtigsten größenreduzierenden Prozess.

In Fütterungsversuchen mit einer Hirseart (*Panicum maximum*) und Faselbohne (*Lablab purpureus*) ist nach McLEOD et al. (1990) die freiwillige Futteraufnahme von Blattteilen höher als von Stängelmateriale und die der Leguminose höher als bei Hirse. Eine Ursache könnte die geringere Aufnahme großer Partikel bei Bohnenblättern im Vergleich zu Hirseblättern sein, bedingt durch das geringere Volumen von Zellwandmaterial bei der Leguminose. Die höhere Aufnahme von Bohnen-Stängelmateriale scheint verglichen mit Hirse mit der einfacheren Zersetzung beim Wiederkauen in Zusammenhang zu stehen. Bei der Futteraufnahme werden bei Blattmaterial mehr Bisse als bei Stängelmateriale registriert, wogegen die Zahl der Wiederkauschläge nicht differiert. Große Blattfraktionen werden beim Fressen auch mit deutlich weniger Kauschlägen je Masse zerkleinert als grobes Stängelmateriale. Das Gleiche gilt für die Bohne im Vergleich zur Hirse. Beim Wiederkauen widerstehen große Hirsepartikel der Zerkleinerung länger als beim Fressen, bei der Leguminose jedoch kürzer. Dies unterstreicht die unterschiedliche Zersetzung großer Partikel in faserreichem Futter, was ein längeres Wiederkauen erfordert (7h/d). SHAVER et al. (1988) registrieren bei Holstein-Kühen, die als Grobfutterkomponente in der Ration Heu (unterschiedliche Entwicklungsstadien von Luzerne bzw. reifer Trespe) bzw. Maissilage erhalten, für Trespe eine höhere Verweildauer im Pansen als für Luzerne vor der Blüte. Die Trockenmasseaufnahme beträgt bei Maissilage und Luzerne vor der Blüte im Durchschnitt 4 % des Körpergewichtes und ist bei Trespe und Luzerne in voller Blüte niedriger. Die Verdaulichkeit der organischen Substanz bei Luzerne ist in voller Blüte um 7,5 % geringer als vor der Blüte. Bei Untersuchungen mit Schafen beobachten ROBLES et al. (1981) mit steigender Zellwandkonzentration im Futter rückläufige Tendenzen hinsichtlich Trockenmasseaufnahme, Aufnahme verdaulicher Energie und Ausscheidungsrate. Im gleichen Zuge steigen Zellwandaufnahme, Pansenvolumen und Verweildauer. Es scheint, dass die Tiere bei sinkender Aufnahme verdaulicher Energie dies durch höheres Panseninhaltsvolumen, mehr Zellwandmaterial des Panseninhalts und eine sinkende Passagerate auszugleichen suchen. Mit

steigender Zellwandkonzentration offenbare sich die Begrenzung unverdaulichen Zellwandmaterials in einem sinkendem Niveau von Futter- und Energieaufnahme.

2.3.2 Zur Passage des Futters

Da die Nahrung von Pflanzenfressern gewöhnlich relativ unverdaulich und massereich ist, sind Schwankungen in Verdauungskapazität und Fließrate des zu verdauenden Futters bedeutsam (ELLIS et al. 1984). Nach FAICHNEY (1984) wird bei Wiederkäuern der Futterwert zum einen von der Zersetzungsrate im Pansen und zum anderen von der Passagerate aus dem Pansen heraus beeinflusst. Dies ist auch abhängig von Tierart und -gruppe (Jungtier, tragend etc.). Bei qualitativ geringwertigen Aufwüchsen können Faktoren, die die Pansenpassage des aufgenommenen Futters beeinflussen, von Wichtigkeit für die Produktivität des Wiederkäuers sein (STETTER NEEL et al. 1995).

BALCH (1950) verzeichnet bei Dairy Shorthorn-Kühen das erste Auftreten von Markern (diverse Farbstoffe) im Kot innerhalb von 12 bis 24 h nach der Fütterung. Nach einer langsamen Ausscheidung der ersten 10 % folgt eine höhere Ausscheidungsrate mit insgesamt 80 % Passage innerhalb von 70 bis 90 Stunden. Abgeschlossen ist der Ausscheidungsprozess nach 7 bis 10 Tagen.

Bei der Beweidung verschiedener Grasarten durch Ochsen werden Unterschiede hinsichtlich Trockenmasseaufnahme, mittlerer Verweildauer und Kotausscheidung festgestellt (BURNS et al. 1991). Die Füllung des Magen-Darm-Traktes mit unverdauter Trockenmasse sowie die Passagerate sind vergleichbar. Bestimmte Arten (z.B. Hundszahngras – *Cynodon dactylon* [L.] PERS.) beschränken durch spezifische Bestandesmerkmale die Möglichkeiten der Tiere zur Aufnahme höchstqualitativen Futters (FISHER et al. 1991). In Heu-Fütterungsversuchen mit Schafen finden CHERNEY et al. (1991) Zusammenhänge zwischen Pflanzenart bzw. morphologischen Parametern des aufgenommenen Futters und der mittleren Verweildauer (MRT) bzw. dem ersten Auftauchen von Markern im Kot. Die Anatomie der einzelnen Gräser (große Blätter und Spreiten versus feinere) scheint eine Rolle zu spielen. Zudem weisen die einzelnen Arten unterschiedliche Anteile von Blättern, Spreiten und Stängeln im Heu auf. Stängelmateriale hat demnach bei Saat-Hafer (*Avena sativa* L.) und Sechszehnliger Gerste (*Hordeum vulgare* L.) eine höhere MRT als Blattmasse. Bei Mohrenhirse (*Sorghum bicolor* L. MOENCH) und Perlhirse (*Pennisetum americanum* (L.) LEEKE) mit großen Blättern und Spreiten gibt es hingegen keine Differenzen hinsichtlich der MRT zwischen großen Blatt-, Spreiten- und Stängelteilen. Die Blattspreite wird bei gleichem Reifestadium bezüglich der MRT (wie auch diverser ernährungsrelevanter Parameter) i.d.R. zwischen Blatt und Stängel

eingeorordnet. Ungeachtet der morphologischen Herkunft haben große Partikel eine höhere MRT als kleine. Unterschiede innerhalb einer Partikelgröße könnten durch Abweichungen in physischen, chemischen und zersetzungsrelevanten Merkmalen der morphologischen Komponenten begründet sein. Erhöhte Anteile an Stängelmaterial im Futter scheinen die MRT der Stängelfraktionen zu erhöhen. Die Trockenmasseaufnahme steht in negativer Korrelation zur MRT. Die MRT großer Stängelteile korreliert negativ mit der Verdaulichkeit. Nach PRIGGE et al. (1993) könnten Art und physische Form des Grünfutters (Pflanzenart, Feinheit bzw. Länge) die Größe der Partikel beeinflussen, die den Pansen passieren. Die Teilchengröße hat jedoch keinen Einfluss auf die Passagerate und somit den Futterwert. Es wird vermutet, dass andere, futterpflanzenspezifische Faktoren die Passage beeinflussen.

MERTENS und ELY (1982) erwähnen den Einfluss von Futteraufnahme, physikalischer Beschaffenheit des Futters (Teilchengröße, morphologische Gewebetypen) und tierindividuellen Unterschieden im Wiederkauen auf die Passagerate. Auch nach EHLE und STERN (1984) besteht ein Zusammenhang zwischen Futteraufnahme und Passagerate, wobei Form, Größe und Dichte der aufgenommenen Partikel die Passagerate beeinflussen können. Die Passagerate von Partikeln gleicher Länge bzw. gleichen Durchmessers variiert bei Fütterungsversuchen mit zwei tropischen Arten (Hirseart – *Panicum maximum*; Faselbohne – *Lablab purpureus*) sowie differenziert nach Blatt- und Stängelmaterial deutlich (McLEOD et al. 1990). Beim Vergleich von Grassilagen, die mit fortschreitendem Reifestadium des Aufwuchses erzeugt werden (74, 73, 71 und 64 % DOM in der TS), finden RINNE et al. (2002) einen Rückgang der Passagerate von mittelgroßen Partikeln (definiert als kleiner als die kritische Passagegröße) und ihres weiteren Abbaus in kleine Partikel. Der Abbau großer Teile (größer als die kritische Passagegröße) in mittlere scheint unter diesen Bedingungen die Aufnahme geringverdaulichen Futters nicht zu limitieren. Mit sinkenden Futterqualitäten steigt die Pansenfüllung und fällt die Stoffwechselbelastung ab. Demnach begrenzen physische oder metabolische Faktoren zur Regulation der Futteraufnahme diese nicht alleinig, sondern wirken vermutlich in Kombination regulierend. Versuche mit Rindern und Schafen unter Einsatz der selben Leguminose, separiert in Blatt und Stängelmaterial, ergeben eine deutlich höhere Trockenmasseaufnahme der Blattmasse (HENDRICKSEN et al. 1981). Dabei verdauen Rinder die Blatt- und Stängel-Trockenmasse in selbem Umfang. Die großen Partikel der Blatt- und Stängelfraktion werden im Pansen 13,8 bzw. 21,6 h zurückgehalten. Bei Versuchen von BALCH (1950) ist eine verringerte Passagerate des Futters durch das Reticulum mit einer höheren Rohfaserverdauung und einem niedrigeren Verdauungskoeffizienten für Rohprotein verbunden. In Fütterungsversuchen von WAGHORN et al. (1989) mit frisch gemähtem Deutschem Weidelgras sowie Saat-Luzerne werden Luzerneblätter sehr schnell zu einer Größe zersetzt, in der sie den Pansen passieren

können. So sind die Tiere in der Lage, mehr Luzerne aufzunehmen, und es ist mehr Protein verfügbar. Deutsches Weidelgras verlässt den Pansen hingegen langsamer.

FAICHNEY und GHERARDI (1986) verzeichnen bei Schafen eine negative Beziehung zwischen MRT und Trockenmasseaufnahme und eine positive zwischen MRT und der Verdaulichkeit der organischen Substanz. Daraus resultiert ein negativer Zusammenhang zwischen der Verdaulichkeit der organischen Substanz und der Trockenmasseaufnahme. COLUCCI et al. (1982) verweisen auf eine Korrelation zwischen MRT und der Verdaulichkeit der Bruttoenergie. Im Vergleich zu Luzerne-Heu hat Luzerne-Silage bei Fütterung an Schafe eine höhere Umsatzrate, eine niedrigere Zeitverzögerung (9,1 zu 11 h) sowie eine geringere MRT (57,8 versus 64,4 h) (SAVOIE et al. 2001). Grobes Heu erhöht die Verweildauer von Fasermaterial aus Beifutter im Pansen von Milchkühen und ermöglicht so eine bessere Verdauung (GRANT 1997). Dies könnte die Erklärung für die beobachtete höhere Faserverdaulichkeit bei stärkerer Zugabe von Grobfutter zu Sojabohnenschalen sein.

Flüssigkeiten verweilen bei Untersuchungen mit verschiedenen Tierarten und u.a. schwereren und leichteren Färsen (Fütterung von Wiesen-Lieschgras-Heu) stets länger als Feststoffe (UDÈN et al. 1982). Dabei beträgt die MRT von Feststoffen bzw. Flüssigkeiten bei großen Färsen 65 bzw. 18 h und bei kleinen 48 bzw. 20 h. Bei zunehmendem Körpergewicht scheinen bei Wiederkäuern Flüssigkeiten etwas kürzer und Feststoffe länger zu verweilen.

Feuchtigkeit – bei der Anfeuchtung von Heu aus Saat-Luzerne bzw. Wiesen-Lieschgras – erhöht die Pansenpassage nicht (STETTER NEEL et al. 1995). BERNABUCCI et al. (1999) beobachten bei Friesian-Färsen zudem eine Verringerung der Pansen-Passagerate unter Hitzestress.

All diese Untersuchungen zeigen, dass die Passage mit vielen Prozessen und Faktoren der Futteraufnahme und -verdauung in Zusammenhang steht und von zahlreichen Futtermerkmalen – wie z.B. Pflanzenart und -teil, morphologisches Stadium und Partikelgröße – aber auch in unterschiedlichem Maße durch tierindividuelle Parameter beeinflusst wird.

2.4 Methoden zur Bestimmung der selektiven Futteraufnahme

2.4.1 Überblick

Gemessen an Fütterungsversuchen im Stall, gestalten sich Untersuchungen zur selektiven Futteraufnahme unter Weidebedingungen auf Grund zahlreicher Umwelteinflüsse und beschränkter methodischer Möglichkeiten vergleichsweise schwierig. Bei praxisnahen Studien auf extensiv bewirtschaftetem Grünland muss zudem häufig weitläufigen Weideflächen sowie

inhomogenen, artenreichen Pflanzenbeständen Rechnung getragen werden. Ansätze zu Selektionsuntersuchungen finden sich zum einen in detaillierten, vielfältigen Beprobungen des Aufwuchses und zum anderen in Datenerhebungen am Tier sowie bei Tierbeobachtungen. Im Folgenden soll ein kurzer Überblick über mögliche Methoden gegeben werden:

Bestandesaufnahmen bilden i.d.R. die Grundlage von Grünlanduntersuchungen. Um die Repräsentativität zu gewährleisten, muss je nach Grünlandtyp ein gewisses Mindestareal beprobt bzw. eine entsprechende Anzahl von Wiederholungen durchgeführt werden (VOIGTLÄNDER und VOSS 1979). Angestrebt wird die Erstellung einer Präsenzliste möglichst aller Arten, die jedoch schwierig exakt zu erfassen ist.

Die genaueste Methode für **Ertragsermittlungen** ist das Schneiden und Wiegen des Aufwuchses. Indirekte Methoden sind nach HARMONEY et al. (1997) i.d.R. weniger aufwändig und haben den Vorteil, dass der zu beprobende Bestand vollständig erhalten bleibt. Angeführt werden hier z.B. Messungen des Blattflächenindex oder der Höhe der Blattflächen, das Rising-Plate-Meter sowie die angepasste „Robal-Pole-Methode“ (Stab mit Bändern für Höhenmessungen). Die Genauigkeit der Methoden variiert demnach teilweise und sei über mehrere Arten für die modifizierte „Robal-Pole-Methode“ am genauesten. Disc-Meter (Scheibe, die an einem Stab auf den Bestand herabsinkt; Höhe, wo sie „stehen bleibt“, wird zum Ertrag ins Verhältnis gesetzt) werden mit verschiedenen Scheibengrößen und Gewichten genutzt, die auch jeweils eine eigene Regression zwischen angezeigter Höhe und geschätztem Ertrag benötigen. SANTILLAN et al. (1979) finden bei größeren Durchmessern höhere Genauigkeiten, aber eine schwierigere Handhabbarkeit im Feld, die den Vorteil nicht ausgleiche. Zwischen vier verschiedenen Grasarten werden bei verschiedenen Scheibendurchmessern kaum Unterschiede festgestellt. Neuere Untersuchungen (PARUELO et al. 2000) zeigen Möglichkeiten von fotografischen Bestandesuntersuchungen auf, wobei auf den Zusammenhang zwischen prozentualem Anteil der grünen Pixel in digitalen Bildern und der grünen Biomasse hingewiesen wird. Die Korrelation verändert sich während der Wachstumsperiode und ist zu grünem Gras höher als zu grüner Biomasse allgemein.

Klassische Studien zur **vertikalen Masseverteilung** im Pflanzenbestand basieren i.d.R. auf Schichtschnitten mehrerer repräsentativer Proben sowie entsprechenden Notizen zum Pflanzenbestand (VOIGTLÄNDER und VOSS 1979). BAADE et al. (2001) arbeiten hinsichtlich der Schichtproben mit 0,25 m² großen Probenstellen in vierfacher Wiederholung, täglichem Schnitt während der Beweidung sowie einer Schnitthöhe von 5 cm. Untersucht werden je 5 cm mächtige Schichten. Neuerdings werden auch digitale Methoden zur Dokumentation und Bewertung der Aufwüchse und Bestandeshorizonte genutzt (ZEHM 2002, ZEHM et al. 2003).

Bei Ermittlungen zur **Futteraufnahme** basierend auf dem Pflanzenbestand kommt gewöhnlich die Differenzmethode zur Anwendung (BARCSÁK et al. 2000, VOIGTLÄNDER und VOSS 1979). Verglichen werden der Ertrag bzw. auch die botanische und chemische Zusammensetzung vor und nach der Nutzung (Futterangebot und Weiderest). Bei längeren Umtriebszeiten muss gesondert der Fresszeitzuwachs betrachtet werden. Auf Weideflächen wird diesbezüglich häufig mit sogenannten Weidekörben bzw. ausgezäunten Teilflächen gearbeitet. Allerdings sind entsprechende Ergebnisse durch den steten Zuwachs und Verbiss kritisch zu bewerten (VOIGTLÄNDER und VOSS 1979). Bei kurzfristigen Nutzungen und je nach Wüchsigkeit kann auf entsprechende Untersuchungen verzichtet werden. Beide Autorengruppen betonen, dass Schnitt- und Verbisstiefe bei entsprechenden Probenahmen etwa gleich sein sollten. Um Beeinflussungen des Pflanzenbestandes zu vermeiden, sollten nach VOIGTLÄNDER und VOSS (1979) nicht immer die gleichen Teilflächen einer Weide geschnitten werden. Außerdem sollte sofort nach Weideabtrieb eine Nachmahd erfolgen, um Folgeuntersuchungen nicht zu verfälschen. Bei Parallelversuchen wird die gleichzeitige Nutzung der Varianten als unbedingt notwendig erachtet.

Unter Zuhilfenahme des Tieres wird die tierindividuelle Futteraufnahme i.d.R. über Kotmengen, die chemische Kotzusammensetzung und Verdaulichkeiten geschätzt (MINSON und RAYMOND 1958). Dabei wird mit Kot-Index-Methoden (z.B. Chromogen, Faser, N) gearbeitet. In gesonderten Verdaulichkeitsversuchen werden entsprechende Regressionen ermittelt. Fehlerquellen sind nach MINSON und RAYMOND (1958) bei Chromogen und N v.a. der Zeitpunkt, bei der Faser v.a. die Variation zwischen den Arten. Da das zur Kotmengenerfassung auf der Weide nötige Kotgeschirr das Tierverhalten beeinflussen kann, verweisen diverse Autoren (VOIGTLÄNDER und VOSS 1979, MANNERKORPI et al. 1994, FORBES 1995) auf die Nutzung exogener Indikatoren. Dazu werden den Tieren Marker zur Messung der Kotausscheidung bzw. Verdaulichkeit verabreicht und dann aus dem Darm bzw. Fladen entnommen. (Zur tierindividuellen Unterscheidbarkeit der Fladen können Farbkapseln zugegeben werden.). Bei Chrom als Marker wird die Schwierigkeit repräsentativer Proben erwähnt, da die Chromkonzentration im Kot tageszeitlichen Schwankungen unterliegt. HOLZER et al. (1990) nutzen eine Tritium-Lösung (radioaktiv). Das ermöglicht Untersuchungen an vielen Tieren mit vergleichsweise wenig Aufwand und ohne große Beeinflussung des Tierverhaltens, bringt aber ungenauere Ergebnisse. Die genauesten Ergebnisse werden nach MANNERKORPI et al. (1994) mit Alkan-Markern erzielt.

Für Studien zur Schmackhaftigkeit kann nach VOIGTLÄNDER und VOSS (1979) auf die Fressgeschwindigkeit ("Fresslust"), ausgedrückt als Aufnahmemenge pro Zeit bzw. Bisse/min,

zurückgegriffen werden. Die Bevorzugung bestimmter Arten bzw. Intensität des Fressens wird laut BARCSÁK et al. (2000) i.d.R. in Reinsaatversuchen mit Bisszahl (Rinder) und Fresszeit (Schafe, Pferde) bzw. der aufgenommenen Futtermenge untersucht. Ebenso kann auf die Grasezeit sowie die Tierzahl je Teilstück (z.B. alle 5 oder 15 min) Bezug genommen werden (VOIGTLÄNDER und VOSS 1979). Dabei wird die aufgenommene Menge als wichtiger erachtet als die Zeit, da letztere auch von der Aufwuchshöhe abhängig ist (niedrig – lange Fresszeit – aber nicht unbedingt schmackhafter...). Eine Vergleichbarkeit sei daher nur bei reichlich oder gleich hohem Futter gegeben.

Für Aussagen zur aufgenommenen Futtermenge ist nach FORBES (1995) neben der Bissfrequenz die aufgenommene Menge je Biss ausschlaggebend. Die Beobachtung wird als aufwändig und oft ungenau eingestuft, da zahlreiche Einflussfaktoren existieren. Diverse, gewöhnlich am Kopf angebrachte Detektoren zeigen Probleme bei der Unterscheidung von Fressen und Wiederkauen. Die aufgenommene Menge je Biss sei kaum exakt zu erfassen. Nach MAYES und DOVE (2000) sind homogene Bestände nötig, damit die Bissmenge etwa gleich sei. FORWOOD et al. (1991) untersucht mittels thermischer Leitfähigkeit die Anzahl geschluckter Bissen und nimmt Bezug zur Schluckmenge (definiert als Menge, bei der der Schluckreiz ausgelöst wird). Letztere zeigt sich als abhängig vom Tiergewicht: Bei größeren Rindern (Unterschiede von über 86 kg LM) ist die geschluckte Menge jeweils größer und es werden Unterschiede in Abhängigkeit von den aufgenommenen Pflanzenarten festgestellt. Kleinere Tiere zeigen allgemein relativ einheitliche Schluckmengen. Charakteristik und Qualität des Pflanzenbestandes haben keinen nachweisbaren Einfluss.

Zur Ermittlung der **Artenanteile im Bestand** ist die botanische Analyse (Sortierung) von Schnitt- oder Sammelmischproben per Hand mit anschließender Trocknung der einzelnen Komponenten (=> prozentualer Anteil der Komponenten am TS-Ertrag) sehr genau, aber extrem zeitaufwändig und daher nur für eine beschränkte Probenzahl realisierbar (GILLEN und SMITH 1986). Eine Alternative bieten Ertragsanteilsschätzungen nach KLAPP und STÄHLIN (in VOIGTLÄNDER und VOSS 1979), wonach für definierte Flächen im Feld die Trockenmasseertragsanteile zunächst für die Artengruppen und innerhalb derer dann für die einzelnen Pflanzenarten geschätzt werden. Diese Methode benötigt wesentlich weniger Zeit und der geschätzte Pflanzenbestand bleibt auf der Fläche intakt. Es sind jedoch viel Erfahrung seitens der durchführenden Personen sowie stete Selbstkontrolle nötig. Als Mittelweg wäre auch eine Kombination mit der Ertragsvollanalyse – also z.B. Sortierung und Wägung bestimmter Proben- oder Artenteile möglich. Gelegentlich werden auch Schätzungen des Deckungsgrades (mehrteilige Schätzskala je nach Bedeckungsgrad) vorgenommen, deren Ergebnisse aber schwer

nachprüfbar sind. PECHANEC und PICKFORD (1937) erwähnen auch die direkte Ertragsschätzung (Masse) für die einzelnen Arten (FM oder TS). Nach der Dry-Weight-Rank Methode (GILLEN und SMITH 1986) wird an mehreren Stellen (0,1 bis 0,25 m²) die Trockenmasse-Rangfolge der Arten geschätzt und anschließend in Gesamtflächen-Ertragsanteile (%) umgerechnet. Die Methode sei zwar ungenauer als eine Vollsortierung, da auf Grund der Zeitersparnis aber wesentlich mehr Teilflächen untersucht werden können, erhöhe dies die Genauigkeit wieder. Ein Training der schätzenden Personen sowie regelmäßige Selbstkontrolle wird auch hier als wesentlich erachtet. SANDLAND et al. (1982) merken an, dass dies ebenfalls eine bestandserhaltende Möglichkeit zur Schätzung ist. Problematisch seien jedoch Situationen, wo eine Art auf einer Stelle stark vertreten, auf dem Rest der Fläche jedoch gar nicht vorhanden sei. Verwiesen wird in diesem Zusammenhang auf eine mögliche Modifikation der Methode, wonach z.B. sehr dominante Arten mehr als einen Rang erhalten (z.B. 1. und 2. Rang bei > 85 % Ertragsanteil). Trotz allem sei es eine nützliche empirische Methode. Nach VOIGTLÄNDER und VOSS (1979) spielen entsprechende Erhebungen zu Artenanteilen im Pflanzenbestand bei der Dokumentation von Bestandesveränderungen eine wesentliche Rolle. Betont wird aber, dass nur Bestandesaufnahmen aus gleichen Jahreszeiten vergleichbar sind.

Zur Ermittlung der **Artenanteile im selektierten Futter** (diet composition) zeigen HOLECHEK et al. (1982) verschiedene Herangehensweisen auf: Beobachtungen zur Futterzusammensetzung, Nutzungstechniken, Proben aus Fisteln sowie Kotanalysen.

Direktbeobachtungen erfordern weniger Zeit und Ausstattung, jedoch ist die Genauigkeit v.a. bei Wildtieren problematisch. Auf der Nutzung basierende Untersuchungen (vor und nach dem Fressen bzw. Vergleich beweidet zu unbeweidet; siehe Beprobung Pflanzenbestand im vorherigen Abschnitt) sind unbrauchbar, wenn die Pflanzen aktiv wachsen bzw. mehr als ein Pflanzenfresser auf der Fläche frisst. Des weiteren verfälscht z.B. niedergetretenes Futter die Ergebnisse. Direkte Mageninhaltsuntersuchungen erfordern gewöhnlich die Tötung der Tiere. Fisteln sind teuer und aufwändig, bringen aber exakte Proben.

Zur Gewinnung von Proben des tatsächlich aufgenommenen Futters wird auch von weiteren Autoren (HOLECHEK et al. 1982, MAYES und DOVE 2000) auf den Einsatz von Fisteln (v.a. Speiseröhren-, Pansenfisteln) verwiesen, wiederum jedoch unter Hinweis auf hohe Kosten und Aufwand. VOIGTLÄNDER und VOSS (1979) stellen bei Speiseröhrenfisteln zudem vereinzelt Unterschiede im Rohnährstoffgehalt zum Originalfutter fest. Außerdem bleibt die Arbeit mit Fisteln i.d.R. auf wenige Tiere beschränkt. Nach SRIVASTAVA und CHATURVEDI (1971) ist die Probenahme direkt aus dem Maul (mouth-collected) am repräsentativsten im Vergleich zu gepflückten Proben aus dem Bestand.

Nach HOLECHEK et al. (1982) werden Kotanalysen in vielfältiger Weise genutzt. Mikroskopische Untersuchungen geben demnach eine gute Übersicht, jedoch ist auf Grund der unterschiedlichen Verdauung einzelner Arten die Genauigkeit problematisch. Zudem sind sie sehr aufwändig (FORWOOD et al. 1987). Eine Fehlerreduzierung könne durch Hinzuziehung weiterer Methoden (mikrohistologische Untersuchungen, NIRS...) erfolgen. Mikrohistologische Untersuchungen nutzen die Morphologie der Epidermis als Kennzeichen der einzelnen Pflanzenarten, die im Verdauungsverlauf keinen Veränderungen unterliegen (BARCSÁK et al. 2000). So können die verzehrten Pflanzenarten sowie das Verhältnis zwischen den aufgenommenen Arten festgestellt werden. Vor Weidebeginn sind eine Pflanzenbestandsaufnahme sowie ein Epidermis-Präparat jeder Spezies als Referenzprobe anzufertigen. Nach BENNETT et al. (1999) gibt die Mikrohistologie Aufschluss über die Zusammensetzung des aufgenommenem Futters bzw. Kotes. ALIPAYO et al. (1992) finden mit Hilfe der Mikrohistologie gute Ergebnisse bei der Schätzung der Anteile von zwei bis drei Komponenten aus Kot, jedoch sind Gräser teilweise schwer unterscheidbar. Als Hauptnachteil sehen MAYES und DOVE (2000), dass ein Teil oft nicht identifizierbar sei. Für den Einsatz der Nah-Infrarot-Spektroskopie (NIRS) sind zunächst eine Kalibration mit Referenzproben sowie die Validierung durch geeignete unabhängige Referenzmethoden erforderlich (ENGLING et al. 1997, DIETERLE et al. 2003). Für eine hohe Genauigkeit ist ein entsprechender Probenumfang nötig. HILL et al. (1989) erzielten bei Anteilsschätzungen von drei Komponenten hinsichtlich der Schätzgenauigkeit gute Ergebnisse. COLEMAN et al. (1985) verweisen als mögliche Fehlerquelle darauf, dass bei genetisch ähnlichen Arten auch die chemische Zusammensetzung ähnlicher sei.

KOTB und LUCKEY (1972) geben einen Überblick über die Vielfalt der für Ernährungsstudien nutzbaren externen und internen Marker. FORBES (1995) verweist auf die Nutzung natürlicher Marker, wie z.B. unverdauliche Bestandteile wie Lignin, Chromoxid und Alkane. Beim mehrfachen Einsatz von Chromoxid als Marker auf den gleichen Flächen, ist nach SPRINKLE et al. (1995) eine Kontamination im Aufwuchs möglich, die die weiteren Ergebnisse verfälschen kann. Unter Nutzung fester Kohlenstoff-Isotop-Verhältnisse auf tropischen Weideflächen verzeichnen BENNETT et al. (1999) weniger genaue Informationen als mit Hilfe der Mikrohistologie. Sie sind nach MAYES und DOVE (2000) nicht auf Artenniveau nutzbar. Pinitol (1-D-3-O-methyl-chiro-inositol) ist laut FORWOOD et al. (1987) ausschließlich bei Leguminosen nutzbar. – Der Gebrauch von Alkanen wird in Abschnitt 2.4.2 gesondert beleuchtet.

Vorteile bei der allgemeinen Nutzung von **Kotanalysen** sind, dass das Verhalten und die Bewegungsfreiheit der Tiere nicht eingeschränkt werden (HOLECZEK et al. 1982). Es ist praktisch ein unbegrenztes Sammeln möglich, wobei wenig Ausrüstung benötigt wird. Das Verfahren hat gerade dort, wo Tiere über verschiedene Gesellschaften weiden, einen speziellen Wert. Für Untersuchungen zur artenspezifischen Selektion sehen HOLECZEK et al. (1982) Probleme hinsichtlich der Genauigkeit der Ergebnisse: Arten finden sich im Kot demnach oft nicht proportional zum aufgenommenen Futter, so dass Selektionsindizes nicht akkurat erstellt werden können. Zudem ist die Kotidentifizierung zwischen den Tieren teilweise problematisch. Es sind aufwändige Analysen sowie eine umfassende Sammlung von Referenzpflanzen nötig. Die Versuchsansteller müssen (v.a. bei histologischen Untersuchungen) genug Übung haben, um die Pflanzen sicher identifizieren zu können. Die Vorgehensweise bei der Sammlung der Pflanzen kann zudem die Ergebnisse beeinflussen.

LOEHLE und RITTENHOUSE (1982) verweisen bei Untersuchungen zur Futterselektion auf die Nutzung sogenannter **Selektions-Indizes** als Vergleich des aufgenommenen Futters zur Gesamtbestandszusammensetzung auf der Weide. Deren Aussagekraft wird auf Grund der vielen Einflüsse auf die Selektion diskutiert. Für große Pflanzenfresser sei z.B. eine Stunde Fressen wenig repräsentativ für Selektionsuntersuchungen. Hier sind über Pansen- oder Kotproben längere Sammelzeiten zu realisieren. Problematisch werden sowohl das Versuchsdesign bzw. die Durchführung (Einfluss Tierverhalten etc.) als auch die Verfügbarkeit für das Tier gesehen: Es werden z.B. Pflanzen bzw. Bestandteile registriert, die für das Tier praktisch nicht erreichbar sind (auf der Fläche, innerhalb der (vertikalen) Bestandesstruktur, auf Grund dicht stehenden Totmaterials etc.).

Verhaltensbeobachtungen im Hinblick auf Futteraufnahme und Selektion dokumentieren z.B. die Fortbewegung beim Grasens, die Grasedauer, die Bevorzugung bestimmter Flächen sowie die Wiederkaudauer (VOIGTLÄNDER und VOSS 1979). Laut BESSEI (2005a) werden überwiegend Feldbeobachtungen durchgeführt. Die Bevorzugung bestimmter Arten wird i.d.R. in Reinsaatversuchen (über Bisszahl, Fresszeit) analysiert (BARCSÁK et al. 2000). Bei Wahlversuchen ist darauf zu achten, dass Strukturen gleich angeordnet sind und in den Wiederholungen deren Lage geändert wird (BESSEI 2005a). Zudem sollte stets beachtet werden, dass Tiere ein Eigenleben haben. Sie seien „teilweise intelligenter als die Versuchsansteller“. Circa 10 % „machen in Versuchen nicht mit“ (laut BESSEI 2005a) und werden oft im Rahmen einer Vorselektion aussortiert. Generell wählen Tiere das, was am angenehmsten ist. Studien zur Rhythmik erfolgen als Kurz- oder Langzeitbeobachtungen und werden häufig mit Hilfe von

Frequenzanalysen ausgewertet. Dabei ist jeweils zu entscheiden, ob es sich bei im Verlauf dokumentierten „Zacken“ um echte oder zufällige Schwankungen handelt.

Hinsichtlich der verschiedenen Direktbeobachtungsmöglichkeiten herrscht eine eher unklare Begriffsdefinition. BESSEI (2005a) verweist unter anderem auf Event-Sampling, Rating-Sampling, Teilzeit- und Dauerbeobachtungen und Time-Sampling sowie diverse Tierzahlen bzw. die Nutzung von Focustieren. Nach MITLÖHNER et al. (2001) wird beim Time-Sampling nur je ein bestimmter Zeitabschnitt dokumentiert, was im Vergleich zu Dauerbeobachtungen sehr ungenaue Ergebnisse bringt. Kontinuierliche Beobachtungen sind hingegen sehr exakt, aber aufwändig und daher nur für wenige Tiere durchführbar. Bevorzugt wird daher i.d.R. das Scan-Sampling, bei dem das Verhalten der Tiere in bestimmten Zeitabständen (Scans) erfasst wird. Abhängig vom zu beobachtenden Verhalten sind dabei die Zeitabstände genügend kurz zu wählen.

Der Einsatz von Kameras für Verhaltensbeobachtungen (Filmaufzeichnungen bzw. Fotos in bestimmten Intervallen) eignet sich nur für kleine Flächen (VOIGTLÄNDER und VOSS 1979, REITER 2005). Zeitschreiber (VOIGTLÄNDER und VOSS 1979) zur Aufzeichnung von Dauer und Tageszeit der Futteraufnahme reagieren auf die senkrechte Stellung des Nasenbeines beim Fressen – aber fälschlicherweise auch beim Trinken. Sie sind zudem schwierig exakt am Tier zu befestigen. Die Wiederkauaktivität könnte mit dem neu entwickelten „Vocal-Tag“-Sensor (LELY 2005) erfasst werden. Zur Dokumentation des Verhaltens auf der Weide wären z.B. Pedometer, das Ethosys-System (IMF 1995) bzw. seit neuestem GPS einsetzbar (REITER 2005). Aktuell wird an einem System zum Local Position Measurement (z.B. Abatec) gearbeitet (ZIERFUSS 2005). Das System kann derzeit bis zu 16.000 Objekte berücksichtigen, arbeitet auf ± 5 cm genau und registriert bis zu 1000 Datensätze pro Sekunde (d.h. bei 10 Transpondern 100/s). Der Transponder sendet ein aktives Signal und ist an einem speziellen Halsband (Agroscope) befestigt. Zur exakten Datenaufzeichnung sind mindestens vier Basismessstationen rings um die Beobachtungsfläche erforderlich. Problematisch ist momentan, dass die Transponderbatterien alle 2 Tage ausgetauscht werden müssen. Je nach Tierart könnte auch das Gewicht des Transponders (60 g) zu schwer sein. Zudem ist das System noch relativ teuer. Zukünftig könnten so aber sehr genaue und zahlreiche (digitale) Daten z.B. zu Laufstrecken je Tier und Tag, Liege- und Stehverhalten, örtlicher Position sowie der Position der Tiere zueinander (Meidung/Paarbeziehungen u.a.) erhoben werden.

2.4.2 Zur Nutzung von n-Alkanen (Alkanmethode)

Die Wachsschicht der Pflanzen enthält gesättigte Kohlenwasserstoffe (Alkane) mit Kettenlängen von gewöhnlich 21 bis 37 Kohlenstoffatomen. Jede Pflanzenart hat ein spezifisches Muster hinsichtlich der n-Alkan-Konzentrationen und dadurch ihren eigenen „Alkan-Fingerabdruck“ (DOVE 1993, DOVE et al. 1996, TAYLOR 1994). Die Alkane im Pflanzenmaterial sind zum größten Teil unverdaulich und somit zu einem hohen Grad im Kot wiederzufinden (DOVE 1993, TAYLOR 1994, DOVE und MAYES 1996). Diese Tatsachen werden wissenschaftlich genutzt, um über Futter- bzw. Kotproben Informationen über Menge und Zusammensetzung des von Pflanzenfressern aufgenommenen Futters zu gewinnen. Allgemein herrschen in der Wachsschicht die Alkane mit ungeraden Kettenlängen vor, insbesondere jedoch C27, C29, C31 und C33 (DOVE et al. 1996).

Tab. 1 (nebenstehende Seite) gibt eine Übersicht über Alkankonzentrationen verschiedener Pflanzenarten. Dabei werden teils erhebliche Unterschiede deutlich.

Unterschiede bestehen i.d.R. auch zwischen diversen Pflanzenteilen bzw. Vegetationsstadien (DOVE 1992, 1993, TAYLOR 1994). Hinsichtlich der Alkankonzentrationen spezifischer Pflanzenteile einzelner Arten sei an dieser Stelle auf die eingehenden Ausführungen von DOVE et al. (1996) verwiesen. Hervorzuheben sind dabei die oft um ein Vielfaches höheren Alkankonzentrationen in den Blütenständen. Auch sind z.B. bei Saat-Luzerne in den einzelnen Stängelabschnitten je nach Abstand zum Vegetationspunkt Unterschiede festzustellen.

Die unterschiedlichen Alkanmuster von Pflanzenspezies können zur Schätzung der Futterzusammensetzung genutzt werden, wobei bei Weidetieren vorwiegend auf Kotproben zurückgegriffen wird (DOVE und MAYES 1991). Auf Grund der unvollständigen Wiederfindung der Alkane im Kot (Wiederfindungsrate WFR) ist eine entsprechende Korrektur notwendig (DOVE und MAYES 1991). Die jeweilige Wiederfindungsrate wird durch gesonderte Versuche (Bilanzen) bestimmt oder aus ähnlichen Versuchsanstellungen übernommen („Literaturwerte“) (DOVE und MAYES 1991, TAYLOR 1994). Somit wird eine Quantifizierung der Aufnahme einzelner Pflanzenarten möglich (DOVE und MAYES 1991). Unter Heranziehung der spezifischen Alkankonzentrationen der einzelnen Futterkomponenten entwickelten DOVE und MOORE (1995) einen Non-negative Least Square Algorithmus (u.a. realisiert im Programm „Eat What“) zur Berechnung des Anteils der einzelnen Komponenten an der Gesamtration. Verschiedene Autoren zeigen Perspektiven auf, mit Hilfe von Alkanen eventuell fast jedes Pflanzenteil jeder Pflanzenart identifizieren und die aufgenommene Menge und Verdauung quantifizieren zu können (z.B. DOVE 1993, TAYLOR 1994, MAYES und DOVE 2000).

Tab. 1: Beispiele für die Alkankonzentration (in mg/kg TS) verschiedener Pflanzenarten

Pflanzenart	Stadium	Alkankonzentration (mg/kg TS)					Literaturquelle	
		C25	C27	C29	C31	C33		GAK
Deutsches Weidelgras	<i>Blühbeginn sowie Nachtrieb</i>		36	142	220	99	497	MALOSSINI et al. 1990
		51	114	270	256	36	676	DOVE und OLIVÀN 1998
		6	20	109	215	141	485	DOVE 1992
Knäuelgras	<i>Vegetativ</i> <i>Blühbeginn sowie Nachtrieb</i>		19	73	137	116	345	MAYES et al. 1986
		12	16	23	23	9	72	BOADI et al. 2002
			20	38	58	21	137	MALOSSINI et al. 1990
Rohr-Glanzgras	<i>Vegetativ</i>	11	18	21	11	4	53	BOADI et al. 2002
Rohr-Schwingel	<i>Vegetativ</i>	5	12	76	240	77	404	BOADI et al. 2002
Rot-Schwingel	<i>Vegetativ</i>	8	16	185	393	41	634	BOADI et al. 2002
Welsches Weidelgras	<i>Blühbeginn sowie Nachtrieb</i>		105	260	250	43	658	MALOSSINI et al. 1990
Wiesen-Lieschgras	<i>Vegetativ</i>	19	48	34	16	5	102	BOADI et al. 2002
Wiesenschwingel	<i>Vegetativ</i>	4	21	159	298	102	580	BOADI et al. 2002
Rot-Klee	<i>Blühbeginn sowie Nachtrieb</i>		30	408	57	11	506	MALOSSINI et al. 1990
Saat-Luzerne	<i>Vegetativ</i>	5	25	128	356	19	529	BOADI et al. 2002
	<i>Blühbeginn sowie Nachtrieb</i>		36	202	324	21	583	MALOSSINI et al. 1990
Weißklee	<i>Blühbeginn sowie Nachtrieb</i> <i>Blatt und Stiel</i>	13	55	207	104	8	374	DOVE 1992
			38	109	67	7	221	MALOSSINI et al. 1990
		5	34	100	97	1	232	LEE und NOLAN 2003

