



BUNDESANSTALT FÜR ALPENLÄNDISCHE
LANDWIRTSCHAFT GUMPENSTEIN

Abteilung Bodenkunde

Abschlußbericht

Projektnummer:

BAL 992211

Titel des Projektes:

DIE STABILITÄT VON BODENAGGREGATEN ALS BIOINDIKATOR IM BODENBEREICH



Projektleiter:

Dr. Gerfried EDER

Stichworte:

Aggregatstabilität, Bodenaggregate, Bodengefüge, Gefügestabilität, Krümelstruktur, Nasssiebung

Laufzeit:

1999 - 2002

Kooperationspartner:

BFL-Institut für Bodenwirtschaft, IKT-Petzenkirchen, Landwirtschaftskammern Stmk., Oberösterreich und Niederösterreich

Impressum:

Herausgeber: Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, A-8952 Irdning
des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasser-
wirtschaft Wien

Direktor: HR Dipl.-Ing. Dr. Kurt Chytil

für den Inhalt verantwortlich: Dipl.Ing. Olga Tomanova und Dr. Gerfried EDER

Gestaltung: Brigitte Marold

© Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, Irdning,2002

Das Projekt wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft finan-
ziert.



ABSCHLUSSBERICHT

über das Projekt

DIE STABILITÄT VON BODENAGGREGATEN ALS BIOINDIKATOR IM BODENBEREICH

1. EINLEITUNG

Nachdem heute in der Landwirtschaft nicht mehr nur die Gewinnmaximierung und Produktionssteigerung im Vordergrund stehen, sondern auch das Prinzip der Nachhaltigkeit, wird der Erhaltung von nicht erneuerbaren Ressourcen zunehmend mehr Aufmerksamkeit geschenkt. Zu solchen kann man auch den Boden zählen. Nachdem die Bodenneubildungsrate für gemäßigte Klimagebiete laut ZACHAR (1970) durchschnittlich 0,1 mm pro Jahr beträgt, ist der Boden vor allem in den wasser- und winderosionsgefährdeten Gebieten sehr stark quantitativ wie auch qualitativ bedroht. Der Schutz des Bodens gegen Bodensubstanzverluste so wie auch gegen dessen Degradierung ist sehr wichtig, um das Produktionspotential des Bodens zu erhalten.

Das Bodengefüge ist einer der wichtigsten physikalischen Kennwerte. Vor allem bei der heutzutage relativ intensiven Bodenbewirtschaftung ist ein gut strukturierter Boden, der den aggregatzerstörenden Wirkungen des Regens widersteht und nach dem Regen gut reagieren kann, von Vorteil. Die Gefügestabilität wird unter anderem auch von mehreren Bodeneigenschaften beeinflusst. Eine hochsignifikante positive Korrelation wurde zwischen dem Gehalt an organischer Substanz und der Aggregatstabilität gefunden (AUERSWALD & HOFMANN, 1994). Auch eine hohe Ca-Sättigung wirkt sich positiv auf die Gefügestabilität aus. Die Böden mit einem hohen Anteil an Schluff sind hingegen am instabilsten und am meisten erosionsgefährdet.

Neben den Bodeneigenschaften, die nur in begrenztem Umfang beeinflusst werden können, spielen bei der Aggregatbildung auch die Bodenbearbeitung und die angebaute Kultur eine wesentliche Rolle (KANDELER & MURER, 1993; KÖLLER, 1993). So geben alle Autoren für die Kulturart Grünland die höchsten Werte an. Nach einem Grünlandumbruch sinkt die Stabilität aber sofort ab. Auch eine kurzjährige Grünbrache steigert die Aggregatstabilität im Vergleich zur konventionellen Pflugarbeit (MAYER, 1998). AICHINGER (1995) hat in einem Feldversuch mit einer Braunerde einen signifikanten Einfluss der Vegetation auf die Aggregatstabilität der getrockneten Aggregate mit dieser Reihenfolge festgestellt: Wiese > Klee > Kartoffel >

Gerste > Mais. Ganzjährig bedeckte Böden (Dauergrünland) haben generell eine signifikant höhere Aggregatstabilität als Ackerböden. Die Aggregatstabilität schwankt je nach Boden und Bewirtschaftung bei Grünland zwischen 60-95%, bei Getreide zwischen 30-50% und bei Hackfrüchten um die 20% (TOMANOVÁ & TIPPL, 2002). Das Hinterlassen von Ernterückständen und ihre Einarbeitung in den Boden führt zu einer Erhöhung der organischen Substanz und somit zur Erhöhung der Aggregatstabilität und zu einem direkten Schutz der Bodenoberfläche durch den Mulch.

Es gibt verschiedene Messmethoden, um den Gefügestand zu quantifizieren. Es kann entweder die Größenverteilung der Aggregate gemessen werden (die MWD Methode - meanweight diameter nach Van Bavel; GMD Methode - geometrical mean diameter usw.) oder ihre Stabilität (Soil Aggregate Stability nach Kemper und Koch, 1966; Die Aggregatanalyse nach Le Bissonnais und Le Souder, 1995; Bestimmung der Aggregatstabilität nach dem Siebtauchverfahren - DIN 19683-16, 1998). Dexter und Kroesbergen (1985) bezeichnen die Aggregatstabilitätsmessungen als nützliches Maß zur Beschreibung des physischen Zustandes der Bodenaggregate.

Die stabilen Aggregate schützen die Bodenoberfläche vor Verschlammung, gewährleisten eine hohe Infiltrationskapazität und reduzieren dadurch den Oberflächenabfluss und Bodenabtrag (PRASHUN, 1991). In einem gut strukturierten Boden erfolgt ein besserer Gasaustausch und die günstigeren Feuchtigkeits- und Temperaturverhältnisse schaffen bessere Lebensbedingungen für Pflanzen und Bodenorganismen.

Organismen und ihr Standort beeinflussen sich gegenseitig. Manche Kulturen haben einen positiven, manche einen negativen Einfluss auf die physikalischen Bodeneigenschaften. Im Rahmen einer Fruchtfolge kann man die Veränderungen in der Aggregatstabilität je nach der angebauten Kultur verfolgen. Die Fruchtfolgen können dann so geplant werden, dass ein gesunder Bodenzustand und damit auch eine dementsprechende Bodenfruchtbarkeit erhalten bleiben.

2. METHODEN

Um die Haupteinflüsse, die sich bei der Aggregatbildung und -stabilisierung auswirken, festzustellen, wurde im Rahmen des Projektes BAL 992211 die Aggregatstabilität (weiter nur als SAS bezeichnet, nach dem englischen soil aggregate stability) bei verschiedenen Fruchtfolgen innerhalb dreier Jahre bestimmt. Nachdem das Projekt sehr praxisorientiert geplant war, wurden die Bodenproben aus insgesamt 163 Schlägen gezogen. Diese lagen in Oberösterreich nahe Steyr und Enns, in Niederösterreich bei Wieselburg und Wolkersdorf und in der Steiermark in der Umgebung von Knittelfeld und Feldbach. Bei der Auswahl der Flächen in allen drei Bundesländern haben die jeweiligen Landwirtschaftskammern nach Rücksprache mit den betroffenen Landwirten die Auswahl getroffen. Die Probenziehung hat innerhalb dieser 3 Jahre immer im Herbst, zum gleichen Zeitpunkt, nach der Ernte stattgefunden, um den Einfluss der jahreszeitlichen Schwankungen auf die Aggregatstabilität zu vermindern. Auf jedem Schlag wurde jährlich eine ca. 2 kg schwere Bodenmischprobe aus 20-25 Stichproben aus der Tiefe 0-20 cm im Ackerland und 0-10 cm im Grünland gezogen. Nach Lufttrocknung und Siebung wurde die SAS mittels der Methode "Bestimmung der Aggregatstabilität nach dem Siebtauchverfahren" (DIN 19683-16) bestimmt. Der hierbei verwendete Siebtauchapparat und die Bestimmungsmethode ist bei E.J. MURER et al. (1993) genau beschrieben. Die in Prozenten ausgedrückte Aggregatstabilität gibt jenen Anteil innerhalb der 1-2 mm großen und lufttrockenen Aggregate an, die wasserstabil sind.

Ein weiterer Teil der Bodenprobe wurde in Wien am früheren Bundesamt und Forschungszentrum für Landwirtschaft (BFL) der nunmehrigen Österreichischen Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH chemisch untersucht. Aber auch die Bodenart, also die Korngrößenverteilung (Sand:Schluff:Ton) wurde dort bestimmt.

Die SAS-Werte wurden mit ausgesuchten Bodenwerten korreliert, die laut Literatur einen Einfluss auf die Aggregatstabilität und Aggregatbildung haben. Der in vielen Literaturquellen zitierte Zusammenhang zwischen der SAS und dem Anteil an organischer Substanz wurde auch bei diesem Projekt als hochsignifikant bestätigt. Um genauere Informationen zu gewinnen, wurde der Humusgehalt für alle 3 Untersuchungsjahre mit der Aggregatstabilität innerhalb der charakteristischen Fruchtgruppen (Korrelation nach Pearson) ausgewertet.

Von jedem Schlag wurde die SAS bestimmt und eine ausführliche Befragung der Betriebsführer durchge-

führt, um die Informationen zu bekommen, die bezüglich der Gefügeentwicklung von Bedeutung sein können, wie z.B. die Fruchtfolge mit eventueller Zwischenfrucht, Strohverwertung, Bodenbearbeitung und Düngereinsatz. Nachdem nur ein Biobetrieb und ein biologisch bewirtschafteter Betrieb untersucht wurden, wurden sie wegen mangelnder Vergleichbarkeit in Folge unkonventioneller Bewirtschaftung nicht ausgewertet. Da sie die höchsten Stabilitätswerte aufwiesen, wurden sie auch bei der Datenanalyse als Ausreißer bezeichnet und somit bei der Auswertung nicht berücksichtigt. Wegen ihrer geringen Anzahl konnten die Biobetriebe nicht separat ausgewertet werden.

Die angebauten Kulturen wurden in charakteristische Gruppen nach Wachstum, Bodenbearbeitung und ihren spezifischen Eigenschaften eingeteilt und die Paare von den selben Kulturen in die Gruppen zusammengefügt. Die Veränderungen der Aggregatstabilität unter verschiedenen Kulturen wurden mittels Wilcoxon-Tests für Paardifferenzen (der Lagervergleich zweier verbundener Stichproben) und die Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen mittels Scheffé-Prozedur für Mehrfache Mittelwertvergleiche ausgewertet.

3. ERGEBNISSE

3.1 Einfluss der Bodeneigenschaften auf die Aggregatstabilität

Eine hochsignifikante positive Korrelation wurde beim Auswerten der Bodendaten nur zwischen der SAS und dem Humusgehalt festgestellt. Die anderen Bodenkennwerte, wie die Korngrößenverteilung, elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert, CaCO_3 -Gehalt, besitzen keinen signifikanten Einfluss. In allen drei Jahren wurde eine

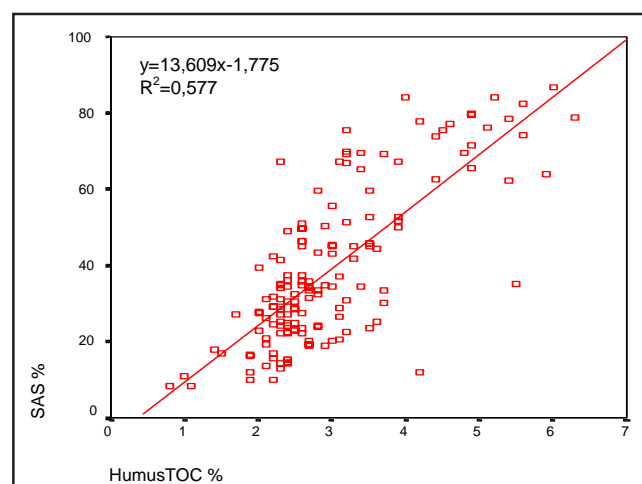


Abbildung 1: Korrelation zwischen SAS und Humusgehalt im Jahr 1999

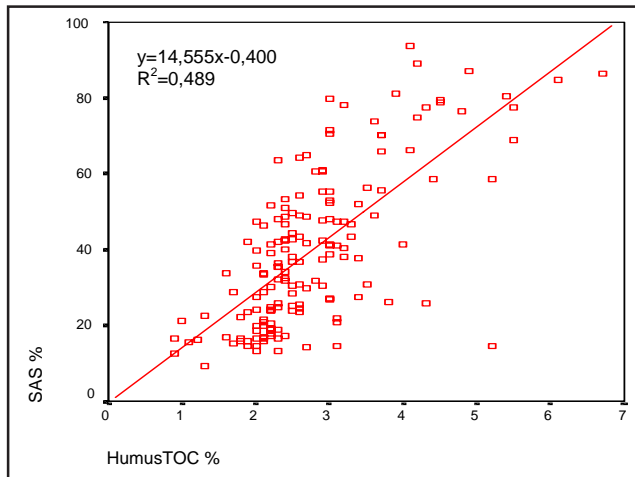


Abbildung 2: Korrelation zwischen SAS und Humusgehalt im Jahr 2000

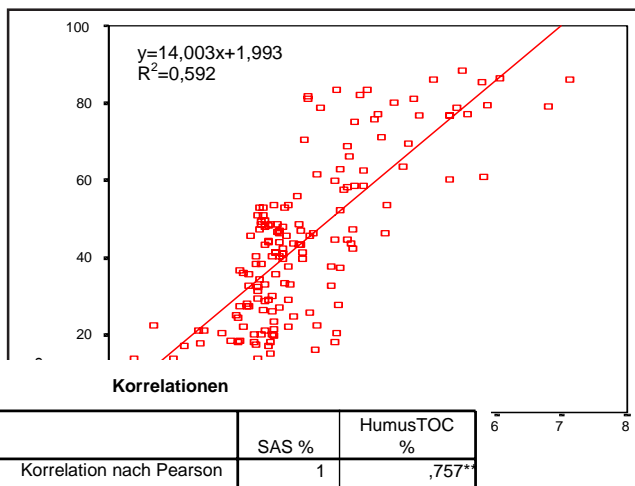


Abbildung 3: Korrelation zwischen SAS und Humusgehalt im Jahr 1999

Tabelle 1: Korrelation zwischen SAS (%) und Humusgehalt TOC (%) nach Pearson im Jahr 1999

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

Tabelle 2: Korrelation zwischen SAS (%) und Humusgehalt TOC (%) nach Pearson im Jahr 2000

		SAS %	HumusTOC %
SAS %	Korrelation nach Pearson	1	,700**
	Signifikanz (2-seitig)	,	,000
	N	163	160
HumusTOC %	Korrelation nach Pearson	,700**	1
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,
	N	160	160

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

Tabelle 3: Korrelation zwischen SAS (%) und Humusgehalt TOC (%) nach Pearson im Jahr 2001

		SAS %	Humus TOC %
SAS %	Korrelation nach Pearson	1	,769**
	Signifikanz (2-seitig)	,	,000
	N	162	157
Humus TOC %	Korrelation nach Pearson	,769**	1
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,
	N	157	157

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

Grünbrache. Im Jahr 1999 hat bei allen vier Fruchtgruppen die SAS mit dem Humusgehalt auf dem Signifikanzniveau von 5% miteinander korreliert, im Jahr 2000 wurde kein Zusammenhang zwischen der SAS und dem Humusgehalt innerhalb der Gruppe Getreide gefunden und im Jahr 2001 wurde eine (hoch)signifikante Korrelation zwischen der SAS und dem Humusgehalt nur bei den Gruppen Wiese (Dauergrünland) und Grünbrache gefunden.

3.2 Einfluss der Kulturen und Bodenbewirtschaftung auf die Aggregatstabilität

Die genauen Fruchtfolge-, Bewirtschaftungs- und Bodenbearbeitungsmaßnahmen wurden für jeden Schlag über alle 3 Untersuchungsjahre erhoben (Tabelle 7). Ausgewertet wurden nur die konventionell angebauten Paare, d.h. bei den Ackerkulturen meistens im Herbst gegrubbert, gepflügt und nach der Aussaat geeggt, organisch oder/und mineralisch gedüngt; bei den Gräsern, Wiesen und Grünbrachen ohne Bodenbearbeitung und meistens ohne Düngung. Aus jeder 3-jährigen Fruchtfolge wurden Paare gebildet, die in die Gruppen Hackfrucht-Hackfrucht, Hackfrucht-Getreide, Getreide-Getreide, Getreide-Hackfrucht, Grünbrache-Grünbrache, Wiese-Wiese und Saatgräser-Saatgräser passen. Die Früchte, die in die angegebenen Gruppen nicht passen, wurden als Restfrüchte und Sonderkulturen bezeichnet (z. B. Trockenblume, Kürbis) und von der Auswertung auf Grund zu weniger Paare ausgeschlossen (Mindestanzahl sind 6 Paare).

hochsignifikante positive Korrelation: $r_{1999}=0,757$; $r_{2000}=0,700$ und $r_{2001}=0,769$ (Abbildungen 1-3 und Tabellen 1-3) zwischen dem Humusgehalt und der SAS festgestellt. Der Einfluss des Humusgehaltes auf die Aggregatbildung und Stabilisierung wurde auch bei den charakteristischen Fruchtgruppen mit mindestens 12 Stichproben pro Jahr mittels SPSS (Korrelation nach Pearson) ausgewertet (Tabellen 4-6). Es handelt sich um die Gruppen: Hackfrüchte, Getreide, Wiese und

Tabelle 4: Datenanalyse und Korrelation von SAS (%) und Humus TOC (%) nach den Fruchtgruppen im Jahr 1999 (Auswertung ohne die Biobetriebe Nr. 22 und 23)

Nr.	Fruchtgruppe	n	Ausreißer	N	Mittelwert SAS %	Std. Abw. SAS	Mittelwert Humus TOC %	Std. Abw. Humus TOC %	Korrelation nach Pearson	Signifikanz (2-seitig); $\alpha=5\%^*$
1	Hackfrüchte	36	7	29	25,22	8	2,41	0,26	0,398	0,032*
2	Getreide	38	6	32	30,48	13,15	2,43	0,28	0,460	0,008*
3	Wiese	21	3	18	74,75	7,98	4,97	1,05	0,658	0,003*
4	Grünbrache	15	0	15	42,53	15,09	3,21	1,04	0,627	0,012*

Tabelle 5: Datenanalyse und Korrelation von SAS (%) und Humus TOC (%) nach den Fruchtgruppen im Jahr 2000 (Auswertung ohne die Biobetriebe Nr. 22 und 23)

Nr.	Fruchtgruppe	n	Ausreißer	N	Mittelwert SAS %	Std. Abw. SAS	Mittelwert Humus TOC %	Std. Abw. Humus TOC %	Korrelation nach Pearson	Signifikanz (2-seitig); $\alpha=5\%^*$
1	Hackfrüchte	40	7	33	20,50	5,63	2,15	0,25	0,358	0,041*
2	Getreide	34	7	27	38,81	9,65	2,37	0,34	0,179	0,378
3	Wiese	20	0	20	70,01	12,92	4,04	1,33	0,770	0,000*
4	Grünbrache	15	0	15	39,33	13,68	3,07	0,93	0,647	0,009*

Tabelle 6: Datenanalyse und Korrelation von SAS (%) und Humus TOC (%) nach den Fruchtgruppen im Jahr 2001 (Auswertung ohne die Biobetriebe Nr. 22 und 23)

Nr.	Fruchtgruppe	n	Ausreißer	N	Mittelwert SAS %	Std. Abw. SAS	Mittelwert Humus TOC %	Std. Abw. Humus TOC %	Korrelation nach Pearson	Signifikanz (2-seitig); $\alpha=5\%^*$
1	Hackfrüchte	30	2	28	27,18	8,43	2,64	0,45	0,161	0,413
2	Getreide	46	9	32	38,90	11,61	2,41	0,19	0,317	0,056
3	Wiese	19	3	16	77,52	7,08	4,96	0,98	0,795	0,000*
4	Grünbrache	13	1	12	58,43	11,96	4,37	1,20	0,769	0,003*

3.2.1 HACKFRUCHT-HACKFRUCHT VERGLEICH

Es konnten 16 Paare in den Jahren 1999-2000 und 11 in den Jahren 2000-2001 gebildet werden (Tabelle 8). Bei der explorativen Datenanalyse wurden Extremwerte identifiziert, bei einem Großteil davon handelte es sich um einen Anbau mit Zwischenfrucht (Winterbegrünung) oder eine unkonventionelle Bewirtschaftungsmaßnahme (Direktsaat), diese wurden als Ausreißer bewertet. Bei den restlichen Paaren wurde der Wilcoxon-Test durchgeführt, um festzustellen, ob die Mediane zweier verbundener Stichproben signifikant verschieden sind. Eine asymptotische Signifikanz von 0,019 und 0,012 ist kleiner als der Wert 0,05 und somit wird die H_1 (Mediane verschieden) angenommen, d.h. signifikante Unterschiede in der SAS bei den Hackfrüchten zwischen erstem und zweitem Anbaujahr. Das bestätigen auch die Z-Werte (-2,353 und -2,521) (Tabelle 9). Die SAS ist in den Jahren 1999 und 2000: $\bar{x}=21,68\%$ und $\bar{x}=19,40\%$, $s=4,17$ und $5,09$, $N=12$; in den Jahren 2000 und 2001: $\bar{x}=17,90\%$ und $\bar{x}=19,91\%$, $s=4,90$ und $s=4,96$, $N=8$ (Tabelle 8).

3.2.2 HACKFRUCHT-GETREIDE VERGLEICH

Von den untersuchten Schlägen wurden in Jahren 1999-2000 insgesamt 16 und in den Jahren 2000-2001 26 Paare Hackfrucht-Getreide gebildet (Tabelle 8). Bei der explorativen Datenanalyse wurden 2 Werte als Extremwerte bezeichnet (2 Paare), bei denen die Aggregatstabilität ungewöhnlich hoch ist, und somit wurden sie als

Ausreißer angenommen. Eine asymptotische Signifikanz von 0,002 und 0,000 ist kleiner als der Wert 0,05 und somit wird die H_1 (Mediane verschieden) angenommen, d.h. signifikante Unterschiede in der SAS zwischen den Hackfrüchten und Getreide. Das bestätigen auch die Z-Werte (-3,107 und -4,432), die von Null weit entfernt sind. Die SAS bei den Hackfrüchten 1999 und 2000: $\bar{x}=25,42\%$ und $\bar{x}=20,03\%$, $s=8,64$ und $s=5,69$, $N=16$ und $N=26$; bei der Getreide 2000 und 2001: $\bar{x}=34,63\%$ und $\bar{x}=38,28\%$, $s=9,70$ und $s=11,58$ (Tabelle 8).

3.2.3 GETREIDE-GETREIDE VERGLEICH

Von den untersuchten Schlägen wurden in den Jahren 1999-2000 9 und im Zeitraum 2000-2001 12 Paare Getreide-Getreide gebildet (Tabelle 8). Bei der explorativen Datenanalyse wurde ein Wert als Extremwert bezeichnet (1 Paar), der als Ausreißer angenommen wurde. Eine asymptotische Signifikanz von 0,767 bei den Jahren 1999-2000 ist größer als der Wert 0,05 und somit wird die H_0 auf dem Signifikanzniveau $\alpha=5\%$ angenommen. Dagegen ist die asymptotische Signifikanz 0,041 kleiner als der Wert 0,05 und somit muss die H_0 auf dem Signifikanzniveau $\alpha=5\%$ abgelehnt werden. Das bestätigen auch die Z-Werte (-0,296 und -2,045). SAS ist in den Jahren 1999 und 2000: $\bar{x}=29,04\%$ und $\bar{x}=30,25\%$, $s=14,50$ und $12,97$, $N=9$; in den Jahren 2000 und 2001: $\bar{x}=33,68\%$ und $\bar{x}=38,67\%$, $s=12,97$ und $s=13,95$, $N=11$ (Tabelle 8).

Tabelle 7: 3-jährige Fruchtfolge (1999-2001) mit SAS (%), Düngung und Bodenbearbeitung (Zusammenfassung)

Betr. Nr.	Feld Nr.	Frucht 1999	SAS (%)	Zwischenfrucht+ Düngung	Bodenbearbeitung	Frucht 2000	SAS (%)	Zwischenfrucht+ Düngung	Bodenbearbeitung	Frucht 2001	SAS (%)
1	1	GrünBrache	62,17	0+0	0+0	GrünBrache	55,08	0+0	0+0	GrünBrache	60,94
1	2	GrünBrache	24,92	0+0	0+0	GrünBrache	58,7	0+0	0+0	GrünBrache	60,42
1	3	Trockenblume	24,25	0 +Mineraldüngung	Haindeln + Nein	Trockenblume	16,44	Mineraldüngung	Haindeln + Nein	Trockenblume	24,56
1	4	Zuckerrübe	22,83	0+Gülle, Mineraldüngung	Herbst Grubber Pflug+EGge - ja	Körnermais	20,43	0+Gülle, Mineraldüngung	Herbst Grubber Pflug+EGge - ja	Winterweizen	52,99
1	5	Körnermais	24,12	0+Gülle, Mineraldüngung	Herbst Grubber Pflug+EGge - ja	Körnermais	19,01	0+Gülle, Mineraldüngung	Herbst Grubber Pflug+EGge - ja	Winterweizen	47,11
1	6	Körnermais	22,95	0+Gülle, Mineraldüngung	Herbst Grubber Pflug+EGge - ja	Winterweizen	36,64	0+Gülle, Mineraldüngung	Herbst Grubber Pflug+EGge - ja	Wintergerste	51,14
1	7	Erbse	34,6	0+Gülle, Mineraldüngung	Herbst Grubber Pflug+EGge - ja	Wintergerste	41,69	Senf+Gülle, Mineraldüngung	Herbst Grubber Pflug+EGge - ja	Körnermais	22,32
1	8	Wintergerste	34,57	Senf+Gülle, Mineraldüngung	Herbst Grubber Pflug+EGge - ja	Hafer	26,81	Senf+Gülle, Mineraldüngung	Herbst Grubber Pflug+EGge - ja	Körnermais	23,35
1	9	Weizen	32,33	Senf+Gülle, Mineraldüngung	Herbst Grubber Pflug+EGge - ja	Körnermais	19,74	0+Gülle, Mineraldüngung	Herbst Grubber Pflug+EGge - ja	Winterweizen	40,41
1	10	?	?	?	?	Winterweizen	30,14	0+Gülle, Mineraldüngung	Herbst Grubber Pflug+EGge - ja	Wintergerste	49,37
1	11		?	?	?	Trockenblume	16,56	0 + Mineraldüngung	Haindeln + Nein	Trockenblume	30,1
2	1	Brache	29,15	0	0	Brache	34,17	0	0	Brache	48,72
2	2	Wintergerste	43,27	0+Gülle, Mineraldüngung	Herbst Grubber, Pflug+Kreiselegge+ja	Winterraps	25,58	0	0	Brache	41,24
2	3	Weizen	41,43	0 +Mineraldüngung	Herbst Grubber, Pflug+Kreiselegge+ja	Wintergerste	41,31	0+ Mineraldüngung	Herbst Grubber, Pflug+Kreiselegge+ja	Zuckerrübe	27,65
2	4	Weizen	42,27	0 +Mineraldüngung	Herbst Grubber, Pflug+Kreiselegge+ja	Wintergerste	33,75	0+Gülle, Mineraldüngung	Herbst Grubber, Pflug+Kreiselegge+ja	Raps	49,53
2	5	Erbse	31,19	0+Gülle, Mineraldüngung	Herbst Grubber, Pflug+Kreiselegge+ja	Mais	19,14	0+ Mineraldüngung	Herbst Grubber, Pflug+Kreiselegge+ja	Winterweizen	47,39
2	6	Weizen	34,08	0+Gülle, Mineraldüngung	Herbst Grubber, Pflug+Kreiselegge+ja	Mais	15,85	0+ Mineraldüngung	Herbst Grubber, Pflug+Kreiselegge+ja	Winterweizen	48,17
2	7	GrünBrache	67,1	0+Gülle, Mineraldüngung	Herbst Grubber, Pflug+Kreiselegge+ja	Mais	20,76	0+ Mineraldüngung	Herbst Grubber, Pflug+Kreiselegge+ja	Winterweizen	50,87
2	8	Raps	42,91	0+0	0+nein	Brache	30,45	0+0	0+nein	Brache	47,21
2	9	Raps	35,72	0 +Mineraldüngung	Herbst Grubber, Pflug+Kreiselegge+ja	Winterweizen	28,63	0+Gülle, Mineraldüngung	Herbst Grubber, Pflug+Kreiselegge+ja	Körnermais	28,28
2	10	Zuckerrübe	27,44	0 +Mineraldüngung	Herbst Grubber, Pflug+Kreiselegge+ja	Erbse	44,32	0+Gülle, Mineraldüngung	Herbst Grubber, Pflug+Kreiselegge+ja	Körnermais	41,4
3	1	Grünbrache	65,45	0+0	0+nein	Grünbrache	58,69	0+0	0+nein	Grünbrache	77,15
3	2	Futterrübe	23,49	0 +Mineraldüngung	Herbst Grubber, Pflug+Kreiselegge+ja	Winterweizen	40,13	Senf+ Mineraldüngung	Herbst Grubber, Pflug+Kreiselegge+ja	Kartoffel	26,53
3	3	ital. Raygras	52,57	0+0	Herbst Grubber, Pflug+Kreiselegge+ja	Winterweizen	46,55	Senf+ Mineraldüngung	Herbst Grubber, Pflug+Kreiselegge+ja	Mais	43,4
3	4	Winterraps	27,6	0 +Mineraldüngung	Herbst Grubber, Pflug+Kreiselegge+ja	Winterweizen	39,83	0+ Mineraldüngung	Herbst Grubber, Pflug+Kreiselegge+ja	Sommergerste	45,77
3	5	Winterweizen	31,08	0 +Mineraldüngung	0+0	Wiesenfuchschwanz	42,46	0+ Mineraldüngung	0+0	Wiesenfuchschwanz	56,07
3	6	Winterweizen	49,7	0 +Mineraldüngung	Herbst Grubber, Pflug+Kreiselegge+ja	Glatthafer	49,66	0+ Mineraldüngung	Herbst Grubber, Pflug+Kreiselegge+ja	Glatthafer	70,48
3	7	Wintergerste	34,94	0 +Mineraldüngung	Herbst Grubber, Pflug+Kreiselegge+ja	Rübe	24,26	0+ Mineraldüngung	Herbst Grubber, Pflug+Kreiselegge+ja	Winterweizen	44,2
3	8	Grünbrache	44,94	0+0	0+0	Grünbrache	48,75	0+0	0+0	Grünbrache	66,11
3	9	Futtergräser	45,04	0 +Mineraldüngung	0+0	Futtergräser	52,28	0+ Mineraldüngung	0+0	Futtergräser	63,46
3	10	Grünbrache	49,93	0+0	0+0	Grünbrache	51,83	0+0	0+0	Grünbrache	62,61
3	11	Winterweizen	26,16	0 +Mineraldüngung	Herbst Grubber, Pflug+Kreiselegge+ja	Mais	16,4	0+ Mineraldüngung	Herbst Grubber, Pflug+Kreiselegge+ja	Winterweizen	36,71
3	12	Wintergerste	45,45	0 +Mineraldüngung	Herbst Grubber, Pflug+Kreiselegge+ja	Rübe	29,65	0+ Mineraldüngung	Herbst Grubber, Pflug+Kreiselegge+ja	Winterweizen	46,22
3	13	Winterweizen	49,7	0 +Mineraldüngung	Herbst Grubber, Pflug+Kreiselegge+ja	Rübe	24,9	0+ Mineraldüngung	Herbst Grubber, Pflug+Kreiselegge+ja	Winterweizen	47,95
3	14	Winterweizen	49,7	0 +Mineraldüngung	Herbst Grubber, Pflug+Kreiselegge+ja	Mais	24,52	0+ Mineraldüngung	Herbst Grubber, Pflug+Kreiselegge+ja	Winterweizen	51,15
3	15	Winterweizen	49,7	0 +Mineraldüngung	Herbst Grubber, Pflug+Kreiselegge+ja	Starrer Felsenschwingel	47,49	0+ Mineraldüngung	Herbst Grubber, Pflug+Kreiselegge+ja	Starrer Felsenschwingel	58,27
4	1	Wiese	63,76	0+0	0+0	Wiese	68,77	0+0	0+0	Wiese	79,28
4	2	Brache	30,8	0+0	0+0	Brache	35,42	0+0	0+0	Grünbrache	46,2

Fortsetzung Tabelle 7

Betr. Nr.	Feld Nr.	Frucht 1999	SAS (%)	Zwischenfrucht+ Düngung	Bodenbearbeitung	Frucht 2000	SAS (%)	Zwischenfrucht+ Düngung	Bodenbearbeitung	Frucht 2001	SAS (%)
4	3	Zuckerrübe	27,15	0 +Mineraldüngung	Herbst Grubber, Pflug+Kreiselegge+ja	Winterweizen	43,37	0+ Mineraldüngung	Herbst Grubber, Pflug+Kreiselegge+ja	Wintergerste	48,39
4	4	Körnermais	34,06	0 +Mineraldüngung	Herbst Grubber, Pflug+Kreiselegge+ja	Winterweizen	42,82	0+ Mineraldüngung	Herbst Grubber, Pflug+Kreiselegge+ja	Wintergerste	53,52
4	5	Sommerweiz.	27,89	0+Gülle, Mineraldüngung	Herbst Grubber, Pflug+Kreiselegge+ja	Körnermais	16,98	0+ Mineraldüngung	Herbst Grubber, Pflug+Kreiselegge+ja	Winterweizen	34,55
4	6	Sommerweiz.	33,41	0+Gülle, Mineraldüngung	Herbst Grubber, Pflug+Kreiselegge+ja	Körnermais	16,02	0+ Mineraldüngung	Herbst Grubber, Pflug+Kreiselegge+ja	Winterweizen	36,2
4	7	Körnermais	19,31	0 +Mineraldüngung	Herbst Grubber, Pflug+Kreiselegge+ja	Winterweizen	31,65	0+ Mineraldüngung	Herbst Grubber, Pflug+Kreiselegge+ja	Wintergerste	45,67
4	8	Grünbrache	33,37	0+0	0+0	Grünbrache	30,68	0+0	0+0	Grünbrache	52,48
5	1	Wiese	71,6	0+0	0+0	Wiese	67,02	0+0	0+0	Wiese	78,95
5	2	Weizen	48,95	?+?	Herbst Grubber, Pflug+Kreiselegge+ja	Körnermais	19	0+Gülle, Mineraldüngung	Herbst Grubber, Pflug+Kreiselegge+ja	Winterweizen	48,71
5	3	Körnermais	22,11	?+?	Herbst Grubber, Pflug+Kreiselegge+ja	Zuckerrübe	24,83	0+Gülle, Mineraldüngung	Herbst Grubber, Pflug+Kreiselegge+ja	Mais	28,86
5	4	Weizen	44,93	?+?	Herbst Grubber, Pflug+Kreiselegge+ja	Körnermais	17,98	0+Gülle, Mineraldüngung	Herbst Grubber, Pflug+Kreiselegge+ja	Weizen	46,76
5	5	Körnererbse	20,93	?+?	Herbst Grubber, Pflug+Kreiselegge+ja	Körnermais	14,59	0+Gülle, Mineraldüngung	Herbst Grubber, Pflug+Kreiselegge+ja	Winterweizen	38,47
6	1	Körnermais	30,54	0+0	?	Triticale	42,21	0+0	?	Mais	27,34
6	2	Körnermais	31,72	0+0	?	Triticale	27,48	0+0	?	Mais	18,68
7	1	Winterweizen	15,38	0 +Mineraldüngung	2 mal Grubbern, Pflug+EGge + ja	Raps	25,88	0+ Mineraldüngung	2 mal Grubbern, Pflug+EGge + ja	Winterweizen	19,86
7	2	Wintergerste	22,05	0 +Mineraldüngung	2 mal Grubbern, Pflug+EGge + ja	Sonnenblume	20,6	Senf+ Mineraldüngung	3malGrubbern, Anbau +ja	Winterweizen	20,53
7	3	Winterweizen	8,43	0 +Mineraldüngung	2 mal Grubbern, Pflug+EGge + ja	Raps	14,72	0+ Mineraldüngung	2 mal Grubbern, Pflug+EGge + ja	Winterweizen	10,01
7	4	Grünbrache	17,02	0+0	2 mal Grubbern, Pflug+EGge + ja	Brache (umgebaut)	22,22	0+ Mineraldüngung	Pflug, Anbau	Winterweizen	22,62
8	1	Dauerwiese	62,44	0 +Mineraldüngung	0+0	Dauerwiese	76,4	0+0	0+0	Dauerwiese	71,15
8	2	Sonnenblume	12,98	0 +Mineraldüngung	Tiefenlockerer+ Rototiller, Kreiselegge +Sämaschine + ja	Winterweizen	22,58	0+ Mineraldüngung	Tiefenlockerer+ Rototiller, Kreiselegge +Sämaschine + ja	Senf	21,21
8	3	Winterweizen	13,47	0 +Mineraldüngung	Tiefenlockerer+ Rototiller, Kreiselegge +Sämaschine + ja	Sonnenblume	15,49	0+ Mineraldüngung	Tiefenlockerer+ Rototiller, Kreiselegge +Sämaschine + ja	Winterweizen	20,16
8	4	?	16,67	0 +Mineraldüngung	Tiefenlockerer+ Rototiller, Kreiselegge +Sämaschine + ja	Winterweizen	21,12	0+ Mineraldüngung	Tiefenlockerer+ Rototiller, Kreiselegge +Sämaschine + ja	Senf	17,16
9	1	Brache	51,51	0+0	0+0	Brache	48,83	0+0	0+0	Brache	58,76
9	2	Winterweizen	9,98	0 +Mineraldüngung	Pflug+Saatbeetkombination + ja	Mais	9,35	0+ Mineraldüngung	Pflug+Saatbeetkombination + ja	Winterweizen	21,35
9	3	Zuckerrübe	8,18	0 +Mineraldüngung	Pflug+Saatbeetkombination + ja	Sommergerste	16,64	0+ Mineraldüngung	Pflug+Saatbeetkombination + ja	Winterweizen	13,89
9	4	Sommergerst.	10,11	0 +Mineraldüngung	Pflug+Saatbeetkombination + ja	Wintergerste	12,53	0+ Mineraldüngung	Pflug+Saatbeetkombination + ja	Zuckerrübe	14,04
9	5	Winterweizen	14,7	0 +Mineraldüngung	Pflug+Saatbeetkombination + ja	Mais	15,19	0+ Mineraldüngung	Pflug+Saatbeetkombination + ja	Winterweizen	20,1
9	6	Winterweizen	9,92	0 +Mineraldüngung	Pflug+Saatbeetkombination + ja	Mais	14,61	0+ Mineraldüngung	Pflug+Saatbeetkombination + ja	Winterweizen	18,1
10	1	Dauerwiese	78,76	0+0	0+0	Dauerwiese	79,52	0+0	0+0	Dauerwiese	77,11
10	2	Kleegrass	46,44	0+0	0+0	Dinkel	54,4	0+ Mineraldüngung	?+ja	Hanf	53,13
11	1	Sommergerst.	41,7	0+Biokompost	Grubber+Pflug +Kreiselegge +ja	Triticale	41,07	0+Mineraldüng. +Biokompost	Grubber+Pflug +Kreiselegge +ja	Raps	43,82
11	2	Raps	26,4	0+Biokompost	Grubber+Pflug +Kreiselegge +ja	Wintergerste	37,68	0+Biokompost	Grubber+Pflug +Kreiselegge +ja	Mais	25,95
11	3	Dauerwiese	73	0+0+0	0+0	Dauerwiese	66,05	0+0+0	0+0	Dauerwiese	69,54
12	1	Dauerwiese	82,48	0+Gülle, Mineraldüngung	0+0	Dauerwiese	80,46	0+Gülle, Mineraldüngung	0+0	Dauerwiese	86,09
12	2	Silomais	34,73	0+Gülle, Mineraldüngung	Grubber+Pflug+ja	Wintergerste	39,11	0+Gülle, Mineraldüngung	Grubber+Pflug+ja	Klee	32,43
12	3	Silomais	?	0+Gülle, Mineraldüngung	Grubber+Pflug+ja	Wintergerste	39,11	0+Gülle, Mineraldüngung	Grubber+Pflug+ja	Triticale	48,57

Fortsetzung Tabelle 7

Betr. Nr.	Feld Nr.	Frucht 1999	SAS (%)	Zwischenfrucht+ Düngung	Bodenbearbeitung	Frucht 2000	SAS (%)	Zwischenfrucht+ Düngung	Bodenbearbeitung	Frucht 2001	SAS (%)
13	1	Winterweizen	18,89	0+0 +Mineraldüngung	Grubbern oder Direktsaat+ja	Winterweizen	25,21	Winterbegrünung+ 0+Mineral	Grubber + ja	Kartoffel	17,09
13	2	Winterweizen	11,95	0+0+0	Grubber + ja	Winterraps	20,83	0+0+Mineraldüngu ng	Grubber + ja (gegrubbert)	Winterweizen	13,82
13	3	Kartoffel	11,86	0+0+0	Grubber + ja	Raps	24,32	0+0+Mineraldüngu ng	Grubber + ja (gegrubbert)	Winterweizen	11,34
13	4	Kartoffel	14,25	0+0+0	Grubber + ja	Raps	28,34	0+0+Mineraldüngu ng	Grubber + ja (gegrubbert)	Winterweizen	18,05
14	1	Brache	37,18	0+0+0	0+0	Brache	41,44	0+0+0	0+0	Luzerne	33,35
14	2	Sonnenblume	44,91	Winterbegrünung +Gülle, Mineraldüngung	2 mal Grubbern, immer Direktsaat+ja	Winterweizen	48,04	Winterbegrünung+ Gülle, Mineraldüngung	2 mal Grubbern, immer Direktsaat+ja	Silomais	31,58
14	3	Silomais	30,39	Winterbegrünung +Gülle, Mineraldüng.	2 mal Grubbern, immer Direktsaat+ja	Silomais	47,33	Winterbegrünung+ Gülle, Mineraldüngung	2 mal Grubbern, immer Direktsaat+ja	Silomais	27
15	1	Silomais	34,53	0+Gülle +Mineraldüngung	Grubber+Pflug+Federzi nkenkombination+ja	Silomais	35,68	Senf+Gülle+Minera ldüngung	Grubber+Pflug+ja (gegrubbert)	Winterweizen	53,13
15	2	Wechselwiese	51,24	0+Gülle+0	0+0	Wechselwiese	46,71	0+Gülle+0	0+0	Wechselwiese	53,65
15	3	Kleegrass	46,5	0+Gülle+0	Pflug+Grubber+Federzi nkenkombination+ja	Kleegrass	42,79	0+Gülle+Mineraldü ngung	Pflug+Grubber+ja	Mais	43,99
16	1	Wechselwiese	69,53	0+0+0	0+0	Wechselwiese	66,14	Mineraldüngung	Pflug+Kreiselegge+ja	Körnermais	53,63
16	2	Winterweizen	34,62	0 +Mineraldüngung	Pflug+Kreiselegge+ja	Zuckerrübe	25,76	0+Gülle, Mineraldüngung	Pflug+Kreiselegge+ja (gegrubbert)	Wintergerste	35,89
16	3	Kleegrass	24,46	0+Gülle, Mineraldüngung	Pflug+Kreiselegge+ja	Wintergerste	30,8	0+Kompost+0	Pflug+Kreiselegge+ja	Soja	27,55
17	1	Wintergerste	22,12	0+0+0	Pflug+EGge+ja	Raps	35,44	0+0+ Mineraldüngung	Pflug+EGge+ja (gegrubbert)	Winterweizen	41,24
17	2	Grünbrache	37,44	0+0+0	0+0	Grünbrache	26,2	0+0+ Mineraldüngung	Pflug+EGge+ja	Winterraps	40,96
17	3	Grünbrache	35,92	0+0+0	0+0	Grünbrache	30,51	0+0+ Mineraldüngung	Pflug+EGge+ja	Winterraps	44,26
18	1	Wintertriticale	44,4	0+Stallmist +Mineral	Grubber + Scheibenege +ja	Sommerweiz.	51,8	0+Stallmist +Mineral	Grubber+ Scheibenege +ja	Wintertriticale	42,49
18	2	Dauerwiese	78,56	0+Gülle+0	0+0	Dauerwiese	77,52	0+0+0	0+0	Dauerwiese	76,9
19	1	Kleegrass	34,64	0+Gülle+0	0+0	Kleegrass	33,39	0+Gülle+0	0+0	Kleegrass	47,02
19	2	Dauerwiese	76,02	0+Gülle+0	0+0	Dauerwiese	64,87	0+Gülle+0	0+0	Dauerwiese	75,09
20	1	Silomais	36,1	0+0 +Mineraldüngung	Herbst Grubbern, Anbau Pflug+EGge	Winterweizen	38,71	0+0+0	Herbst Grubbern, Anbau Pflug+EGge +ja (gegrubbert)	Erbse	38,4
20	2	Kleegrass	55,49	0+Gülle+0	Pflug (Umbruch im Herbst) +ja	Kleegrass	49,07	0+Organisch +Mineral	Herbst Grubber, Pflug+EGge +ja	Silomais	41,01
20	3	Dauerwiese	88,6	0+Organisch +Mineral	0+0	Dauerwiese	86,52	0+Organisch +Mineral	0+0	Dauerwiese	86,43
20	4	Silomais	50,36	0+0 +Mineraldüngung	Pflug+EGge+ja	Winterweizen	52,83	0+0+0	0+0	Rotklee	55,91
21	1	Dauerwiese	77,25	0+Organisch +Mineral	0+0	Dauerwiese	74,95	0+Organisch +Mineral	0+0	Dauerwiese	76,89
21	2	Dauerwiese	77,88	0+Organisch +Mineral	0+0	Dauerwiese	70,07	0+Organisch +Mineral	0+0	Dauerwiese	79,97
22	1	Kleegrass	65,32	0+Organisch	Pflug+Kreiselegge +ja	Sommerweiz.	79,64	0+Organisch	Pflug+Kreiselegge +ja	Winterroggen	81,94
22	2	Sommerweiz.	67,18	0+Organisch	Pflug+Kreiselegge +ja	Sommergerste	71,4	0+Organisch	Pflug+Kreiselegge +ja	Winterroggen	81
22	3	Winterroggen	75,56	0+Organisch+0	Pflug+Kreiselegge +ja	Winterroggen	78,1	0+Organisch+0	Pflug+Kreiselegge +ja	Hafer	83,6
22	4	Hafer	69,96	0+Organisch+0	0+0	Kleegrass	?	0+Organisch+0	0+0	Kleegrass	78,89
22	5	Kleegrass	66,96	0+Organisch+0	0+0	Kleegrass	60,68	0+Organisch+0	0+0	Kleegrass	
22	6	Sommergerst.	83,96	0+0 +Mineraldüngung	0+0	Kleegrass	70,69	0+Organisch+0	0+0	Kleegrass	83,5
23	1	Zuckerrübe	22,41	0+0 +Mineraldüngung	Grubber Pflug Kreiselegge+ ja	Sommerweiz.	55,17	Senf+0 +Mineraldüngung	Grubber Pflug Kreiselegge+ ja	Sommergerste	43,51
23	2	Sommerweiz.	59,46	0+Organisch +Mineral	Grubber Pflug Kreiselegge+ ja	Zuckerrübe	56,42	0+0 +Mineraldüngung	Grubber Pflug Kreiselegge+ ja	Sommerweiz.	58,45
23	3	Silomais	67,15	0+0 +Mineraldüngung	Grubber Pflug Kreiselegge+ ja	Sommerweiz.	81,23	0+Organisch +Mineral	Grubber Pflug Kreiselegge+ ja	ZR/Silomais	75,72
23	4	Sommergerst.	25,31	0+Organisch +Mineral	Grubber Pflug Kreiselegge+ ja	Silomais	27,37	0+Organisch +Mineral	Grubber Pflug Kreiselegge+ ja	Silomais	27,95
23	5	Weizen	45,72	0+0 +Mineraldüngung	Grubber Pflug Kreiselegge+ ja	Sommergerste	70,15	0+0 +Mineraldüngung	Grubber Pflug Kreiselegge+ ja	Sommergerste	61,65

Fortsetzung Tabelle 7

Betr. Nr.	Feld Nr.	Frucht 1999	SAS (%)	Zwischenfrucht+ Düngung	Bodenbearbeitung	Frucht 2000	SAS (%)	Zwischenfrucht+ Düngung	Bodenbearbeitung	Frucht 2001	SAS (%)
23	6	?	52,53	0+Organisch +Mineral	Grubber Pflug + Kreiselegge +ja	Silomais	47,65	0+0+Mineral	Grubber Pflug + Kreiselegge +ja	Sommerweiz.	59,79
23	7	?	84,22	0+Organisch +Mineral	Grubber Pflug + Kreiselegge +ja	Silomais	78,83	0+0+Mineral	Grubber Pflug + Kreiselegge +ja	Silomais	86,07
23	8	Dauerwiese	73,76	0+ Organisch	0+0	Dauerwiese	87,2	0+ Organisch	0+0	Dauerwiese	82,19
23	9	Brache	69,31	0+0	0+0	Sommerweiz.	73,96	0+0	0+0	?	57,52
23	10	Zuckerrübe	20,08	0+0+Mineral	Grubber Pflug + Kreiselegge +ja	Sommerweiz.	42,33	0+0+Mineral	Grubber Pflug + Kreiselegge +ja	Sommergerste	43,61
23	11	Dauerwiese	75,35	0+ Organisch	0+0	Dauerwiese	89,22	0+ Organisch	0+0	Dauerwiese	80,96
24	1	Dauerweide	79,57	0+0	0+0	Dauerweide	93,72	0+0	0+0	Dauerweide	85,48
24	2	Körnermais	28,4	0+Organisch +Mineral	Stoppelsturz 3x Grubbern + ja	Körnermais	28,93	0+Organisch +Mineral	Stoppelsturz 3x Grubbern + ja	Winterweizen	29,07
24	3	Silomais	29,17	0+Organisch +Mineral	Stoppelsturz 3x Grubbern + ja	Körnermais	16	0+Organisch +Mineral	Stoppelsturz + ja	Winterweizen	33,1
25	1	Dauerwiese	74,1	0+Organisch +Mineral	0+0	Dauerwiese	60,9	0+Organisch +Mineral	0+0	Dauerwiese	76,97
25	2	Kleegrass	45,64	0+Organisch +Mineral	Pflug+ Grubber Kreiselegge+ja	Kleegrass	41,09	0+ Organisch	Pflug+ Grubber Kreiselegge+ja	Silomais	32,63
25	3	Silomais	29,99	Grünroggen + Organ.+Mineral	Pflug+ Grubber Kreiselegge+ja	Silomais	43,44	Grünroggen + Organ.+Mineral	Pflug+ Grubber Kreiselegge+ja	Silomais	37,32
26	1	Dauerwiese	86,69	?	?	Dauerwiese	84,69	?	?	Dauerwiese	88,44
26	2	Feldfutter	28,56	?	?	Feldfutter	33,9	?	?	Feldfutter	40,38
26	3	Silomais	27,06	?	?	Silomais	21,61	?	?	Silomais	29,44
27	1	Sommergerst.	20,19	Untersaat 0+Organisch	Grubber Pflug+ Kreiselegge+ja	Knautgras	32,36	0+0+0	Grubber Pflug+ Kreiselegge+ja	Sommergerste	21,33
27	2	Sommergerst.	16,99	Untersaat 0+Organisch	Grubber Pflug+ Kreiselegge+ja	Sommergerste	23,62	0+0+0	Grubber Pflug+ Kreiselegge+ja	Sommergerste	25,11
27	3	Sommergerst.	11	0+Organisch	Grubber Pflug+ Kreiselegge+ja	Sommergerste	16,19	0+0+Mineral	Grubber Pflug+ Kreiselegge+ja	Sommergerste	17,87
27	4	Körnermais	18,04	0+0+0	Grubber Pflug+ Kreiselegge+ja - ?	Körnermais	16,85	0+0+0	Grubber Pflug+ Kreiselegge+ja - ?	Bastardraygras	25,56
28	1	Gerste	14,2	0+0+0	0+0+0	Brache	16,43	0+0+0	0+0+0	Brache	22,16
29	1	Grassamen	23,62	0+0+0	Grubber Pflug+ Kreiselegge+ja	Rotklee	47,29	0+Mineral	Grubber Pflug+ Kreiselegge+ja	Bastardraygras	39,83
29	2	Raygras	28,95	0+ Organisch	Grubber Pflug+ Kreiselegge+ja	Raygras	48,88	0+ Organisch	0+0+0	Raygras	44,65
29	2a	?	?	0+ Organisch	Grubber Pflug+ Kreiselegge+ja	Rotklee	40,42	0+0+0	Grubber Pflug+ Kreiselegge+ja	Raygras	39,81
29	3	R.Gras	33,6	0+ Organisch	0+0+0	Raygras	41,32	0+ Organisch	0+0+0	Raygras	44,68
29	4	Grünland	39,33	0+0+0	0+0+0	Grünland	42,21	0+0+0	0+0+0	Grünland	48,53
29	5	B.Ray	37,45	0+0+Mineral	0+0+0	Raygras	47,89	0+0+Mineral	0+0+0	Raygras	46,25
29	6	Grünland	59,76	0+0+0	0+0+0	Grünland	64,31	0+0+0	0+0+0	Grünland	68,9
29	7	Hafer	25,2	0+0+0	Grubber Pflug+ Kreiselegge+ja	Rotklee	38,03	0+0+Mineral	Grubber Pflug+ Kreiselegge+ja	Englisches raygras	29,19
29	8	Rotklee	34,47	0+0+Mineral	0+0+0	Knautgras	38,14	0+Organisch +Mineral	0+0	Knautgras	43,27
29	9	B.Ray	29,08	0+Organisch +Mineral	0+0	Raygras	36,86	0+0+Mineral	0+0	Raygras	35,62
30	1	R.Gras	23,7	0+0+0	0+0	Raygras	36,56	0+0+Mineral	0+0	Sommergerste	40,56
30	2	R.Gras	33,39	0+0+0	0+0	Kürbis	18,46	0+Organisch +Mineral	0+0	Raygras	42,4
30	3	R.Gras	24,27	0+0+0	0+0	Raygras	17,38	0+Organisch +Mineral	0+0	Mais	17,47
30	4	Kürbis	28,86	0+0+0	0+0	Körnermais	32,22	0+0+0	0+0	Kürbis	21,64
30	5	Körnermais	16,09	0+0+0	0+0	Sommergerste	23,65	0+0+0	0+0	Rotklee	20,44
30	6	Dauerwiese	69,27	0+0+0	0+0	Dauerwiese	55,34	0+0+Mineral	0+0	Sommergerste	40,56
31	1	B.Ray	23,25	0+0+0	0+0	Raygras	37,34	0+Organisch +Mineral	0+0	Silomais	18,62
31	2	Silomais	22,45	0+0+0	?	Silomais	21,87	0+0+Mineral	?	Silomais	22,36
31	3	Silomais	19,22	0+0+0	?	Raygras	31,7	0+0+Mineral	?	Silomais	20,09
31	4	Silomais	24,74	0+0+0	?	Silomais	23,89	0+Organisch +Mineral	?	Raygras	37,66
31	5	Wiese	69,45	0+0+0	0+0+0	Wiese	63,65	0+0+0	0+0+0	Wiese	62,77
32	1	Körnermais	15,6	? - Organisch	?	Körnermais	13,3	?	?	Körnermais	15,39

Fortsetzung Tabelle 7

Betr. Nr.	Feld Nr.	Frucht 1999	SAS (%)	Zwischenfrucht+ Düngung	Bodenbearbeitung	Frucht 2000	SAS (%)	Zwischenfrucht+ Düngung	Bodenbearbeitung	Frucht 2001	SAS (%)
32	2	Körnermais	19,2	? - Organisch	?	Körnermais	14,67	?	?	Körnermais	18,36
32	3	Körnermais	15,22	? - Organisch	?	Körnermais	13,22	?	?	Körnermais	16,19
32	4	Körnermais	20,38	? - Organisch	?	Körnermais	14,14	?	?	Körnermais	15,05
33	1	Triticale	32,31	0+Organisch +Mineral	Tiefenlockerer Pflug Saatbeetkombination	Winterrraps	27,08	Ausfallrraps+Organisch+Mineral	Kreiselegge +Direktsaat +ja	Silomais	33,21
33	2	Raps	34,98	Ausfallrraps+Organisch+Mineral	Pflug+ Kreiselegge+ja	Silomais	23,91	0+Organisch +Mineral	Pflug+ Kreiselegge+ja	Silomais	24,76
33	3	Dauerwiese	79,26	0+0+0	0+0+0	Dauerwiese	77,44	0+0+0	0+0+0	Dauerwiese	79,61
34	1	Körnermais	31,51	0+Organisch	Pflug+ Egge+ja	Winterweizen	51,01	0+Mineral	Grubbern+ja	Winterrraps	37,78
34	2	Grünbrache	51,02	0+Organisch	Pflug+ Egge+ja	Winterweizen	53,18	0+Mineral	Grubbern+ja	Winterrraps	45,82
34	3	Körnermais	27,12	0+0+0	?	Winterweizen	28,77	0+0+0	Grubber Pflug+ Egge+ja	Triticale	32,89
34	4	?	?	0+0+0	Pflug+ Egge+ja	Körnermais	19,96	0+Organisch +Mineral	Pflug+ Egge+ja	Winterweizen	26,09
34	5	?	?	0+Mineral	Pflug+ Egge+ja	Körnermais	17,27	0+Mineral	Pflug+ Egge+ja	Körnermais	18,32

Tabelle 8: Datenanalyse für den Wilcoxon-Test für Paardifferenzen für die Jahre 1999-2000 und 2000-2001

1. Jahr	Fruchtfolge 1.-2. Anbaujahr	n	Ausreiß.	N	Mittelwert SAS1 %	Std. Abw. SAS1	Median SAS1	Mittelwert SAS2 %	Std. Abw. SAS2	Median SAS2	Mittelwert SAS2-SAS1	Std. Abw. SAS2-SAS1
1999	Hackfrucht-Hackfrucht	16	4	12	21,68	4,17	22,28	19,40	5,09	19,72	-2,28	2,66
2000	Hackfrucht-Hackfrucht	11	3	8	17,90	4,90	15,97	19,91	4,96	18,34	2,01	1,39
1999	Hackfrucht - Getreide	16	2	14	25,42	8,64	27,13	34,63	9,70	37,68	9,20	6,53
2000	Hackfrucht - Getreide	26	0	26	20,03	5,69	19,08	38,28	11,58	38,43	18,25	10,25
1999	Getreide - Getreide	9	0	9	29,04	14,50	34,57	30,25	12,97	26,81	1,21	6,04
2000	Getreide - Getreide	12	1	11	33,68	11,43	36,64	38,67	13,95	45,67	4,99	7,17
1999	Getreide - Hackfrucht	17	0	17	31,31	13,79	33,41	19,19	5,15	17,98	-12,12	10,77
2000	Getreide - Hackfrucht	12	1	11	33,79	10,44	37,68	23,89	5,37	25,95	-9,90	6,75
1999	Gras - Gras	8	1	7	31,58	7,79	29,08	43,02	6,57	41,32	11,44	4,60
2000	Gras - Gras	9	0	9	44,99	5,45	47,49	51,42	11,24	46,25	6,42	8,28
1999	Wiese - Wiese	21	4	17	75,06	7,52	76,02	71,07	8,82	68,77	-3,99	5,40
2000	Wiese - Wiese	21	4	17	73,93	9,27	74,95	77,62	6,87	77,11	3,69	6,48
1999	Grünbrache – Grünbrache	13	1	12	41,24	14,08	37,31	40,32	12,10	38,43	-0,92	5,77
2000	Grünbrache – Grünbrache	11	1	10	45,26	11,44	48,79	58,06	9,67	59,59	12,80	6,14

Tabelle 9: Wilcoxon-Test für Paardifferenzen für die Jahre 1999-2000 und 2000-2001

1. Jahr	Fruchtfolge 1.-2. Anbaujahr	N	Negative Ränge (SAS2 < SAS1)			Positive Ränge (SAS2 > SAS1)			Bindungen SAS1=SAS2	Z	Asympt. Signifikanz	α=5 %
			N	Mittlerer Rang	Rangsumme	N	Mittlerer Rang	Rangsumme				
1999	Hackfrucht-Hackfrucht	12	10	6,90	69,00	2	4,50	9,00	0	-2,353 ^b	0,019	H ₁
2000	Hackfrucht-Hackfrucht	8	0	0,00	0,00	8	4,50	36,00	0	-2,521 ^a	0,012	H ₁
1999	Hackfrucht-Getreide	14	1	3,00	3,00	13	7,85	102,00	0	-3,107 ^a	0,002	H ₁
2000	Hackfrucht-Getreide	26	1	1,00	1,00	25	14,00	350,00	0	-4,432 ^a	0,000	H ₁
1999	Getreide - Getreide	9	4	5,00	20,00	5	5,00	25,00	0	-0,296 ^a	0,767	H ₀
2000	Getreide - Getreide	11	2	5,00	10,00	9	6,22	56,00	0	-2,045 ^a	0,041	H ₁
1999	Getreide-Hackfrucht	17	14	10,21	143,00	3	3,33	10,00	0	-3,148 ^b	0,002	H ₁
2000	Getreide-Hackfrucht	11	10	6,40	64,00	1	2,00	2,00	0	-2,756 ^b	0,006	H ₁
1999	Gras - Gras	7	0	0,00	0,00	7	4,00	28,00	0	-2,366 ^a	0,018	H ₁
2000	Gras - Gras	9	3	2,33	7,00	6	6,33	38,00	0	-1,836 ^a	0,066	H ₀
1999	Wiese - Wiese	17	14	9,43	132,00	3	7,00	21,00	0	-2,627 ^b	0,009	H ₁
2000	Wiese - Wiese	17	6	5,67	34,00	11	10,82	119,00	0	2,012 ^a	0,044	H ₁
1999	Grünbrache – Grünbrache	12	6	7,83	47,00	6	5,17	31,00	0	-0,628 ^b	0,530	H ₀
2000	Grünbrache – Grünbrache	10	0	0,00	0,00	10	5,50	55,00	0	-2,803 ^a	0,005	H ₁

^a) - Basiert auf negativen Rängen; ^b) - Basiert auf positiven Rängen. H₀ = Mediane gleich; H₁ = Mediane verschieden; Asymptotische Signifikanz (2-seitig) mit α = 5%

3.2.4 GETREIDE-HACKFRUCHT VERGLEICH

17 Paare in den Jahren 1999-2000 und 12 im Zeitraum 2000-2001 konnten gebildet werden (*Tabelle 8*). Bei der explorativen Datenanalyse wurde ein Wert als Extremwert bezeichnet, bei dem es sich um den Anbau mit Zwischenfrucht (Senf) handelt, und somit wurde er als Ausreißer angenommen. Eine asymptotische Signifikanz von 0,002 und 0,006 ist kleiner als der Wert 0,05 und somit wird die H_1 auf dem Signifikanzniveau $\alpha=5\%$ angenommen, d.h. signifikante Unterschiede in der SAS zwischen Hackfrüchten und Getreide. Das bestätigt auch die Z-Werte (-3,148 und -2,756). Die SAS ist beim Getreide in den Jahren 1999 und 2000: $\bar{x}=31,31\%$ und $\bar{x}=33,79\%$, $s=13,79$ und $s=10,44$, $N=17$; bei den Hackfrüchten in den Jahren 2000 und 2001: $\bar{x}=19,19\%$ und $\bar{x}=23,89\%$, $s=5,15$ und $s=5,37$, $N=11$ (*Tabelle 8*).

3.2.5 VERMEHRUNGSGRÄSER-VERMEHRUNGS-GRÄSER VERGLEICH

Von den untersuchten Schlägen wurden in den Jahren 1999-2000 insgesamt 8 und in der Zeit 2000-2001 9 Paare von Vermehrungsgräsern gebildet (*Tabelle 8*). Bei der explorativen Datenanalyse wurde ein Wert als Extremwert bezeichnet. Eine asymptotische Signifikanz von 0,018 ist kleiner als der Wert 0,05 und somit wird die H_1 auf dem Signifikanzniveau $\alpha=5\%$ angenommen, d.h. signifikanten Unterschiede in der SAS zwischen dem ersten und dem zweiten Anbaujahr (1999-2000) bei den Vermehrungsgräsern. Das bestätigt auch der Z-Wert -2,366. Zwischen den Jahren 2000-2001 gibt es keine signifikanten Unterschiede auf dem Signifikanzniveau $\alpha=5\%$, weil die asymptotische Signifikanz 0,066 mit dem Z-Wert -1,836 größer als 0,05 ist. Die SAS ist bei den Gräsern in den Anbaujahren 1999 und 2000: $\bar{x}=31,58\%$ und $\bar{x}=43,02\%$, $s=7,79$ und $s=6,57$, $N=7$; und in den Jahren 2000 und 2001: $\bar{x}=44,99\%$ und $\bar{x}=51,42\%$, $s=5,45$ und $s=11,24$, $N=9$ (*Tabelle 8*).

3.2.6 WIESE-WIESE VERGLEICH

Zwischen den untersuchten Flächen wurden 21 Paare von Wiesen in den Jahren 1999-2000 so wie auch 2000-2001 gebildet (*Tabelle 8*). Bei der explorativen Datenanalyse wurden 4 Werte als Extremwerte bezeichnet, die für die Aggregatstabilität im Dauergrünland ungewöhnlich niedrig sind, was darauf zurückzuführen ist, dass es sich um Wechselwiesen handelt. Eine asymptotische Signifikanz von 0,009 und 0,044 ist kleiner als der Wert 0,05 und somit wird die H_1 bei dem Signifikanzniveau $\alpha=5\%$ angenommen, d.h. signifikante Unterschiede in der SAS zwischen dem ersten und dem zweiten Beobachtungsjahr bei den Wiesen. Das bestäti-

gen auch die Z-Werte (-2,627 und -2,012) (*Tabelle 9*). Die SAS ist bei den Wiesen in der Periode 1999-2000: $\bar{x}=75,06\%$ und $\bar{x}=71,07\%$, $s=7,52$ und $s=8,82$, $N=17$; und in der Periode 2000-2001: $\bar{x}=73,93\%$ und $\bar{x}=77,62\%$, $s=9,27$ und $s=6,87$, $N=17$ (*Tabelle 8*).

3.2.7 GRÜNBRACHE-GRÜNBRACHE VERGLEICH

Von den untersuchten Schlägen wurden in den Jahren 1999-2000 13 und im Zeitraum 2000-2001 11 Paare von Grünbrache gebildet (*Tabelle 8*). Bei der explorativen Datenanalyse wurden zwei Werte als Extremwerte bezeichnet, was bei der Grünbrache daran liegen kann, dass die Felder seit unterschiedlich langer Zeit nicht mehr bewirtschaftet wurden. Eine asymptotische Signifikanz von 0,530 ist größer als der Wert 0,05 und somit wird die H_0 (Mediane gleich) beim Signifikanzniveau $\alpha=5\%$ angenommen. Dagegen ist aber die asymptotische Signifikanz in der zweiten Periode 0,005, was heißt, dass die Mediane signifikant verschieden sind. Das bestätigt auch der Z-Wert (-2,803). Die SAS ist bei der Grünbrache in der Periode 1999-2000: $\bar{x}=41,24\%$ und $\bar{x}=40,32\%$, $s=14,08$ und $s=12,10$, $N=12$; und in der Periode 2000-2001: $\bar{x}=45,26\%$ und $\bar{x}=58,06\%$, $s=11,44$ und $s=9,67$, $N=10$ (*Tabelle 8*).

3.3 Mittelwertvergleich der SAS der einzelnen Kulturen

Alle Früchte wurden in die charakteristischen Gruppen: Hackfrüchte, Getreide, Klee gras, Gräser, Wiese, Grünbrache, Raps und Sonderkulturen eingeteilt, die dann einzeln innerhalb der Gruppen untersucht wurden und bei denen anschließend der Mittelwertvergleich durchgeführt wurde, um die Unterschiede zwischen den einzelnen Fruchtgruppen in Hinsicht auf die SAS festzustellen. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen wurden mittels Scheffé-Prozedur für Mehrfache Mittelwertvergleiche ausgewertet. Dieser Test wurde ausgewählt, weil er strenger als die anderen Tests ist.

Die Ergebnisse sind in den *Tabellen 10* und *11* zusammengefasst. In der *Tabelle 10* sind die Mehrfachvergleiche der Aggregatstabilität zwischen unterschiedlichen Kulturen dargestellt. Die Signifikanz zeigt an, ob sich die SAS zwischen den bestimmten Gruppen auf der Stufe $\alpha=5\%$ signifikant unterscheidet oder nicht.

In der *Tabelle 11* - Homogene Untergruppen sind die einzelnen Fruchtgruppen in die verwandten Gruppen nach ihrer SAS aufgeteilt, die sich durch ähnlichen Einfluss auf die SAS auswirken. Bei der Untergruppe 1, wo sich nur die Hackfrüchte befinden, und der Untergruppe 4 (Dauergrünland), ist laut der Signifikanz ein-

Tabelle 10: Mittelwertmehrfachvergleich der SAS mittels der Scheffé-Prozedur

Abhängige Variable: SAS-1
Scheffé-Prozedur

(I) KULTUR	(J) KULTUR	Mittlere Differenz (I-J)	Standardfehler	Signifikanz	95%-Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze
1-Hackfrüchte	2	-10,1688*	1,48731	,000	-15,4750	-4,8626
	3	-16,4214*	2,67082	,000	-25,9500	-6,8928
	4	-15,5243*	2,09516	,000	-22,9992	-8,0495
	5	-50,9555*	1,84879	,000	-57,5514	-44,3597
	6	-21,5568*	2,02286	,000	-28,7737	-14,3400
7	-9,7612	2,78550	,059	-19,6989	,1765	
2-Getreide	1	10,1688*	1,48731	,000	4,8626	15,4750
	3	-6,2526	2,63962	,469	-15,6699	3,1647
	4	-5,3555	2,05525	,343	-12,6880	1,9769
	5	-40,7867*	1,80343	,000	-47,2208	-34,3527
	6	-11,3880*	1,98149	,000	-18,4573	-4,3188
7	,4076	2,75560	1,000	-9,4235	10,2386	
3-Klee gras	1	16,4214*	2,67082	,000	6,8928	25,9500
	2	6,2526	2,63962	,469	-3,1647	15,6699
	4	,8971	3,02411	1,000	-9,8919	11,6861
	5	-34,5341*	2,85894	,000	-44,7339	-24,3344
	6	-5,1354	2,97447	,811	-15,7473	5,4764
7	6,6602	3,53759	,738	-5,9607	19,2811	
4-Gräser	1	15,5243*	2,09516	,000	8,0495	22,9992
	2	5,3555	2,05525	,343	-1,9769	12,6880
	3	-,8971	3,02411	1,000	-11,6861	9,8919
	5	-35,4312*	2,33023	,000	-43,7447	-27,1177
	6	-6,0325	2,47061	,429	-14,8468	2,7818
7	5,7631	3,12585	,757	-5,3889	16,9151	
5-Grünland	1	50,9555*	1,84879	,000	44,3597	57,5514
	2	40,7867*	1,80343	,000	34,3527	47,2208
	3	34,5341*	2,85894	,000	24,3344	44,7339
	4	35,4312*	2,33023	,000	27,1177	43,7447
	6	29,3987*	2,26544	,000	21,3164	37,4810
7	41,1943*	2,96636	,000	30,6114	51,7772	
6-Grünbrache	1	21,5568*	2,02286	,000	14,3400	28,7737
	2	11,3880*	1,98149	,000	4,3188	18,4573
	3	5,1354	2,97447	,811	-5,4764	15,7473
	4	6,0325	2,47061	,429	-2,7818	14,8468
	5	-29,3987*	2,26544	,000	-37,4810	-21,3164
7	11,7956*	3,07786	,025	,8149	22,7763	
7-Raps	1	9,7612	2,78550	,059	-,1765	19,6989
	2	-,4076	2,75560	1,000	-10,2386	9,4235
	3	-6,6602	3,53759	,738	-19,2811	5,9607
	4	-5,7631	3,12585	,757	-16,9151	5,3889
	5	-41,1943*	2,96636	,000	-51,7772	-30,6114
6	-11,7956*	3,07786	,025	-22,7763	-,8149	

* Die mittlere Differenz ist auf der Stufe .05 signifikant.

Tabelle 11: Homogene Untergruppen für die Fruchttypen nach der SAS mittels Scheffé-Prozedur

Aggregatstabilität %

Scheffé-Prozedur^{a,b}

KULTUR	N	Untergruppe für Alpha = .05.			
		1	2	3	4
Hackfrucht	105	23,5005			
Raps	19		33,2618		
Getreide	122		33,6693		
Gräser	39		39,0249	39,0249	
Klee gras	21		39,9219	39,9219	
Gr.Brache	43			45,0574	
Grünland	56				74,4561
Signifikanz		1,000	,349	,480	1,000

Die Mittelwerte für die in homogenen Untergruppen befindlichen Gruppen werden angezeigt.

- a. Verwendet ein harmonisches Mittel für Stichprobengröße = 37,894.
- b. Die Gruppengrößen sind nicht identisch. Es wird das harmonische Mittel der Gruppengrößen verwendet. Fehlerniveaus des Typs I sind nicht garantiert.

deutig, dass sie aufgrund ihrer unterschiedlichen Mittelwerte in eigene Gruppen eingestuft werden müssen. Bei den Früchten in den Untergruppen 2 und 3 überschneiden sich die Untergruppenintervalle bei den Gräsern und dem Klee gras, die genau an der Grenze zwi-

schen der zweiten und dritten Gruppe liegen und so ist die Einstufung in die eine oder andere Gruppe nicht so eindeutig.

4. DISKUSSION

4.1 Einfluss des Humusgehaltes auf die Aggregatstabilität

Wie in der Literatur angeführt, wurde eine hochsignifikante positive Korrelation zwischen der SAS und dem Humusgehalt auch in allen drei Untersuchungsjahren 1999, 2000 und 2001 festgestellt (Tabellen 1-3 und Abbildungen 1-3).

Der Einfluss des Humusgehaltes auf die Aggregatbildung wurde auch bei den charakteristischen Fruchtgruppen ausgewertet (Tabellen 4-6). Wie erwartet, wurde in allen 3 Jahren die höchste Aggregatstabilität (über 70%), so wie auch der höchste Humusgehalt (über 4%) mit einer hochsignifikanten Korrelation in den Wiesen (Dauergrünland) festgestellt. Die hochsignifikante Korrelation gerade beim Dauergrünland kann davon abgeleitet werden, dass die Bedingungen für die Aggregatentwicklung bei den Wiesen mehr oder weniger konstant sind, nicht durch die Bodenbearbeitung unterbrochen werden und somit der Humus in die organomineralischen aggregatbildenden Komplexe kontinuierlich eingebaut werden kann. Aus denselben Gründen, die aber nicht so stark ausgeprägt sind wie bei den Wiesen, ist die Korrelation zwischen der SAS und dem Humusgehalt auch bei der Grünbrache signifikant. Bei den Hackfrüchten und beim Getreide ist der Zusammenhang zwischen der SAS und dem Humusgehalt innerhalb der einzelnen Gruppen nicht immer nachweisbar. Es ist dies damit zu erklären, dass es im

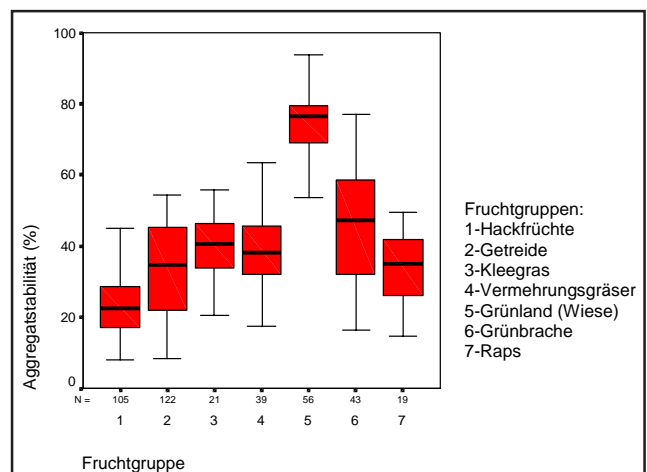


Abbildung 4: Boxplots für die einzelnen Fruchtgruppen (N = Anzahl der Stichproben)

Ackerland allgemein größere Unterschiede im Humusgehalt sowohl zwischen den einzelnen Schlägen als auch innerhalb der gleichen Kultur gibt. Es ist dies eine Folge der unterschiedlichen Bodenbearbeitung, des unterschiedlichen Düngereinsatzes (organisch, mineralisch), sowie andere Ernterückstände, je nach der Vorfrucht usw.

Allgemein kann man aber sagen, dass die SAS mit dem Humusgehalt, der stark von der angebauten Kulturen bzw. der Nutzungsform abhängt, sehr eng korreliert.

Hoher Humusgehalt im Boden beeinflusst praktisch alle Bodeneigenschaften positiv, vor allem die Sorptionsfähigkeit, die Bildung von stabilen Aggregaten, den Gas- und Temperaturexaustausch in den Böden, sowie vor allem auch die mikrobiologische Aktivität und das Pflanzenwachstum.

4.2 Paarweiser Vergleich

Die Ergebnisse zeigen den großen Einfluss der angebauten Kulturart auf die Gefügestabilität des Bodens.

Obwohl signifikante Unterschiede in der SAS zweier hintereinander angebaute Hackfrüchte in den Perioden 1999-2000 und 2000-2001 gefunden wurden, kann man diese bei genauerer Betrachtung nicht als signifikant nehmen. In den Jahren 1999-2000 beruht die Signifikanz nämlich an positiven Rängen (d.h. die SAS ist allgemein gesunken), in Jahren 2000-2001 an negativen Rängen (d.h. die SAS ist allgemein gestiegen). Die schwachen Schwankungen in der Aggregatstabilität kann man unter anderem auf Klimaeinflüsse zurückführen, die nicht unbedeutend sind.

Die SAS ist bei den Hackfrüchten mit einem Wert von rund 20% generell sehr niedrig, was auf eine negative Gefügestabilisierung deutet. Die kann man damit erklären, dass die Reihenabstände bei den Hackfrüchten so groß sind, dass es zwischen den Reihen nicht zu einer Durchwurzelung des ganzen Bodens kommt, somit die biologische Aktivität dort, wo keine Durchwurzelung stattfindet, schwächer ist, als bei anderen Früchten und damit die SAS. Außerdem ist für die Hackfrüchte allgemein ein späterer Anbauzeitpunkt und eine längere Entwicklungsperiode bis zum Schließen des Bestandes, im Vergleich zu den anderen Ackerkulturen, typisch. Die so wichtige Schattengare kann sehr viel später erst zu wirken beginnen. Hinzu kommt, dass die Bodenoberfläche auch nach dem Bestandesschluss zwischen den Reihen unbedeckt bleibt, so dass sie ungeschützt den Witterungsbedingungen ausgesetzt ist. Das führt vor allem bei Starkregen im Frühjahr und Sommer zur Zerstörung der Aggregate, zur Verschlammung, Ver-

krustung usw., was folglich den Temperatur- und Gasaustausch verschlechtert. Auch die Infiltrationsrate im Boden vermindert sich. Das sind alles Ursachen, die eine negative Gefügestabilisierung fördern.

Beim wiederholten Getreideanbau wurde einmal (1999-2000) eine nicht signifikante (0,767) und einmal (2000-2001) eine signifikante (0,041) Veränderung gefunden. Bei genauerer Betrachtung der Ergebnisse kann man eine Schwankung der Aggregatstabilität beim Getreideanbau verfolgen, deren Größe höchstwahrscheinlich ebenfalls von Klimabedingungen abhängig ist. Die Aggregatstabilität ist bei Getreide aber generell höher als bei den Hackfrüchten.

Dagegen wurden höchst signifikante Unterschiede (Steigerung) in der SAS beim Getreideanbau nach Hackfrüchten festgestellt. Die SAS hat sich beim Getreideanbau nach Hackfrüchten signifikant erhöht. Auch ein umgekehrter Trend konnte festgestellt werden, nämlich eine eindeutige Verminderung der Aggregatstabilität. Das war beim Hackfruchtanbau nach Getreide der Fall. Die Unterschiede sind mit einem längeren und besseren Bodenschutz durch die Vegetationsdecke und mit einer besseren und regelmäßigeren Durchwurzelung bei Getreide zu erklären.

Wie erwartet, wurden signifikante Unterschiede (in den Jahren 1999-2000 0,018 und 2000-2001 0,066, was mit der geringen Zahl der Proben zu erklären ist) in der SAS (die Erhöhung) bei den Gräsern gefunden. Der Grund liegt darin, dass in den mehrjährigen Gräseraufwüchsen die Organismen bessere Lebensbedingungen als beim typischen Ackerland haben, das jedes Jahr gegrubbert und gewendet wurde. Durch die regelmäßigeren und entwickeltere Durchwurzelung und geschlossene Vegetationsbedeckung ist der Boden natürlicherweise vor den schädigenden Einflüssen der Regentropfen, wie auch der anderen Wetterbedingungen geschützt. Das Bodengefüge hat mehr Zeit und bessere Bedingungen für eine positive, ungestörte Entwicklung.

Die höchste Aggregatstabilität wurde bei den Wiesen (Dauergrünland) festgestellt. Die Aggregatstabilität ist dort so hoch, weil sich die mikrobiologische Aktivität, das gesamte Bodenleben ungestört entfalten kann, die Durchwurzelung ist intensiv und regelmäßig, was zu einer mechanischen und chemischen Aggregatbildung und deren Stabilisierung in der Wurzelzone führt. Die Bodenoberfläche ist vor der kinetischen Energie der Regentropfen, und des abfließendes Wassers durch die Vegetationsdecke während des ganzen Jahres geschützt. Es wurden zwar signifikante Unterschiede in der SAS bei den Wiesen gefunden, die aber einmal an den posi-

tiven (1999-2000) und einmal an den negativen (2000-2001) Rängen basieren, was deutlich zeigt, dass es sich in diesem Fall nicht um den Einfluss der Kultur, sondern andere Faktoren, wie z.B. um Klimaeinflüsse oder Düngerarten, handelt. Hier sei nun kurz darauf hingewiesen, dass selbst unter der Kulturart Dauergrünland die Stabilität der Bodenaggregate durch die Art der Düngung erheblich beeinflusst werden kann. So betrug auf Gumpensteiner Flächen unter Dauergrünland nach Düngung mit dem organischen Dünger Stallmist die Aggregatstabilität 79 % wobei sie nach alleiniger Düngung mit dem mineralischen Dünger Nitramoncal auf 49 % absank (EDER, 1987).

Bei der Grünbrache wurden in der Periode 1999-2000 keine signifikanten Unterschiede in der SAS gefunden, dafür wurde aber eine signifikant positive Entwicklung der SAS in der Periode 2000-2001 festgestellt. Der Grund liegt darin, dass es sich um relativ inhomogene Gruppen mit verschiedenen langen Terminen der Stilllegung und vorher unterschiedlicher Bewirtschaftung handelt.

4.3 Mittelwertvergleiche der SAS der einzelnen Kulturen

Mittels der Scheffé-Prozedur wurden Mittelwerte der SAS zwischen den einzelnen Kulturen verglichen. Die Ergebnisse sind in den *Tabellen 10* und *11* und in der *Abbildung 4* angeführt.

Die Ergebnisse zeigen folgende Reihenfolge von der Kultur mit der größten Aggregatstabilität zu der mit der kleinsten auf: Wiese (Dauergrünland; 74,46%) >> Grünbrache (45,06%) > Klee gras (39,92%) ≥ Gräser (Vermehrungsgrasflächen; 39,02%) > Getreide (33,67%) ≥ Raps (33,26%) > Hackfrüchte (23,50%). Diese Reihenfolge ist mit den oben erwähnten Gründen, die zur Aggregatstabilitätssteigerung führen, gut erklärbar. Die ganzflächige und ganzjährige Vegetationsbedeckung schützt die Bodenstruktur vor den zerstörerischen Einflüssen der Witterungsbedingungen (vor allem des Regens und Windes) und beteiligt sich gleichzeitig durch die physikalischen und chemischen Auswirkungen aktiv an der Aggregatbildung. Durch mehrjährige Kulturen (Dauergrünland, Grünbrache, Klee gras und Gräser) entstehen gute Lebensbedingungen für die Mikroorganismen und andere Bodenlebewesen wie das Phyto- und Zoedafon, die sich durch all ihre Aktivitäten positiv auf die Aggregatbildung und deren Stabilisierung auswirken.

Auch der Anteil an organischer Substanz, die allgemein die Bodeneigenschaften positiv beeinflusst, spielt bei

der Aggregatverrottung und -stabilisierung eine wichtige Rolle. Üblicherweise ist der Humusanteil auch bei der Kulturart Dauergrünland am höchsten und sinkt in ähnlicher Reihenfolge wie die Aggregatstabilität (siehe Kap. 4.1).

Eine wichtige Rolle bei der Aggregatentwicklung spielt auch die Bodenbewirtschaftung. Nachdem die mehrjährigen Grünlandkulturen nicht so intensiv bewirtschaftet wurden, wie das Ackerland, können sich dort die natürlichen Strukturen im Boden ungestört bilden. Durch die geringere Bewirtschaftungsintensität vermindert sich vor allem in den Frühlingsmonaten, wenn die Bodenfeuchtigkeit am höchsten und damit die Bodenstruktur am gefährdetsten ist, die Frequenz des Befahrens. Der Boden wird dann nicht durch die schweren Maschinen zerdrückt und verdichtet. Er wurde auch nicht jedes Jahr gegrubbert, wie beim Ackerland, so dass sich dort die organischen Strukturen immer neu aufbauen müssten.

In der *Tabelle 11* sind die Kulturen in vier homogene Untergruppen aufgeteilt, die aufgrund der Bewirtschaftung ähnliche Auswirkungen auf die Aggregatstabilität haben. Die erste Untergruppe bilden die Hackfrüchte mit der niedrigsten Aggregatstabilität. Sie sollten deswegen in den Fruchtfolgen als die bodenverschlechternden Früchte so eingeplant werden, dass nach ihnen eine Frucht folgt, die einen positiven Einfluss auf die Aggregatstabilität hat, z.B. aus der dritten Untergruppe. Bezüglich der Gefügeentwicklung wirken die Hackfruchtmonokulturen negativ und sind daher unerwünscht.

In der zweiten Gruppe befinden sich Raps und Getreide mit praktisch gleicher Aggregatstabilität und teilweise auch die Gräser und das Klee gras, die man aber aufgrund der Ähnlichkeiten in der Bewirtschaftung eher in dieselbe Gruppe mit der Grünbrache einfügen kann. Die dritte Untergruppe bilden dann die Gräser, das Klee gras und die Grünbrache. Die letzte Gruppe mit der höchsten Aggregatstabilität bildet das Dauergrünland, das sich von den anderen Untergruppen signifikant unterscheidet.

Nachdem ein gutes Bodengefüge eine sehr wichtige Bodeneigenschaft darstellt, das auch einen großen Einfluss auf das Produktionspotential der Böden hat, ist es bei der Fruchtfolgeplanung empfehlenswert, auch den Einfluss der einzelnen Kulturen auf die Aggregatstabilität zu beachten. In den Fruchtfolgen sollte nach einer bodenverschlechternden Kultur immer eine mit einem positiven Einfluss folgen, um das Gleichgewicht im Boden zu erhalten.

LITERATUR

- AICHINGER, S. (1996): Der Einfluss von Pflanzen auf die mikrobiologische Aktivität von Bodenaggregaten. Universität Wien, Diplomarbeit.
- AUERSWALD, K., HOFMANN, R. (1994): Wirkung von Standortbedingungen auf Bodengenese und Strukturstabilität inneralpiner Ackerböden. Lehrstuhl für Bodenkunde der TU München.
- De BOODT, M., De LEENHEER, L., FRESE, H., LOW, A. J., PEERLKAMP, P. K. et al. (1967): West European Methods for Soil Structure Determination. Ghent, Belgium.
- DEXTER, R.A., KROESBERGEN, B. (1985): Methodology for determination of tensile strength of soil aggregates. *Journall of Agricultural Engineers Research* 31, S.139-147, USA.
- EDER, G., 1987: Bodenkrümelstabilität und Düngung. Veröffentlichungen der Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, Irdning, Heft 1, 1-24.
- JANSSEN, J., LAATZ, W., (1994): Statistische Datenanalyse mit SPSS für Windows. Springer-Verlag, Heidelberg.
- KANDELER, E., MURER, E. (1993): Aggregate stability and soil microbial prozess in a soil with different cultivation. *Geoderma*, 56 503-513, Amsterdam.
- KÖLLER, K. (1993): Erfolgreicher Ackerbau ohne Pflug, Verlagsunion Agrar.
- KÖHLER, W., SCHACHTEL, G., VOLESKE, P. (2002): Biostatistik. Springer-Verlag, Heidelberg.
- MAYER, K. (1998): Bodenerosion im Tertiärhügelland der Steiermark. BOKU Wien, Dissertation.
- MURER, E.J., A. BAUMGARTEN, G. EDER, M.H. GERZABEK, E. KANDELER and N. RAMPAZZO, 1993: An improved sieving machine for estimation of soil aggregate stability (SAS). *Geoderma* 56, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, 539-547.
- PRASHUN, V. (1991): Bodenerosionsformen und -prozesse auf tonreichen Böden des Basler Tafeljura und ihre Auswirkung auf den Landschaftshaushalt. *Basler Beiträge zur Physiogeographie*, Band 16.
- TOMANOVÁ, O., TIPPL, M. (2002): Bodenschutz unter Maisanbau. Silomais und Feldfutterbau im Alpenraum. Tagungsband. BAL Gumpenstein.
- ZACHAR, D. (1970): *Erózia pôdy*. Bratislava.