



Hochschule Neubrandenburg
University of Applied Sciences

**Fachbereich Agrarwirtschaft und
Lebensmittelwissenschaften**

**Studienarbeit zur Erlangung des
akademischen Grades
Bachelor of Science**

Thema: Untersuchungen zur Silierfähigkeit und zum Futterwert
verschiedener Silomaissorten

vorgelegt von: Marika Schweigmann
geb. am: 22.04.1985 in: Schwerin

Studiengang: Agrarwirtschaft
Eingereicht am: 02.07.2007

- 1. Prüfer:** Professorin Dr. Anke Schuldt
- 2. Prüfer:** Dr. Regina Dinse

Inhaltsverzeichnis

1.	Abkürzungsverzeichnis.....	3
2.	Verzeichnis der verwendeten Formeln und Symbole	5
3.	Einleitung.....	7
4.	Konservierung	8
5.	Material und Methoden.....	16
5.1.	Untersuchungsgegenstand	16
5.2.	Methoden	22
6.	Darstellung der Ergebnisse	27
7.	Auswertung der Ergebnisse	45
8.	Schlussfolgerungen.....	58
9.	Zusammenfassung.....	60
10.	Literatur- und Quellennachweis	61
11.	Verzeichnis der Abbildungen	69
12.	Verzeichnis der Tabellen	70
13.	Anlagen.....	71
13.1.	DLG-Schlüssel zur Bewertung von Maissilage.....	71
13.1.1.	Bewertung mit Hilfe der Sinnenbewertung.....	71
13.1.2.	Bewertung auf Basis der chemischen Untersuchungen	75
a)	Beurteilung des Essig- und Buttersäuregehaltes	75
b)	Beurteilung des pH-Wertes.....	75
c)	Bewertung	75
13.2.	Tabelle Maissorten und Reifegruppen.....	76
14.	Danksagung.....	77
15.	Eidesstattliche Erklärung	78

1. Abkürzungsverzeichnis

ADF	acid detergent fiber (saure Detergentienfaser)
ADL	acid detergent lignin (Saures-Detergentien-Lignin)
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
DLG	Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V.
DMSO	C ₂ H ₆ OS (Dimethylsulfoxid)
e.G.	eingetragene Genossenschaft
e.V.	eingetragener Verein
ELOS	enzymatisch lösliche organische Substanz
et al.	et alteri (und andere)
EULOS	enzymatisch unlösliche organische Substanz
FM	Frischmasse
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
Hrsg.	Herausgeber
hrsg.	herausgegeben
IPS	Interdisziplinäres Projektseminar
Jan.-Okt.	Januar bis Oktober
KRZ	Kornreifezahl
LFA	Landesforschungsanstalt
LfL	Landesamt für Landwirtschaft Bayern
LUFA	Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt
ME	metabolische Energie

MSB	Milchsäurebakterien
NDF	neutral detergent fiber (neutrale Detergentienfaser)
NEL	Netto-Energie-Laktation
OS	Originalsubstanz
PE	Polyethylen
Ref.	Referenz
TM	Trockenmasse
TM _k	korrigierte Trockenmasse
TM _n	nicht-korrigierte Trockenmasse
UV	Ultraviolett
VDLUFA	Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten
VK	Vergärbarkeitskoeffizient
WLK	wasserlösliche Kohlenhydrate
XA	Rohasche
XF	Rohfaser
XL	Rohfett
XP	Rohprotein
XX	stickstofffreie Extraktstoffe
z.B.	zum Beispiel
Z / PK	Zucker / Pufferkapazität
zit.	zitiert

2. Verzeichnis der verwendeten Formeln und Symbole

%	Prozent
°C	Grad Celsius
cm	Zentimeter
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
dt	Dezitonnen
g	Gramm
h	Stunde
ha	Hektar
K ₂ O	Dikaliumoxid
KbE	Koloniebildende Einheit
kg	Kilogramm
l	Liter
m	Meter
m ²	Quadratmeter
m ³	Kubikmeter
MgO	Magnesiumoxid
ml	Milliliter
min	Minute
MJ	Megajoule
mm	Millimeter
N	Stickstoff
NH ₃	Ammoniak

NH ₄	Ammonium
pH	pondus Hydrogenii
P ₂ O ₅	Diphosphorpentoxid
r	Korrelationskoeffizient
R ²	Bestimmtheitsmaß
S	Schwefel

3. Einleitung

“Milchkühe haben bei hohen Leistungen einen sehr intensiven Stoffwechsel. So scheidet eine Kuh mit einer Jahresleistung von 6.000 kg durch die Milch jährlich fast das 10fache ihrer Körpermasse aus. Da zur Bildung von einem kg Milch 400 l Blut das Euter durchströmen, sind demnach bei Hochleistungskühen täglich mehr als 12.000 l erforderlich. Wegen diesen großen physiologischen Belastungen stellen laktierende Kühe besondere Anforderungen an die Fütterung.“ (KIRCHGEBNER, 2004)

Nutztiere ziehen aus dem ihnen vorgelegten Futter die Energie, um ihre Leistungsprodukte zu generieren. Darum ist die Qualität des Futters neben den Haltungsbedingungen der Hauptaspekt einer hochleistungsfähigen Tierproduktion. Zur Vermeidung von Futterwechsell wird in der Rinderhaltung mittlerweile fast überall ganzjährig Gras- und Maissilage als Grundfutter eingesetzt.

Um eine hohe Qualität der Silage zu sichern ist neben anderen Faktoren das Ausgangsmaterial entscheidend. In dessen Silierfähigkeit liegt der Grundstock für hochwertige und energiereiche Silage. Dieser Aspekt verdient somit zweifelsfrei die Aufmerksamkeit jedes Tierproduzenten. Bereits im Sommer 2006 wurden im Rahmen eines Interdisziplinären Projektseminars (IPS, 2007) 10 verschiedene Silomaissorten hinsichtlich ihrer Ertragsfähigkeit und ihres Futterwertes untersucht. Das Projekt fand in Zusammenarbeit mit der Saaten-Union GmbH und der Agrargenossenschaft „Luisenhof“ e.G. statt. Die Agrargenossenschaft führt schon seit mehreren Jahren Sortenversuche mit verschiedenen Kulturarten durch. Zum einen zur Unterstützung der Forschungsprojekte an der Hochschule und zum anderen, um die Ergebnisse in Zukunft in die eigene Sortenwahl einfließen zu lassen.

Gemeinsam mit den gleichzeitig angefertigten Silierproben dienten die Ergebnisse dieser Analysen in der vorliegenden Arbeit als Grunddaten. Es soll ermittelt werden, in wie weit sich Frischmaterial und Siliergut hinsichtlich der Nährstoffe und damit des Futterwertes unterscheiden, um daraus Rückschlüsse auf die Silierfähigkeit der Sorten zu ziehen. Weiterhin werden Thesen aufgestellt, warum sich bestimmte Inhaltsstoffe in der beobachteten Art und Weise verändert haben.

4. Konservierung

(FÜBBEKER und MÜLLER, 2003; MÜLLER, 2003; PAHLOW, 2003; DLG, 2006; ZSCHEISCHLER et al., 1990; THAYSEN, 1998)

Aufgrund der in Mitteleuropa herrschenden Witterungsbedingungen ist es nötig, Futterpflanzen für die Wintermonate zu konservieren. Dies kann durch Silierung, Trocknung, Kühlung oder Zugabe chemischer Mittel (z.B. Propionsäure) geschehen. Im Falle der Maispflanze bietet sich die Herstellung von Silage an mit dem Ziel, möglichst verlustarm zum optimalen Zeitpunkt zu ernten und so rasch und dauerhaft wie möglich beste Bedingungen für einen stabilen Gärverlauf zu schaffen.

Zur Herstellung von Silage erfolgt die Ernte der gesamten Pflanze zur so genannten Silo- oder Teigreife. Das bedeutet, der Mais weist einen TM-Gehalt von 27 - 34 % in der Pflanze und 50 - 55 % im Kolben auf. Wegen der teig- bis mehlartigen Konsistenz der Körner lassen sich diese noch mit dem Fingernagel eindrücken. Der Anteil der Kolben kann bis zu 60 % an der Pflanzentrockenmasse betragen. Unterhalb von 28 % TM besteht grundsätzlich die Gefahr der Sickersaftbildung. Gärsäfte und ebenso Regenwasser, das mit der Silage in Berührung gekommen ist, müssen aufgefangen, sicher gelagert und unter bestimmten Voraussetzungen ausgebracht werden. Allerdings lässt sich feuchteres Ausgangsmaterial leichter verdichten, zu trockenes Siliergut neigt dazu, nachzufedern und damit dem Verdichtungsprozess entgegenzuwirken.

Mit dem Maishäcksler werden die Pflanzen geerntet und zerkleinert, wobei die optimale theoretische Häcksellänge je nach TM-Gehalt bei 4 - 7 mm liegt. Das Häckseln dient der Vergrößerung der Oberfläche für die mikrobielle Vergärung und verhindert durch die bessere Dichtlagerung Nachgärungen nach Öffnung des Silos. Außerdem erhöht es die Futteraufnahme. Allerdings geht bei zu klein gehäckseltem Mais die Strukturwirkung verloren, während zu große Teilchen die ausreichende Verdichtung erschweren. Die Körner werden mit Reibplatten, Reibböden oder Quetschwalzen aufgebrochen und so deren Verwertbarkeit für die Tiere erhöht. 25 cm Stoppelhöhe sollten bei der Ernte nicht unterschritten werden, da sich sonst der Rohasche- und Faseranteil ungünstig

verändern. Ein zu hoher Schnitt erhöht andererseits den Energiebedarf für die Stoppelbearbeitung.

Optimale Bedingungen vorausgesetzt, vergären bestimmte Mikroorganismen bei der Silierung die im Erntematerial vorhandenen Kohlenhydrate zu organischen Säuren. Dadurch sinkt der pH-Wert, wodurch ein Verderb des Futters verhindert wird. Die wichtigsten Faktoren für das Gelingen des Gärprozesses sind eine sauerstofffreie Umgebung, genügend Feuchtigkeit und vergärbare Zucker sowie das Vorhandensein siliertauglicher Milchsäurebildner.

Mais besitzt von Natur aus eine sehr gute Gäreignung, da er im Durchschnitt bis zu 11 % Zucker in der TM enthalten kann und gleichzeitig nur über relativ geringe Pufferkapazität (Protein) verfügt. Der Z / PK- Quotient liegt zum Erntezeitpunkt etwa bei 3,4. Das bedeutet, die Zuckermenge im Siliergut ist um mehr als das Dreifache größer, als zum Absenken des pH-Wertes auf 4,0 erforderlich wäre.

Mit Hilfe des Z / PK- Quotienten und dem TM-Gehalt lässt sich der Vergärbarkeitskoeffizient bestimmen: $VK = TM \% + (8 \times Z / PK)$. Bei einem VK über 45 kann mit einer stabilen Gärung gerechnet werden. Rein rechnerisch würde also ein TM-Gehalt von über 17,8 % ausreichen.

Wird das Silo in ausreichendem Maße verdichtet, ist die gewünschte Milchsäuregärung also sehr wahrscheinlich. Förderlich wirkt auch ein rasches Befüllen des Silos, um die Wirkung des Luftsauerstoffes möglichst gering zu halten. Bei langen Befüllzeiten kann mit Hilfe von Trockeneis (CO₂) die Sauerstofffreiheit im Silostock beschleunigt werden. Trockeneiseinsatz ersetzt allerdings nicht das Festfahren, welches in erster Linie der Beseitigung von Luftkanälen im Siliergut dient und so ein Nachsickern von Sauerstoff verhindert. Schon eine einzige zu dicke Futterlage beim Befüllen kann später zu Schimmelbildung führen, da diese durch nichts mehr vernünftig nachverdichtet werden kann. Schimmelkontamination wiederum kann zu Mycotoxinbildung führen und die Silage verderben. Der Verdichtungsgrad hat somit erheblichen Einfluss auf die Gärverluste. Das Raumgewicht sollte mindestens 210 kg TM / m³ betragen. Gleichmäßige Schichten von maximal 30 cm Dicke, welche mindestens 2 bis 4 Mal

langsam mit möglichst hohem Punktdruck überfahren werden, bilden hierfür die Grundvoraussetzung. Entstehen Probleme eine optimale Verdichtung zu realisieren, ist es besser, die Erntekette zeitweise zu unterbrechen. Dies verursacht geringere Ausfallkosten als die andernfalls später auftretenden Qualitätsverluste in der Silage.

Zur Vermeidung des Luftzutritts sollten Silagelager grundsätzlich sofort nach Beendigung der Einlagerung luftdicht abgedeckt werden. Bei Fahrsilos geschieht dies meist mit PE-Folien, wobei die Anzahl der Überlappungen gering zu halten ist. DLG-geprüfte Folien sind aus Qualitätsgründen grundsätzlich zu bevorzugen. Wo die Verwendung mehrerer Folien unvermeidbar ist, hat sich ein Verfalten der Enden als vorteilhaft gegenüber noch so großzügiger Überlappung erwiesen, da diese nie vollständig gasdicht sind. Niederschläge sollten leicht und restlos abfließen können, um Schäden an der Folie bei Frosteinwirkung zu verhindern. Verwendet wird meist Unterziehfolie, Hauptfolie und eventuell Schutzgewebe gegen Vogelfraß. Wandfolien können den Zutritt von Regenwasser wirksam abwenden, bei Feldmieten haben sich Bodenfolien zur Abdichtung nach unten hin bewährt. Silofolien sind in der Regel einfarbig, Unterziehfolien transparent. Weiße Folie reflektiert besser und vermindert dadurch Erwärmung, während schwarze die höhere UV-Stabilität und damit Langlebigkeit besitzt. Direkt darunter kann sich das Futter jedoch auf bis zu 60 °C aufheizen. Grüne Abdeckfolien haben optische Vorteile. Bei nur einseitig UV-beständigen Folien ist meist die Oberseite weiß und die Unterseite schwarz oder grün. Nicht mehr benötigte Abdeckungen können zu neuen Kunststoffprodukten recycelt werden und gehören deshalb in dafür vorgesehene Sammelstellen.

In der Praxis wird die Folie mit Autoreifen oder Sand beschwert. Sandsäcke bieten mehrere Vorteile. Sie sind formbarer, dichten somit eine größere Oberfläche ab und machen gezieltere Punktbelastung möglich. Sie lassen sich leichter handhaben und entsorgen und sind hygienischer, da uninteressant für Vögel und Schädner. Wichtig ist vor allem die Beschwerung der Silokante und, nach Öffnung des Futterstockes, der Anschnittkante als Luftsperrbarriere. Hierbei bieten sich Sandsackschläuche an, um die regelmäßig notwendige Versetzung zu vereinfachen. Für Hochsilos eignen sich Betonpressdeckel, die mit einem Druck von etwa 250 - 300 kg / m² für die notwendige Belastung sorgen.

Eine Zugabe von Milchsäurebakterien bei der Silierung vermindert die TM-Verluste und beschleunigt den Gärverlauf. Es können homofermentative Bakterien zur Beschleunigung der Milchsäuregärung und pH-Wert- Absenkung oder heterofermentative eingesetzt werden, die außerdem noch Essigsäure zur Hemmung von Hefen produzieren. Ob dies notwendig ist, muss jeder Landwirt für sich entscheiden. Als Richtwert für einen optimalen Besatz können 10^5 KbE / g Frischmasse angesehen werden.

Der eigentliche Gärprozess nach Abschluss der Einlagerung lässt sich in mehrere Phasen aufteilen:

- 1) aerobe Phase
- 2) Hauptgärphase
- 3) Lagerphase
- 4) Entnahmephase

Die erste, unter Luftereinfluss stattfindende Umsetzungsphase dauert in der Regel nur wenige Stunden. Aerob lebende Organismen veratmen den verbliebenen Sauerstoff und vermehren sich, wobei sie Wärme produzieren. Oberhalb von 40 °C beginnt das im Siliergut enthaltene Eiweiß zu denaturieren, weshalb eine weitere Luftzufuhr in jedem Fall zu verhindern ist. Haben sich sauerstofffreie Bedingungen eingestellt, bleiben lediglich die erwünschten Milchsäurebakterien (MSB) sowie noch wenige andere anaerob lebende Bakterien (z.B. Listerien, Enterobakterien) und Hefen zurück, die in einer Art Ruhestadium verharren. Ebenso die Sporen einiger Bacillus- und Clostridiumarten, sofern sie Gelegenheit hatten Endosporen zu bilden. Die noch am ehesten der Gefahr des Luftzutritts ausgesetzten Rand- und Deckschichten können mit chemischen Mitteln, Propionsäure oder ähnliches, behandelt werden.

In der ca. eine Woche währenden Hauptgärphase sterben die Pflanzenzellen ab und stellen so ihre Inhaltsstoffe den Mikroorganismen zur Verfügung. Bei der Verstoffwechslung entstehen Gärungskohlensäure, CO₂ und eventuell auch nitrose Gase. Diese sind bräunlich gefärbt und extrem giftig, da sie schwere Lungenverätzungen verursachen können. Deren Folgeprodukte werden aber im weiteren Verlauf zu ungefährlichen Verbindungen abgebaut. Die von den

Milchsäurebakterien produzierten Säuren senken den pH-Wert von 6,5 auf etwa 4 - 5 ab und unterdrücken nach und nach fast alle unerwünschten Organismen außer den Hefen, die noch säureunempfindlicher sind als die MSB. Außerdem hemmt die Säure eiweißabbauende Enzyme, was die Neubildung von puffernden Substanzen unterbindet und so eine zügige Ansäuerung ermöglicht. Nach Abschluss der Fermentationsprozesse ist theoretisch eine Öffnung des Silos denkbar, vor Ablauf von 4 bis 6 Wochen gilt die Silage aber in der Regel noch als instabil.

In der Lagerphase sterben auch die meisten Milchsäurebakterien ab, es verbleiben nur ca. 0,1 %. Jetzt sind nur noch einige säureverträgliche Enzyme vorhanden, die durch geringfügigen Abbau von Speicher- und Gerüstsubstanzen die unvermeidlichen Zuckerverluste durch die lange Lagerung ausgleichen. Prinzipiell verändert sich die Silage ab der dritten Phase kaum noch, sodass diese theoretisch beliebig ausgedehnt werden kann, solange für Luftabschluss gesorgt ist. Bei Silos ohne Schutz durch Netze oder Distanzhalter wird dies durch von Vögeln verursachte Schäden der Folie sabotiert.

Soll die Silage verfüttert werden, so ist immer ein Teil der Silagefläche der Außenluft ausgesetzt. Bei optimaler Verdichtung beschränkt sich der Gasaustausch zwar auf ein Minimum (20 l / h / m^2), trotzdem besteht fortan bis etwa 1 m hinter der Anschnittfläche noch eine Sauerstoffkonzentration von 0,5 - 1,0 %, die für die Vermehrung von Hefen und Schimmelpilzen völlig ausreicht. Außerdem kann die Eindringtiefe der Luft bei starkem Winddruck auf die Anschnittfläche kurzfristig auf bis zu 5 m ansteigen. Darum ist auf ausreichenden Vorschub von mindestens 1,5 m / Woche im Winter und 2,5 m im Sommer zu achten. Auflockernde Entnahmetechnik schafft Luftkanäle bis weit ins Innere des Futterstockes, wodurch sich Schimmelnester (meist von *Penicillium roqueforti*) bilden können. Darum sind glatte und feste Anschnittflächen, z.B. durch die Verwendung einer Futterfräse oder des Siloblockschneiders, anzustreben und Frontladern, Silozangen oder dem Reißkamm vorzuziehen.

Laufen diese Phasen ordnungsgemäß ab, stellen sich bestimmte Gehalte an Gärsäuren ein, die bei ca. 2 - 3 % Milchsäure, 0,5 - 1 % Essigsäure und 0 % oder nur Spuren von Buttersäure liegen. In diesem Fall gilt die Silage als anaerob stabil. Bis 3 % Essigsäure sind wegen der unterdrückenden Wirkung auf Hefen jedoch noch akzeptabel.

Durch widrige Erntebedingungen oder Fehler bei der Silierung können allerdings Fehlgärungen und Schimmelbildung auftreten. Erfolgt die Senkung des pH-Wertes zu langsam, z.B. durch zu feuchtes Erntegut und demzufolge mangelnden Gehalt an schnell verfügbaren Zuckern oder durch Abwesenheit der entsprechenden Bakterien, oder ist die Silage stark verschmutzt, verläuft die Gärung nicht stabil. Bestimmte Clostridien setzen Milch- und Essigsäure zu Buttersäure um. Sind alle anderen Säuren umgebildet, beginnen andere Clostridien mit dem Abbau von Eiweißen, was sich in Ammoniakgehalten von weit über 10 % am Gesamtstickstoff und raschem Verderb äußert.

Milchsäureabbau führt nur dann zur Anreicherung der Silage mit Buttersäure, wenn kein oder nur sehr wenig Nitrat im Erntegut enthalten ist und somit der normale Abbauweg blockiert wird. Solange Nitrat vorliegt, das in der anaeroben Umsetzung zu Nitrit abgebaut werden kann, entsteht beim Abbau von Milchsäure immer Essigsäure. Liegt diese also in Konzentrationen von mehr als 3 % vor, ist dies ebenfalls ein Zeichen von Fehlgärungen.

Demnach lässt sich eine Einschätzung über die anaerobe Stabilität der Silage und der Gärqualität sehr gut anhand des Essig- und Buttersäuregehaltes sowie deren Verhältnis zueinander vornehmen. Mit diesen Informationen lässt sich der gesamte Gärverlauf zuverlässig bestimmen, sodass weitere Kennzahlen wie Ammoniakgehalt und pH-Wert überflüssig scheinen. Abgesehen davon kann der NH_3 -Gehalt auf unterschiedlichste N-haltige Verbindungen in der Silage zurückzuführen sein. Desgleichen wird der Säuregrad nicht ausschließlich durch die Milchsäurebildung definiert, außerdem resultiert der konservierende Effekt der Milchsäuregärung neben der Säuerung zusätzlich auch aus bei der Silierung wirkenden Hemmstoffen für die Mikroorganismen. NH_3 -Anteil und pH-Wert beinhalten als Parameter also ein gewisses Fehlerrisiko.

Ein weiterer bedeutender Indikator für den Futterverderb ist die Nacherwärmung bei Luftzufuhr. Speziell Silomais ist aufgrund der laufenden Zuckernachlieferung dafür prädestiniert. Als aerob stabil gilt die Silage, wenn sie mindestens 3 Tage qualitativ hochwertig bleibt. Wird das Häckselgut durch zu lange Befülldauer oder ungenügendes Festfahren und Abdecken des Silostockes über längere Zeit dem Einfluss von Sauerstoff ausgesetzt, kommt es zu einer ungewünschten Vermehrung der Hefen und,

im Fall von Maissilage häufiger, von Essigsäurebakterien. Beide vermehren sich nur unter aeroben Bedingungen. Erreicht die Hefepilzkonzentration die Grenzmarke von 100.000 Hefen / g Silage, so breiten sich diese bei Öffnung des Silos durch die Zufuhr von Sauerstoff rasant aus. Sie zerlegen die Gärssäuren zu CO₂ und Wasser, wodurch der pH-Wert schnell ansteigt und außerdem Reaktionswärme frei wird. In der Regel schließt sich weiterer Verderb durch die nun begünstigten weniger säurestabilen Bakterien an. Daraus resultieren tägliche TM-Verluste, welche meist die 3 %-Marke übersteigen. Abgesehen vom Energieverlust geht die Futteraufnahme bei Verfütterung erwärmter Silagen stark zurück.

In Maissilage sind jedoch meist Acetobacter für die aerobe Instabilität verantwortlich. Sie oxydieren, sobald Luft zur Verfügung steht, den in der Silage enthaltenen Alkohol zu Essigsäure, die im Verlauf des Verderbsprozesses zu CO₂ und Wasser abgebaut wird und so den pH-Wert wie oben schon beschrieben ansteigen lässt.

Nach PAHLOW (2003) treten beide Silageschädlinge in der Regel gemeinsam auf. Sie sind in Maissilage durch den Zusatz von Siliermitteln nur schwer zu kontrollieren, da die Essigsäurebildung der Acetobacter meist nicht ausreicht, um die Hefen zu unterdrücken. Somit sollten Silierzusätze eine hemmende Wirkung gegen beide erkennen lassen, also zusätzlich pilzhemmende Substanzen wie Propionat oder Benzoat enthalten.

Da die Produktion von Gärssäuren durch den Abbau von Pflanzeninhaltsstoffen realisiert wird, ist ein gewisser Prozentsatz an Substanz- und damit Energieverlusten unvermeidbar. Diese sollten sich im Optimalfall auf 0,1 - 0,2 MJ NEL / kg TM beschränken. ZIMMER hat bereits 1967 aus technischer Sicht unvermeidbare und abwendbare Verluste innerhalb des Silierverfahrens zusammengestellt (Tabelle 1).

Tabelle 1: Verluste an Netto-Energie bei der Silierung (nach ZIMMER, 1967)

Ursache	Bewertung	Netto-Energie-Verluste in %
Restatmung	unvermeidbar	1 bis 2
Vergärung	unvermeidbar	4 bis 10
Gärsaft	verfahrensabhängig	0 bis 7
Feldverluste	verfahrensabhängig	1 bis 5
Fehlgärungen	vermeidbar	0 bis 10
Aerober Verderb	vermeidbar	0 bis 10
Nacherwärmung	vermeidbar	0 bis 10

Demnach müssen ca. 5 % Verlust in jedem Fall in Kauf genommen werden. Größere Feldverluste sind eher bei Grassilage aufgrund des Anwelkens zu befürchten, in der Maiseernte im Prinzip nur durch Materialverlust bei der Bergung. Die Restatmung im Silo ist dadurch bedingt, dass es sich hier um lebendes Pflanzenmaterial handelt. Erfolgt die Ernte innerhalb der optimalen TM-Gehalte des Siliergutes, sind Verluste durch Gärsaft kaum zu erwarten. Schnelle Einlagerung und optimale Verdichtung vermeiden Fehlgärungen und aerobe Bedingungen im Futterstock und bewahren vor Nacherwärmung und bemerkenswerten Verlusten. Zu den Fehlgärungen zählt in diesem Fall auch die Bildung verschiedener Giftstoffe aufgrund der Einsilierung von Kadavern. Dies ist jedoch ebenfalls eher bei Grassilage zu bedenken.

5. Material und Methoden

5.1. Untersuchungsgegenstand

Von der Agrargenossenschaft „Luisenhof“ e.G. wurden die notwendigen Informationen zur Versuchsanlage und -bewirtschaftung zur Verfügung gestellt.

In Deutschland wird die verfügbare Wachstumszeit der Maispflanze wesentlich durch die regional unterschiedlichen Temperaturen beeinflusst. Die Klimabedingungen am Versuchsstandort Hohenzieritz waren im Untersuchungszeitraum Mai bis September 2006 ungünstig für den Mais. Zwar scheint dies bei der Betrachtung der mittleren Temperaturen und der durchschnittlichen Niederschläge zunächst anders, doch das Problem der Witterung 2006 lag in der Verteilung.

Abbildung 1: Versuchsstandort Mitte September (GÖBEL, 2006)

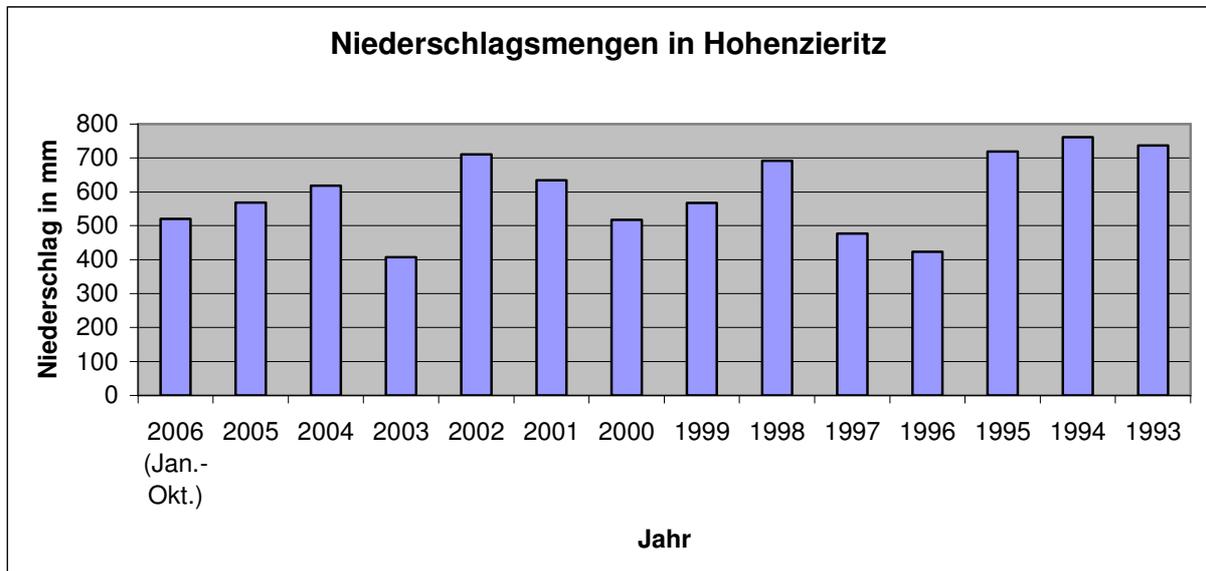


Für die Maiskeimlinge zeigte sich das Wetter zunächst günstig. Ab Mai lagen die Temperaturen immer über 10 °C und es waren keine Spätfröste vorhanden. Zudem begünstigten Niederschläge kurz vor der Saat den Feldaufgang. Im Anschluss folgte allerdings eine längere Kälteperiode, die bei den jungen Pflanzen einen ersten

Wachstumseinbruch verursachte. In der Hauptwachstumsperiode (Juni / Juli) gab es anhaltende Trockenphasen, was zu empfindlichen Wachstumsdepressionen führte.

Die Summe der Niederschläge in Hohenzieritz im Versuchsjahr 2006 betrug von Januar bis Oktober 520,5 mm. Das entspricht ungefähr dem Durchschnitt der vorherigen Jahre. In der Abbildung 2 wird dies deutlich:

Abbildung 2: Niederschlagsmengen in Hohenzieritz in mm (Datengrundlage: Aufzeichnungen der Agrargenossenschaft „Luisenhof“ e.G.)



Der Ackerschlag 4/7, den die Agrargenossenschaft für diesen Versuch ausgewählt hat, umfasst 18,5 ha eines Diluvial-Bodens der Zustandsstufe 1. Da die Fläche sehr inhomogen ausfällt, stellt die durchschnittliche Bodenpunktzahl von 19 nicht unbedingt eine repräsentative Größe dar.

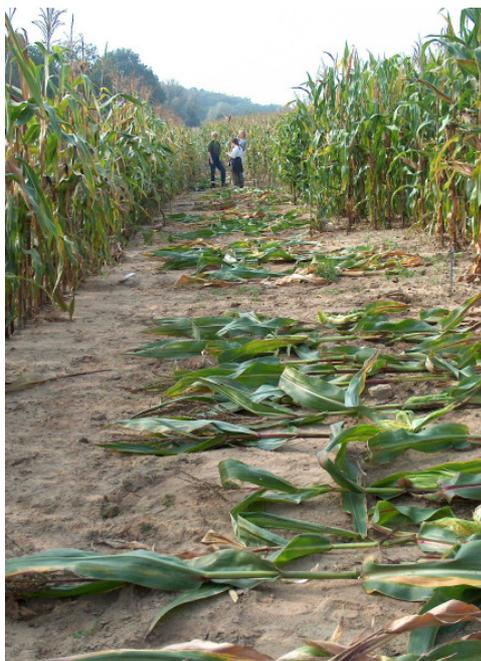
Bis einschließlich 2003 war das derzeitige Versuchsfeld Grünland. Dem im Jahre 2004 vollzogenen Umbruch folgte die Aussaat von Silomais. 2005 wurde Winterroggen angebaut und es folgte im Versuchsjahr 2006 wiederum Mais.

Die Anlage von insgesamt 4 Versuchsblöcken diente dazu, die unterschiedlichen Ertragspotenziale des verschießenden Bodens zu berücksichtigen. In jedem der 4 Blöcke standen die Sorten in identischer Reihenfolge, mit jeweils 8 Reihen pro Sorte. Im nachfolgenden Schema (Abbildung 3) wird der Versuchsaufbau im Feld veranschaulicht. Silo- und Körnerreifegruppen der einzelnen Sorten können Tabelle 17 (siehe Anhang) entnommen werden.

Abbildung 3: Schematischer Versuchsaufbau

Block 4	Block 3	Block 2	Block 1
...	...	Referenz außen Atendo Attfields Magister Horatop Aventura Goldosse Referenz innen System Sunday Aspekt Ravenna	Referenz außen Atendo Attfields Magister Horatop Aventura Goldosse System Referenz innen Sunday Aspekt Ravenna

Abbildung 4: „Leer-Streifen“ zwischen Parzellen und Vorgewende (GÖBEL, 2006)



Als Referenz diente **Ravenna**, eine im jahrelangen Einsatz bewährte Sorte, sodass diese insgesamt dreimal in jedem Block vorhanden war. Durch den kontinuierlichen Einsatz von **Ravenna** in allen Sortenversuchen entsteht die Möglichkeit, Jahresunterschiede zu erfassen und zu berücksichtigen.

Am Ende jeder Blockparzelle wurde die „**Referenz außen**“ platziert, um einer Beeinflussung der Parzellen untereinander vorzubeugen. Die **Referenzsorte innen**, an vierter Stelle im ersten Block und an fünfter Stelle in den weiteren Blöcken

gelegt, diente als Grundlage zur Berücksichtigung eventueller Differenzen im Potenzial des Bodens innerhalb der Parzellen.

Zur Schaffung möglichst einheitlicher äußerlicher Einflussfaktoren umgrenzte **Ravenna**, als einzige Sorte im etwa 10 m breiten Vorgewende, den gesamten Versuch. Ein circa 5 m breiter „Leer-Streifen“, der Bonituren und Probennahme erheblich erleichterte, trennte Vorgewende und Parzellen.

Das Anbauverfahren orientierte sich im Wesentlichen an der gängigen Praxis der Silomaisproduktion. Ende April 2006 erfolgte der Stoppelsturz des Winterroggens mit

anschließender Gülleausbringung von 60 m³ / ha. Bei 3,4 % Gesamtstickstoff enthielt die Gülle also etwa 204 kg N / ha, was bei einer unterstellten Freisetzung von 60 % circa 120 kg / ha verfügbaren Stickstoff bedeutet. Genaue Ergebnisse des Prüfberichtes der LUFA können Tabelle 2 entnommen werden.

Tabelle 2: Prüfparameter der ausgebrachten Rindergülle
(Angaben der Agrargenossenschaft „Luisenhof“ e.G. laut LUFA-Bericht)

Parameter	Methode	Einheit	Ergebnis
Inhaltsstoffe in der Frischmasse (FM)			
Trockenmasse	VDLUFA II, 11.5.1	%	6,37
Trockenmasse	VDLUFA II, 11.5.1	kg/m ³	63,74
Grundnährstoffe			
Gesamtstickstoff (N _t)	VDLUFA II P. 3.5.2.7	%	0,34
Gesamtstickstoff (N _t)	VDLUFA II P. 3.5.2.7	kg/m ³	3,4
Ammonium-N (NH ₄ -N)	DIN 38406 / E5	%	0,18
Ammonium-N (NH ₄ -N)	DIN 38406 / E5	kg/m ³	1,8
Phosphat (P ₂ O ₅)	VDLUFA II, 4.2.3	%	0,16
P ₂ O ₅	VDLUFA II, 4.2.3	kg/m ³	1,63
Kaliumoxid (K ₂ O)	VDLUFA II, 5.2.2	%	0,3
K ₂ O	VDLUFA II, 5.2.2	kg/m ³	3,04
Magnesiumoxid (MgO)	VDLUFA II, 7.2.3	%	0,08
MgO	VDLUFA II, 7.2.3	kg/m ³	0,79

Das Pflügen der Fläche nahm einige Tage bis einschließlich 01. Mai in Anspruch. Am 03. Mai schloss sich die Saatbettbereitung an, bei der eine Kombination aus Schleppe, Schwergrubber, Schrägstab-Walze und Striegel von Querneland zum Einsatz kam. Am 04. Mai, bei einem langjährigen Mittel um den 15. April also ziemlich spät, erfolgte mit einer achtreihigen Aeromat T8ZS von Becker die Aussaat.

Pro Block wurden, in eine Tiefe von 4 cm, 8 Reihen für jede Sorte gelegt. Bei einem Reihenabstand von 75 cm und einem Pflanzenabstand in der Reihe von 17,8 cm bedeutet dies eine Aussaatstärke von 80.000 Körnern / ha.

Als Unterstützung für die Keimlinge dienten im Versuch 200 kg / ha eines Unterfußdüngers, dessen Nährstoffgehalte sich im Einzelnen nachstehender Tabelle 3 entnehmen lassen:

Tabelle 3: Nährstoffzusammensetzung der Unterfußdüngung
(Angaben der Agrargenossenschaft „Luisenhof“ e.G.)

Nährstoff	prozentualer Anteil und Formulierung
Stickstoff	12 % Ammonium
	3 % Carbamid
Phosphor	5 % zweiprozentiger Ameisensäurelöslicher Physalg
	15 % neutralammonitratlöslicher und wasserlöslicher Physalg
Magnesium	3 % MgO
Schwefel	7 % S

Die Pflanzenschutzmaßnahmen beschränkten sich auf eine Behandlung im Nachauflauf. Dabei wurde eine Kombination aus 2,5 Liter / ha Gardo® Gold (von Syngenta) und 100 g / ha MaisTer® (von Bayer) ausgebracht.

Gardo® Gold ist ein Herbizid mit S-Metolachlor (312,5 g / l) und Terbutylazin (187,5 g / l) zur Bekämpfung von Schadhirs, Einjährigem Rispengras und zweikeimblättrigen Unkräutern in Mais. MaisTer®, ebenfalls ein Herbizid zur Bekämpfung von Ungräsern und -kräutern, enthält die Wirkstoffe Foramsulfuron (300 g / kg), Iodosulfuron-methyl-natrium (10 g / kg) und Isoxadifen-ethyl (300 g / kg).

(SYNGENTA, 2006; BAYERCROPS SCIENCE, 2006)

Bei der Ernte mit einem John Deere 7700- Häcksler am 20.09.2006 betrug die theoretische Häcksellänge 5 bis 8 mm, die Maiskörner wurden gekrackt. Der Ertrag lag

im Versuchsdurchschnitt bei 207,8 dt / ha Originalsubstanz. Im Strom des Häckselgutes wurde SILA-BAC® Mais Kombi von der Firma Pioneer zugesetzt.

Hierbei handelt es sich laut Herstellerangaben um eine Kombination aus SILA-BAC® Mais und SILA-BAC® Stabilizer. Das Mittel enthält demnach sowohl homofermentative Milchsäurebakterien der Stämme *Lactobacillus plantarum* und *Enterococcus faecium*, zur Unterstützung einer zügigen Milchsäuregärung, als auch heterofermentative Bakterien der Art *Lactobacillus buchneri*. (BRÜSEMEISTER, 2007)

Diese sollen durch Essigsäurebildung die Hefevermehrung unterdrücken und damit die aerobe Stabilität der Silage verbessern helfen. Hierfür hat die Pioneer Forschung in Silierversuchen folgende Wirkungen ermittelt. (Tabelle 4).

Tabelle 4: Wirkungen von SILA-BAC® Mais Kombi (PIONEER, 2007)

Ergebnisse aus 48 Versuchen mit Maissilage	Unbehandelte Silagen	Mit SILA-BAC Mais Kombi behandelt	Differenz
pH-Wert	3,82	3,88	+ 0,06
Hefen KbE (log 10)	5,43	4,87	- 0,56
Aerobe Stabilität* (Tage)	2,6	4,0	+ 1,4
Aerobe Verluste (%)	8,1	5,6	- 2,5

* Labor Stressmodell nach Honig

Quelle: Pioneer Forschung

Somit stellt das Mittel einen Kompromiss zwischen rascher und verlustarmer pH-Wert-Absenkung und aerober Stabilität dar, wodurch die Gesamtverluste bis zum Futtertisch letztlich verringert werden können. Entsprechend der empfohlenen Aufwandmenge wurden 500 ml je 50 t Siliergut eingesetzt (Listenpreis: 100 € / 500 ml - Gebinde). (PIONEER, 2007)

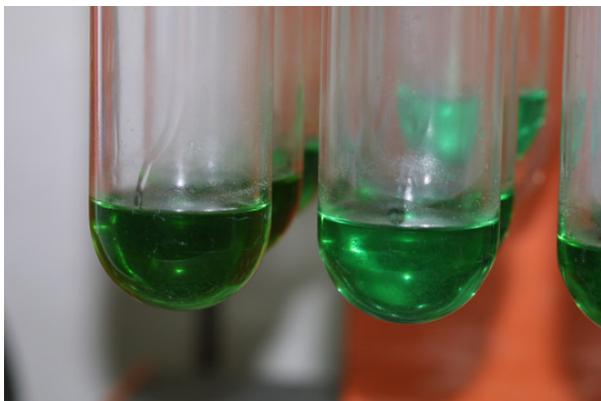
5.2. Methoden

In einer Bestandesbonitur am 19.09.2006 wurden vor der eigentlichen Ernte zwei laufende Meter der vierten Reihe jeder Sorte in jedem Block beerntet. Die Schnitthöhe orientierte sich an der Schnitthöhe des Häckslers. Da bei den einzelnen Sorten die Maispflanzen unterschiedlich dicht standen, variierte die geerntete Pflanzenzahl von Parzelle zu Parzelle. Im Schnitt lag diese bei 11,4 Pflanzen je Probennahme. Die somit als repräsentativ ausgewählten Pflanzen dienten der Bestimmung der Einzelpflanzengewichte mit und ohne Kolben. Weiterhin erfolgte eine Bonitur des Befalls mit Maiszünslern (nach Befallsort), Fusarien und Maisbeulenbrand.

Nach der Bonitur wurde pro Block eine Pflanze jeder Sorte ausgewählt, die als Stichprobe zur Bestimmung der Trockenmasse und des Trockenkolbenanteils diene. Eine Berechnung der Mittelwerte des Restpflanze : Kolben- Verhältnisses ergab die Pflanze, die diesem Durchschnitt am nächsten kam.

Bei der darauf folgenden Ernte mit dem Feldhäcksler am 20.09.2006 wurden von jeder Sorte Mischproben aller vier Blöcke entnommen, die im Futtermittellabor der Hochschule weiterverarbeitet werden konnten. Jeweils 3 Proben (**Ravenna** nur 2) für die enzymatische Bestimmung von Zucker und Stärke (50 g je Probe) durchliefen das Verfahren der Gefriertrocknung. Dieses Verfahren konserviert die Probe auf schonendere Weise als die Behandlung im Trockenschrank. Stärke- und Zuckergehalte bleiben unverfälscht.

Abbildung 5: Aufschlüsse der XP-Analyse



frischem Zustand eingefroren.

Die Mischproben vom Häcksler sollten für die Weender- und Verdaulichkeitsanalyse herangezogen werden, weshalb deren Trocknung bei 60 °C im Trockenschrank erfolgte. Alle Methoden zur Ermittlung der Rohnährstoffe richteten sich nach den Verfahren der Weender-Analyse. Rückstellproben für jede Sorte wurden in

Für die Untersuchung von Zucker und Stärke kamen Testkits der Firma Boehringer Mannheim / R-Biopharm zum Einsatz. Statt DMSO wurde Termamyl 120L, eine thermostabile Amylase für den Stärkeaufschluss verwendet, da hiermit im Labor der Hochschule bessere Erfahrungen aus der Vergangenheit vorliegen.

Durch Aufspaltung der langkettigen Stärkemoleküle in ihre Glucose- Bestandteile und anschließende Messung dieser Bruchstücke wird der Stärkegehalt ermittelt.

Abbildung 6: Siliergläser

Gleich nach der Ernte erfolgte, parallel zur Vorbereitung der Trocknungsvorgänge und zum Einfrieren der Rückstellproben, der Arbeitsgang der Silierung. Die Durchführung der Silagebereitung orientierte sich am Verfahren nach KAISER (2005). Hierfür standen pro Sorte 4 Weckgläser à 1 Liter mit



Gummidichtringen und Metallspannern bereit. Bei der Einsilierung durchlief das Häckselgut nach dem Fließbandprinzip mehrere Stufen, wobei die einzelnen Arbeiten immer einer Person zugeordnet waren. Während zu Beginn die ankommenden Plastiktüten in eine Schale entleert und dort sorgfältig gemischt wurden, erfolgte im nächsten Schritt die Einwaage von ca. 560 g Frischmaterial. Diese Menge wurde zuvor am ersten Glas ermittelt, um für alle weiteren als Orientierungsgröße zu dienen. Jedes Glas sollte etwa gleich viel Material enthalten, um eine annähernd ähnliche und damit vergleichbare Verdichtung zu gewährleisten. Anschließend konnte das Siliergut per Hand in die beschrifteten und gewogenen Gläser eingebracht werden. Die vorgegebene Menge komplett in das Glas einzufüllen, stellte eine ausreichende Komprimierung und somit beste Siliervoraussetzungen sicher. Mit Glasdeckel, Gummiring und je 4 Spannern erhielten die Gläser einen stabilen Verschluss. Das Gummi soll entstehende Gärgase entweichen lassen und trotzdem den Luftzutritt von außen verhindern. In diesem Zustand konnte das Bruttogewicht jedes Weckglases erfasst werden, die genaue

Einwaage ergab sich aus der Differenz zwischen dem Brutto- und dem Leergewicht des Glases.

Abbildung 7: Probenglas 4 von Sunday



In der Rohstoffkammer lagerten die Silierproben ca. 6 ½ Monate unter kontrollierten Bedingungen (dunkel, 25 °C, Entlüftung), bevor jeweils zwei Gläser für die Analysen geöffnet wurden. Die Empfehlung von KAISER (2005), welche mindestens 6 Wochen Silierdauer vorsieht, damit alle Abbauprozesse beendet sind, ist damit erfüllt. Von der **Referenzsorte innen** waren alle vier Gläser verdorben und schieden damit aus dem Versuch aus. Vor der Öffnung wurden die Weckgläser nochmals gewogen, woraus sich der Silierverlust ermitteln ließ.

Nach dem DLG-Schlüssel für Maissilage (siehe Anhang) erfolgte die Sinnenprüfung des Siliergutes. Zur Bestimmung der farblichen und strukturellen Veränderung gegenüber dem Ausgangsmaterial dienten tief gefrorene Rückstellproben. Aus den von drei Prüfern ermittelten Punktabzügen für den jeweiligen Teilabschnitt wurde ein Durchschnitt für beide Gläser gebildet und daraus der Gesamtpunktabzug für jede Sorte (auf ganze Zahlen gerundet) festgelegt.

Anschließend folgte der Probenansatz sowohl für die pH-Wert-Bestimmung als auch die Analyse der Gärsäuren. Beide Arbeitsgänge sehen eine Einwirkzeit von ca. 12 Stunden vor. Wie schon beim Frischpflanzenmaterial wurde ein Großteil des Siliergutes getrocknet bzw. gefriergetrocknet und für die Weender- und Verdaulichkeitsanalyse sowie Bestimmung der Kohlenhydrate auf 1,0 bzw. 0,5 mm vermahlen.

Die Analytik zur Gärsäurenbestimmung beruht auf einem von WIEGNER und MAGASANIK erdachten und von LEPPER weiterentwickelten Prinzip der Destillation mit speziellen Geräten, einer von der LUFÄ anerkannten Methode. Für den vorliegenden Versuch wurde der Milchsäuregehalt nicht ermittelt, da die Silage nach dem neuen DLG-Schlüssel bewertet wurde, welcher diesen Parameter auslässt. Es erfolgen lediglich

Abzüge für negative Eigenschaften, weshalb auf die Bewertung der Milchsäure, welche ja erwünscht ist, verzichtet wird. (SCHULTZE, 2007)

Abbildung 8: Apparatur zur Gärsäurenbestimmung nach LEPPER

Natronlauge und verdünnte Schwefelsäure dienen als Reagenzien, wobei auch die verdünnte Säure noch einen Säuregehalt von 50 % aufwies. Dabei ist besonders die genaue Einhaltung der Destillationsmengen von Bedeutung. Beim Destillieren müssen 100 ml während der ersten 20 min (D_1) und nochmals 50 ml in weiteren 10 min (D_2) so exakt wie möglich überdestilliert werden. Zur Titration mit Natronlauge kam anschließend jeweils die Hälfte des Destillates. Die Gärsäuren sind mit feststehenden Übergangskonstanten im Gasstrom enthalten (Tabelle 5). Mittels der sich daraus ergebenden Umrechnungsfaktoren kann aus den Ergebnissen der Titration der Gärsäuregehalt abgeleitet werden. (BASSLER et al., 1976)

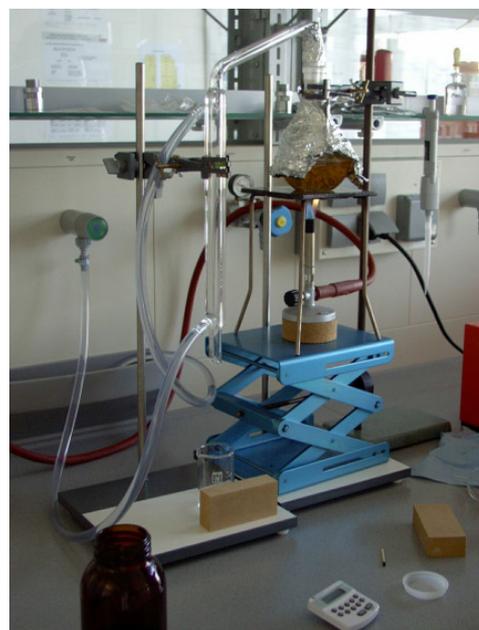


Tabelle 5: Übergangskonstanten für Essig- und Buttersäure bei Gärsäurenbestimmung nach LEPPER (1938, zit. bei BASSLER et al., 1976)

Gärsäure	D_1	D_2
Essigsäure	37,95 %	24,01 %
Buttersäure	78,69 %	17,42 %

Im weiteren Verlauf der Laborarbeit folgten die Weender-Analyse sowie die Ermittlung von NDF, ADF und ADL nach VAN SOEST. In Abbildung 9 sind die einzelnen Nährstofffraktionen aufgezeigt.

Abbildung 9: Weender Futtermittelanalyse, kombiniert mit dem Verfahren nach VAN SOEST (BURGSTALLER, 1986, 1999)

%	Weender-Analyse	Weender + VAN SOEST		
100	Rohasche	Rohasche	Zellinhaltsstoffe	
90	Rohprotein	Rohprotein		
80				
	Rohfett	Rohfett		
70	N-freie Extraktstoffe*	organischer Rest*		
60				
50		Hemizellulose*		
40				
30				NDF, Gerüstsubstanzen
20				
10	Rohfaser	Zellulose*		
		ADL	ADF	

* durch Differenz errechnet

Die Ergebnisse der ELOS- bzw. EULOS- Untersuchung nach DE BOEVER beschreiben die organischen Bestandteile des Futtermittels, die mittels Cellulase gelöst werden können. Neben der Berechnung aus Rohfaser mit den Formeln

$$\mathbf{ME} = (14,03 - (0,01386 * XF) - (0,01018 * XA)) \text{ und}$$

$$\mathbf{NEL} = ME * (0,46 + (12,38 * ME) / (1000 - XA))$$

kann der Energiegehalt mit nachstehender Formel auch aus der EULOS geschätzt werden.

$$\mathbf{ME} = 14,27 - (0,0147 * XA) - (0,012 * EULOS) + (0,00234 * XP)$$

Tendenziell fällt die Energieschätzung mittels Rohfaser höher aus als die Schätzung auf der Basis von EULOS. (GFE, 1998; GFE, 2001)

Zur Erstellung der Arbeit diente das Microsoft® Office Programm Word. Tabellen, Diagramme und Berechnungen wurden mit Hilfe von Excel und dessen Funktionen angefertigt.

6. Darstellung der Ergebnisse

Hier sollen die Ergebnisse der Laboruntersuchungen aufgezeigt und veranschaulicht werden. Neben der Weender-Analyse wurden Zucker- und Stärkebestimmung, eine Analyse der Verdaulichkeit sowie die Bestimmung der Gärsäuren durchgeführt.

Den Analyseergebnissen der Silage vorweggenommen sollen hier die Rohnährstoffe und Energiegehalte des Ausgangsmaterials aufgezeigt werden (Tabelle 6). Diese sind bereits im Projektbericht zum IPS näher beschrieben worden.

Dargestellt sind neben der Trockenmasse (TM) auch Rohasche (XA), Rohfaser (XF), Rohfett (XL), Rohprotein (XP) und N-freie Extraktstoffe (XX) sowie Energiegehalte. Ein Vergleich mit den äquivalenten Werten der Silage wird im Kapitel Auswertung der Ergebnisse vorgenommen.

Tabelle 6: Ergebnisse der Weender-Analyse des Ausgangsmaterials

Sorte	g/kg OS	g/kg TM					MJ/kg TM	
	TM	XA	XF	XL	XP	XX	ME	NEL
Ravenna	393,76	45,438	193,63	26,59	77,60	654,92	10,88	6,54
Aspekt	380,56	41,93	214,45	8,03	83,03	648,44	10,63	6,35
Sunday	348,27	51,917	231,09	22,93	90,33	578,82	10,30	6,12
System	339,57	41,45	189,47	19,66	92,52	659,33	10,98	6,61
Goldosse	327,54	47,41	198,38	14,95	96,56	614,92	10,80	6,48
Aventura	320,99	45,078	212,6	27,66	92,33	597,05	10,62	6,35
Horatop	369,62	43,515	178,09	31,21	87,42	653,56	11,12	6,71
Magister	353,59	44,63	215,75	25,09	89,56	602,52	10,59	6,32
Attfields	358,56	39,855	202,68	28,88	84,60	612,7	10,82	6,48
Atendo	326,79	45,83	253,21	20,66	83,43	596,87	10,05	5,94
Mittelwert	351,93	44,71	208,94	22,57	87,74	621,91	10,68	6,39
Minimum	320,99	39,86	178,09	8,030	77,60	578,82	10,05	5,94
Maximum	393,76	51,92	253,21	31,21	96,56	659,33	11,12	6,71

Der Analyse der Silage ging die Öffnung der Probengläser voraus. Darum soll zunächst eine Darstellung der Resultate aus der Sinnenprüfung beim Öffnen der Weckgläser erfolgen. Die in der folgenden Tabelle 7 erfassten Werte stellen jeweils den Durchschnitt beider untersuchten Gläser jeder Sorte dar.

Tabelle 7: Sinnenprüfung der Silage nach DLG-Schlüssel

Sorte	Geruch	Gefüge	Farbe	Schimmel	Summe Abzug	Abzug
Ravenna	0,50	1,00	1,00	0,00	2,50	3
Aspekt	2,25	1,25	1,25	0,00	4,75	5
Sunday	2,25	0,50	1,25	0,00	4,00	5
System	2,67	0,50	1,17	0,00	4,33	4
Goldosse	3,50	1,00	2,00	0,00	6,50	7
Aventura	1,50	1,00	1,00	0,00	3,50	4
Horatop	0,67	0,33	1,00	0,00	2,00	2
Magister	0,50	0,25	1,00	0,00	1,75	2
Attfields	2,50	0,33	1,00	0,00	3,83	4
Atendo	1,25	0,25	1,00	0,00	2,50	3
Ref. außen	0,50	0,00	1,30	0,00	1,80	2
Mittelwert	1,64	0,58	1,18	0,00	3,41	3,73
Minimum	0,50	0,00	1,00	0,00	1,75	2
Maximum	3,50	1,25	2,00	0,00	6,50	7

Die geprüften Gläser ließen keinerlei Anzeichen von Schimmel erkennen. Insgesamt trat bei 9 Gläsern Schimmelbildung auf, welche damit für den Versuch unbrauchbar wurden. Betroffen waren ein Glas der Sorte **Aventura**, jeweils zwei von **Goldosse** und **Sunday** sowie alle vier Gläser der **Referenzsorte innen**, wodurch diese in den weiteren Analysen nicht mehr berücksichtigt werden konnte.

Grundsätzlich fiel bei fast allen Gläsern ein durchdringender alkoholischer Geruch kurz nach dem Öffnen auf. Einige Proben rochen auch leicht nach Essigsäure. Eine geringfügige Materialzersetzung konnte bei **Ravenna**, **Aspekt**, **System**, **Goldosse** und **Aventura** in beiden Gläsern beobachtet werden, wie der Punktabzug beim Merkmal „Gefüge“ zeigt. Bei **Sunday**, **Magister** und **Atendo** zeigte jeweils lediglich eine Probe

Anzeichen von Zersetzung. In der Farbe der Silage erhielten alle Sorten Abzugspunkte, da diese nie, wie für „0“-Punkte gefordert, dem Ausgangsmaterial entsprach. Bei **Goldosse** ging der Farbton schon leicht ins Bräunliche über, woraus der hohe Punktabzug resultiert.

Der gerundete Punktabzug für alle Merkmale reicht von 2 für die verbliebene **Referenz**, **Horatop** und **Magister** bis hin zum Maximalwert von 7 für **Goldosse**, der Prüfungsmittelwert lag bei 3,41. Die anzusetzende Wertminderung gegenüber dem Grüngut würde also laut DLG-Schlüssel zwischen 0,1 und 0,5 MJ NEL / kg TM liegen (NUßBAUM et al., 2004).

Bereits vor dem Öffnen der Siliergläser wurde durch erneutes Wiegen der Gärverlust jedes Glases ermittelt. Unmittelbar nach der Sinnenprüfung folgte die Probenaufbereitung für die pH-Wert-Bestimmung. Die zusammengefasste Darstellung ist Tabelle 8 zu entnehmen.

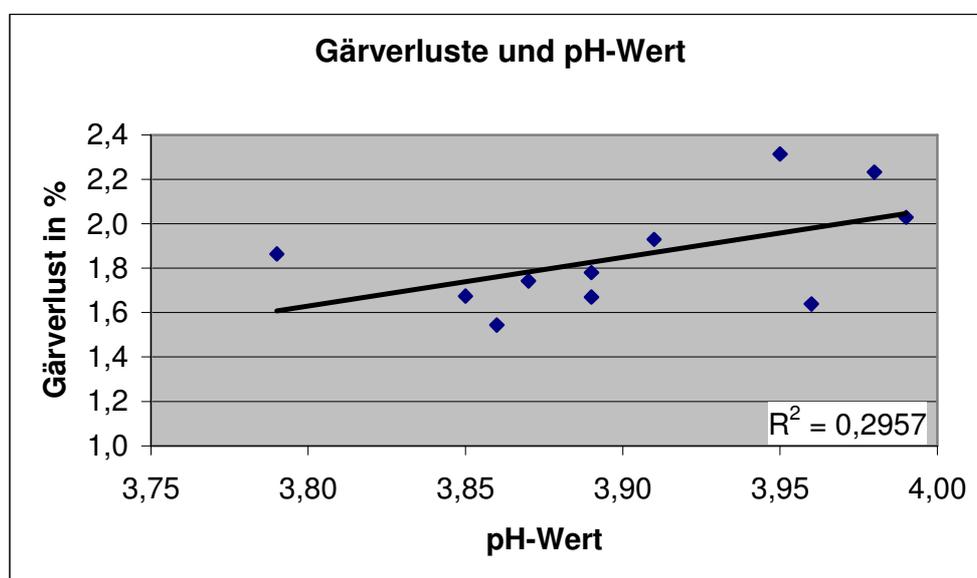
Tabelle 8: Gärverluste und pH-Werte der Silageproben

Probe	Gärverlust in %	pH-Wert
Ravenna	1,64	3,96
Aspekt	1,74	3,87
Sunday	1,78	3,89
System	1,67	3,89
Goldosse	2,23	3,98
Aventura	1,86	3,79
Horatop	1,54	3,86
Magister	1,93	3,91
Attfields	1,67	3,85
Atendo	2,31	3,95
Referenz	2,03	3,99

Probe	Gärverlust in %	pH-Wert
Mittelwert	1,86	3,90
Minimum	1,54	3,79
Maximum	2,31	3,99

Im Mittel trat mit knapp 1,9 % ein sehr geringer Gärverlust auf. Den größten Substanzverlust der auswertbaren Proben ohne Schimmel wies mit 2,31 % **Atendo** auf, während **Horatop** nur 1,54 %, also im Schnitt nur 8,7 g / Glas, einbüßte. Der pH-Wert schwankte weit weniger stark zwischen der **Referenz** (3,99) und **Aventura** (3,79), wobei der Durchschnitt der Sorten bei 3,90 lag. Wie im nachfolgenden Diagramm (Abbildung 10) dargestellt, zeigt sich ein schwach positiver Zusammenhang zwischen Gärverlusten und pH-Werten, welcher jedoch mit einem Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0,30$ keine statistische Signifikanz aufweist.

Abbildung 10: Gärverluste und pH-Werte der Silageproben



Parallel zur pH-Wert-Bestimmung erfolgte die Probenvorbereitung für die Analyse der Gärsäuren. Dabei wurde der Gehalt an Essig- und Buttersäure ermittelt. Die Untersuchungsergebnisse sind aus Tabelle 9 ersichtlich.

Tabelle 9: Essig- und Buttersäuregehalt in der Trockenmasse

Probe	Essigsäure in % TM	Buttersäure in % TM
Ravenna	1,55	0,00
Aspekt	1,88	0,00
Sunday	3,25	0,00
System	3,51	0,00
Goldosse	2,78	0,00
Aventura	2,69	0,00
Horatop	1,77	0,00
Magister	3,73	0,00
Attfields	2,53	0,00
Atendo	2,83	0,00
Ref. außen	2,29	0,00
Mittelwert	2,62	0,00
Minimum	1,55	0,00
Maximum	3,73	0,00

Buttersäure konnte in den Proben nicht nachgewiesen werden, was auch nicht zu erwarten war. Die Essigsäureanteile bewegten sich zwischen 1,55 % (**Ravenna**) und 3,73 % (**Magister**) um einen Versuchsmittelwert von 2,62 %. Abgesehen von **Magister** lagen noch **Sunday** und **System** über 3 % Essigsäure.

Für eine Benotung der Gärparameter nach der chemischen Methode (KAISER et al., 2006) erfolgt die Einbeziehung von Trockenmasse, pH-Wert, Essig- und Buttersäure. Somit ergeben sich Gesamtpunktzahlen zwischen 80 und 100. **System** und **Magister** erreichten 80 Punkte und damit die Note 2 („gut“). Die Punktzahlen 90 und 100 der restlichen Sorten entsprechen mit der Note 1 dem Urteil „sehr gut“. Punkteinbußen

verzeichnen lediglich die Sorten mit Essigsäuregehalten über 3 %. Das Ergebnis spricht insgesamt für einen erfolgreichen Silierprozess.

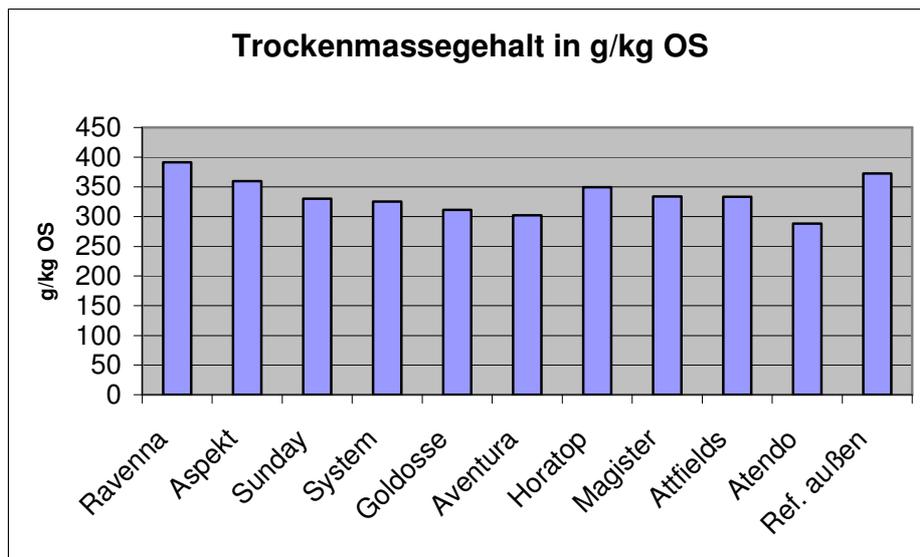
Tabelle 10 enthält die ermittelten Anteile der Rohnährstoffe. Die Weender-Analyse folgte den gleichen Schritten wie beim Ausgangsmaterial, nur der Rohfettgehalt wurde nicht ermittelt.

Tabelle 10: Ergebnisse der Weender-Analyse

Sorte	g/kg OS	Angaben in g/kg TM			Angaben in MJ	
	TM	XA	XP	XF	ME	NEL
Ravenna	391,66	46,33	86,80	204,54	10,72	6,43
Aspekt	359,54	46,43	83,39	223,08	10,47	6,24
Sunday	330,24	50,75	90,04	216,45	10,51	6,28
System	325,04	47,28	86,63	210,29	10,63	6,36
Goldosse	311,29	51,00	93,45	211,68	10,58	6,32
Aventura	302,04	47,58	89,70	242,20	10,19	6,04
Horatop	349,78	46,30	87,49	186,33	10,98	6,61
Magister	333,91	46,82	91,12	202,11	10,75	6,45
Attfields	333,50	43,20	86,79	201,04	10,80	6,48
Atendo	288,56	52,07	83,56	254,91	9,97	5,88
Ref. außen	372,88	46,05	97,65	194,80	10,86	6,53
Mittelwert	336,22	47,62	88,78	213,40	10,59	6,33
Minimum	288,56	43,20	83,39	194,80	9,97	5,88
Maximum	391,66	52,07	97,65	254,91	10,98	6,61

Nachfolgend sollen die Rohnährstoffe einzeln betrachtet werden. Zunächst sei hier jedoch der Trockenmassegehalt dargestellt (Abbildung 11).

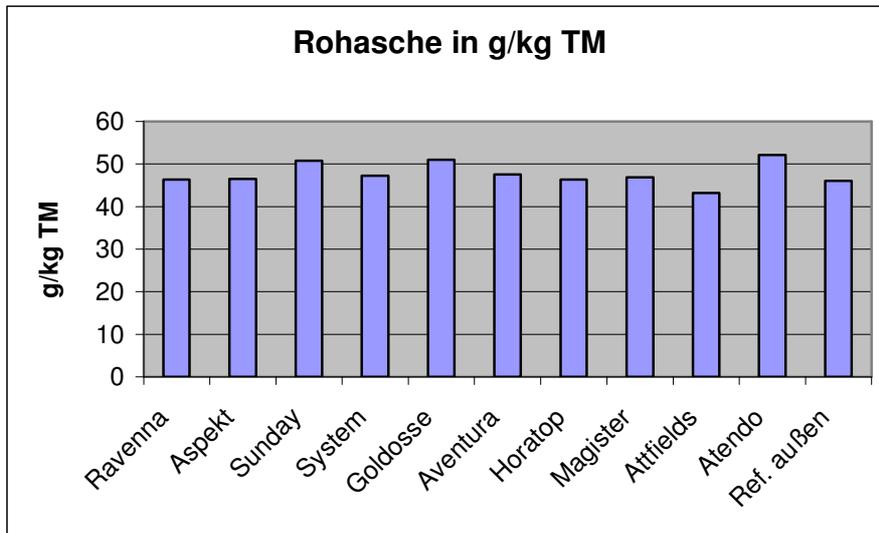
Abbildung 11: TM-Gehalt in der Originalsubstanz



Der Anteil der Trockenmasse in der Silage erreichte Größenordnungen zwischen 391,66 g / kg bei **Ravenna** und 288,56 g / kg OS bei **Atendo**, wobei der Durchschnitt 336,22 g betrug. Eine leicht abnehmende Tendenz mit zunehmender Reifezahl ist zu erkennen. Nur **Atendo** enthielt weniger als 30 % Trockenmasse.

Mineralstoff- und Schmutzanteile bestimmen den Rohaschegehalt der Silage. Im Diagramm (Abbildung 12) sind die ermittelten XA-Werte veranschaulicht.

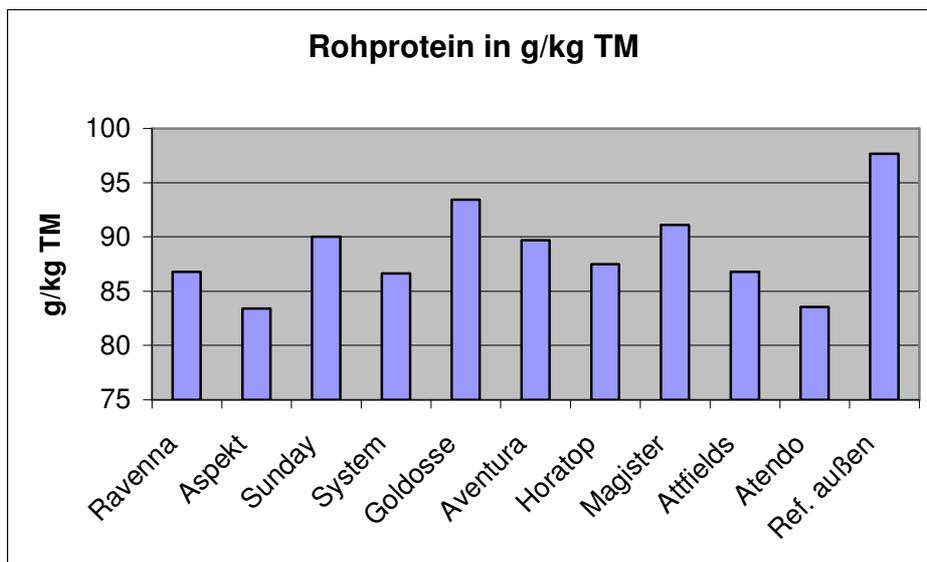
Abbildung 12: Rohaschegehalt in der Trockenmasse



Bei **Sunday**, **Goldosse** und **Atendo** stellten sich XA-Gehalte über 5 % ein, das Versuchsmaximum erreichte **Atendo** mit 52,07 g / kg TM. **Attfields** zeigte wie auch schon beim Ausgangsmaterial den niedrigsten Aschegehalt (43,20 g). Von 4,47 auf 4,76 % hat sich der Mittelwert durch das Silieren ebenfalls kaum verändert.

Als nächstes erfolgt die Ergebnisdarstellung für das Rohprotein. Hierzu dient Abbildung 13.

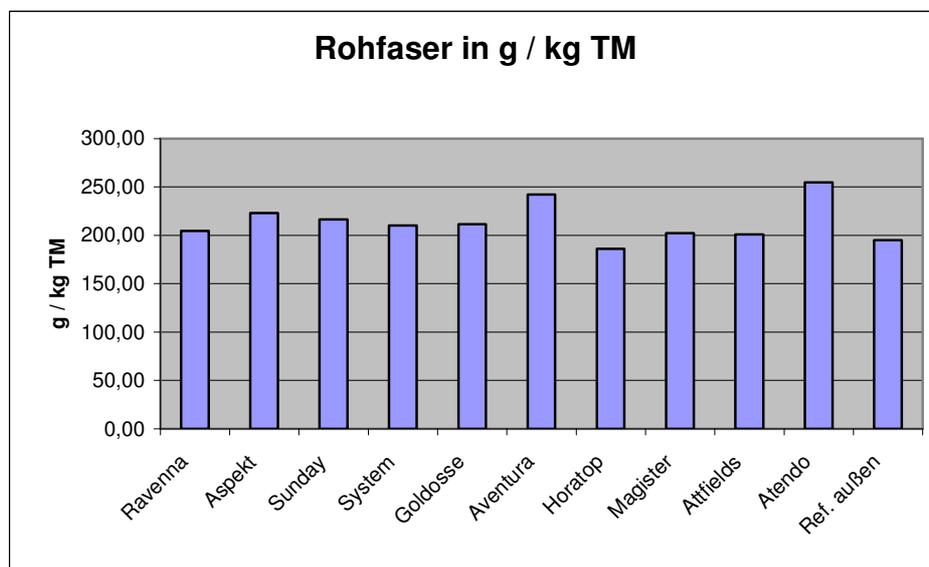
Abbildung 13: Rohproteingehalt in der Trockenmasse



Für **Referenz außen** wird hier das Maximum dargestellt (97,65 g / kg TM). **Aspekt** enthielt am wenigsten Protein mit 83,39 g. Nur **Sunday, Magister** und die **Referenz** wiesen XP-Anteile über 90 g / kg TM auf, das Versuchsmittel lag bei 88,78 g.

Bei den XF-Gehalten zeigen sich über die Sorten hinweg relativ einheitliche Werte. Dies wird im Diagramm deutlich (Abbildung 14).

Abbildung 14: Rohfasergehalt in der Trockenmasse



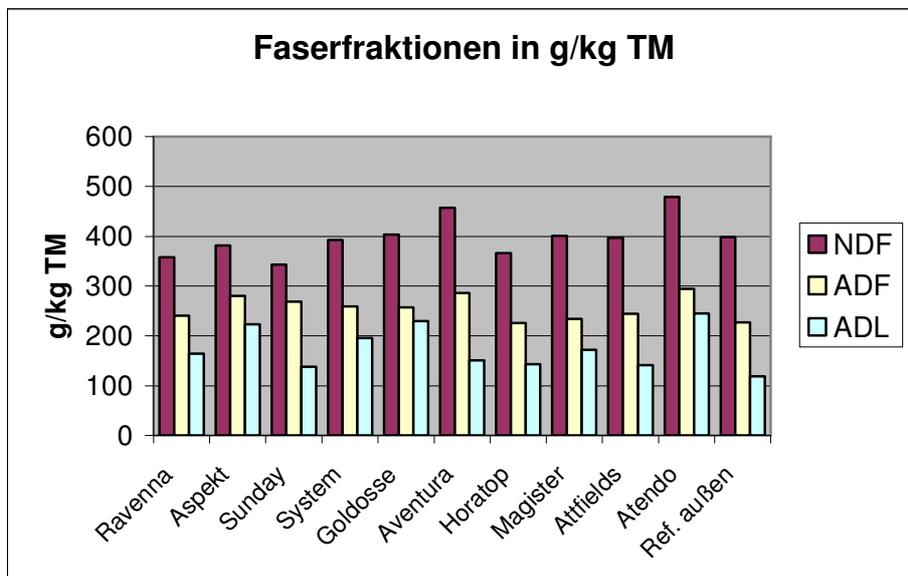
Horatop lag mit dem geringsten Anteil von 186,33 g / kg TM als einzige Sorte unterhalb von 20 % Fasergehalt. Mit dem Höchstwert von **Atendo** (254,91 g / kg) lagen Minimum und Maximum um 69 g auseinander, was ca. 32 % des Mittelwertes entspricht. In Anbetracht der unterschiedlichen Reifegruppen wäre eine stärkere Varianz der Werte zu erwarten gewesen. Das Versuchsmittel betrug hier 213,40 g / kg bzw. 21,3 % in der TM.

Auch bei NDF, ADF und ADL wies **Atendo** die höchsten Werte auf. In Tabelle 11 und Abbildung 15 sind diese drei Messgrößen gemeinsam dargestellt.

Tabelle 11: Faserfraktionen in g / kg TM

Sorte	NDF	ADF	ADL
Ravenna	358,10	240,88	163,80
Aspekt	381,45	280,69	223,04
Sunday	342,79	268,89	137,79
System	392,32	259,44	195,96
Goldosse	403,47	257,75	229,21
Aventura	457,02	286,35	150,93
Horatop	366,01	225,91	143,14
Magister	400,83	234,69	172,12
Attfields	397,59	244,72	140,93
Atendo	479,16	294,13	245,25
Ref. außen	398,61	226,77	118,27
Mittelwert	397,94	256,38	174,59
Minimum	358,10	225,91	118,27
Maximum	479,16	294,13	245,25

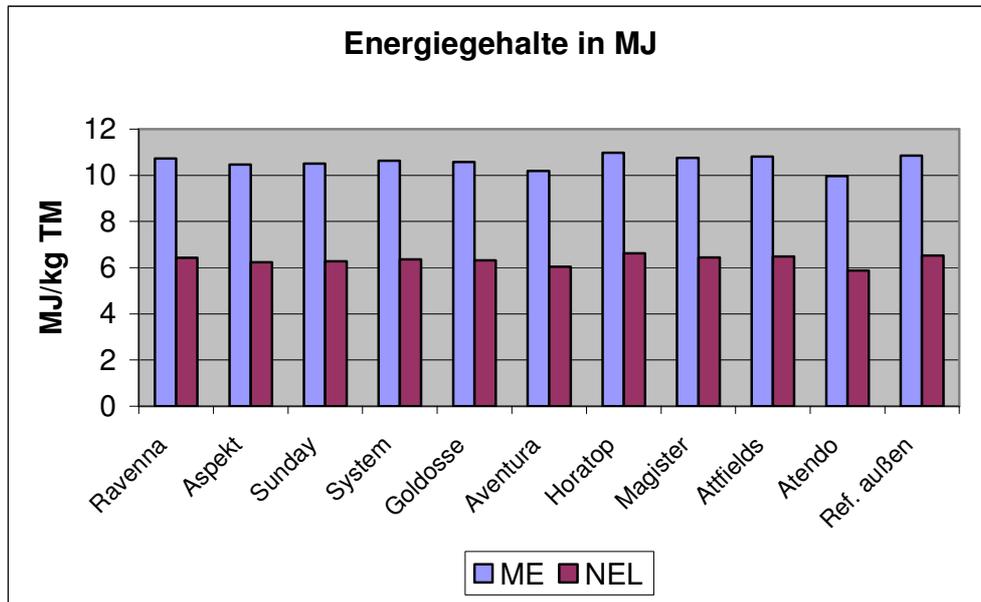
Abbildung 15: Faserfraktionen in g / kg TM



Prozentual betrachtet differierten die Gehalte bei diesen Strukturparametern zwischen den Sorten ähnlich wie bei der durch Weender-Analyse ermittelten Rohfaser. So enthielt **Ravenna** mit 358,10 g / kg TM über 121 g (ebenfalls ca. 32 % des Mittelwertes) weniger NDF als **Atendo**, der Durchschnitt lag bei 397,94. **Horatop** nahm bei der sauren Detergentienfaser mit 225,91 g / kg die unterste Stellung ein, etwas unterhalb des Mittelwertes von 256,38. Der Ligningehalt war bei **Referenz außen** am geringsten (118,27 g) und lag deutlich unter dem Sortendurchschnitt von 174,59 g / kg TM.

Mit Hilfe von Schätzformeln lässt sich der Energiegehalt der Silage aus den Rohnährstoffen bestimmen. Im folgenden Diagramm ist die errechnete Energiekonzentration in Megajoule ME und NEL veranschaulicht (Abbildung 16).

Abbildung 16: Energiegehalt in der Trockenmasse



Gerade die spätreife Sorte **Atendo** zeigte hier als einzige Energiegehalte unter 10 MJ ME bzw. 6 MJ NEL. Dem gegenüber übertraf **Horatop** alle anderen Sorten in der Energiekonzentration mit 10,98 MJ ME bzw. 6,61 MJ NEL / kg TM. Die Mittelwerte lagen bei 10,59 MJ für die metabolische Energie und 6,33 MJ für die NEL.

Aus der enzymlöslichen bzw. -unlöslichen organischen Substanz lassen sich Energiegehalte ebenfalls schätzen. Die Ergebnisse der Verdaulichkeitsanalyse sowie die NEL-Berechnung aus EULOS sind in Tabelle 12 aufgelistet.

Tabelle 12: EULOS und ELOS sowie berechnete NEL in der Trockenmasse

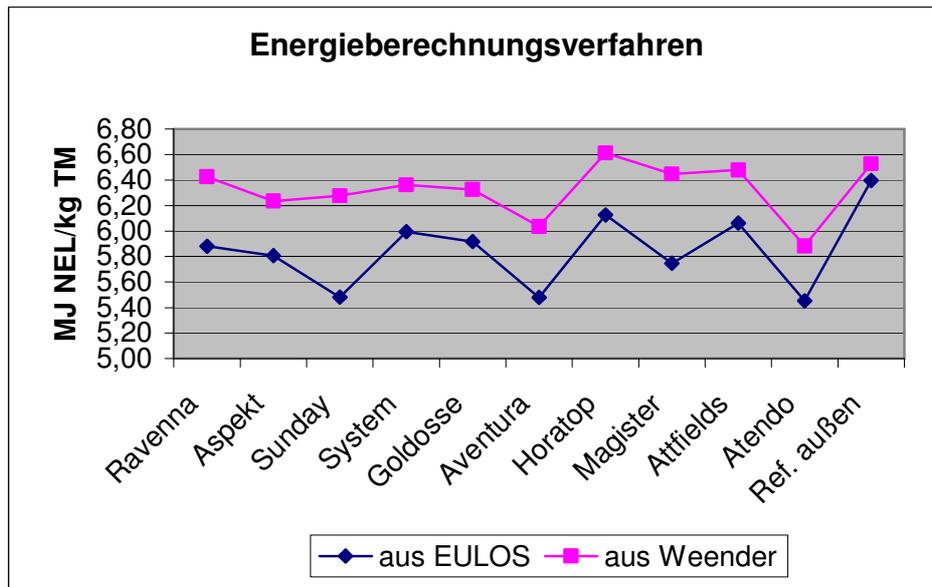
Sorte	EULOS in g/kg T	ELOS in g/kg T	NEL aus EULOS in MJ
Ravenna	302,50	697,50	5,88
Aspekt	312,25	687,75	5,81
Sunday	344,85	655,15	5,48
System	288,70	711,30	6,00
Goldosse	293,34	706,66	5,92
Aventura	346,47	653,53	5,48
Horatop	276,41	723,59	6,13
Magister	316,61	683,39	5,75
Attfields	286,12	713,88	6,06
Atendo	350,07	649,93	5,45
Ref. außen	291,07	708,93	6,40
Mittelwert	309,85	690,15	5,85
Minimum	276,41	649,93	5,45
Maximum	350,07	723,59	6,40

Atendo zeigte mit dem höchsten EULOS-Wert von 350,07 g / kg TM gleichzeitig die geringste Energiekonzentration (5,45 MJ NEL). Der mit 276,41 g niedrigste EULOS-Gehalt (**Horatop**) und der höchste Energiewert mit 6,40 MJ (**Referenz**) entfielen zwar nicht auf die gleiche Sorte, die Tendenz ist jedoch erkennbar. Die EULOS wies in der Analyse einen Mittelwert von 309,85 g / kg TM auf, bei der NEL betrug dieser 5,85 MJ.

Im Diagramm in Abbildung 17 sind beide Schätzungen, aus Weender und aus EULOS, abgebildet. Um die tendenzielle Übereinstimmung besser zu veranschaulichen wurden die Datenreihen in Linien dargestellt, obwohl es sich nicht um einen Verlauf handelt. Die Korrelation zwischen beiden Verfahren beträgt $r = 0,81$. Im Durchschnitt liegt die

Energieschätzung aus der Weender-Analyse um 0,48 MJ NEL über dem Wert aus EULOS.

Abbildung 17: Energiegehalt, berechnet aus EULOS und aus Weender-Rohnnährstoffen



Die durch Gefriertrocknung schonend konservierten Anteile aus den Siliergläsern dienten der Untersuchung von Zucker und Stärke. Mittels Photometermessung und Differenzrechnung wurden die Anteile an Glucose, Fructose und Saccharose sowie der Stärke bestimmt. Die Resultate sind in Tabelle 13 zusammengefasst und deren Anteile an der Trockenmasse in den nachfolgenden Diagrammen (Abbildung 18, Abbildung 19) verdeutlicht.

Tabelle 13: Kohlenhydrate in % der Trockenmasse

Sorte	Stärke	Glucose	Fructose	Saccharose
Ravenna	17,55	0,32	0,07	0,00
Aspekt	16,84	1,58	0,22	0,07
Sunday	12,30	0,19	0,20	0,05
System	18,13	0,22	0,12	0,04
Goldosse	15,37	0,47	0,12	0,02
Aventura	15,40	1,09	0,17	0,03
Horatop	28,02	0,65	0,03	0,14
Magister	17,17	0,61	0,16	0,01
Attfields	18,70	0,28	0,09	0,13
Atendo	15,01	0,19	0,10	0,12
Ref. außen	22,64	1,16	0,24	0,13
Mittelwert	17,92	0,61	0,14	0,07
Minimum	12,30	0,19	0,03	0,00
Maximum	28,02	1,58	0,24	0,14

Abbildung 18: Stärkegehalt in % der Trockenmasse

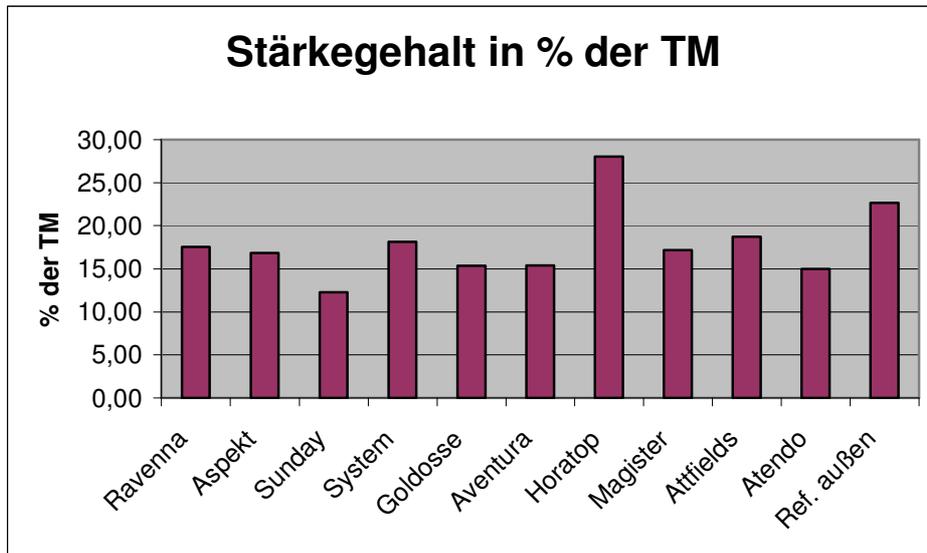
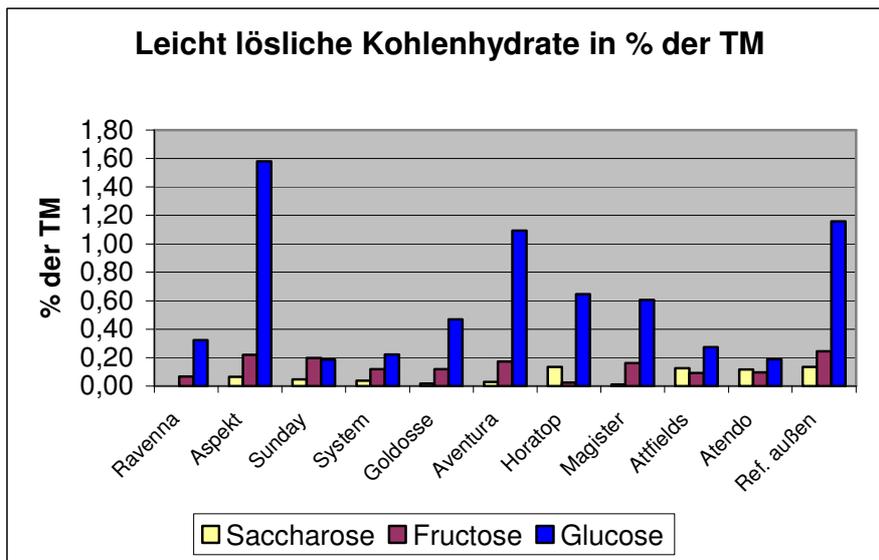


Abbildung 19: Leicht lösliche Kohlenhydrate in % der Trockenmasse

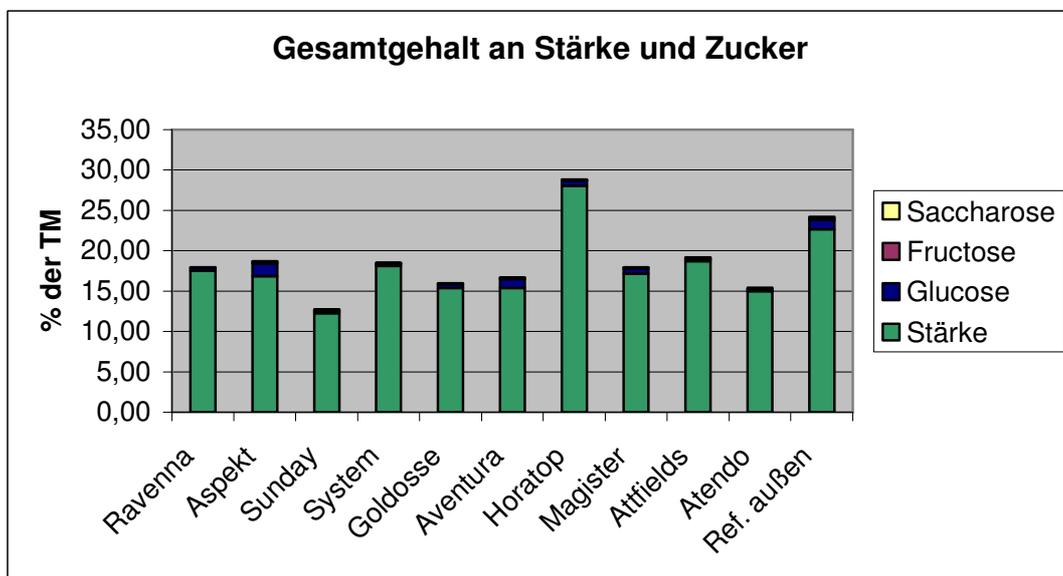


Während des Silierprozesses wurden die leichtlöslichen Zucker fast vollständig abgebaut. Der Saccharosegehalt bewegte sich zwischen 0,00 (**Ravenna**) und 0,14 % (**Horatop**) der TM. Fructose lag mit 0,03 % bei **Horatop** und 0,24 % bei der **Referenz** nur unwesentlich höher. **Sunday** und **Atendo** wiesen mit 0,19 die geringsten Glucosewerte auf, während **Aspekt** das Maximum stellte (1,58 %).

Mittels des Umrechnungsfaktors 0,9 kann Glucose in Stärkeäquivalenten angegeben und somit mit dieser vergleichbar gemacht werden. Demgegenüber traten Stärkegehalte

auf, die um ca. das 10fache höher ausfielen. Selbst der geringste Stärkeanteil von 12,30 %, der bei **Sunday** festgestellt wurde, übertrifft die Konzentration an sämtlichen leichtlöslichen Zuckern deutlich. Am extremsten kommt dieser Abstand bei **Horatop** zum Ausdruck, deren 28,02 % Stärke weit über allen anderen Werten einschließlich des Durchschnitts von 17,92 % angesiedelt waren. In der Gesamtdarstellung von Stärke und leicht löslichen Kohlenhydraten wird der verschwindend geringe Anteil der Zucker deutlich (Abbildung 20).

Abbildung 20: Gesamtgehalt an Stärke und Zucker in der Trockenmasse



7. Auswertung der Ergebnisse

Vergleicht man die Ergebnisse der Weender-Analyse von Ausgangsmaterial und Silage, so ergeben sich Differenzen. Die relativen Abweichungen der Inhaltsstoffe sind in Tabelle 14 aufgelistet. Weil bei der **Referenz außen** vom Projekt aus keine Werte für XF und XP vorlagen, wurde sie hierbei nicht berücksichtigt.

Tabelle 14: Relative Abweichung der Nährstoffgehalte in Ausgangsmaterial und Silage in %

	TM	XA	XF	XP	ME	NEL
Ravenna	-0,53	1,96	5,63	11,85	-1,47	-1,79
Aspekt	-5,52	10,74	4,03	0,07	-1,56	-1,80
Sunday	-5,18	-2,24	-6,33	-0,32	2,08	2,54
System	-4,28	14,05	10,99	-6,37	-3,17	-3,76
Goldosse	-4,96	7,58	6,70	-3,22	-2,05	-2,43
Aventura	-5,90	5,55	13,92	-2,84	-4,10	-4,95
Horatop	-5,37	6,39	4,62	0,08	-1,28	-1,51
Magister	-5,57	4,91	-6,32	1,75	1,58	2,00
Attfields	-6,99	8,39	-0,81	2,59	-0,10	-0,05
Atendo	-11,7	13,61	0,67	0,16	-0,87	-0,91
Mittelwert	-5,60	7,09	3,31	0,37	-1,09	-1,27

Aufgrund des verhältnismäßig geringen Stichprobenumfangs ist hierbei keine statistische Absicherung gegeben. Es können aber Tendenzen aufgezeigt werden. Wie die Tabelle verdeutlicht, haben die Gehalte an Trockenmasse und Energie in der Regel abgenommen. Laut MÜLLER (2003) sind 5 % Verluste der Bruttoenergie im Vergleich

zum Ausgangsmaterial prinzipiell unvermeidlich. Dies entspricht einer absoluten Abnahme der NEL-Konzentration um 0,1 - 0,2 MJ / kg TM. Da sich die Versuchsergebnisse in diesem Bereich bewegen, kann dementsprechend auch von dieser Werte her von einem erfolgreichen Silierprozess gesprochen werden. Auch wenn bei **Sunday** und **Magister** der Energiegehalt scheinbar zugenommen hat, so liegt dies noch im Bereich des Versuchsfehlers.

Geht man demnach von 2 Prozentpunkten Toleranz aus, zeigen sich über die gesamte Analyse hinweg sehr geringe Verluste. Nur der ungewöhnlich hohe Unterschied beim Rohprotein von **Ravenna** passt nicht ins Bild.

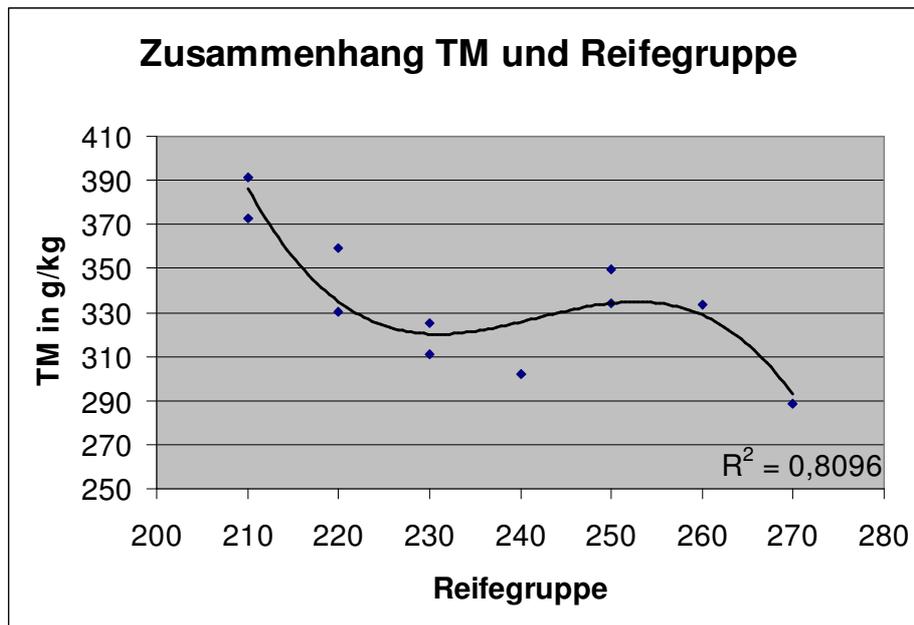
Während der Silierung werden primär Zucker und andere leichter verfügbare Substanzen abgebaut, um die Gärssäuren zu produzieren. Die schwerer angreifbare Rohfaser sowie anorganische Bestandteile bleiben nahezu unbehelligt. Der XF-Gehalt steigt meist um 1 - 3 % an. (MÜLLER, 2003)

Dieser Zusammenhang erklärt, weshalb Rohfaser und Rohasche im Verhältnis zugenommen haben. Ebenso wie die Abnahme des TM-Gehaltes resultiert dies aus der Abbautätigkeit der Mikroorganismen.

Laut Statistik korrelieren TM- und Energiegehalt der Silage mit einem Korrelationskoeffizienten von $r = 0,68$. Geht man davon aus, dass höhere TM-Anteile sich durch ein stärkeres Abreifen der Restpflanze bedingen (WEIß, 2004), würde das eine höhere Energiekonzentration mit zunehmender Restpflanzenabreife bedeuten. Demnach müsste **Ravenna** den größten NEL-Wert aufweisen. Dies ist nicht der Fall. Um die Wechselbeziehungen dieses Phänomens zu verstehen, muss ein weiterer Parameter hinzugezogen werden.

Mit $R^2 = 0,55$ zeigte sich eine eindeutige Korrelation zwischen TM-Gehalt und Reifegruppe im Ausgangsmaterial. Dies bestätigte sich auch bei der Silage. Legt man statt einer linearen eine polynomische Trendlinie an, verbessert sich das Bestimmtheitsmaß auf 0,81 (Abbildung 21).

Abbildung 21: Zusammenhang zwischen Trockenmasse und Reifegruppe



Bedenkt man, dass die Sorten der Reifegruppe S 250 (**Horatop** und **Magister**) ähnliche TM-Gehalte aufweisen wie die Vertreter der frühen Gruppen, im Gegensatz zu diesen aber mehr Energie enthalten und in der Sinnenprüfung besser abgeschnitten haben, erklärt sich der vorher erwähnte Zusammenhang. Diese Sorten scheinen mit den Bedingungen im Versuchsjahr außerordentlich gut zurechtgekommen zu sein.

Es ergibt sich weiterhin eine leicht negative Korrelation zwischen der Trockenmasse und den Gärverlusten ($r = -0,54$). Da trockenere Silagen aber schneller zu Nacherwärmung neigen (LEURS, 2005), sollten daraus jedoch keine voreiligen Schlüsse gezogen werden.

Bereits in der Ausarbeitung zum Interdisziplinären Projektseminar wurde auf die erhöhten Gehalte an leichtlöslichen Kohlenhydraten hingewiesen. In der nachfolgenden Tabelle 15 sind die Messwerte von Glucose, Fructose und Saccharose sowohl für die Pflanzen als auch für die Silage aufgeführt.

Tabelle 15: Gehalte an leichtlöslichen Kohlenhydraten in % der TM vor und nach der Silierung

Sorte	Glucose		Fructose		Saccharose	
	Ausgangs- material	Silage	Ausgangs- material	Silage	Ausgangs- material	Silage
Ravenna	8,07	0,32	6,96	0,07	7,05	0,00
Aspekt	9,05	1,58	7,75	0,22	8,52	0,07
Sunday	8,25	0,19	7,15	0,20	7,86	0,05
System	5,84	0,22	4,90	0,12	5,54	0,04
Goldosse	6,80	0,47	5,76	0,12	6,82	0,02
Aventura	7,66	1,09	6,74	0,17	7,61	0,03
Horatop	6,68	0,65	6,08	0,03	6,29	0,14
Magister	7,61	0,61	6,56	0,16	7,31	0,01
Attfields	7,07	0,28	6,27	0,09	7,36	0,13
Atendo	8,96	0,19	7,94	0,10	9,91	0,12
Ref. außen	7,13	1,16	6,19	0,24	7,52	0,13
Mittelwert	7,56	0,61	6,57	0,14	7,44	0,07

WEIß (2004) erklärt, dass verschiedene Untersuchungen bereits vermehrte Zuckerkonzentrationen in Silagen aus Mais gezeigt haben, der wenig bis gar keine Kolbenbildung aufwies. Bemerkenswert für den vorliegenden Versuch ist dabei, dass im Ausgangsmaterial zwar ungewöhnlich viele leichtlösliche Kohlenhydrate enthalten waren, diese jedoch nahezu vollständig abgebaut wurden. Zieht man einige Betrachtungen von KAISER (2005/06) hinzu, lässt sich dieser Effekt jedoch erklären.

Für die Bildung von Milchsäure ist ein gewisser Gehalt an Kohlenhydraten notwendig. Mais besitzt von Natur aus bereits einen so hohen Gehalt an leicht verfügbaren Zuckern, dass die MSB ausreichend Material zur Bildung von Milchsäure vorfinden. Zusätzlich hat er eine relativ geringe Pufferkapazität, was bedeutet, dass der pH-Wert bei Maissilage

im Regelfall schnell absinkt und damit den Zusatz von Siliermitteln zur Unterdrückung von säureempfindlichen Gärfutterschädlingen (z.B. Clostridien) unnötig macht. Aus der Tabelle 15 wird deutlich, dass die im Pflanzenmaterial vorhandenen Kohlenhydrate nahezu vollständig abgebaut wurden. Dies ist in sofern interessant, als dass die erhöhten Mengen im Ausgangsmaterial kaum vollständig für die Milchsäuregärung verbraucht worden sein können.

In Anbetracht der erreichten Verdichtung im Silierversuch und dem oben erwähnten natürlichen Säuerungspotenzial scheiden aerobe und säureempfindliche Mikroorganismen als weitere Verwender der restlichen Zuckermengen aus. Ein Anhaltspunkt hierfür sind auch die niedrigen pH-Werte der Proben. Es scheint darum plausibel, dass nach vollendeter Milchsäuregärung säureverträgliche Hefen das Übermaß der angebotenen Nährstoffe zur Bildung von Alkoholen genutzt haben. Dafür spricht der bei der Sinnenprüfung oft festgestellte Alkoholgeruch. Ein hoher Restzuckeranteil kann durch Hefen in Alkohol umgesetzt werden, wie entsprechende Untersuchungen gezeigt haben. Die alkoholische Gärung findet unter Luftabschluss statt und gerade Hefen und Schimmelpilze sind extrem säureverträglich. Deshalb sind vor allem Silagen von hoher Gärqualität für diese Art der Fehlgärung prädestiniert. (KAISER 2005/06)

Dieser Prozess könnte durch die Verteilung von relativ wenig Stärke und viel leichtlöslichen Zuckern im Ausgangsmaterial noch gefördert worden sein. Dadurch, dass die MSB so viel Zucker zur Verfügung hatten, dass keine Zeit für den Abbau von Stärke zum ersten schnellen Ansäuern verstrichen ist, ging die pH-Wert-Absenkung vermutlich noch etwas schneller vonstatten als gewöhnlich.

So hatten die Hefen außer den Milchsäurebildnern keine Konkurrenz und der starke Alkoholgeruch lässt auf eine erhöhte Hefekonzentration schließen. Diese könnte zustande gekommen sein, weil bei der Probennahme das Material in Tüten abgefüllt und transportiert wurde, ehe es in die Gläser einsiliert werden konnte. Dies bedeutet, dass die Proben unter Umständen über eine Stunde der Luft ausgesetzt gewesen sind, was ausgereicht haben könnte, eine größere Population an Hefepilzen aufzubauen.

ZIMMER (1993, zit. bei BEEKER 2005) weist darauf hin, dass Hefen, abgesehen von energiereichen Ethanolverbindungen, auch verschiedene Geschmacksstoffe

produzieren, welche die Annahme des Futters verbessern können, solange deren Gehalt im Rahmen bleibt.

Nimmt man zu diesen Betrachtungen die Entwicklung des Stärkegehaltes hinzu, ergibt sich noch ein anderer Aspekt (Tabelle 16).

Tabelle 16: Stärkegehalte in % der TM vor und nach der Silierung

Sorte	Stärke	
	Ausgangsmaterial	Silage
Ravenna	21,20	17,55
Aspekt	15,72	16,84
Sunday	18,61	12,30
System	26,06	18,13
Goldosse	21,72	15,37
Aventura	17,56	15,40
Horatop	23,49	28,02
Magister	18,78	17,17
Attfields	19,04	18,70
Atendo	17,13	15,01
Ref. außen	22,64	22,64
Mittelwert	20,18	17,92

Der Stärkeanteil hat zwar abgenommen, jedoch in sehr viel geringerem Maße als die Zuckerfraktion. So betrug der durchschnittliche Abbau der Stärke lediglich 10,85 %, während Glucose, Fructose und Saccharose zu 91,94 %, 97,89 % bzw. 99,11 % metabolisiert wurden. THAYSEN (2007) bestätigte hierbei die Vermutung, die geringen

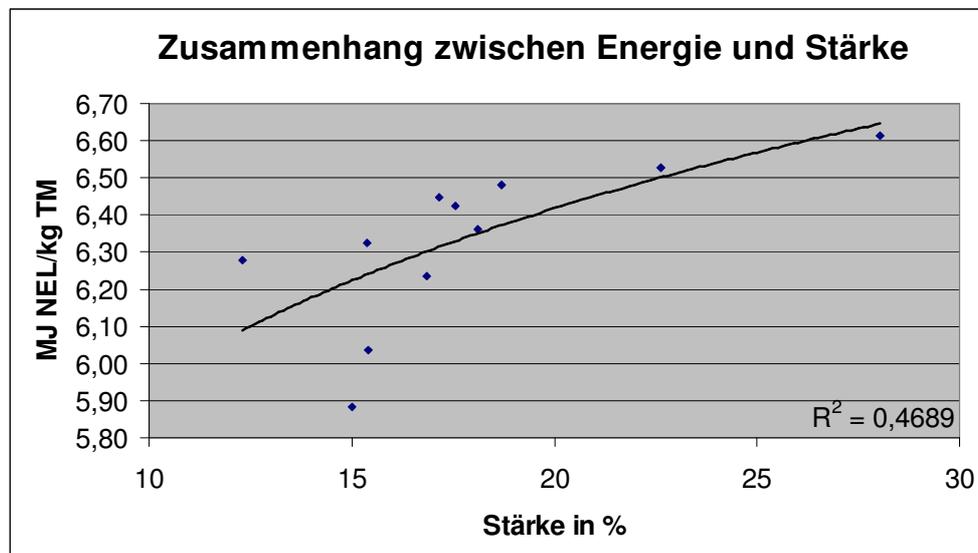
Stärke- und hohen Zuckeranteile im Häckselgut könnten die Hefekulturen gegenüber den Milchsäurebildnern begünstigt haben.

Dies wirft mehrere Probleme auf. Zum einen standen die für die alkoholische Gärung verwendeten Nährstoffe nicht mehr zur Produktion von Gärsäuren zur Verfügung. Weiterhin wirkt der Alkohol zwar konservierend, bei Öffnung des Silos verfliegt er aber relativ schnell. Laut NUßBAUM (DLG, 2006) birgt beides ein erhöhtes Risiko für Nacherwärmung.

Interessant ist auch, dass die kaum angegriffene Stärke natürlich später den Tieren zur Verfügung steht. LANGENHOFF (2002) wies in Fütterungsversuchen höhere Leistungen der Bullenmastgruppen nach, die mit der stärkereicherer Silage gefüttert wurden. Darin könnte durchaus ein Vorteil liegen. Das Versuchsergebnis schien damals durch die so genannte Bypass-Stärke bedingt, deren Verwertung im Dünndarm sich wesentlich effizienter darstellt als der Kohlenhydratabbau im Pansen. Natürlich muss bedacht werden, dass der Stärkegehalt dennoch unter dem normalen Niveau von 30 - 35 % in der TM liegt (DLG, 2006).

Der Zusammenhang zwischen Kohlenhydratgehalt und dem Energiegehalt hat sich im Vergleich zum Ausgangsmaterial verschoben. Die Korrelation von Stärke- und Energiegehalt hat sich von $r = 0,74$ auf $0,68$ leicht abgeschwächt. Im Diagramm (Abbildung x) wurde eine logarithmische Trendlinie angelegt, wodurch sich ein Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0,47$ ergibt.

Abbildung 22: Zusammenhang zwischen Energie- und Stärkegehalt



Ein vorher bestehender Zusammenhang zwischen den leichtlöslichen Zuckern und dem NEL-Gehalt, mit $r = -0,81$ statistisch durchaus signifikant, hat sich völlig aufgelöst. Diese Entwicklung ist durchaus verständlich, da kaum Zucker übrig geblieben sind. Dem entgegen entwickelte sich aus einem Korrelationskoeffizienten von $r = -0,1$ eine signifikante Abhängigkeit von $r = 0,66$ für Gesamtzuckergehalt und Energie.

In einer Studie auf dem Versuchsgut Hohenschulen der Universität Kiel wurden signifikante Abhängigkeiten der WLK-Gehalte in Mais sowohl von Kornreifezahl (KRZ) als auch Temperatursumme ermittelt, wobei sich die Unterschiede größtenteils auf die Restpflanze beziehen. Mit höherer KRZ stieg der Zuckergehalt in der Restpflanze an. KRUSE et al. (2004) wiesen darauf hin, dass bei stay-green-Typen wesentlich mehr WLK in der Restpflanze festgestellt wurden, was man auf die langsamere Abreife und demzufolge geringere Umlagerung der Kohlenhydrate in den Kolben zurückführte. Bezüglich der Stärkeeinlagerung und der Zuckergehalte im Kolben fand man keine statistisch abgesicherten Unterschiede bezüglich der Witterung. (KRUSE et al., 2004)

Diese Erkenntnisse konnten im vorliegenden Versuch nicht nachvollzogen werden. Weder mit der KRZ noch mit dem stay-green-Effekt von **Ravenna**, **Goldosse**, **Aventura** und **Horatop** korrelierten die Kohlenhydratanteile stärker als $r = -0,3$. Temperatursummen sind nicht ermittelt worden. Die Düngungsintensität differierte etwas, da bei dem Versuch in Hohenschulen 150 kg N auf einen Hektar ausgebracht

wurden (GIERUS et al., 2005), in Hohenzieritz ca. 240 kg N. Dieser hätte jedoch höchstens Einfluss auf die Pufferkapazität. (BEEKER, 2003; zitiert nach ZIMMER, 1993; JEROCH et al., 1999; KALZENDORF, 2002; RUSER et al., 2003; RUSER und PAHLOW, 2003)

Ein Grund für die fehlende Übereinstimmung könnte in der veränderten Witterung zu suchen sein. Da am Versuchsstandort Hohenschulen in den Jahren 2002 und 2003 „normale“ Witterungsverläufe mit leichtem Wassermangel zu verzeichnen und die Pflanzen im vorliegenden Versuch mit schwierigen Bedingungen konfrontiert waren (siehe Material), könnten sich die Unterschiede darauf zurückführen lassen. Bemerkenswert ist allerdings, dass im Jahr 2001 mit ähnlich kühlem Frühsommer und ungünstigen Bedingungen zur Abreife die Werte von den in Neubrandenburg ermittelten Gehalten völlig abweichen. Laut KRUSE (2004) herrschten über die Vegetationsperiode 2001 ähnliche Niederschlagsbedingungen wie für den vorliegenden Versuch. Der einzige Unterschied lag in den Frühsommertemperaturen, die in Kiel dem langjährigen Mittel entsprachen. Der durch die unterdurchschnittlichen Temperaturen in Hohenzieritz zum gleichen Vegetationszeitpunkt verursachte Wachstumseinbruch und der daraus resultierende Zeitverzug für die Einlagerung in den Kolben wäre der einzige Anhaltspunkt für die so stark unterschiedlichen WLK-Mengen. Diese Möglichkeit bestätigte auch THOMÉ (2006) von pflanzenbaulicher Seite.

Im Allgemeinen gilt Maissilage aerob als nicht besonders stabil, da es aufgrund der hohen Kohlenhydratgehalte schnell zu Nacherwärmung kommt. Auf dem Versuchsgut Riswick in Nordrhein-Westfalen durchgeführte Silierversuche brachten die dortigen Wissenschaftler zu dem Schluss, dass gerade starke Ethanolbildung bei Maissilage auf höhere aerobe Stabilität schließen lässt. (RISWICK, 1999)

Da im vorliegenden Versuch ebenfalls hohe Hefeaktivität an dem deutlichen Alkoholgeruch nach der Öffnung zu erkennen war, könnte dies also ein Anzeichen dafür sein, dass sich die Silage nach dem Anschnitt sehr günstig verhält. Ob dies auch für den praktischen Betrieb in Hohenzieritz gilt, muss abgewartet werden, da Versuchsgläser bei gewissenhafter Arbeit immer einen besseren Luftabschluss aufweisen und darum das Gärergebnis nicht pauschal übertragbar ist.

Weiterhin kann, abhängig von den relativ hohen XF-Gehalten, im Praxisbetrieb mit einer ungenügenden Verdichtung gerechnet werden. LEURS (2005) ermittelte in ausführlichen Versuchen in den Erntejahren 2003 und 2004 eine Abhängigkeit zwischen hohen TM-Gehalten des Ausgangsmaterials und einer erhöhten Rückfederung nach der Verdichtung. Weiterhin verweist sie auf gesteigerte Sperrigkeit bei hohen Rohfaseranteilen, wodurch laut DERNEDDE (1985; zit. bei LEURS, 2005) sowohl die Lagerungsdichte herabgesetzt als auch die Verdichtbarkeit an sich erschwert wird. Neben der Rohfaser führte nach LEURS (2005) der hohe TM-Gehalt zu größeren Anteilen an Überlängen im Häckselgut, welche die Schütt- und Lagerungsdichten negativ beeinflussten. Dadurch kam es signifikant schneller zu Nacherwärmungen.

Interessant ist der Vergleich zwischen beiden Versuchsjahren bezüglich der Essigsäuregehalte. 2004 fielen diese sehr gering aus, während im Jahr 2003, dessen Witterung den Gegebenheiten des vorliegenden Versuches nahe kommt, erheblich höhere Anteile nachgewiesen wurden. Jedoch war auch hier die Lagerstabilität durch Nacherwärmung aufgrund mangelnder Verdichtung gefährdet.

Schlussfolgernd lässt sich also sagen, dass die in Neubrandenburg festgestellten Anteile an Essigsäure durchaus ein Jahreseffekt sein können und dass zum anderen trotzdem mit Problemen bezüglich der Nacherwärmung in der Genossenschaft „Luisenhof“ gerechnet werden muss.

Darum muss auch von höheren Gärverlusten ausgegangen werden. Die im Labor ermittelten 1,86 % sind für die Praxis kaum realistisch. Wie die groß angelegte Praxisuntersuchung „Aktion Nacherwärmung von Maissilage“ an der Fachhochschule Soest zeigte, überschätzen auch Praktiker oftmals die Verdichtung der Silage. SPIEKERS et al. (2004) deckten auf, dass $\frac{2}{3}$ der Betriebsleiter im Versuch mit der Verdichtungsarbeit bei ihren Silagen zufrieden waren, während diese tatsächlich insgesamt als ungenügend eingestuft werden musste. Über 50 % der Betriebe setzten beim Festfahren Traktoren mit Zwillingsbereifung ein. Da sich hierbei das Gewicht der Maschine auf eine viel größere Aufstandfläche verteilt, vermindert dies den Walzeffekt. Größere Hefekonzentrationen im Silo und auch schon am Ausgangsmaterial führten hier signifikant zu mehr Nacherwärmungen. Dieses Ergebnis steht damit den

Schlussfolgerungen aus den Versuchen der Landwirtschaftskammer (RISWICK, 1999) entgegen.

Weiterhin ermittelten SPIEKERS et al. (2004) eine gesteigerte Intensität der Nacherwärmung und der Hefevermehrung bei verlängertem Luftzutritt bis zur Einsilierung. Dies würde die Vermutung einer Begünstigung der Hefen durch den langen Transportweg bis zum Labor unterstützen.

Durch WEIßBACH und KUHLA (1995) ist nachgewiesen, dass die gängigen Bestimmungsverfahren den Trockenmassegehalt durchaus noch unterschätzen können. Dies liegt an verschiedenen flüchtigen, meist energiereichen Stoffen, die beim Trocknungsvorgang verloren gehen. Da die Anteile an Essigsäure, der Alkoholgeruch und der niedrige pH-Wert auf Anwesenheit einer nicht unerheblichen Fraktion an flüchtigen Substanzen schließen lassen, sollte diese Tatsache im vorliegenden Versuch bedacht werden.

Einige Alkohole verdampfen zu nahezu 100 %, für Essigsäure wurde eine Rate von 66 und für Milchsäure von 8 % ermittelt. Außerdem verfliegen im Mittel 64 % des enthaltenen Ammoniaks. Somit könnten sowohl TM- als auch Energiegehalt tendenziell etwas höher liegen als im Versuch unterstellt.

Im vorliegenden Versuch könnte sich dieser Effekt durch den niedrigen pH-Wert noch verstärkt haben. Laut WEIßBACH und KUHLA (1995) verflüchtigt sich bei höheren pH-Werten eher der Stickstoff, vor allem in Form von Ammoniak, und viel weniger Fettsäuren. Bei sehr saurem Milieu ist es umgekehrt. Demnach liegt die Vermutung nahe, dass mehr als die durchschnittlich angenommenen 66 % der Essigsäure beim Trocknungsprozess verloren gingen.

Betrachtet man die Ergebnisse der Sinnenprüfung im Zusammenhang mit den Silageinhaltsstoffen, fallen einige Besonderheiten auf. Der Punktabzug für Geruch und für Gefüge korrelierte negativ mit der ermittelten Stärke. Beim Gefüge stellte sich der Zusammenhang mit $r = -0,53$ etwas weniger deutlich dar als beim Geruch ($r = -0,58$). Mit zunehmendem Stärkeanteil war also ein geringerer Punktabzug zu verzeichnen.

Hieraus könnte geschlussfolgert werden, dass der Stärkegehalt, ohnehin relativ gering, die Silierfähigkeit positiv beeinflusst. Die Tatsache, dass Hefen unter Luftabschluss nur wenige Kohlenhydratvarianten (Einfach- und Zweifachzucker, PAHLOW, 2000; zit. bei BEEKER, 2005) nutzen können, während einige Milchsäurebakterien unter Umständen Amylasen bilden (GIRAUD et al., 1993), untermauert diese These. Zu diesen Bakterien gehört auch der im Siliermittel enthaltene *Lactobacillus plantarum*.

Nur tendenziell zu erkennen ist eine Korrelation zwischen der Reifegruppe der Sorten und den Abzügen für Farbe von $r = -0,41$. Demnach wurde die Forderung „dem Ausgangsmaterial ähnliche Farbe“ bei den spätreiferen Sorten eher eingehalten.

Die LfL weist auf ihren Internetseiten auf eine leicht abgewandelte Bewertung der Gärqualität hin, als im vorliegenden Versuch nach KAISER et al. (2006) durchgeführt, bezieht sich allerdings ebenfalls auf die DLG. Hier werden die Punkte etwas anders verteilt.

Beim pH-Wert wird stärker differenziert, Essigsäuregehalte unterhalb von 2 % müssen gleichsam Punktabzüge hinnehmen und zusätzlich erfolgt eine Bewertung des Ammoniak-Stickstoffs. Auch die Beurteilung der Gesamtpunktzahl weicht geringfügig vom vorher genannten ab (LFL, 2006). Nach diesem System hätten alle beprobten Sorten die Note 1 („sehr gut“) erreicht, mit 95 bis 100 Punkten¹.

In Anbetracht der bereits diskutierten Wirkungen eines ausreichenden Essigsäuregehaltes erscheint diese Art der Bewertung als vorteilhaft, um die Nacherwärmungsproblematik besser einzuschätzen. So wurde **Ravenna** zuvor mit 100 bewertet, die mit nur 1,55 % Essigsäure vermutlich einen wesentlich größeren Hefebesatz aufweist, während **Sunday** und **Magister** 20 Punkte Abzug für Gehalte über 3,5 % verbuchen. Da auf den Seiten der DLG jedoch diesbezüglich keine Referenz gefunden werden konnte, wurde in der Darstellung der Ergebnisse das erste System belassen.

¹ Da im vorliegenden Versuch keine Ermittlung der Ammoniakgehalte stattfand, wurde ein Gehalt von unter 10 % unterstellt, welcher einem Punktabzug von „0“ entspricht.

PFLAUM (2002) beschreibt Versuche mit verschiedenen Silierhilfsmitteln in Praxisbetrieben. Zum Einsatz kamen sowohl chemische Mittel als auch Bakterienpräparate. Unter anderem wurde ersichtlich, dass zum Teil sehr starke betriebsindividuelle Unterschiede bestanden. So differierten identisch präparierte Silagen in verschiedenen Betrieben deutlich. Zum Teil konnte in einem Betrieb auch bei unbehandeltem Siliergut eine sehr gute aerobe Stabilität nachgewiesen werden.

Es kristallisierte sich heraus, dass Siliermittel grundsätzlich Zeit brauchen, um ihre Wirkung voll zu enthüllen. Sie verkürzen demnach die Zeit bis zur Lagerstabilität nicht. Bei mit Bakterien geimpften Silagen konnten, wie auch im hier vorliegenden Versuch, erhöhte Essigsäureanteile diagnostiziert werden. Daraus ergab sich durchschnittlich eine bessere aerobe Stabilität von 14 Tagen gegenüber 11 Tagen bei der unbehandelten Kontrolle. Für die Praxis wurde die Empfehlung ausgesprochen, bei Zusatz heterofermentativer MSB eine Silierdauer von ca. 6 Wochen einzuplanen. PFLAUM (2002) verwies darauf, dass sich deren Wirkung mit ansteigenden Trockenmasseanteilen im Ausgangsmaterial erhöhe.

Somit erscheint die generelle Empfehlung zu Silierhilfsmitteln auch bei hoher Silierfähigkeit des Erntegutes gerechtfertigt. Sie erhöhen eindeutig die Stabilität unter Lufteinfluss und erhalten damit die Qualität des Futters bis zum Tier.

8. Schlussfolgerungen

Aufgrund der anormalen Witterung im Versuchsjahr 2006 sind die vorliegenden Ergebnisse und Hinweise nicht ohne weiteres übertragbar. Von den teils ungünstigen Witterungsverläufen abgesehen, verlängert sich aber die Vegetationsperiode durch die Klimaerwärmung immer mehr. Darum kann die Empfehlung zu Sorten mittlerer Reifezahl aus dem IPS-Bericht nur bestätigt werden. Besonders zu erwähnen sei hier **Horatop**, die sowohl beim Ausgangsmaterial als auch in der Silagequalität gute bis sehr gute Ergebnisse gezeigt hat.

In Versuchen von HARTMANN und GEIGER (2001) stellte sich für die untersuchten stay-green-Sorten eine vier bis fünf Tage längere Zeitspanne der Silierfähigkeit heraus. Daraus ergibt sich ein weiteres Erntefenster. Darüber hinaus enthalten Blätter und Stängel laut WEIß (2004) mit weniger fortgeschrittener Abreife noch mehr Kohlenhydrate, was vermutlich die Silierung günstig beeinflusst. Da der Stärkegehalt tendenziell mehr Vorteile bezüglich des Futterwertes schafft (LANGENHOFF, 2002), sollte versucht werden, Kombinationen von betonter Stärkeeinlagerung in den Kolben und verzögerter Restpflanzenabreife zu finden.

Aufgrund der in der Auswertung diskutierten Nacherwärmungsproblematik sollte bei der Fütterung vermehrt auf Schimmelbildung geachtet werden. Laut WEIß (2004) wurde in Maissilagen von 2003 bei sichtbaren Schimmelspuren in jedem Fall Mykotoxinbelastung festgestellt. Weiterhin erging der Hinweis, gerade bei trockenen Silagen den wöchentlichen Vorschub zu erhöhen und sie nach Möglichkeit bereits im Winterhalbjahr zu verfüttern. Dies scheint auch für das Siliergut des vorliegenden Versuches sinnvoll, um zu lange Lagerungszeiten zu vermeiden, welche die Wahrscheinlichkeit des Luftzutritts erhöhen.

Weiterhin sollte überlegt werden, als Vorbeuge gegen Nacherwärmung Anschnittflächenbehandlungen, z.B. mit Propionsäure, durchzuführen. THAYSEN (2001) weist auch auf die Möglichkeit des Einsatzes von Futterharnstoff in

Aufwandmengen von 1 - 2 Litern pro m² hin. Über eine Behandlung sollte jedoch situationsabhängig entschieden werden.

HEIN (2003) führte auf, dass im Silageprojekt „Steirisches Ennstal“ Schimmelpilzbefall auch bei solchen Proben festgestellt werden konnte, die sensorisch als schimmelfrei eingestuft worden waren. Hier traten die Schimmelpilze nie ohne die Anwesenheit von Hefen auf, welche demnach förderlich wirken. Zwar beschränkte sich die Nachweisbarkeit von Mykotoxinen in Versuchen von WEIß (2004) auf bereits optisch verschimmelte Silage, dennoch sollte aufgrund der begünstigenden Bedingungen über eine Überprüfung des Pilzgehaltes nachgedacht werden, um rechtzeitig Maßnahmen ergreifen zu können. Sind bereits Schimmelstellen sichtbar, ist eine Toxinkontamination sehr wahrscheinlich.

Bei der Rationsberechnung sollte der ermittelte Stärkegehalt unbedingt berücksichtigt werden. Die niedrigen Stärkewerte machen eine Beachtung in der Fütterungsgestaltung unumgänglich. Eventuell muss die Ration mit anderen Stärketrägern ergänzt werden, um ein Mindestmaß an Bypass-Stärke sicherzustellen.

Außerdem ist die von WEIßBACH und KUHLA (1995) erwiesene Unterschätzung der TM-Gehalte und des Energiewertes zu beachten. Der niedrige pH-Wert und die hohen Anteile an Essigsäure machen die Korrektur umso wichtiger. Hierfür kann der Korrekturfaktor verwendet werden.

$$TM_k = 2,22 + 0,960 * TM_n$$

Nach diesen Untersuchungen bewegt sich der Schätzfehler bei TM-Gehalten von ca. 35 % um 3 bis 4 %, während er bei feuchteren Silagen auf 20 % ansteigen kann.

9. Zusammenfassung

Als Basis eines Blockversuches im Jahr 2006 dienten 10 verschiedene Silomaisorten unterschiedlicher Reifegruppen (**Ravenna, Aspekt, Sunday, System, Goldosse, Aventura, Horatop, Magister, Attfields** und **Atendo**). Es wurde die Silierfähigkeit und deren Auswirkungen auf den Futterwert dieser Sorten erfasst und beurteilt. Dazu erfolgten Analysen der Rohnährstoffe, Verdaulichkeit, Faserbestandteile, Stärke und Zucker sowie Energiegehalte sowohl für die frischen Pflanzen als auch für die fertige Silage. Aus einem Vergleich der beiden Stadien ergaben sich teils deutliche Differenzen. Weiterhin fand bei den Silierproben eine Bestimmung von pH-Werten, Essig- und Buttersäuregehalten statt. Letztere konnte nicht nachgewiesen werden, während die Gehalte an Essigsäure im Siliergut verhältnismäßig hoch lagen. Alkoholgeruch beim Öffnen der Probengläser ließ auf Hefeaktivität schließen.

Die Ergebnisse weisen insgesamt auf eine hohe Silagequalität hin. Lediglich der TM-Gehalt, welcher deutlich über normalem Niveau liegt, könnte für den Praxisbetrieb Probleme herbeiführen. Aufgrund dessen ergeht die Empfehlung an den Untersuchungsbetrieb, auf Nacherwärmungen im Silostock zu achten und gegebenenfalls Maßnahmen zu ergreifen. Für die Sortenwahl sollte über eine Orientierung zu Reifegruppen im mittleren Bereich nachgedacht werden, um die sich verlängernde Vegetationsperiode ausnutzen zu können.

10. Literatur- und Quellennachweis

BASSLER, ROLF; SEIBOLD, RÜDIGER; BARTH, KARL (1976):

VDLUFA - Methodenbuch Band III - Die chemische Untersuchung von Futtermitteln;
18.2 Silage, Essig-, Butter- und Milchsäure; Verlag J. Neumann-Neudamm Melsungen
für den Verband deutscher landwirtschaftlichen Untersuchungs- und
Forschungsanstalten

BAYERCROPSCIENCE (2006):

MaisTer® - Herbizid zur Bekämpfung von Ungräsern und Unkräutern in Mais im
Nachauflauf; Produzent: Bayer CropScience Deutschland GmbH;
letztes Update: 08.12.2006;

<http://www.bayercropscience.de/de/pf/produkte/schnellinfo/index.asp>

BEEKER, WILFRIED (2005):

Untersuchung zur Problematik der Nacherwärmung von Maissilage , Erntejahr 2002;
Fachhochschule Südwestfalen – Abteilung Soest, Fachbereich Agrarwirtschaft;
Diplomarbeit;

<http://lwknrw.de/fachangebot/tierproduktion/rinderhaltung/pdf/nacherwaermung-maissilage.pdf>

BRÜSEMEISTER, FRANK (2007):

SILA-BAC® Mais Kombi; Fachberatung der Pioneer Hi-Bred International Inc., Bereich
Fütterung und Silierung; persönliche Mitteilung von Dr. Frank Brüsemeister an Marika
Schweigmann, 14.06.2007

BURGSTALLER, GUSTAV (1986):

Praktische Rinderfütterung. 4; überarbeitet; Stuttgart, Ulmer

BURGSTALLER, GUSTAV (1999):

Praktische Rinderfütterung; Landbuch-Verlag Hannover

DLG (Hrsg.) (2006):

Praxishandbuch Futterkonservierung - Silagebereitung, Siliermittel, Dosiergeräte, Silofolien; 7. Auflage; DLG-Verlags-GmbH Frankfurt am Main

FÜBBEKER, ALFONS; MÜLLER, JÜRGEN (2003):

Silagemanagement; Bemerkungen über das Silieren..; 1. Auflage November 2003; Chr. Hansen A/S, Hørsholm, Dänemark

GFE (1998):

Proceedings of the Society of Nutrition Physiology = Berichte der Gesellschaft für Ernährungswissenschaften der Haustiere; Band 7, hrsg. von Josef Pallauf; DLG-Verlag Frankfurt

GFE (2001):

Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder / Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie der Haustiere; Band 8; DLG-Verlag Frankfurt

GIERUS, M.; HERRMANN, A.; TAUBE, F.; KRUSE, S.; KLEEN, J. (2005):

Abbaubarkeit des Rohproteins von Futterleguminosen und Silomais; aus den Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau 2005, Band 7, Sektion Futterqualität und Futterkonservierung; unredigierte Mitgliederinformationsschrift zur 49. Jahrestagung; letztes Update: 10.05.2007;

http://www.landwirtschaft.sachsen.de/lfl/publikationen/download/1742_3.pdf

GIRAUD, E.; GOSSELIN, L.; MARIN, B.; PARADA, J.L.; RAIMBAULT, M. (1993):

Purification and characterization of an extracellular amylase from *Lactobacillus plantarum* strain A6; Journal of Applied Bacteriology (75), S. 276-282; letztes Update: 25.06.2007;

http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_6/b_fdi_33-34/39192.pdf

GÖBEL, ANDREAS (2006):

Maisbilder; persönliche Aufnahmen von Dipl.-Ing. agr. Andreas Göbel; 19.09.2006

HARTMANN, ANETTE; GEIGER, HARTWIG HEINRICH (2001):

Siloreife - Restpflanze nicht vergessen! - Auswirkungen unterschiedlicher Restpflanzenabreife auf Energiedichte und Verdaulichkeit, Mais (2), S. 76-79

HEIN, WALTRAUD (1993):

Qualitätskriterien von Maissilagen insbesondere in Grenzlagen des Silomaisanbaues; BAL-Bericht über die „Österreichweite Silagetagung“ am 13. und 14. Januar 1993; Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft Wien (Hrsg.), Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, S. 71-80

IPS (2007):

Ermittlung des Ertrags- und Futterwertes verschiedener Maissorten; von Manja Siegert, Marika Schweigmann, Marika Wendt, Richard Hünerjäger und Roman Roggatz; in Zusammenarbeit mit der Agrargenossenschaft Luisenhof e.G. Hohenzieritz und der Saaten-Union GmbH; Hochschule Neubrandenburg; unveröffentlicht

KAISER, EHRENGARD (2005):

Durchführung von Silierversuchen, Humboldt Universität Berlin, persönliche Mitteilung von Frau Professor Dr. agr. habil. Ehrengard Kaiser an Dr. Regina Dinse, 04.12.2005

KAISER, EHRENGARD (2005/06):

Welches Silierhilfsmittel für Maissilage?; Produzent: AGRAVIS Raiffeisen AG, verfasst von Frau Professor Dr. agr. habil. Ehrengard Kaiser, Humboldt Universität Berlin; letztes Update: 20.04.2007;

http://www.silierung.de/aktuelles/Siliermittel_fuer_Silomais.pdf

KAISER, EHRENGARD; KIRSTEN WEIß et al. (2006): Grobfutterbewertung, Teil B: DLG – Schlüssel zur Beurteilung der Gärqualität von Grünfuttersilagen auf der Basis der chemischen Untersuchung. Grobfutterbewertung Letztes Update: 02.03.2007, <http://www.dlg.org/de/landwirtschaft/futtermittelnet/fachinfos/futterkonservierung.html#top>

KIRCHGEBNER, MANFRED (2004):

Tierernährung - Leitfaden für Studium, Beratung und Praxis; 11. neu überarbeitete Auflage; DLG-Verlags-GmbH Frankfurt a.M.

KRUSE, SANDRA; HERRMANN, ANTJE; KORNER, ALIOS; TAUBE, FRIEDHELM (2004):

Zuckergehalte bei Silomais - Sortenunterschiede durch Restpflanzen hervorgerufen; Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung; Grünland und Futterbau / Ökologischer Landbau; Landpost 2004, Heft 43, S. 20 - 22

KRUSE, TORBEN (2004):

Epidemiologie, Bedeutung und integrierte Bekämpfungsmöglichkeiten von *Leptosphaeria maculans* (Phoma lingam) sowie weiterer pilzlicher Krankheitserreger im schleswig-holsteinischen Winterrapsanbau (*Brassica napus* L. var. *napus*); Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel; Dissertation; letztes Update: 10.05.2007;

http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?idn=971597200&dok_var=d1&dok_ext=pdf&filename=971597200.pdf

LANGENHOFF, MONIKA (2002):

Futtermittelkundliche Bewertung von zwei Silomaishybriden bei Wiederkäuern; Tierärztliche Hochschule Hannover, Institut für Tierernährung; Dissertation;

http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?idn=96559162x&dok_var=d1&dok_ext=pdf&filename=96559162x.pdf

LEURS, KRISTINA (2005):

Einfluss von Häcksellänge, Aufbereitungsgrad und Sorte auf die Siliereigenschaften von Mais; Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Landtechnik;

Dissertation;

<http://deposit.ddb.de/cgi->

[bin/dokserv?idn=979606349&dok_var=d1&dok_ext=pdf&filename=979606349.pdf](http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?idn=979606349&dok_var=d1&dok_ext=pdf&filename=979606349.pdf)

LFL (2006):

LfL-Information: Gruber Tabelle zur Fütterung der Milchkühe, Zuchtrinder, Mastrinder, Schafe, Ziegen; 27. Auflage / 2006; Produzent: Bayrische Landesanstalt für

Landwirtschaft (LfL); letztes Update: 16.06.2007;

http://www.lfl.bayern.de/ite/rind/09369/linkurl_0_4.pdf

MÜLLER, JÜRGEN (2003):

Bedeutung des Ausgangsmaterials für die Gärqualität; Bemerkungen über das Silieren..;

1. Auflage November 2003; Chr. Hansen A/S, Hørsholm, Dänemark

NUßBAUM, HANS-JÖRG; F. WEIßBACH et al. (2004): Grobfutterbewertung, Teil A:

DLG - Schlüssel zur Bewertung von Grünfutter, Silage und Heu mit Hilfe der

Sinnenbewertung. Grobfutterbewertung; letztes Update: 02.03.2007,

<http://www.dlg.org/de/landwirtschaft/futtermittelnet/fachinfos/futterkonservierung.html#top>

PAHLOW, GÜNTER (2003):

Gärungsbiologische Grundlagen der Silagebereitung und ihre Auswirkungen auf die

Silierpraxis; Bemerkungen über das Silieren..; 1. Auflage November 2003; Chr. Hansen

A/S, Hørsholm, Dänemark

PFLAUM, JOSEPH (2002):

Maissilage - Können Siliermittel die Nacherwärmung stoppen?; Taufkirchen; top agrar 9,

S. R12-R15

PIONEER (2007):

Produktbeschreibungen; Produzent: Pioneer Hi-Bred International, Inc.;

letztes Update: 23.05.2007;

http://www.pioneer.com/germany/aktuelles/siliermittel_aktuelle_infos_1_schnitt_2007_04_07.htm,

http://www.pioneer.com/germany/produkt/Siliermittel/siliermittel_silabac_mais_kombi.htm,

http://www.pioneer.com/germany/produkt/Preislisten/preislisten_siliermittel.htm

RISWICK (1999):

Futterwert und Siliereignung von Maissilage in Abhängigkeit vom Sortentyp; Produzent:

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Landwirtschaftszentrum Haus Riswick;

letztes Update: 17.05.2006;

http://www.riswick.de/pdf/siliereig_mais.pdf

SCHULDT, ANKE; DINSE, REGINA (2007):

Kurs: Anfertigung einer wissenschaftlichen Arbeit im Fachgebiet Tierernährung und

Futtermittelkunde; erstellt mit der; LMS-Lernplattform moodle, Produzent: Hochschule

Neubrandenburg, letztes Update: 15.05.2007;

<http://lms.hs-nb.de/moodle/mod/book/view.php?id=2983>

SCHULTZE, DAGMAR (2007):

Gärsäurenbestimmung; Hochschule Neubrandenburg; persönliche Mitteilung von

Dagmar Schultze an Marika Schweigmann, 16.05.2007

SPIEKERS, HUBERT; MILTNER, REINHARD; BEEKER, WILFRIED (2004):

“Aktion Nacherwärmung“ deckt Schwachpunkte auf; top agrar 2, S. R10-R13

SYNGENTA (2006):

Gardo® Gold - Die neue Lösung in Mais; Produzent: Syngenta® Deutschland;

letztes Update: 08.12.2006;

http://www.syngenta.de/syngenta_produkte/de/GARDOGOLD.shtm

THAYSEN, JOHANNES (1998):

Wichtige Hinweise zur verlustarmen Erzeugung hochwertiger Gras- und Maissilagen; 1. und 2. Symposium zu Fragen der Gewinnung hochwertiger Silagen und Erfahrungen bei der Fütterung von Hochleistungskühen; Rhinmilch GmbH Fehrbellin; Dr. Pieper Technologie- und Produktentwicklung GmbH

THAYSEN, JOHANNES (2001):

Silage kühl halten - Wo Zusätze gegen Nacherwärmung etwas bringen; dlz agrarmagazin 7 / 2001; S. 86-88

THAYSEN, JOHANNES (2007):

Mögliche Auswirkungen von hohen WLK-Gehalten; Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein; persönliche Mitteilung von Dr. Johannes Thaysen an Marika Schweigmann, 11.06.2007

THOMÉ, UDO (2006):

Pflanzenbauliche Ursachen für hohe Zuckergehalte; Hochschule Neubrandenburg; persönliche Mitteilung von Professor Dr. Udo Thomé an Marika Schweigmann; 22.11.2006

WEIß, JÜRGEN (2004):

Maissilagequalitäten 2003 - was ist zu beachten?; Mais (1); S. 22-25

WEIßBACH, FRIEDRICH; KUHLA, SIEGFRIED (1995):

Stoffverluste bei der Bestimmung des Trockenmassegehaltes von Silagen und Grünfütter: Entstehende Fehler und Möglichkeiten der Korrektur; Übersichten zur Tierernährung 23, S. 189-214

ZIMMER, ERNST (1967):

Nährstoffverluste bei der Vergärung von Futterpflanzen, I. Mitteilung: Einfluss der Siloform auf die Höhe der Verluste. Das wirtschaftseigene Futter 13; S. 271 - 286

ZSCHEISCHLER, JOHANNES; ESTLER, MANFRED C.; STAUDACHER, WALTER;
GROß, FRIEDRICH; BURGSTALLER, GUSTAV; STREYL, HUBERT; RECHMANN,
THOMAS (1990):

Handbuch Mais - Umweltgerechter Anbau, wirtschaftliche Verwertung; 4., vollkommen
überarbeitete Auflage; Verlagsunion Agrar

11. Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1: Versuchsstandort Mitte September (GÖBEL, 2006)	16
Abbildung 2: Niederschlagsmengen in Hohenzieritz in mm (Datengrundlage: Aufzeichnungen der Agrargenossenschaft „Luisenhof“ e.G.)	17
Abbildung 3: Schematischer Versuchsaufbau	18
Abbildung 4: „Leer-Streifen“ zwischen Parzellen und Vorgewende (GÖBEL, 2006)	18
Abbildung 5: Aufschlüsse der XP-Analyse.....	22
Abbildung 6: Siliergläser	23
Abbildung 7: Probenglas 4 von Sunday.....	24
Abbildung 8: Apparatur zur Gärsäurenbestimmung nach LEPPER.....	25
Abbildung 9: Weender Futtermittelanalyse, kombiniert mit dem Verfahren nach VAN SOEST (BURGSTALLER, 1986, 1999).....	26
Abbildung 10: Gärverluste und pH-Werte der Silageproben.....	31
Abbildung 11: TM-Gehalt in der Originalsubstanz	34
Abbildung 12: Rohaschegehalt in der Trockenmasse	35
Abbildung 13: Rohproteingehalt in der Trockenmasse	35
Abbildung 14: Rohfasergehalt in der Trockenmasse	36
Abbildung 15: Faserfraktionen in g / kg TM	38
Abbildung 16: Energiegehalt in der Trockenmasse	39
Abbildung 17: Energiegehalt, berechnet aus EULOS und aus Weender-Rohnährstoffen	41
Abbildung 18: Stärkegehalt in % der Trockenmasse	43
Abbildung 19: Leicht lösliche Kohlenhydrate in % der Trockenmasse.....	43
Abbildung 20: Gesamtgehalt an Stärke und Zucker in der Trockenmasse	44
Abbildung 21: Zusammenhang zwischen Trockenmasse und Reifegruppe	47
Abbildung 22: Zusammenhang zwischen Energie- und Stärkegehalt.....	52

12. Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1: Verluste an Netto-Energie bei der Silierung (nach ZIMMER, 1967).....	15
Tabelle 2: Prüfparameter der ausgebrachten Rindergülle (Angaben der Agrargenossenschaft „Luisenhof“ e.G. laut LUFA-Bericht).....	19
Tabelle 3: Nährstoffzusammensetzung der Unterfußdüngung (Angaben der Agrargenossenschaft „Luisenhof“ e.G.).....	20
Tabelle 4: Wirkungen von SILA-BAC® Mais Kombi (PIONEER, 2007).....	21
Tabelle 5: Übergangskonstanten für Essig- und Buttersäure bei Gärsäurenbestimmung nach LEPPER (1938, zit. bei BASSLER et al., 1976).....	25
Tabelle 6: Ergebnisse der Weender-Analyse des Ausgangsmaterials	28
Tabelle 7: Sinnenprüfung der Silage nach DLG-Schlüssel.....	29
Tabelle 8: Gärverluste und pH-Werte der Silageproben.....	30
Tabelle 9: Essig- und Buttersäuregehalt in der Trockenmasse	32
Tabelle 10: Ergebnisse der Weender-Analyse	33
Tabelle 11: Faserfraktionen in g / kg TM	37
Tabelle 12: EULOS und ELOS sowie berechnete NEL in der Trockenmasse.....	40
Tabelle 13: Kohlenhydrate in % der Trockenmasse	42
Tabelle 14: Relative Abweichung der Nährstoffgehalte in Ausgangsmaterial und Silage in %	45
Tabelle 15: Gehalte an leichtlöslichen Kohlenhydraten in % der TM vor und nach der Silierung	48
Tabelle 16: Stärkegehalte in % der TM vor und nach der Silierung.....	50
Tabelle 17: Siloreifezahl und Körnerreifezahl der Versuchssorten	76

13. Anlagen

13.1. DLG-Schlüssel zur Bewertung von Maissilage

13.1.1. Bewertung mit Hilfe der Sinnenbewertung

(nach NUßBAUM et al., 2004)

Im Hinblick auf den Konservierungsprozess beste Maissilage

- riecht angenehm säuerlich (aromatisch, brotartig), nicht nach Alkohol oder Buttersäure,
- sie hat auch keinen wahrnehmbaren Essigsäuregeruch und ist frei von Fremdgerüchen,
- sie riecht weder nach Hefe noch schimmelig und
- sie hat je nach Sortentyp eine mehr goldgelbe Farbe (Kompakttypen) bis gelb - olive Farbe (stay-green-Typen).

Geruch**Punkte für Qualitätsabzug**

angenehm säuerlich, aromatisch, brotartig	0	
leicht alkoholisch oder leichter Essigsäuregeruch	1	
stark alkoholischer oder Röstgeruch	3	
muffig oder leichter Buttersäuregeruch	5	
widerlich, Fäulnisgeruch, jauchig	7	

Gefüge

unverändert (wie das Ausgangsmaterial)	0	
leicht angegriffen, Pflanzenteile mürbe	1	
stark angegriffen, schmierig, schleimig	2	
verrottet	4	

Farbe

dem Ausgangsmaterial ähnliche Farbe	0	
Farbe wenig verändert	1	
Farbe stark verändert	2	

Schimmel

sichtbarer Schimmelbefall: Silage nicht verfüttern !	7	
--	---	--

Summe Punkte für Qualitätsabzug		
---------------------------------	--	--

Bestimmung des Reifestadiums und des T-Gehaltes beim Einsilieren

Bezeichnung	%T	Beschreibung
Beginn der Kolbenbildung	77	Körner nicht voll ausgebildet
In der Milchreife	20	Körner ausgebildet, grün-weiß, ohne Füllung
	22	Körnerinhalt milchartig
Beginn der Teigreife	25	Körnerinhalt gelblich und zähflüssig
	30	Körnerinhalt teig- bis mehlartig
Ende der Teigreife	35	Körnerinhalt mehlartig, Korn mit Fingernagel noch ritzbar
	38	Ausgereifte Körner, Korn mit Fingernagel kaum mehr ritzbar

Ermittlung des Energiegehaltes

Kolbenanteil		Energiegehalte in MJ /kg T					
		niedrig		mittel		hoch	
Bezeichnung	%T	ME	NEL	ME	NEL	ME	NEL
Beginn der Kolbenbildung	17			9,4	5,6		
In der Milchreife	20	9,5	5,7	9,7	5,8	9,8	5,9
	22	10,0	6,0	10,3	6,2	10,7	6,4
Beginn der Teigreife	25	10,2	6,1	10,5	6,3	10,8	6,5
	30	10,3	6,2	10,7	6,4	11,0	6,6
Ende der Teigreife	35	10,5	6,3	10,8	6,5	11,2	6,7
	38	10,7	6,4	11,0	6,6	11,3	6,8

Beurteilung der Gärqualität

Summe			Wertminderung gegenüber Grüngut in MJ/kg T	
Punkte für Qualitätsabzug	Note	Urteil	ME	NEL
0-1	1	sehr gut	0	0
2-3	2	gut	0,2	0,1
4-5	3	verbesserungsbedürftig	0,5	0,3
6-8	4	schlecht	0,9	0,5
> 8	5	sehr schlecht	>0,9	>0,5

Zusätzlicher Qualitätsabzug durch Verschmutzung

	MJ/kg T	
	ME	NEL
Schmutz visuell erkennbar	0,5	0,3

Gesamtbewertung Maissilage

Energiegehalt ME bzw. NEL	MJ / kg T
im Grüngut	
Qualitätsabzug durch Konservierung	
Zusätzlicher Qualitätsabzug durch Verschmutzung	
Energiegehalt der Maissilage	

13.1.2. Bewertung auf Basis der chemischen Untersuchungen

(nach KAISER et al., 2006)

a) Beurteilung des Essig- und Buttersäuregehaltes

Buttersäuregehalt ¹⁾		Essigsäuregehalt ²⁾	
BS in % TM	Punkte	ES in % TM	Punkte
0 – 0,3	90	bis 3	0
> 0,3 – 0,4	81	> 3 – 3,5	-10
> 0,4 – 0,7	72	> 3,5 – 4,5	-20
> 0,7 – 1,0	63	> 4,5 – 5,5	-30
> 1,0 – 1,3	54	> 5,5 – 6,5	-40
> 1,3 – 1,6	45	> 6,5 – 7,5	-50
> 1,6 – 1,9	36	> 7,5 – 8,5	-60
> 1,9 – 2,6	27	> 8,5	-70
> 2,6 – 3,6	18		
> 3,6 – 5,0	9		
> 5,0	0		

¹⁾ Buttersäuregehalt hier = Summe aus i- Buttersäure, n- Buttersäure, i- Valeriansäure, n- Valeriansäure und n- Capronsäure

²⁾ Essigsäuregehalt = Essigsäure plus Propionsäure

b) Beurteilung des pH-Wertes

unter 30 % TM		30 – 45 % TM		über 45 % TM	
pH	Punkte	pH	Punkte	pH	Punkte
bis 4,0	10	bis 4,5	10	bis 5,0	10
> 4,0 - 4,3	5	> 4,5 – 4,8	5	> 5,0 – 5,3	5
> 4,3 - 4,6	0	> 4,8	0	> 5,3	0
> 4,6	-5				

c) Bewertung

Gesamtpunktzahl (Summe: s. Tabellen 1. und 2)	Gärqualität	
	Note	Urteil
100 - 90	1	sehr gut
89 - 72	2	gut
71 - 52	3	verbesserungsbedürftig
51 - 30	4	schlecht
< 30	5	sehr schlecht

13.2. Tabelle Maissorten und Reifegruppen

Tabelle 17: Siloreifezahl und Körnerreifezahl der Versuchssorten

Sorte	Siloreifezahl	Körnerreifezahl
Ravenna	210	210
Aspekt	220	230
Sunday	220	220
System	230	230
Goldosse	230	230
Aventura	240	240
Horatop	250	240
Magister	250	260
Attfields	260	250
Atendo	270	280
Ref. außen	210	210

14. Danksagung

Ich möchte mich hiermit bei allen Personen, die an der Entstehung dieser Arbeit mitgewirkt haben, sehr herzlich bedanken.

Mein ganz besonderer Dank gilt

- Dipl.-Ing. agr. Andreas Göbel von der Saaten-Union GmbH und Dipl.-Ing. agr. Axel Didt von der Agrargenossenschaft Luisenhof e.G. für die Bereitstellung von Bildern und Informationen
- Professorin Dr. Anke Schuldt für ihre Unterstützung bei der Suche nach Literatur sowie dafür, dass sie immer Zeit für mich hatte
- Dr. Regina Dinse und Dagmar Schultze für die gemeinsame Arbeit im Futtermittellabor und dafür, dass vor allem Frau Dr. Dinse mir auch danach immer mit Rat und Tat zur Seite stand
- Manja Siegert, Richard Hünerjäger, Roman Roggatz und Marika Wendt für die Mitarbeit im IPS 2006 und ihre Freundschaft
- und nicht zuletzt meiner Familie für ihre Unterstützung und ihr Verständnis.

15. Eidesstattliche Erklärung

(nach THEISEN, 2002)

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Ort, Datum

Unterschrift

THEISEN, MANUEL RENÉ (2002):

Wissenschaftliches Arbeiten: Technik, Methodik, Form; WiSt-Taschenbücher

Wirtschaftswissenschaftliches Studium, 11., aktualisierte Aufl.; München, Vahlen