



KERNFORSCHUNGSANLAGE JÜLICH GmbH

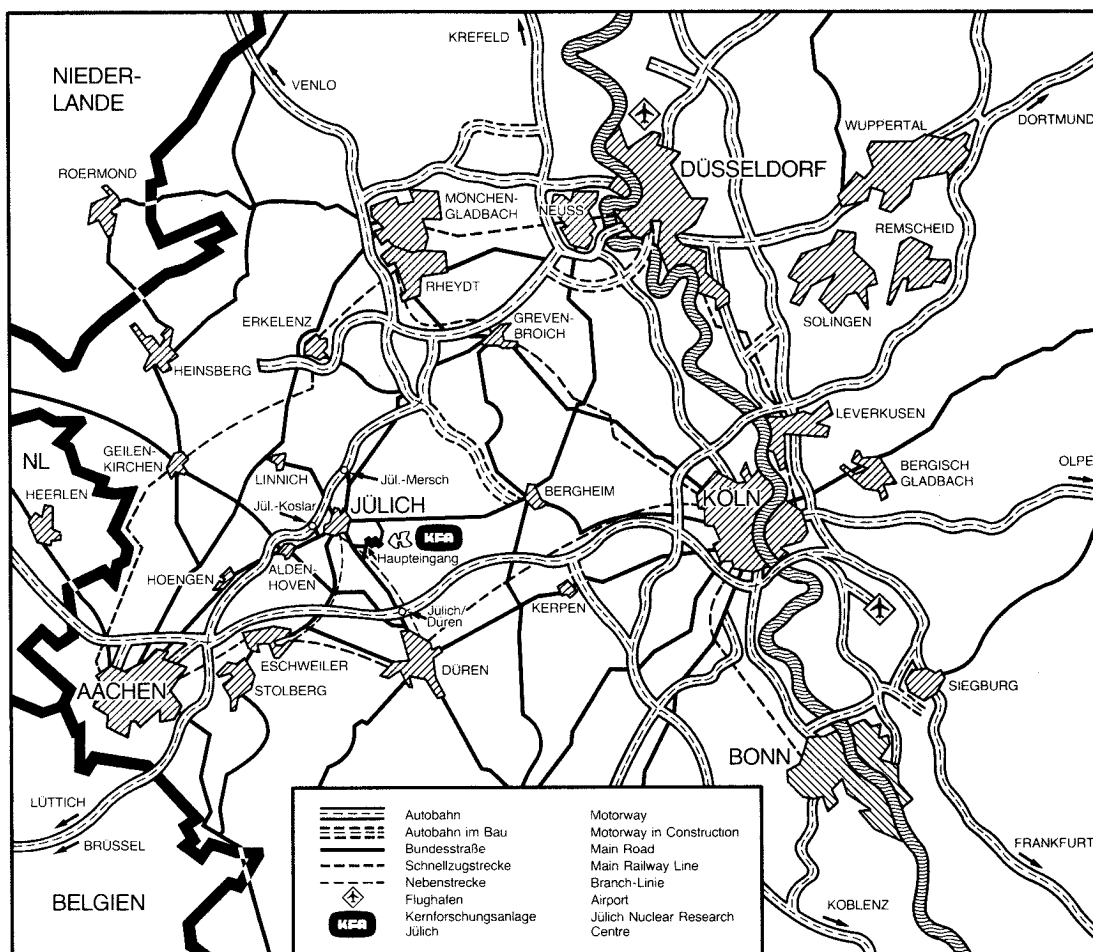
Institut für Radioagronomie

**Vergleichende Untersuchungen zur
Übertragbarkeit von Ergebnissen aus
standardisierten Gefäß- und
Lysimeterversuchen auf reale
Feldbedingungen am Beispiel der
Rückstandssituation in Pflanzen nach
Spritzung von Goltix und Tribunil**

von

M. Hansper

Jül - 2067
Juni 1986
ISSN 0366-0885



Als Manuskript gedruckt

Berichte der Kernforschungsanlage Jülich – Nr. 2067

Institut für Radioagronomie Jül - 2067

Zu beziehen durch: ZENTRALBIBLIOTHEK der Kernforschungsanlage Jülich GmbH

Postfach 1913 · D-5170 Jülich (Bundesrepublik Deutschland)

Telefon: 02461/610 · Telex: 833556-0 kf d

**Vergleichende Untersuchungen zur
Übertragbarkeit von Ergebnissen aus
standardisierten Gefäß- und
Lysimeterversuchen auf reale
Feldbedingungen am Beispiel der
Rückstandssituation in Pflanzen nach
Spritzung von Goltix und Tribunil**

von

M. Hansper

*D 5 (Diss. Uni. Bonn)

Abstract

The active substances, metamilron and methabenzthiazuron, were sprayed onto sugar beet and winter wheat in variously graduated experimental units in field plots, lysimeters and standardized plant pots on a degraded loess soil in the individual experimental units with up to three application quantities in order to compare uptake and residue formation in the cultivated plants.

With the exception of the field experiments, the respective radioactively labelled active substances were used for all the other experiments. The residue situation in the crop rotation plant was also included in the studies for the areas treated with radioactively labelled active substances. Apart from measuring the ^{14}C activity in the plants and the active substance equivalents calculated from this, the active substance contents and the major metabolites formed in the plants in the year of application were determined by gas chromatography. The central results of the experiments using the active substances metamilron and methabenzthiazuron are:

At the 8-leaf stage the sugar beet in the pot experiment contained desamino-metamilron residues higher by up to a factor of 10 in comparison to plants from the field experiment, whereas the residue values in the lysimeters did not differ significantly from those of the field experiments.

Lysimeter experiments with the two variants used are in a position to determine the residue situation in plants in a practical manner, irrespective of the time factor, due to the growing conditions being almost identical to those of field plots, in contrast to pot or even microecosystem experiments.

When the plants were ripe for harvesting, irrespective of the experimental unit, neither metamilron nor methabenzthiazuron nor their major metabolites could be detected in the plants by gas chromatography.

Pot experiments are, however, suitable for basic studies of the characteristic behaviour of an active substance regarding the residue situation in plants. Assimilated $^{14}\text{CO}_2$ must be taken into consideration as an interference factor in evaluating active substance equivalents in plants.

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

<u>1. Einleitung</u>	9
<u>2. Literaturübersicht</u>	10
2.1 Beschreibung der Herbizidwirkstoffe.....	10
2.1.1 Metamitron: Anwendungsbereiche, Verhalten und Wirkungsweise in Pflanzen und Boden.....	10
2.1.2 Methabenzthiazuron: Anwendungsbereiche, Ver- halten und Wirkungsweise in Pflanzen und Boden..	11
2.2 Die Aufnahme von Herbizidwirkstoffen durch Pflanzen..	12
2.2.1 Aufnahmewege.....	13
2.2.2 Einflußfaktoren außerhalb der Pflanzen.....	15
2.3 Testverfahren und -methoden für organische Chemikalien.....	17
2.3.1 Zielsetzung der Testverfahren und -methoden....	20
2.4 Problemstellung.....	22

<u>3. Material und Methoden</u>	24
3.1 Versuchseinheiten.....	24
3.1.1 Versuchsplan.....	27
3.2 Boden.....	33
3.3 Pflanzenmaterial.....	34
3.3.1 Bestandesdichten.....	34
3.4 Düngung und Pflanzenschutzmaßnahmen.....	36
3.4.1 Düngung.....	37
3.4.2 Pflanzenschutzmaßnahmen.....	37
3.5 Applikation der beiden Herbizide Goltix und Tribunil.....	39
3.5.1 Chemisch physikalische Eigenschaften der Wirkstoffe und ¹⁴ C-Markierungspositionen.....	39
3.5.2 Applizierte Wirkstoff- bzw. Radioaktivi- tätismengen.....	41
3.6 Saat- bzw. Pflanz-, Applikations- und Probenahme- termine.....	48
3.7 Probenahme, Probenaufbereitung und Analysenver- fahren.....	50
3.7.1 Probenahme und Probenaufbereitung.....	50
3.7.2 ¹⁴ C-Aktivitätsbestimmung.....	55
3.7.3 Gaschromatographie.....	55
3.8 Klimadaten.....	59
3.9 Auswertung.....	63

<u>4. Ergebnisse</u>	64
4.1 Metamitron.....	64
4.1.1 Metamitron-Äquivalente in Zuckerrüben.....	64
4.1.1.1 Lysimeterversuch.....	64
4.1.1.2 Gefäßversuch.....	72
4.1.1.3 Mikroökosystemgefäßversuch.....	72
4.1.2 ^{14}C -Aktivitätsgehalte der Kontrollpflanzen.....	77
4.1.3 Gesamtaufnahme an ^{14}C -Aktivität durch die Pflanzen.....	83
4.1.4 Metamitron- und Desamino-Metamitrongehalte in den Pflanzen.....	89
4.1.4.1 Feldversuch.....	89
4.1.4.2 Lysimeterversuch.....	92
4.1.4.3 Gefäßversuch.....	92
4.1.4.4 Mikroökosystemgefäßversuch.....	93
4.1.5 Nachbau der Lysimeter- und Gefäßversuche.....	93
4.1.5.1 Ergebnisse 1984 mit Winterweizen.....	93
4.1.5.2 Ergebnisse 1985 mit Wintergerste.....	94
4.1.6 Vergleich der Versuchseinheiten.....	104

4.2 Methabenzthiazuron.....	110
4.2.1 Methabenzthiazuron-Äquivalente in Winterweizen.....	110
4.2.1.1 Lysimeterversuch.....	110
4.2.1.2 Gefäßversuch.....	114
4.2.2 ^{14}C -Aktivitätsgehalte der Kontrollpflanzen...	119
4.2.3 Gesamtaufnahme an ^{14}C -Aktivität durch die Pflanzen.....	123
4.2.4 Methabenzthiazuron-Gehalte in den Pflanzen...	124
4.2.5 Nachbau der Lysimeter- und Gefäßversuche.....	127
4.2.6 Vergleich der Versuchseinheiten.....	127
4.2.7 Vergleich der drei Fraktionen Korn, Ährenspindel/Spreu und Stroh.....	137
4.3 Klimaprofil.....	142
<u>5. Diskussion.....</u>	164
<u>6. Zusammenfassung.....</u>	182
<u>7. Literaturangaben.....</u>	186
<u>8. Tabellenanhang.....</u>	207

1. Einleitung

Nach Angaben des Industrieverbandes Pflanzenschutz (ANONYM, 1985) wurden im Jahr 1984 in der Bundesrepublik Deutschland ca. 33000 Tonnen Wirkstoffe als Pflanzenbehandlungsmittel angewendet, wobei den Herbiziden mit ca. 20 Tausend Tonnen mengenmäßig die größte Bedeutung zukommt. Der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft als zuständige Bundesoberbehörde obliegt die Prüfung und Zulassung der chemischen Verbindungen. Dieses Prüfungs- und Zulassungsverfahren ist weitgehend standardisiert und in Einzelheiten festgelegt (WOLF, 1983).

Ziel dieser Prüfverfahren ist es, neben der Wirkung auf Zielorganismen auch grundlegende Kenntnisse über deren voraussichtliches Verhalten in der Umwelt, speziell in Agrarökosystemen, zu gewinnen (COENEN et al., 1972; OTTOW, 1982). Dazu wurden bislang eine Reihe unterschiedlicher Testverfahren - zumeist im Labormaßstab - entwickelt, die der realen Freilandsituation aber nur bedingt entsprechen können.

Das Anliegen der vorliegenden Arbeit ist es, systematisch zu untersuchen, ob und ggf. wie Rückstandswerte in Pflanzen bei unterschiedlichen Versuchsbedingungen in standardisierten Mikroökosystemen, Gefäßversuchen, Lysimetereinheiten und im Feld variieren, um anhand dieser Ergebnisse die Übertragbarkeit von Ergebnissen aus Labor- bzw. Gewächshausversuchen auf die reale Freilandsituation zu überprüfen. Dazu wurden die Herbizidwirkstoffe Metamitron (Wirkstoff im Goltix^(R)) zu Zuckerrüben und Methabenzthiazuron (Wirkstoff im Tribunil^(R)) im Vorauflauf- bzw. Nachauflaufverfahren in praxisüblichen Aufwandmengen eingesetzt.

^Reingetragene Warenzeichen der Bayer AG

2. Literaturübersicht

2.1 Beschreibung der Herbizidwirkstoffe

Die herbiziden Wirkstoffe Metamitron bzw. Methabenzthiazuron sind zu jeweils 70 % in den Handelspräparaten Goltix (R) bzw. Tribunil(R) enthalten.

2.1.1 Metamitron: Anwendungsbereiche, Verhalten und Wirkungsweise in Pflanzen und Böden

Metamitron besitzt ein breites Wirkungsspektrum gegen Unkräuter und gegen einige Ungräser im Rübenanbau (HACK, 1975; SCHMIDT et al., 1975; HACK und SCHMIDT, 1976; KOLBE, 1978; LEMBRICH, 1978). Das Herbizid kann im Vorsaats-, Vorauf- und Nachauf-
laufverfahren und je nach Erfordernis in Aufwandmengen zwischen 4 - 10 kg Goltix/ha eingesetzt werden.

Aufgenommenes Metamitron gelangt über das Xylem mit dem Transpirationsstrom rasch in die Blätter (MÜLLER und SANAD, 1976). Dort hemmt es - wie alle Triazinone - die Photosynthese; das Metamitron speziell im Bereich der 2. Lichtreaktion (Photosystem II) (SCHMIDT et al., 1975; SCHMIDT und FEDTKE, 1977; LEMBRICH, 1978).

Die Selektivität des Metamitron beruht auf Unterschieden bei der Inaktivierungsgeschwindigkeit des Wirkstoffs in Pflanzen (SCHMIDT und FEDTKE, 1977), wobei in toleranten wie auch empfindlichen Pflanzen der desaminierte Wirkstoff die 1. Stufe der Inaktivierung ist. Dieses Desamino-Metamitron ist biologisch nur noch außerordentlich schwach wirksam (SCHMIDT, 1976) und wird auch photolytisch (BLECHER et al., 1979) ohne Pflanzenbeteiligung gebildet.

Metamitron wird in Abhängigkeit vom C-Gehalt des Bodens mehr oder weniger stark adsorbiert (SCHMIDT, 1975; KERPEN und SCHLESER, 1980). Daneben tritt bei einigen Böden auch der Einfluß der Kationenaustauschkapazität in Verbindung mit austauschbaren Kationen signifikant in Erscheinung (KERPEN und SCHMIDT, 1981). Trotz der vergleichsweise hohen Wasserlöslichkeit von 1,8 g/l wurde nur in einem sandigen Boden nach einer Beregnung von 200 mm in 48 Stunden im Sickerwasser 30 cm hoher Bodensäulen Wirkstoff festgestellt (JARCZYK, 1975).

Metamitron ist relativ instabil. BLECHER et al. (1979) wiesen insgesamt 10 verschiedene Zersetzungsprodukte nach, die sich in

einem sterilen Kulturmedium unter dem Einfluß von Sonnenlicht bildeten. Verschiedene Mikroorganismen sind befähigt, Metamitron zu Desamino-Metamitron umzubauen (ENGELHARDT und WALLNÖFER, 1978). BLECHER et al. (1979) stellten fest, daß das Metamitron durch "Chloridazon-abbauende" Bakterien analog zum Abbau des Chloridazon abgebaut wurde, wobei der Weg bis zum 4-Amino-4,5-dihydro-3-methyl-1,2,4-triazin-5-on und der 2-Hydroxymuconsäure, die dann einem weiteren Abbau unterliegt, verfolgt wurde. Im Gegensatz zum Chloridazon ließen sich diese "Chloridazon-abbauenden" Bakterien in Metamitron als Substrat nicht anreichern. ENGELHARDT et al. (1982) wiesen ebenfalls detailliert den Abbau von Metamitron nach, und zwar durch *Arthrobacter* sp. DSM 20839. Aufgrund des relativ schnellen Abbaus des Metamitron ist auch unter diesem Gesichtspunkt kaum eine Auswaschung in tiefere Bodenschichten unterhalb der Ackerkrume (MITTELSTAEDT und FÜHR, 1980) zu erwarten. Auch eine Akkumulation dieses Wirkstoffs ist bei wiederholter sachgemäßer Anwendung nicht zu befürchten.

2.1.2 Methabenzthiazuron : Anwendungsbereiche, Verhalten und Wirkungsweise in Pflanzen und Böden

Methabenzthiazuron wird gegen Unkräuter und Ungräser im Winter- und Sommergetreide eingesetzt (HACK, 1968; 1969; D' HOLLANDER und ROYER, 1970). Darüber hinaus findet dieses Herbizid im Gemüse- (KOLBE und ZIMMER, 1970) und Grassamenanbau Verwendung. Die auftretenden Unkräuter und Ungräser werden - bis auf wenige Ausnahmen - selektiv vernichtet (HACK, 1968; 1969; AMMON, 1970; HACK, 1974; KOLBE, 1974). Für gute Bekämpfungserfolge sind im allgemeinen Aufwandmengen von 2 - 4 kg Tribunil/ha notwendig (KEES und WENDLAND, 1968; BECKER und PLÜGHAN, 1969; MÜLDER, 1970; POURCHARESSE und LOURS, 1970).

Aufgenommenes Methabenzthiazuron wandert mit dem Transpirationsstrom rasch in die Blätter (COLLET und PONT, 1974) und wirkt dort wie die meisten substituierten und als Herbizide verwendeten Harnstoffe als Photosynthesehemmer im Bereich der 2. Lichtreaktion (Photosystem II) (TREBST und HARTH, 1974).

Die Arbeiten von FEDTKE (1973; 1974 a; 1974 b; 1974 c) belegen, daß es infolge der Hemmung des Photosystems II zu einer wesentlichen Verschiebung der Stoffwechselaktivitäten in der Pflanze kommt, die mit einer Schattenanpassungsreaktion vergleichbar

ist. FEDTKE (1974 a) nimmt an, daß diese Umstellung des Stoffwechsels, ebenso wie in beschatteten Pflanzen, durch einen Kohlenhydratmangel ausgelöst wird, wobei nach PONT et al. (1974) eine Kondensation des Methabenzthiazuron mit Glukose ein Weg der physiologischen Inaktivierung darstellt. Dies könnte den ohnehin durch die Hemmung des Photosystems II verursachten Kohlenhydratmangel noch verstärken.

Die Selektivität des Methabenzthiazuron gründet sich in der Fähigkeit der toleranten Kulturpflanzen, den Wirkstoff beim Einsatz praxisüblicher Aufwandmengen von 2 - 4 kg/ha im Gegensatz zu Unkräutern und Ungräsern rechtzeitig vor dem Eintritt irreversibler Schäden zu inaktivieren bzw. diese Schädigungen auf ein sehr geringes Maß zu begrenzen. Zunächst tritt in Pflanzen das Hydroxymethyl-Methabenzthiazuron auf; der Verlust dieser Hydroxymethylgruppe stellt den 2. Metaboliten in der stufenweisen Demethylierung der Harnstoffkette dar (COLLET und PONT, 1974; PONT et al., 1974). Kondensation mit Glukose ist ein weiterer Weg der physiologischen Neutralisation.

Im Boden wird das Methabenzthiazuron durch Protonisierung oder durch Kationenaustausch gebunden und damit in Bezug auf die phytotoxische Wirkung inaktiviert. Nach SCHMIDT (1972) ist die herbizide Wirksamkeit im Boden eng mit dem C-Gehalt und auch der Kationenaustauschkapazität korreliert. Der bestimmende Faktor für die Phytotoxizität ist bei vorgegebener Aufwandmenge der C-Gehalt des Bodens (PESTEMER, 1977). Da aufgrund der Adsorptionseigenschaften des Methabenzthiazuron der Wirkstoff im Bereich der Krumenoberfläche gebunden wird (KERPEN und SCHLESER, 1977), ist eine tiefergehende Einwaschung nicht zu erwarten (FÜHR und MITTELSTAEDT, 1976). Nur mit der normalen Bodenbearbeitung tritt eine stärkere vertikale Verlagerung innerhalb des A_p-Horizontes auf (KERPEN und SCHLESER, 1975).

Das Methabenzthiazuron wird im Boden mikrobiell abgebaut. Explizit wurde diese Fähigkeit für den Pilz *Cunninghamella echinulata* (WALLNÖFER et al., 1976) nachgewiesen.

2.2 Die Aufnahme von Herbizidwirkstoffen durch Pflanzen

Eine Fülle von Einzelfaktoren bestimmt die Gesamtaufnahme, die in Verbindung mit den Pflanzenerträgen die jeweilige Rückstandssituation zu den einzelnen Zeitpunkten in den Pflanzen ergibt. So wichtig auch einzelne Komponenten sein mögen, letzt-

endlich müssen sie in ihrem Zusammenwirken als Gesamtheit betrachtet werden, da sich aus der Summe aller Einflüsse die Rückstandssituation zusammensetzt. Trotzdem ist es notwendig, die Summe aller Einflüsse in Einzelfaktoren zu zerlegen, um sie einordnen und bewerten zu können. Im einzelnen sind nur die wichtigsten Einflußfaktoren dargelegt.

2.2.1 Aufnahmewege

Das Eindringen herbizider Wirkstoffe wie auch anderer organischer Verbindungen ist prinzipiell über die Wurzeln der Pflanzen aus dem umgebenden Boden, über die Sproßteile und über die Blätter möglich. Bevorzugte Aufnahmeorgane sind Blätter und Wurzeln; verholzte Sprosse stellen eine deutliche Barriere dar.

Wurzel

Eine Aufnahme aus dem Boden kann nur dann erfolgen, wenn der Wirkstoff in gelöster Form in der Bodenschicht vorhanden ist, in der sich auch zur Aufnahme befähigte Wurzeln befinden (ZANDVOORT und REISLER, 1975; KOCH und HURLE, 1978). Hierzu sind insbesondere jüngere Wurzelteile, speziell Wurzelgewebe in der Zone direkt hinter der Wurzelspitze und Wurzelhaare, geeignet. Die Wurzelhaare sind nicht kutinisiert und auch nicht von einer Kutikula überzogen (NULTSCH, 1977). Durch die fehlende Verdickung und Kutinisierung der Zellwände wie auch wegen der enormen Ausdehnung der Oberfläche durch die Wurzelhaarbildung wird die Stoffaufnahme in dieser Zone erheblich begünstigt (FRANKE, 1976; NULTSCH, 1977). Die Lebensdauer dieser Wurzelhaare ist in der Regel auf wenige Tage begrenzt (FISCHBECK et al., 1975). Die älteren Wurzelteile spielen für die Nährstoffaufnahme wie auch für die Aufnahme organischer Verbindungen nur eine untergeordnete Rolle (KOCH und HURLE, 1978). Exemplarisch für die umfangreichen Arbeiten auf dem Gebiet der Herbizidaufnahme durch Pflanzen über den Boden als vermittelndes Substrat sei auf die wegweisende Veröffentlichung von CRAFTS und YAMAGUCHI (1960) hingewiesen.

Sproß

Verholzte Sproßteile erschweren das Eindringen der Wirkstoffe (HOFFMANN et al., 1976). Zu beachten ist, daß Sproßteile einzelner Pflanzenarten auch unterirdisch vorkommen. Als Beispiel sei die Bekämpfung von Flughafer (*Avena fatua*) genannt. Hier ist die Wirkung von Diallat und Triallat von der Aufnahme über die Koleoptile abhängig. Trichloressigsäure wird (FRYER und MAKEPEACE, 1977), um ein weiteres Beispiel zur Sproßaufnahme anzufügen, durch die Rhizome der Quecke (*Agropyron repens*) aufgenommen.

Blatt

Die Kutikula der Blätter ist für das Eindringen von Pflanzenschutzwirkstoffen zunächst ein Hindernis, wobei insbesondere eine stark ausgeprägte Wachsschicht auf der Blattoberseite bei vielen Blättern Schutz vor dem unkontrollierten Eintritt von Substanzen bietet. Dennoch gelangen mit der Zeit je nach den physiko-chemischen Eigenschaften Wirkstoffe in das Blattinnere. Ektocythoden spielen hierbei eine wichtige Rolle (FRANKE, 1971). PANIĆ (1970) konnte eine Abhängigkeit der Herbizidaufnahme von der Anzahl an Ektodesmen (bzw. Ectocythoden) pro Blattflächeneinheit bei gegebenen Versuchsbedingungen nachweisen; bei Berücksichtigung aller untersuchten Faktoren wird eine maximale Aufnahme an Herbizidwirkstoff durch turgeszente Pflanzen bei möglichst hoher Luftfeuchtigkeit erreicht. Diese Beobachtung steht in völliger Übereinstimmung mit den Ergebnissen von COOK et al. (1977), die für Aminotriazol bei Bohnenblättern eine um das mehrfach erhöhte Aufnahmerate bei erhöhter Luftfeuchtigkeit feststellten.

Besonderes Gewicht kommt den Stomata zu. Die Arbeiten von FREIBERG und PAYNE (1957), KAMIMURA und GOODMAN (1964), PICKERING (1965), sowie von DAVIS et al. (1968) mit verschiedenen Wirkstoffen bzw. Substanzen belegen, daß die Aufnahmegeschwindigkeit auf der Blattunterseite bei den eingesetzten Stoffen je nach Pflanzenspecies bis um den Faktor 6 höher lag als auf der mit einer Wachsschicht überzogenen Blattoberseite. Eine zusammenfassende Darstellung dieser Vorgänge liegt von HULL (1970) vor.

2.2.2 Einflußfaktoren außerhalb der Pflanzen

Bei der Ausbringung sind die physiko-chemischen Parameter eines Herbizides für das spätere Verhalten vorgegeben. Der Boden, mikrobielle Konkurrenz, pflanzenbauliche Aspekte und nicht zuletzt abiotische Umweltfaktoren beeinflussen die Aufnahmemenge an Wirkstoff. Die Wirkung bzw. die Phytotoxizität kann dabei aber nicht mit der Aufnahmemenge gleichgesetzt werden; in den meisten Fällen besteht aber zwischen diesen Größen eine Korrelation, so daß über die Wirkung bzw. die Phytotoxizität auch indirekt Aussagen über die Aufnahmemengen bei einzelnen Pflanzenarten zulässig sind.

Böden

Der Anteil an organischer Substanz und die Bodenart beeinflussen die Wirkstoffaufnahme in hohem Maße (UPCHURCH und MASON, 1962; UPCHURCH et al., 1966; SCHMIDT, 1972; 1973; LAERMANN und HEITEFUSS, 1974 a; DREWES und BLUME, 1976; BÖTTGER et al., 1977; KERPEN und SCHMIDT, 1977; OTTOW, 1978 a, 1978 b; SÜSS et al., 1979). Die vorherrschende Bodenfeuchtigkeit ist für das Ausmaß und den Zeitpunkt der Aufnahme (SÜSS et al., 1972; LAERMANN und HEITEFUSS, 1974 b; DEJONCKHEERE et al., 1983) und damit für den Erfolg der Maßnahme ebenfalls von Wichtigkeit. Auch der pH-Wert ist von Belang; für Atrazin (MCGLAMERY und SLIFE, 1966) sowie Prometryn (BEST et al., 1975) erhöht sich die Verfügbarkeit bei steigendem pH-Wert.

Mikrobielle Konkurrenz

Mikroorganismen und Pflanzenwurzeln konkurrieren um den verfügbaren Wirkstoff in der Bodenlösung. Ein Teil dieser Mikroorganismen ist in der Regel befähigt, einzelne Verbindungen abzubauen (LINGENS, 1976; KNACKMUSS, 1979). Abbau bedeutet die Veränderung des Ausgangsmoleküls, wobei als Zwischen- bzw. Endprodukte Metabolite entstehen, die unter Umständen wiederum nur von anderen Mikroorganismen weiterverwendet werden können. Die Endstufe eines Abbaus ist die vollständige Mineralisation der Substanzen zu CO_2 , H_2O , SO_2 usw.. Der Abbau kann metabolisch - Nutzung als C-Quelle mit Energiegewinn - oder cometabolisch - Nutzung ohne Energiegewinn für den abbauenden Organismus - erfolgen (LINGENS, 1979). Bei cometabolischem Abbau führt wieder-

holte Anwendung zu keiner Abbaubeschleunigung (Reaktion 1. Ordnung, HURLE, 1982).

ANDERSON (1984) fand, daß der Umfang des Abbaus von Diallat und Triallat in direkter Abhängigkeit von der mikrobiellen Biomasse des Bodens erfolgt. Für die mikrobielle Aktivität kommt der Bodenfeuchtigkeit und der Bodentemperatur eine Schlüsselstellung zu, wobei nach den grundlegenden Arbeiten von FÉHER und FRANK (1937; 1938) die quantitative Entwicklung der Mikroflora von dem Produkt wie auch der Wechselwirkung von Bodenfeuchte x Bodentemperatur beherrscht wird. Alle Faktoren, die die mikrobielle Tätigkeit im Boden beeinflussen, wirken sich somit indirekt auch auf die Menge an pflanzenaufnehmbaren Wirkstoff aus.

Pflanzenbauliche Aspekte

Auch pflanzenbauliche Einzelmaßnahmen wirken sich zumindest indirekt auf die Aufnahmesituation aus. Mineraldüngung (WOLF und HURLE, 1977; KOCH et al., 1979), organische Düngung (MALKOMES, 1984), Aufwandmenge (MCGLAMERY und SLIFE, 1966), wiederholte Anwendung des gleichen Mittels (BOSSHARD et al., 1982; HURLE, 1982) sowie der Einfluß anderer Wirkstoffe auf das Verhalten des zu untersuchenden Wirkstoffs (PESTEMER und MALKOMES, 1981; MALKOMES und PESTEMER, 1981; MALKOMES 1982; FANDEFANG et al., 1983; PESTEMER und MALKOMES, 1983) können durch Hemmung oder Stimulierung der Bodenmikroorganismen und anderer Effekte die Aufnahmeraten beeinflussen. Das Ausmaß dieser Beeinflussung ist in der Regel jedoch sehr gering und experimentell kaum erfassbar.

Der Arten- und Sorteneinfluß (MAJUMDAR und MÜLLER, 1969) wie auch das Applikationsverfahren (ADDALA et al., 1984 a; 1984 b) dürfen ebenfalls nicht außer Acht gelassen werden wie die Wachstumsstadien der Pflanzen (TEASDALE, 1984). Der Bestandesdichte sowie der Verteilung der Pflanzen auf der Gesamtfläche (Reihenabstand usw.) kommt, gerade bei frühen Entwicklungsstadien der Pflanzen, ebenfalls Bedeutung zu.

Abiotische Umweltfaktoren

Im Zusammenhang mit der abiotischen Veränderung von Wirkstoffen ist der chemische und der photochemische Abbau zu nennen. Bezüglich der Aufnahme durch die Pflanzen sind jedoch die vorherrschenden Wetterbedingungen wichtiger, die die Persistenz

von Herbiziden im Boden (WALKER, 1976), die Transpirationsraten und damit meistens die Aufnahme (SCHMIDT, 1978) sowie die herbizide Wirkung (LAMBERT, 1966) beeinflussen. Die Art und Intensität sowie die Verteilung einzelner Niederschläge und deren Gesamthöhe sind bei einer Nachauflaufapplikation mit der von der Blattoberfläche abgewaschenen Wirkstoffmenge korreliert (PICK et al., 1984). Die Verlagerung im Boden ist bei der gleichen Menge an Niederschlag bei einmaligem Auftreten höher als bei aufgeteilten Niederschlägen (KOCH und HURLE, 1978).

Die o. g. Einzelfaktoren dürfen bei der Bewertung von Versuchsergebnissen nicht isoliert betrachtet werden, vielmehr ist ihr Zusammenwirken für die Rückstandssituation in den Pflanzen verantwortlich. Alle Einzelfaktoren stehen zueinander in gegenseitigen Wechselbeziehungen, so daß eine Änderung eines Faktors unmittelbar oder mittelbar auch Auswirkungen auf andere Faktoren hat. Jede einzelne Wechselwirkung jedoch experimentell zu erfassen, ist wegen der geringen Mengen an Wirkstoffen zumeist nicht möglich. Die Veröffentlichungen von HAQUE und FREED (1974), FÜHR (1977), LINGENS (1979), HURLE (1982), WALKER (1983) und FÜHR (1984 a; 1984 b) geben einen Gesamtüberblick über die vielfältigen Einflußfaktoren und deren Wechselwirkungen untereinander bezüglich des Verbleibs und des Schicksals von Pflanzenschutzmitteln im Agrarökosystem.

2.3 Testverfahren und -methoden für organische Chemikalien

Jeder Wirkstoff wird vor einer Markteinführung auf sein voraussichtliches Verhalten in der Umwelt mit Hilfe definierter Laborversuche, aber auch ausgehend von Lysimeterversuchen unter Freilandbedingungen, getestet. Dabei unterliegen die Verbindungen nach der Ausbringung in der Praxis der Gesamtheit aller Einflußgrößen, die jedoch in standardisierten Testsystemen nur begrenzt simuliert werden können.

Modellökosysteme

Eine Reihe von Modellökosystemen sind bereits entwickelt worden. Die relativ einfach aufgebauten und leicht handhabbaren Systeme aus dem terrestrischen (COLE et al., 1976; DUGAST, 1980) sowie dem aquatisch-terrestrischen Bereich (LICHTENSTEIN et al., 1978; VIRTANEN et al., 1979) sind offene Systeme, in

denen flüchtige bzw. gasförmige Anteile des Wirkstoffes und/oder Metabolite sowie mineralisierte Endprodukte wie z. B. CO_2 oder SO_2 nicht erfaßt werden können. Das von MITTELSTAEDT und FÜHR (1975 a) entwickelte Mikroökosystemgefäß aus dem terrestrischen Bereich bietet die Möglichkeit, Wurzel- und Sproßatmosphäre bei Versuchen zu trennen und im Boden sich bildende Abbauprodukte, insbesondere CO_2 , aufzufangen und quantitativ zu erfassen. Diese Gefäße bestehen in der fortentwickelten Form aus Glas (SEIBERT und FÜHR, 1982), haben ein Fassungsvermögen von 1,5 l und weisen ebenfalls eine relativ leichte Handhabbarkeit auf.

Größere Einheiten "geschlossener" Modellökosysteme sind von BEALL et al. (1976), FIGGE und KLAHN (1982), GILE et al. (1982) FIGGE et al. (1983), SCHÄRER (1983) und SCHUPHAN (1984) beschrieben. Auch in diesen ist die Erfassung der Gasphase realisiert, allerdings ist die Sproßatmosphäre nicht vom Wurzelraum getrennt. Dabei sind bei den geschlossenen Systemen nur in der "Mikrokosmos-Kammer" von GILE et al. (1982) sowie in der von SCHÄRER (1983) entwickelten Vegetationskammer und ebenfalls bei SCHUPHAN (1984) auch Tiere mit in die Untersuchungen einbezogen. Je nach Kammergröße und der Luftwechselrate ist der Aufwand in technischer und finanzieller Hinsicht erheblich. Mit diesen Systemen sind aber weitgehend reproduzierbare Versuchsbedingungen möglich, die es erlauben, einzelne Mittel auf der Basis weitgehend gleicher Versuchsbedingungen zu testen. Im Gegensatz dazu darf der Einfluß der manchmal sehr geringen Bodenmengen, die in diesen Systemen eingesetzt werden, bei der Beurteilung der Ergebnisse nicht unberücksichtigt bleiben.

Dies gilt auch für die von den Behörden vorgeschriebenen Testverfahren zu Abbau (WEINMANN und SCHINKEL, 1976) und Verlagerung (BBA, 1973) von Wirkstoffen im Boden, wobei sich hier die Notwendigkeit der Reproduzierbarkeit der Testverfahren allein schon aus dem Gleichbehandlungsgrundsatz für jeden Antragsteller ergibt.

Aus diesen mitunter sehr begrenzten Bodenmengen in den o. a. Testsystemen und der damit einhergehenden begrenzten Nutzfläche ergibt sich, daß viele Einzelfaktoren von der realen Feldsituation - in der es sich außerdem um natürliche Bodenprofile handelt - mehr oder weniger stark abweichen. Unter Feldbedingungen durchwurzeln die Kulturpflanzen den Boden bis zu ca. 2 m Tiefe (MENDEL und KIRKBY, 1982). Die Pufferkapazität eines Bodens bezüglich der Einflußgrößen Nährstoffversorgung, Temperaturver-

lauf und Wasserverfügbarkeit, um nur die wesentlichsten Parameter für das Pflanzenwachstum und damit auch für den mikrobiellen Abbau von Wirkstoffen im Boden zu nennen, wird sehr stark vom Bodentyp beeinflusst (MÜCKENHAUSEN, 1975), wobei eine Verringerung der für die Pflanzen durchwurzelbaren Bodenmengen erhebliche Konsequenzen nach sich zieht.

Lysimeter

Mit Hilfe von Lysimeterversuchen unter Freilandbedingungen wurden schon eine Reihe von Wirkstoffen geprüft (KLEIN et al., 1973; KOHLI et al., 1973; SANDROCK et al., 1974; CHENG et al., 1975; MITTELSTAEDT und FÜHR, 1975 b; FÜHR und MITTELSTAEDT, 1976; HAQUE et al., 1976; PRESTEL et al., 1976; SOTIRIOU et al., 1976; FÜHR et al., 1980; SMITH, 1980; MITTELSTAEDT und FÜHR, 1980; STEFFENS und WIENEKE, 1981; WIENEKE und STEFFENS, 1981). Wie bei den Modellökosystemen liegen auch bei den Lysimetern eine Reihe an unterschiedlichen Typen vor, wobei sich die Nutzflächen, die Bodentiefen und auch die Methode der Befüllung unterscheiden. Sie reichen bei den Lysimetertypen von FÜHR et al. (1976) und von STEFFENS und FÜHR (1986) von 0,25 - 1 m² Nutzfläche und von 45 - 110 cm Tiefe sowohl mit eingefülltem Krumenboden wie auch ungestört entnommenen Bodenprofilen. BRAEKKE (1982) konstruierte ein Lysimeter mit der Möglichkeit, die Temperatur zu kontrollieren, d. h. Temperaturgradienten in den einzelnen ungestört aus dem Freiland entnommenen Bodensäulen zu simulieren. Weiterhin war die Möglichkeit gegeben, den Wasserspiegel zu beeinflussen. Die Lysimeteranlage der Bayer AG (JARCZYK, 1983 a) erreicht eine Nutzfläche von 1 m² bzw. 2,25 m² pro Einzellysimeter mit einer Tiefe von 1,5 m. Diese Lysimeteranlage ist oberirdisch aufgebaut, wird aber temperaturmäßig durch eine umbaute Halle analog zu den Bedingungen betrieben, die am Entnahmeort der Bodenmonolithe aktuell vorherrschen. Bei diesen insgesamt vier Lysimetern ist der immens hohe Aufwand an technischen und finanziellen Mitteln nicht zu übersehen, wobei auch die durch die Temperierung des Bodens entstehenden Folgekosten zu berücksichtigen sind. Für serienmäßige Untersuchungen scheidet diese Anlage daher aus, ist aber für die Grundlagenforschung auf diesem Gebiet von besonderer Bedeutung.

2.3.1 Zielsetzung der Testverfahren und -methoden

Das Ziel der Versuche mit den Modellökosystemen wie auch den Lysimetern im Freiland ist, das Verhalten der getesteten Verbindungen im Freiland, d. h. zumeist im Agrarökosystem, möglichst genau zu prognostizieren. Die Laborverfahren sind in der Regel im Vergleich zu Lysimeterversuchen unter Freilandbedingungen kostengünstiger. Notwendig erscheint aber eine Überprüfung der in den Modellökosystemen gewonnenen und auf das Freiland hochgerechneten Daten mit denen unter Freilandbedingungen ermittelten Werten. SCHEUNERT et al. (1983) führten solch ein Versuchsprogramm mit insgesamt 14 organischen Chemikalien durch. Dabei wurden die Mineralisationsraten wie auch die Gesamtrückstände im Feld ermittelt und mit den aus den Laborversuchen hochgerechneten Werten für das Freiland verglichen. In der Regel waren diese Werte für die Gesamtrückstände vergleichbar, wobei allerdings zwei von den 14 getesteten organischen Chemikalien ein völlig abweichendes Verhalten aufwiesen. Auch bei der Vorhersage der Mineralisation ergab sich ein ähnliches Bild. Die Vorhersage der Rückstandssituation von unveränderter Ausgangssubstanz brachte eine weitaus geringere Übereinstimmung der errechneten Werte mit denen der Analysen.

BLUME et al. (1983) folgern aus ihren Versuchen, daß das Verhalten von organischen Chemikalien über die Ermittlung von Adsorption, Perkulationsstudien und Abbau im Boden in vier verschiedenen Böden, deren C- und Tongehalte variieren, getestet und aus diesen Testdaten die voraussichtliche Situation im Freiland hochgerechnet werden sollte. Dabei schlagen sie vor, je nach der Wasserlöslichkeit der organischen Chemikalien die Wassersättigung des Bodens zu modifizieren; ein Hinweis, daß nicht für alle Chemikalien bei gleichen Bedingungen die aussagekräftigsten Resultate erzielt werden. SMIES (1983) stellt fest, daß Mikroökosysteme für eine erste Abschätzung der Umwelt Risiken organischer Chemikalien gut geeignet sind. Die Untersuchungen von NASH (1983 a) mit einem geschlossenen Ökosystem mit den Maßen 115 x 50 cm und 15 cm tief eingefülltem Boden belegen, daß eine Annäherung der Versuchsbedingungen an reale Feldbedingungen gerade im Hinblick auf die eingesetzte Bodenmenge wesentlich für die Güte der gewonnenen Daten im Hinblick auf die Zielsetzung ist, was sich letztendlich in der relativ guten Übereinstimmung der hochgerechneten Daten bezüglich der Verflüchtigungsraten der getesteten organischen Chemikalien

zeigt. Hier deutet sich auch schon an Hand der exemplarisch vorgestellten Literatur an, daß eine Standardisierung bei der Ermittlung der Daten notwendig ist, d. h. für ein möglichst vollständiges Umweltprofil einer Chemikalie sind umfassende Informationen notwendig, die alle relevanten Größen berücksichtigen.

Die mit Hilfe von Laborversuchen ermittelten Daten dienen in der Regel als Basis für Modellrechnungen über das voraussichtliche Verhalten in der Umwelt. BLAU und NEELY (1983) sind der Ansicht, daß die in den unterschiedlichen Versuchen gewonnenen physikalischen, chemischen und biologischen Meßdaten in Rechenmodelle zusammengefaßt werden sollten, die ein Gesamtsystem bilden, in denen die Wechselwirkungen erforscht werden können. Auch bieten diese Rechenmodelle eine Vereinfachung in der Hinsicht, daß alle Einflußfaktoren kaum umfassend in ihrer Gesamtheit aller Auswirkungen vom Versuchsansteller überblickt werden können. Die Notwendigkeit der Erstellung solcher Rechenmodelle für die Prognose steht außer Frage. Die Präzision solcher Modellrechnungen kann aber nur so gut sein wie die ermittelten Basisdaten. Eine Überprüfung und Verbesserung dieser Rechenmodelle mittels praxisnaher bzw. -gerechter Freilandversuche erscheint daher unerläßlich.

Die Frage, inwieweit die Ergebnisse aus den Labor- wie auch den Lysimeterversuchen mit denen der realen Freilandsituation übereinstimmen bzw. ob Laborversuchsergebnisse auf die reale Freilandsituation übertragbar sind, ist für die Einstufung der Aussagekraft dieser Testverfahren und Rechenmodelle von ausschlaggebender Bedeutung. Die Problematik der Vergleichbarkeit von Ergebnissen aus standardisierten Laborversuchen mit Feldversuchen wurde schon z. B. im Zusammenhang mit der Nährstoffaufnahme eingehend erörtert (BAKER und WOODRUFF, 1962; MEAD und PRITCHETT, 1971; GROSSE-BRAUCKMANN 1972; 1973 a; 1973 b; 1975; 1977). TOLLE et al. (1983) testeten die Anreicherung von 25 Spurenelementen in Mikroökosystemgefäßen und Feldversuchen. Das Resultat erbrachte eine gute Voraussagemöglichkeit der Gehalte für 22 der 25 Elemente bei Luzerne als eingesetzter Testpflanze. Die Problematik ist hier wie bei den organischen Chemikalien in einigen Punkten gleichartig, so daß die im Bereich der Pflanzenernährung gewonnenen Erkenntnisse bei Versuchsanstellungen mit organischen Chemikalien Berücksichtigung finden sollten.

Aus den Versuchen von MITTELSTAEDT und FÜHR (1975 a; 1975 b)

mit dem Wirkstoff Isocarbamid geht hervor, daß die Wirkstoff-äquivalente in Zuckerrübenblättern im Mikroökosystemgefäßversuch bis zum Faktor 15 höher lagen als in einem vergleichbaren Lysimeterversuch.

2.4 Problemstellung

Eine Fülle von Einzelfaktoren bestimmt die Rückstandssituation im Boden wie auch in den Pflanzen; dies gilt vom Grundsatz her gesehen auch für den Wirkstoff Metamitron, wie bisher vorliegende Arbeiten bezüglich der Adsorption (KERPEN und SCHLESER, 1980; Kerpen und SCHMIDT, 1981), der Pflanzenverfügbarkeit (SCHMIDT et al., 1975; KERPEN und SCHMIDT, 1982), der Aufnahme und Verteilung in Zuckerrübenpflanzen (MÜLLER und SANAD, 1976) und des Abbaus von Metamitron im Boden bei variierenden Temperaturen (FÜHR und MITTELSTAEDT, 1979) zeigen. Für das Methabenzthiazuron gilt grundsätzlich das gleiche. Die Arbeiten bezüglich der Adsorption (KERPEN und SCHLESER 1975; 1977; 1980) der Pflanzenverfügbarkeit (BECKER und PLÜGHAN, 1969), der Aufnahme und Verteilung in Winterweizenpflanzen (COLLET und PONT, 1974), der Metabolisierung in den Pflanzen (PONT et al., 1974) und des Abbaus von Methabenzthiazuron im Boden (CHENG et al. 1978; FÜHR und MITTELSTAEDT, 1979) belegen dies. Das Fazit für eine Untersuchung zum Verbleib von Pflanzenbehandlungsmitteln im Agrarökosystem ist:

- eine Fülle von Parametern beeinflusst die Rückstandssituation in Pflanze und Boden,
- der Witterungsverlauf übt offensichtlich einen besonders starken Einfluß aus,
- in kleinen Versuchseinheiten mit begrenztem Bodenvolumen sind die Umsetzungsvorgänge, aber auch die Rückstände in den Pflanzen insbesondere bei kurzer Versuchsdauer in der Regel höher.

Ausgehend von diesen Feststellungen ist es das Ziel dieser Arbeit, unter Einbeziehung der bereits in der Literatur vorliegenden Ergebnisse folgende Fragestellungen anhand der beiden

Herbizidwirkstoffe Metamitron und Methabenzthiazuron zu untersuchen:

- wie stark variieren Rückstandswerte in Pflanzen aus verschieden abgestuften Versuchseinheiten? Hierzu sind alle wichtigen Parameter, die den Abbau im Boden und die Aufnahme durch Pflanzen beeinflussen, in den einzelnen Versuchseinheiten zu standardisieren bzw. bei nicht standardisierbaren Parametern (u. a. Temperatur und Feuchte) diese kontinuierlich aufzuzeichnen. Ob die Ergebnisse eine gewisse Verallgemeinerung der Daten zulassen, geht aus den Wechselwirkungen zwischen Gefäßgröße bzw. Bodenvolumen und Aufwandmenge hervor.
- Sind Ergebnisse aus Gefäßversuchen mit den hier eingesetzten Herbizidwirkstoffen (1983: Metamitron und 1984: Methabenzthiazuron) auf die Freilandsituation übertragbar? Die Wechselwirkungen Gefäßgröße x Aufwandmenge und Gefäßgröße x Aufwandmenge x Probenahmetermin geben hierüber Aufschluß. Je nach den Möglichkeiten und Gegebenheiten orientierte sich die Versuchsplanung bzw. der Versuchsumfang daran.

3. Material und Methoden

Die pflanzenbaulichen Maßnahmen während des Versuchszeitraumes wurden stets parallel zu denen auf der Feldversuchsfläche, einer 7,5 ha Parzelle in der Gemarkung Merzenhausen/Jülich, vorgenommen, so daß im Hinblick auf einen möglichen Einfluß diese Maßnahmen in den einzelnen Versuchseinheiten weitgehend standardisiert wurden. Dabei erwies es sich als unvermeidbar, Kompromisse im Hinblick auf die Gesamtzielsetzung in der einen oder anderen Richtung einzugehen, z. B. bezüglich der Bestandesdichten. Im Versuchsjahr 1983 wurde Goltix zu Zuckerrüben und im Jahr 1984 Tribunil zu Winterweizen innerhalb der rheinischen Fruchtfolge Zuckerrüben - Winterweizen - Wintergerste (ZR - WW - WG) eingesetzt. Bei den Lysimeter- und Gefäßversuchen wurde darüber hinaus auch das weitere Schicksal der verbliebenen Herbizidrückstände über das Anwendungsjahr hinaus innerhalb der o. a. Fruchtfolge verfolgt.

3.1 Versuchseinheiten

Insgesamt wurde mit vier Versuchseinheiten gearbeitet. Neben dem normalen Feldversuch wurden in verschiedenen Lysimetertypen, in standardisierten Pflanzenkulturgefäßen und in Mikroökosystemgefäßen Pflanzenversuche von unterschiedlichem Umfang mit verschiedenen praxisüblichen Aufwandmengen der beiden Präparate bzw. Wirkstoffe Metamitron und Methabenzthiazuron durchgeführt.

Feldversuch

Am Versuchsstandort Merzenhausen - geschlossene Ackergemarkung ca. 10 km nordwestlich von Jülich/Rheinland - wurden in den Jahren 1983 und 1984 jeweils acht Parzellen à 25 m² in einen 7,5 ha umfassenden Schlag gelegt.

Lysimeterversuch

Drei verschiedene Lysimetertypen kamen insgesamt zur Anwendung. Im Versuchsjahr 1983 wurden vier Lysimeter (Abb. 1 a, S. 25) mit je 0,5 m² Nutzfläche und 85 cm tiefen natürlich gelagerten Bodenkernen sowie ein 1 m² Lysimeter (Abb. 1 b, S. 25) mit 45 cm eingefülltem Krumboden eingesetzt. Das 1 m² Lysimeter be-

Abbildung 1: Lysimeterbautypen

Abb. 1 a: Lysimeter mit ungestörtem Bodenprofil

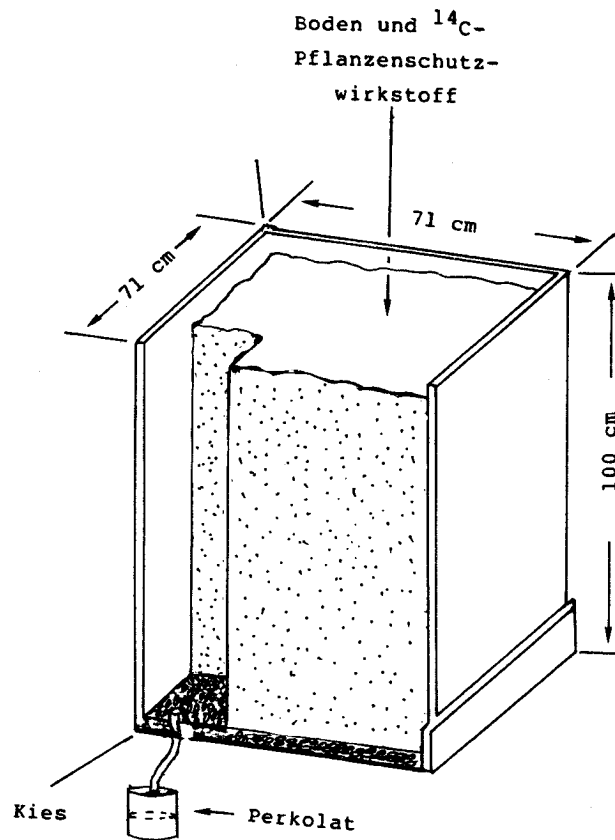
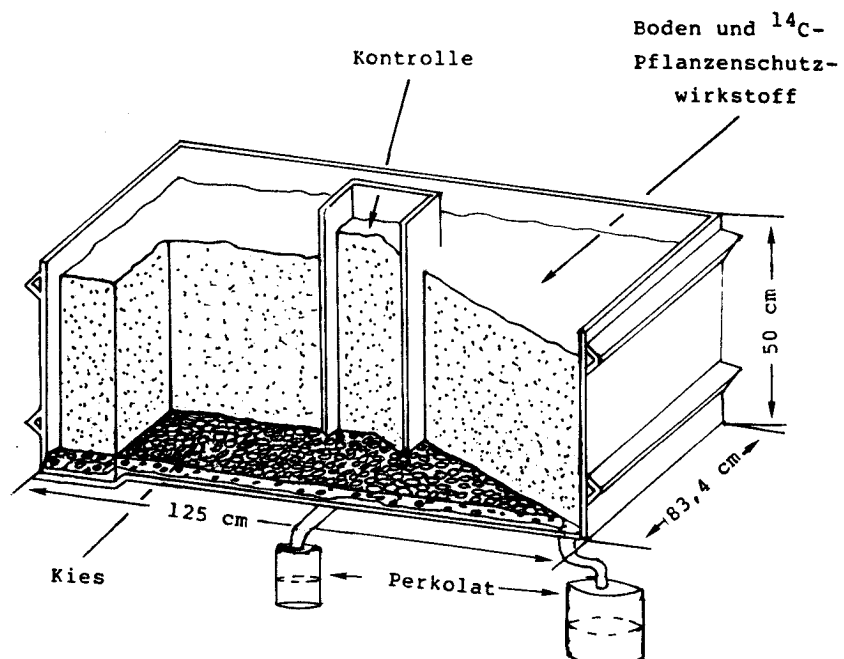


Abb. 1 b: Lysimeter mit eingefülltem Krumenboden

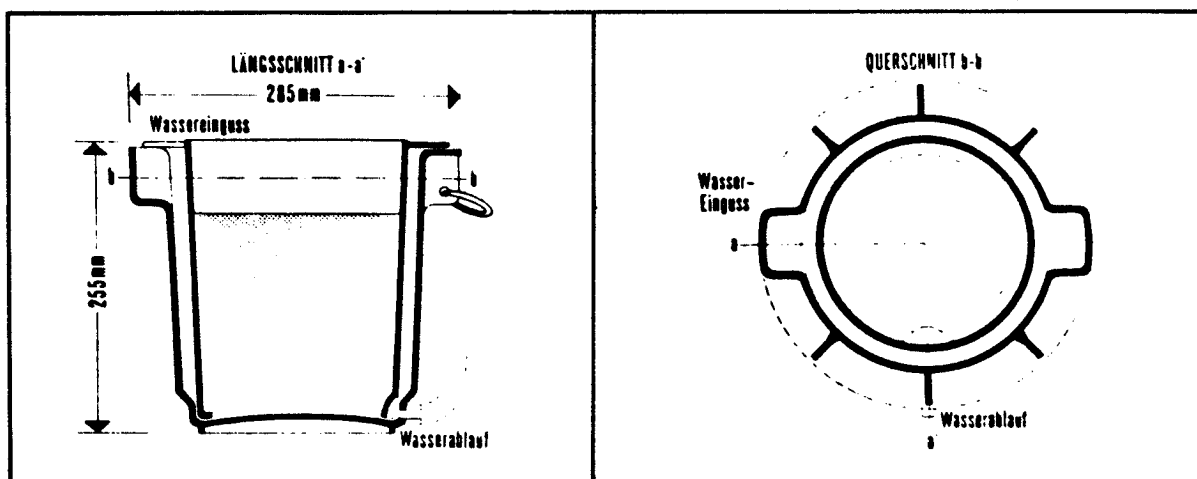


sitzt in der Mitte eingelassen ein Kontroll-Lysimeter mit 400 cm² Nutzfläche (FÜHR et al., 1976). Für die vier 0,5 m² Lysimeter diene ein zusätzliches, im Aufbau aber analoges 0,25 m² Lysimeter als Kontrolle. Durch die Fertigstellung einer neuen Lysimeteranlage konnten im Jahr 1984 erstmals fünf 0,5 m² Lysimeter mit 110 cm tiefen natürlichen Bodenkernen (STEFFENS und FÜHR, 1986) bei den Versuchen eingesetzt werden, die in den Boden innerhalb einer Kleinparzelle versenkbar sind. Der umgebende Pflanzenbestand dient einmal als Kontrolle, zum anderen werden dadurch mögliche Randeffekte wie bei den oberirdisch aufgestellten Lysimetern vermieden. Somit sind in dieser Anlage bestandesmäßig reale Freilandbedingungen zu erreichen. Weiterhin wurde wie im Jahr 1983 ein 1 m² Lysimeter alter Bauart (Abb. 1 b, S. 25) mit in die Versuche einbezogen. Sämtliche Lysimeter standen im Überwachungsbereich „Freigelände“ des Instituts für Radioagronomie der KFA Jülich GmbH.

Gefäßversuch

Ebenfalls im Freigelände des Instituts für Radioagronomie in einem eigens hierfür erstellten Freiluftfoliengewächshaus mit offenen Seiten wurden die Gefäßversuche „System Kick-Brauckmann“ (Abb. 2) durchgeführt¹⁾. Hierbei handelt es sich um das in der landwirtschaftlichen Forschung standardmäßig verwendete Gefäßsystem mit einer Nutzfläche von 363 cm².

Abbildung 2: Versuchsgefäß nach Kick-Brauckmann für Gewächshaus- und Freilandversuche



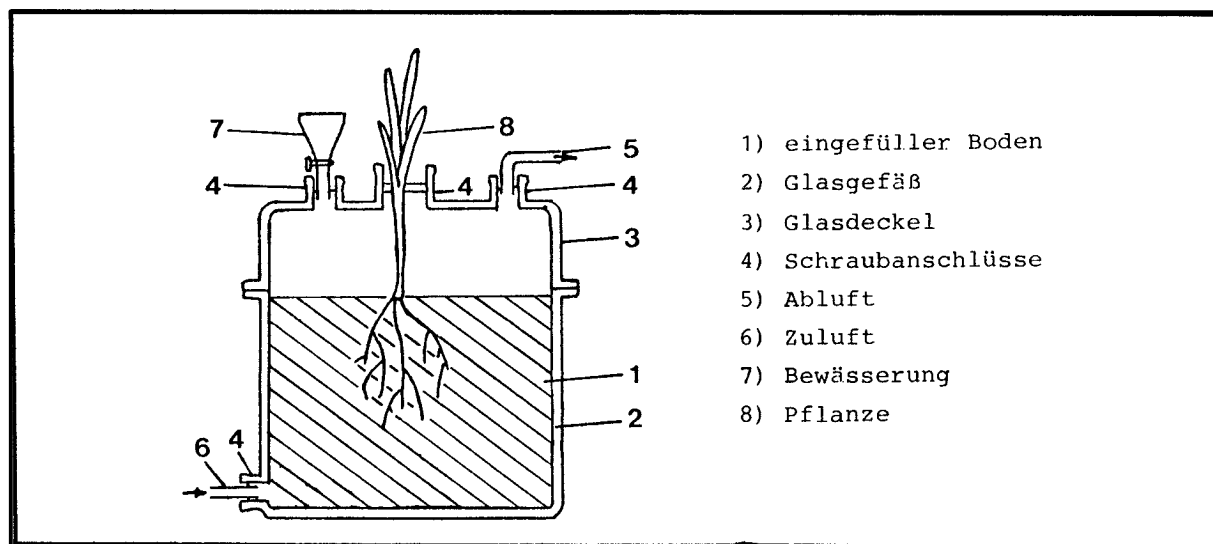
1) Hersteller: Gebr. Baumann; Jahnstr. 2; 8450 Amberg

Mikroökosystemgefäßversuch

Diese Versuche wurden im Isotopengewächshaus des Instituts durchgeführt. Bei den eingesetzten Mikroökosystemgefäßen (MITTELSTAEDT und FÜHR, 1975 a) handelt es sich um speziell angefertigte Glasgefäße (Abb. 3), die bei einem Fassungsvermögen von 1,5 kg Boden und maximal vier Pflanzen eine gasdichte Abtrennung der Wurzel- von der Sproßatmosphäre erlauben. Details sind in neueren Arbeiten von SEIBERT (1981) und SEIBERT und FÜHR (1982) beschrieben.

Im Jahr 1984 wurde bewußt auf den Versuchsteil der Mikroökosystemgefäße verzichtet, weil hier eine Applikation des Wirkstoffs im Nachauflaufverfahren nicht möglich ist. Weiterhin verursacht die Bestockung des Winterweizens erhebliche Probleme bezüglich der sicheren Trennung der Wurzel- von der Sproßatmosphäre. Auch ist ein normales Wachstum bis zur Erntereife in diesen Gefäßen nicht gewährleistet.

Abbildung 3: Mikroökosystemgefäß nach Führ/Mittelstaedt für Versuche mit Pflanzen im Labormaßstab



3.1.1 Versuchsplan

Neben dem Versuchsplan für das jeweilige Herbizidanwendungsjahr (Tab. 1, S. 28) wurde jedes Versuchselement (Parzelle/Lysimeter/Gefäß /Mikroökosystemgefäß) mit einer Kennzahl versehen, wobei der Anfangsbuchstabe die Versuchseinheit angibt (Tab. 1 a - g, S. 29 - 32). Dies war erforderlich, um im Ergebnisteil und beim Nachbau eine eindeutige Zuordnung der Einzelergebnisse auf

Tabelle 1: Versuchsplan 1983/84

Jahr	Versuchseinheit	Wiederholungen bei den Aufwandmengen			
		5 kg/ha	7 kg/ha	10 kg/ha	
1983	Feld	2	2	2	
	Lysimeter 1 m ²	1	-	-	
	Lysimeter 0,5 m ²	2	-	2	
	Gefäße	4	4	4	
	Mikroökosystemgefäße	4	4	4	
		2 kg/ha	3 kg/ha	4 kg/ha	
1984	Feld	2	2	2	
	Lysimeter 1 m ²	1	-	-	
	Lysimeter 0,5 m ²	2	-	2	
	Gefäße	4	4	4	

Tabelle 1 a - g: Benennung der Einzelparzellen bzw. Gefäße

Tabelle 1 a: Feldversuch (1983) - Kennbuchstabe A

Kennzahl	Aufwandmenge kg Goltix/ha	Wiederholung
A 1	5	1.
A 2	5	2.
A 3	7	1.
A 4	7	2.
A 5	10	1.
A 6	10	2.
A 7	0	1.
A 8	0	2.

Tabelle 1 b: Lysimeterversuch (1983) - Kennbuchstabe B

Kennzahl	Aufwandmenge kg Goltix/ha	Wiederholung	Lysimeterart
B 1	5	1.	eingefüllter Krumenboden (45 cm)
B 2	5	1.	gewachsenes Bodenprofil (85 cm)
B 3	5	2.	"
B 4	10	1.	"
B 5	10	2.	"
B 6	0	1.	"
B 7	0	1.	eingefüllter Krumenboden (45 cm)

Tabelle 1 c: Gefäßversuch (1983) - Kennbuchstabe C

Kennzahl	Aufwandmenge kg Goltix/ha	Wiederholung
C 1	5	1.
C 2	5	2.
C 3	5	3.
C 4	5	4.
C 5	7	1.
C 6	7	2.
C 7	7	3.
C 8	7	4.
C 9	10	1.
C 10	10	2.
C 11	10	3.
C 12	10	4.
C 13	0	1.
C 14	0	2.
C 15	0	3.
C 16	0	4.

Tabelle 1 d: Mikroökogefäßversuch (1983) - Kennbuchstabe D

Kennzahl	Aufwandmenge ¹⁾ kg Goltix/ha	Wiederholung
D 1	5	1.
D 2	5	2.
D 3	5	3.
D 4	5	4.
D 5	7	1.
D 6	7	2.
D 7	7	3.
D 8	7	4.
D 9	10	1.
D 10	10	2.
D 11	10	3.
D 12	10	4.
D 13	0	1.
D 14	0	2.
D 15	0	3.
D 16	0	4.

1) Unter Berücksichtigung der Bodenmenge in den Mikroökosystemgefäßen auf das Krumengewicht eines Hektars bezogen

Tabelle 1 e: Feldversuch (1984) - Kennbuchstabe K -----			
Kennzahl	Aufwandmenge kg Tribunil/ha	Wiederholung	
K 1	2	1.	
K 2	2	2.	
K 3	3	1.	
K 4	3	2.	
K 5	4	1.	
K 6	4	2.	
K 7	0	1.	
K 8	0	2.	
Tabelle 1 f: Lysimeterversuch (1984) - Kennbuchstabe L -----			
Kennzahl	Aufwandmenge kg Tribunil/ha	Wiederholung	Lysimeterart
L 1	2	1.	eingefüllter Krumenboden (45 cm)
L 2	2	1.	gewachsenes Bodenprofil (110 cm)
L 3	2	2.	"
L 4	4	1.	"
L 5	4	2.	"
L 6	4	1.	"
L 7	0	1.	eingefüllter Krumenboden

Tabelle 1 g: Gefäßversuch (1984) - Kennbuchstabe M		

Kennzahl	Aufwandmenge kg Tribunil/ha	Wiederholung
M 1	2	1.
M 2	2	2.
M 3	2	3.
M 4	2	4.
M 5	3	1.
M 6	3	2.
M 7	3	3.
M 8	3	4.
M 9	4	1.
M 10	4	2.
M 11	4	3.
M 12	4	4.
M 13	0	1.
M 14	0	2.
M 15	0	3.
M 16	0	4.

die einzelnen Versuchselemente zu gewährleisten.

3.2 Boden

In sämtlichen Versuchseinheiten wurde der Boden aus dem 7,5 ha umfassenden Schlag vom Feldversuchsstandort Merzenhausen eingesetzt. Dabei handelt es sich um eine Parabraunerde aus Löß. Bei den Gefäßversuchen wurde der Boden auf <5 mm und bei dem Mikroökosystemgefäßversuch auf <2 mm gesiebt. Die wesentlichen Kenndaten sind in Tabelle 2 zusammengefaßt. Die Entnahme des Bodens aus dem Versuchsfeld jeweils kurz vor Versuchsbeginn dürfte ebenfalls wesentlich zur Standardisierung der Versuchsbedingungen - es sei hier nur an die Biomasse des Bodens erinnert - beigetragen haben.

Tabelle 2: <u>Kenndaten des verwendeten Bodens (Ap-Horizont)</u>	
Fraktion	Parabraunerde aus Löß
Sand	5,5 %
Schluff	84,6 %
Ton	9,9 %
CaCO ₃	0,1 %
Gesamt-C	1,1 %
pH (0,1 N KCl)	7,1
Wasserkapazität	31,1 %
Austauschkapazität (mval/ 100 g)	8,5
V-Wert	100

3.3 Pflanzenmaterial

Innerhalb der rheinischen Fruchtfolge Zuckerrüben - Winterweizen - Wintergerste wurden in den drei Versuchsjahren 1983 - 85 folgende Sorten eingesetzt:

- Kawevera (pilliertes, zertifiziertes Monogerm Saatgut, gebeizt mit den Wirkstoffen Thiram und Carbofuran)
- Caribo (1. Absaat (TKG: 46,0)), gebeizt mit Arbosan spezial
- Sonja (zertifiziertes Saatgut (TKG: 52,7)), gebeizt mit Baytan universal
- Harry (zertifiziertes Saatgut (TKG: 54,5)), gebeizt mit Baytan universal; wegen starker Auswinterung im Gefäßversuch 1985 Sommergerste nachgesät.

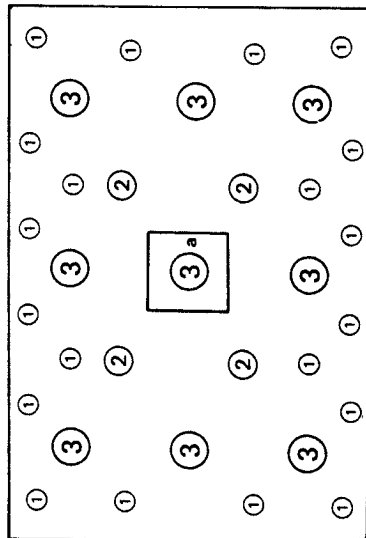
3.3.1 Bestandesdichten

Zuckerrüben (1983)

Im Feldversuch wurde eine Bestandesdichte von 80000 - 90000 Pflanzen je ha angestrebt. Bei den Lysimeterversuchen war es vor der Saat erforderlich, genaue Saatpläne zu entwerfen, um den Anforderungen von insgesamt drei Probenahmeterminen gerecht werden zu können. Um das Risiko von Fehlstellen zu mindern, wurden an jeder Saatposition im Abstand von je 1 cm drei Samen abgelegt, die 34 Tage nach der Applikation des Herbizids vereinzelt wurden. Wie aus den Saatplänen (Abb. 4, S. 35) hervorgeht, waren die Bestandesdichten in den Lysimetern nach dem 2. Probenahmetermin mit denen der Feldparzellen äquivalent. In dem Gefäßversuch wurde analog verfahren, wobei hier bis zum 1. Probenahmetermin maximal fünf Pflanzen je Gefäß wuchsen; dies bedeutet eine erheblich erhöhte Bestandesdichte (Faktor 15) gegenüber dem Feld. Eine einzige Pflanze pro Gefäß mit 363 cm² stellt somit eine um den Faktor 3 erhöhte Bestandesdichte gegenüber dem Feldbestand dar.

Abbildung 4: Saatpläne für die Lysimeter

Abb. 4 a: 1 m² Lysimeter



- 1 = 1. Probenahmeterrn, Pflanzen im 8-Blattstadium:
41 Tage nach [3-¹⁴C] Metamitron-Vorauflaufspritzung
- 2 = 2. Probenahmeterrn, Frühernteprobenerodung:
110 Tage nach [3-¹⁴C] Metamitron-Vorauflaufspritzung
- 3 = 3. Probenahmeterrn, Erntereife:
160 Tage nach [3-¹⁴C] Metamitron-Vorauflaufspritzung
- 3 a = 3. Probenahmeterrn, Kontrollpflanze ohne Metamitron-
Behandlung im 1 m² Lysimeter

Abb. 4 b: 0,5 m² Lysimeter

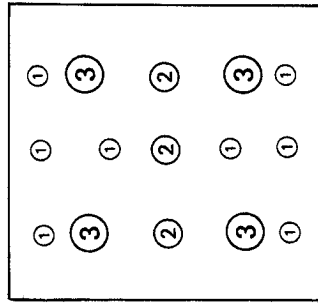
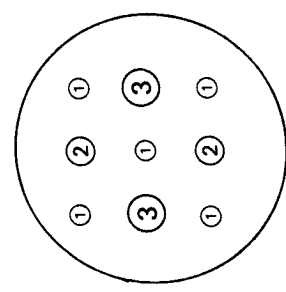


Abb. 4 c: 0,25 m² Lysimeter



Winterweizen (1984)

Hier betrug die Saatstärke 450 Körner pro m^2 ; der Reihenabstand beim Feldversuch war 10,4 cm, in den 0,5 m^2 Lysimetern 11,7 cm und im 1 m^2 Lysimeter 12,3 cm. Im Gefäßversuch wurden 22 Körner äquidistant gesät. Der Saattermin war in allen Versuchseinheiten Mitte November 1983; die Saattiefe belief sich auf 2,5 cm. Bei einer Bodenoberfläche von 363 cm^2 in den Gefäßen hätten 16 Körner pro Gefäß bezogen zur Saatstärke im Feldversuch gesät werden müssen. Die 22 tatsächlich gesäten Körner je Gefäß stellen einen Erfahrungswert dar; er ist als Kompromiß mit dem den Pflanzen zur Verfügung stehenden Standraum von 1000 cm^2 anzusehen (GROSSE-BRAUCKMANN, 1977). Das Bestockungsvermögen des Weizens wie auch der Gerste gewährleistet während der Vegetationsperiode die Gesamtanpassung an den Standraum hinsichtlich der ährentragenden Halme/ m^2 . Ziel dieser Maßnahme war es, die Anzahl ährentragender Halme im Feld-, Lysimeter- und Gefäßversuch standraumbezogen anzugleichen. Die Werte in Tabelle 23 a/b (S. 111) bestätigen den o. a. Erfahrungswert eindrucksvoll.

Wintergerste/Sommergerste (1985)

Die Aussaatmenge für die Sorte Sonja in den Lysimetern betrug 315 Körner je m^2 . In den Gefäßen kam die Sommergerstensorte Harry zur Aussaat, weil hier eine sehr starke Auswinterung der Wintergerste eine Neuansaat erforderlich machte. Hier wurden aus den gleichen Gründen wie beim Winterweizenversuch 22 Körner pro Gefäß äquidistant gesät. Die Reihenabstände und Saattiefen waren bei allen Nachbauversuchen die gleichen wie im Jahr 1984.

3.4 Düngung und Pflanzenschutzmaßnahmen

Alle pflanzenbaulichen Maßnahmen orientierten sich eng an den Maßnahmen im Feld in der vom Landwirt vorgegebenen Weise und wurden analog zu diesen durchgeführt, soweit dies in den einzelnen Versuchseinheiten möglich war. Dabei ließ sich eine zeitliche Verzögerung einzelner Maßnahmen von wenigen Tagen nicht immer vermeiden. Da diese Einzelmaßnahmen nicht in direktem Zusammenhang mit der Versuchsfrage stehen, jedoch Düngung und Pflanzenentwicklung auch einen Einfluß auf die Wurzelaufnahme bzw. Gesamtaufnahme an Pflanzenschutzwirkstoffen haben,

sind im folgenden die Düngermengen summarisch und die Pflanzenschutzmaßnahmen spezifiziert aufgeführt worden. Unter Pflanzenschutzmaßnahmen werden alle Behandlungen außer dem für die Versuchsfrage applizierten Herbizid verstanden.

3.4.1 Düngung

Die Nährstoffgaben im Feldversuch wie auch in den Lysimeterversuchen wurden innerhalb der Fruchtfolge flächenbezogen ausgebracht. Die Summe der Einzelnährstoffe in den einzelnen Jahren 1983 - 85 ist in Tabelle 3 (S. 38) aufgeführt.

In den Gefäßen und den Mikroökosystemgefäßen steht der Pflanze nur ein sehr begrenztes Bodenvolumen zur Verfügung. Dies bedingt eine intensivere Düngung, um die Pflanzen vergleichbar mit Feld- und Lysimeterbedingungen mit Nährstoffen zu versorgen. Deshalb wurden in den Gefäßen die Düngermengen erhöht, und zwar in Anlehnung an die Vorschläge von GROSSE-BRAUCKMANN (1972; 1973 a; 1973 b; 1975; 1977). In den Mikroökosystemgefäßen wurde die Düngergabe entsprechend modifiziert, wobei Nutzungsdauer und Bestandesdichte mit in die Überlegungen einbezogen wurden; die Einzelwerte pro Gefäß sind in Tabelle 3 (S. 38) zusammengefaßt.

3.4.2 Pflanzenschutzmaßnahmen

Durch die zwei unterschiedlichen Standorte (Merzenhausen / IRA-Freigelände) war es notwendig, Pflanzenschutzmaßnahmen teilweise abweichend vom Spritzplan des Feldversuchsstandortes vorzunehmen. Dies ergab sich unter anderem aus der unterschiedlichen Wachstumsgeschwindigkeit in den Gefäßversuchen auf der einen und dem Feld auf der anderen Seite. Als Pflanzenschutzmaßnahme wurde bei bzw. kurz nach der Zuckerrübensaat auf allen Flächen außer bei den Mikroökosystemgefäßen RoNeet^(R) (1,3 l/ha) gegen Ungräser ausgebracht und in den Boden eingearbeitet. Weiterhin erfolgte auf denselben Flächen kurz nach dem Erreichen des frühen Proberodungstermins eine Blattlausbekämpfung mit einer Aufwandmenge von 0,8 l Metasystox R^(R)/ha. In dem Gefäßversuch erwies sich gegen Ende der Versuchsperiode eine zweimalige Spritzung gegen Mehltau mit 0,5 kg Morestan^(R)/ha als notwendig. Bei dem Mikroökosystemgefäßversuch wurde auf Pflanzenschutzmaßnahmen nach dem Einsetzen der Pflanzen zu Versuchsbeginn generell verzichtet.

Für das Versuchsjahr 1984 (Winterweizen) sind in Tabelle 4 (S. 40) die gesamten Behandlungen tabellarisch erfaßt.

Bei dem Nachbau 1985 mit Wintergerste wurde in den Lysimetern im März 1985 2,5 l Catt/ha ausgebracht. In dem Lysimeterversuch war eine Mehltaubekämpfung insgesamt viermal notwendig; hier wurden 0,5 kg Bayleton/ha und alternierend 0,5 l Desmel/ha eingesetzt. Im Gefäßversuch mit Sommergerste wurde eine Mehltaubehandlung nur zweimalig durchgeführt.

3.5 Applikation der beiden Herbizide Goltix und Tribunil

Zur Vereinfachung des folgenden Textes werden folgende Abkürzungen verwendet:

Metamitron : MAT
Desamino-Metamitron: DAM
Methabenzthiazuron : MBT

3.5.1 Chemisch-physikalische Eigenschaften der Wirkstoffe und ¹⁴C-Markierungspositionen

Metamitron ist der Wirkstoff im Handelspräparat Goltix und in diesem zu 70 % enthalten. Die wesentlichen chemischen und physikalischen Eigenschaften des Metamitron (4-Amino-3-methyl-6-phenyl-1,2,4-triazin- 5-(4 H)-on) sind (ANONYM, 1981):

Bruttoformel	:	$C_{10}H_{10}N_4O$
Molare Masse	:	202
Aussehen	:	farblose bis hellgelbe Kristalle
Schmelzpunkt	:	166,6° C (reiner Wirkstoff)
Dampfdruck	:	$<10^{-5}$ mbar (20° C)
Löslichkeit	:	Wasser : 1,82
(in g/1000 ml Lösungsmittel bei 20° C)	:	Dichlormethan : 10 - 30
	:	n-Hexan : <1
	:	2-Propanol : 1 - 10
	:	Toluol : 1 - 10
Stabilität	:	in stark alkalischem Milieu nicht beständig, in saurem Milieu stabil

Tabelle 4 : Pflanzenschutzmaßnahmen während des Versuchszeitraumes 1983/84 mit Tribunil bzw. [carbonyl-¹⁴C]Methabenzthiazuron zu Winterweizen nach Spritzung im Nachaufverfahren.

Präparat	Aufwandmenge (l bzw. kg/ha)	Feldversuch Datum	Lysimeterversuch Datum	Gefäßversuch Datum
Corbel	1,0	10.05.84	29.05.84	29.05.84
U 46/	1,5	31.05.84	31.05.84	31.05.84
Corbel	1,0	31.05.84	05.06.84	05.06.84
Desmel	0,5	-	18.06.84	18.06.84
Corbel	0,5	20.06.84	27.06.84	25.06.84
Demicron 20	0,6	20.06.84	27.06.84	25.06.84
Orthodifulatan	2,5	20.06.84	27.06.84	25.06.84
Desmel	0,5	-	18.07.84	-
Metasystox R	0,8	-	18.07.84	-

Es wurde mit Ausnahme des Feldversuchs bei allen Versuchen [$3\text{-}^{14}\text{C}$]Metamitron (Abb. 5 a, S. 42) eingesetzt. Die radiochemische Reinheit lag bei ca. 97 %.

Der Wirkstoff im Handelspräparat Tribunil ist das Methabenzthiazuron und in diesem zu 70 % enthalten. Die wesentlichen chemischen und physikalischen Eigenschaften des Methabenzthiazuron (1,3-Dimethyl-3-(2-benzthiazolyl)-harnstoff) sind (ANONYM, 1982):

Bruttoformel	:	$\text{C}_{10}\text{H}_{11}\text{N}_3\text{OS}$
Molare Masse	:	221,3
Aussehen	:	farblose Kristalle
Dampfdruck	:	$<10^{-5}$ mbar bei 20°C
Schmelzpunkt	:	$119 - 121^\circ\text{C}$
Löslichkeit	:	Wasser : 0,059
(in g/1000 ml Lösungsmittel bei 20°C)	:	Dichlormethan: 200
	:	n-Hexan : 1 - 2
	:	2-Propanol : 20 - 50
	:	Toluol : 50 - 100

Es wurde mit Ausnahme des Feldversuchs bei allen Versuchen [carbonyl- ^{14}C]Methabenzthiazuron eingesetzt. Die radiochemische Reinheit erreichte hier 98 %. Abbildung 5 b (S. 42) gibt die Strukturformel mit der ^{14}C -Markierungsposition wieder.

3.5.2 Applizierte Wirkstoff- bzw. Radioaktivitätsmengen

Für jede der vier Versuchseinheiten bestand die Notwendigkeit, eine speziell abgestimmte Applikationstechnik anzuwenden. Die Feldparzellen wurden mit einer Spezialspritze mit Goltix bzw. Tribunil gespritzt, wobei die empfohlene Wassermenge von 200 l/ha ausgebracht wurde.

Bei den Lysimetern wurde die Applikation mit einem Zerstäuber aus Glas, wie er in der Chromatographie Verwendung findet, vorgenommen. Stickstoff wurde mit konstantem Druck als Durchflußgas eingesetzt (Wassermenge: 200 l/ha).

Die Spritzung bei den Gefäßversuchen erfolgte mittels einer Retuschierspritze (STEFFENS und WIENEKE, 1974) mit einem maximalen Tankinhalt von 1 ml und unter Verwendung von Stickstoff als Durchflußgas bei konstantem Druck. Die eingesetzte Wassermenge lag hier aus technischen Gründen etwas höher; pro Gefäß wurde 1

Abbildung 5: Strukturformeln und Markierungspositionen (★)
der Wirkstoffe

Abbildung 5 a: (3-¹⁴C)Metamitron

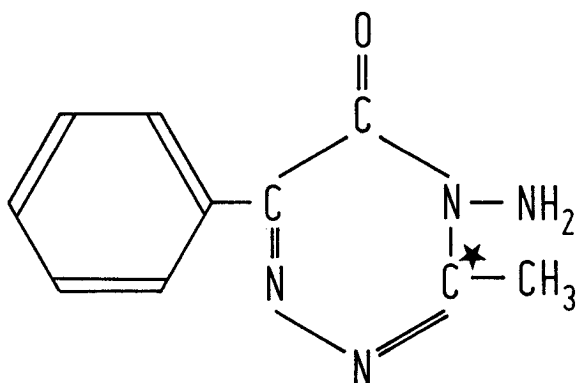
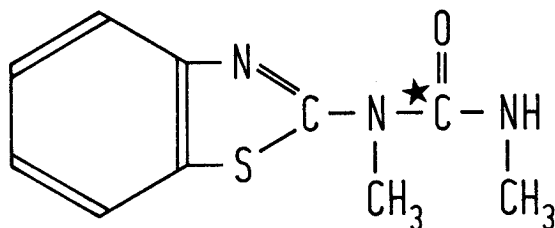


Abbildung 5 b: (Carbonyl-¹⁴C)Methabenzthiazuron



ml ausgebracht (entspricht 275 l Wassermenge/ha).

Die Applikationstechnik für die Mikroökosystemgefäße differierte aus versuchstechnischen Gründen. Hier mußte das radioaktiv markierte Herbizid bei Versuchsbeginn in den Boden eingemischt werden, wie es in derartigen Versuchen generell der Fall ist. Weiterhin erschien es notwendig, die Mengen des applizierten Wirkstoffs nicht nach der Fläche der Mikroökosystemgefäße zu berechnen, sondern auch den Aspekt der Bodentiefe und damit indirekt den der Bodenmenge zu berücksichtigen. Da der Wirkstoff normalerweise zumindest anfangs in der obersten Bodenschicht von 5 cm verbleibt, wurde die Wirkstoffmenge über das Bodengewicht der Ackerkrume dieser oberen 5 cm im Freiland in Bezug zu dem in den Mikroökosystemgefäßen eingefüllten Boden (1,5 kg) unter Berücksichtigung der Aufwandmengen berechnet. Dabei wurde eine Dichte des Bodens von $1,4 \text{ g/cm}^3$ zugrunde gelegt. Mittels eines Küchenmixers (Bosch Typ UM 4) wurde das Herbizid homogen in den Boden eingemischt (Mischzeit 3 x 3 Minuten).

Unmittelbar vor der Applikation wurden den einzelnen Applikationssuspensionen Aliquots von 50 bzw. 100 μl entnommen, um die exakte Applikationsmenge pro Einzelparzelle bzw. -gefäß zu bestimmen. Anschließend erfolgte die Ermittlung der Applikationsverluste in den einzelnen Versuchseinheiten über die Bestimmung der verbliebenen Radioaktivität an den Spritzgeräten und durch Extraktion sowie anschließender Veraschung der Filterpapiere, die zur Erfassung der Abdrift beim Spritzvorgang um die Versuchseinheiten aufgebaut worden waren. Bei den in den Tabellen 5 a - d (S. 44 - 47) angegebenen Radioaktivitätswerten und den daraus ermittelten Herbizidmengen handelt es sich um die nach Abzug der Applikationsverluste tatsächlich applizierten Wirkstoffmengen, die jeweils als Bezugsbasis für Rückstandsberechnungen dienten. Im Lysimeter L6 kam der Wirkstoff mit 6fach höherer spezifischer ^{14}C -Aktivität zum Einsatz, um später das Langzeitverhalten des Methabenzthiazuron in fortführenden Versuchen verfolgen zu können.

Bei den Feldparzellen wurden die Applikationssuspensionen gaschromatographisch überprüft. Dabei wurde vorausgesetzt, daß beim Spritzvorgang im Kernbereich der 2 m breiten Parzellen eine gleichmäßige Verteilung des Wirkstoffs auf der Oberfläche stattgefunden hatte.

Tabelle 5 a: Übersicht über die im Feldversuch und in den Lysimetern eingesetzten Aufwandmengen an Goltix, Metamitron und an ¹⁴ C-Aktivität						
Feldversuch						
Versuchs- einheit	Größe (m ²)	Aufwandmenge Goltix (kg/ha)	Je Versuchseinheit applizierte Wirkstoffmenge (mg)	¹⁴ C-Radioakt. (KBq)	Spez. Radioaktivität des Wirkstoffes (KBq/mg)	
A1+A2	25	5	8750	-	-	
A3+A4	25	7	12250	-	-	
A5+A6	25	10	17500	-	-	
A7+A8	25	0	0	-	-	
Lysimeterversuch						
Versuchs- einheit	Größe (m ²)	Aufwandmenge Goltix (kg/ha)	Je Versuchseinheit applizierte Wirkstoffmenge (mg)	¹⁴ C-Radioakt. (KBq)	Spez. Radioaktivität des Wirkstoffes (KBq/mg)	
B 1	1	5	338,50	27249,4	80,5	
B 2	0,5	5	168,33	15469,9	91,9	
B 3	0,5	5	168,91	15539,8	92,0	
B 4	0,5	10	334,99	15409,6	46,0	
B 5	0,5	10	342,62	15760,5	46,0	

Tabelle 5 b: Übersicht über die im Gefäß- und Mikroökosystemgefäßversuch eingesetzten Aufwand- mengen an Goltix, Metamitron und ¹⁴ C-Aktivität						
Gefäßversuch						
Versuchs- einheit	Größe (cm ²)	Aufwandmenge Goltix (kg/ha)	Je Gefäß applizierte Wirkstoffmenge (mg)	¹⁴ C-Aktivität (KBq)	Spez. Radioaktivität des Wirkstoffes (KBq/mg)	
C 1	363	5	12,21	828,1	67,8	
C 2	363	5	12,14	822,8	67,8	
C 3	363	5	11,79	799,7	67,8	
C 4	363	5	12,05	816,7	67,8	
C 5	363	7	16,91	813,5	48,1	
C 6	363	7	17,12	823,4	48,1	
C 7	363	7	16,89	812,5	48,1	
C 8	363	7	17,17	826,0	48,1	
C 9	363	10	23,73	811,5	34,2	
C 10	363	10	24,28	830,4	34,2	
C 11	363	10	24,14	825,7	34,2	
C 12	363	10	24,29	830,7	34,2	
C13 - C16	363	0	0	0	0	
Mikroökosystemgefäßversuch						
D1 - D4	113	5	7,41	151,1	20,4	
D5 - D8	113	7	10,38	154,6	14,9	
D9 - D12	113	10	14,95	154,0	10,3	
D13- D16	113	0	0	0	0	

Tabelle 5 c: Übersicht über die im Feldversuch und in den Lysimetern eingesetzten Aufwandsmengen an Tribunil, Methabenzthiazuron und an ¹⁴C-Aktivität:

Versuchs- einheit	Größe (m ²)	Aufwandmenge Tribunil (kg/ha)	Je Versuchseinheit applizierte Wirkstoffmenge (mg)	¹⁴ C-Radioakt. (KBq)	Spez. Radioaktivität des Wirkstoffes (KBq/mg)
Feldversuch					
K1+K2	25	2	3500	-	-
K3+K4	25	3	5250	-	-
K5+K6	25	4	7000	-	-
K7+K8	25	0	0	-	-
Versuchs- einheit	Größe (m ²)	Aufwandmenge Tribunil (kg/ha)	Je Versuchseinheit applizierte Wirkstoffmenge (mg)	¹⁴ C-Radioakt. (KBq)	Spez. Radioaktivität des Wirkstoffes (KBq/mg)
Lysimeter- versuch					
L 1	1	2	136,81	36445,2	266,4
L 2	0,5	2	68,31	18203,6	266,5
L 3	0,5	2	67,89	18093,0	266,5
L 4	0,5	4	136,39	18167,4	133,2
L 5	0,5	4	136,95	18241,1	133,2
L 6	0,5	4	137,60	109815,7	798,1

Tabelle 5 d: Übersicht über die im Gefäßversuch eingesetzten Aufwandmengen an Tribunil,
Methabenzthiazuron und ^{14}C -Aktivität

Versuchs- einheit	Größe (cm^2)	Aufwandmenge Tribunil (kg/ha)	Je Gefäß applizierte Wirkstoffmenge (mg)	^{14}C -Aktivität (KBq)	Spez. Radioaktivität des Wirkstoffes (KBq/mg)
M 1	363	2	4,77	1409,7	295,6
M 2	363	2	4,81	1420,8	295,6
M 3	363	2	4,72	1394,9	295,6
M 4	363	2	4,71	1391,2	295,6
M 5	363	3	7,13	1424,5	199,9
M 6	363	3	7,29	1457,8	199,9
M 7	363	3	7,05	1409,7	199,9
M 8	363	3	6,92	1383,8	199,9
M 9	363	4	9,63	1435,6	149,0
M 10	363	4	9,36	1394,9	149,0
M 11	363	4	9,49	1413,4	149,0
M 12	363	4	9,31	1387,5	149,0
M 13	363	0	0	0	0
M 14	363	0	0	0	0
M 15	363	0	0	0	0
M 16	363	0	0	0	0

3.6 Saat- bzw. Pflanz-, Applikations- und Probenahmetermine

Zuckerrüben (1983)

Um die Dynamik der Aufnahme, des Um- und Abbaus und der Mineralisation des Metamitron in der Pflanze und im Boden (KUBIAK, 1986) zu erfassen und um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse in Bezug auf die Versuchsfrage der Übertragbarkeit von Labor- bzw. Gewächshausversuchsergebnissen auf die reale Freilandsituation zu gewährleisten, wurden die Saat- bzw. Applikationstermine der Rüben bzw. des Wirkstoffs in allen Versuchen so einheitlich wie möglich gewählt. Insgesamt wurden drei Probenahmetermine festgelegt. Dabei konnten beim 1. Probenahmetermin nur Blattproben gezogen werden, um die Bodenprobenahmen und die weitere Versuchsdurchführung nicht zu beeinträchtigen. Bei den Gefäßen und vor allem in den Mikroökosystemgefäßen waren die Möglichkeiten von Probenahmen bzw. die Mengen an Probenmaterial durch die Maße der Gefäße sehr begrenzt.

Der 1. Probenahmetermin wurde nach pflanzenphysiologischen Gesichtspunkten ausgewählt. Hier war der Termin das Erreichen des 8-Blattstadiums. Die Pflanzen erreichten dieses Stadium mit Ausnahme des Mikroökosystemgefäßversuchs 41 - 53 Tage nach der Voraufspritzung. In diesem Wachstumsstadium setzt das sekundäre Dickenwachstum der Wurzel ein (WINNER, 1976; GEISLER, 1980). Ein wesentlicher Vorteil der Probenahme nach Wachstumsstadien liegt in der besseren Vergleichbarkeit der Versuchsergebnisse mit anderen Arbeiten auf diesem Gebiet, zumal die Rückstandsberechnungen bei diesem Herbizidwirkstoff auf der Grundlage der Pflanzenfrischmasse basieren.

Der 2. Probenahmetermin entsprach einer Frühernteproberodung und lag 110 - 122 Tage nach der Voraufspritzung mit Metamitron. Als 3. Probenahmetermin wurde die Erntereife der Zuckerrüben gewählt. Sie variierte zwischen 160 und 171 Tage nach der Spritzapplikation des Wirkstoffs. Zu beiden Probenahmeterminen wurde das Pflanzenmaterial in Blatt und Rüben getrennt aufgearbeitet.

Bei den Mikroökosystemgefäßen wurden die Zuckerrübenpflanzen im 2-Blattstadium in die Versuchsgefäße eingesetzt. Die Pflanzen erreichten das 8-Blattstadium bereits nach 22 Tagen. Um auch eine zeitliche Anbindung dieses 1. Probenahmetermins an die anderen Versuchseinheiten zu ermöglichen, wurde jeweils eine Parallele der Versuchsvarianten 42 Tage nach dem Einsetzen der

Pflanzen geerntet.

Tabelle 6: <u>Versuchsdauer und Probenahmetermine im Mikroökosystemversuch:</u> <u>Gleichmäßige Einmischung von $[3-^{14}\text{C}]$Metamitron in den Boden</u>			
Maßnahme	Pflanzen	Datum	Tage n. d. Applikation
MAT-Applikation		27.10.83	-
Einsetzen d. Pflanzen	4 je Gefäß im 2-Blattstadium	27.10.83	-
1. Probenahme	Pflanzen im 8-Blattstadium	18.11.83	22
2. Probenahme	Pflanzen ca. 14 - 16 Blattstadium	08.12.83	42

Winterweizen (1984)

Da es sich bei dem Einsatz des Methabenzthiazuron um eine Pflanzenschutzmaßnahme im Nachauflaufverfahren handelte, wurden mehrere Probenahmeterminen wie 1983 beim Metamitron zu Zuckerrüben nicht realisiert, weil eine Trennung des durch die Pflanzen aufgenommenen Wirkstoffs von dem oberflächlich auf den Blättern anhaftenden Wirkstoff quantitativ nicht bzw. nur teilweise möglich ist. Außerdem sollten im Hinblick auf die gestellte Versuchsfrage die vorgegebenen Bestandesdichten nicht durch unterschiedliche Probenahmen in den einzelnen Versuchseinheiten verändert werden. Somit erfolgte nur zur Erntereife eine Probenahme. Dabei wurde in Korn, Ährenspindel/Spreu und Stroh fraktioniert.

In gleicher Weise erfolgte die Probenahme bei Winterweizen bzw. Wintergerste aus den nachgebauten Lysimeter- und Gefäßversuchen. Sämtliche Applikations-, Saat- (bzw. Pflanz-) und Erntetermine der Feld-, Lysimeter- und Gefäßversuche im Anwendungsjahr der Herbizide sind in Tabelle 7 (S. 51) aufgeführt.

3.7 Probenahme, Probenaufbereitung und Analysenverfahren

3.7.1 Probenahme und Probenaufbereitung

Zuckerrüben (1983)

Unmittelbar nach der Probenahme wurden die Zuckerrüben durch gründliches Waschen mit Wasser von anhaftendem Boden getrennt. Anschließend wurden die Frischgewichte des Pflanzenmaterials bestimmt. Danach wurde das Probenmaterial bei -18°C eingefroren aufbewahrt. Dabei erfolgte beim 1. Probenahmetermin die Zusammenfassung von Blattmassen ganzer Pflanzen für einzelne Proben. Mit Rücksicht auf eventuell entstehende Verluste an Metamitron und wegen der geringen Probenmengen beim 1. Probenahmetermin erfolgte keine Homogenisierung des Probengutes; dies war auch nicht erforderlich, da ca. 75 - 80 % des Gesamtprobenmaterials in einer 1. Analyse und aus Sicherheitsgründen der Rest in der Regel durch eine 2. Analyse vollständig aufgearbeitet wurden. Bei späteren Probenahmeterminen erfolgte vor dem Einfrieren eine maschinelle Zerkleinerung des Pflanzenmaterials

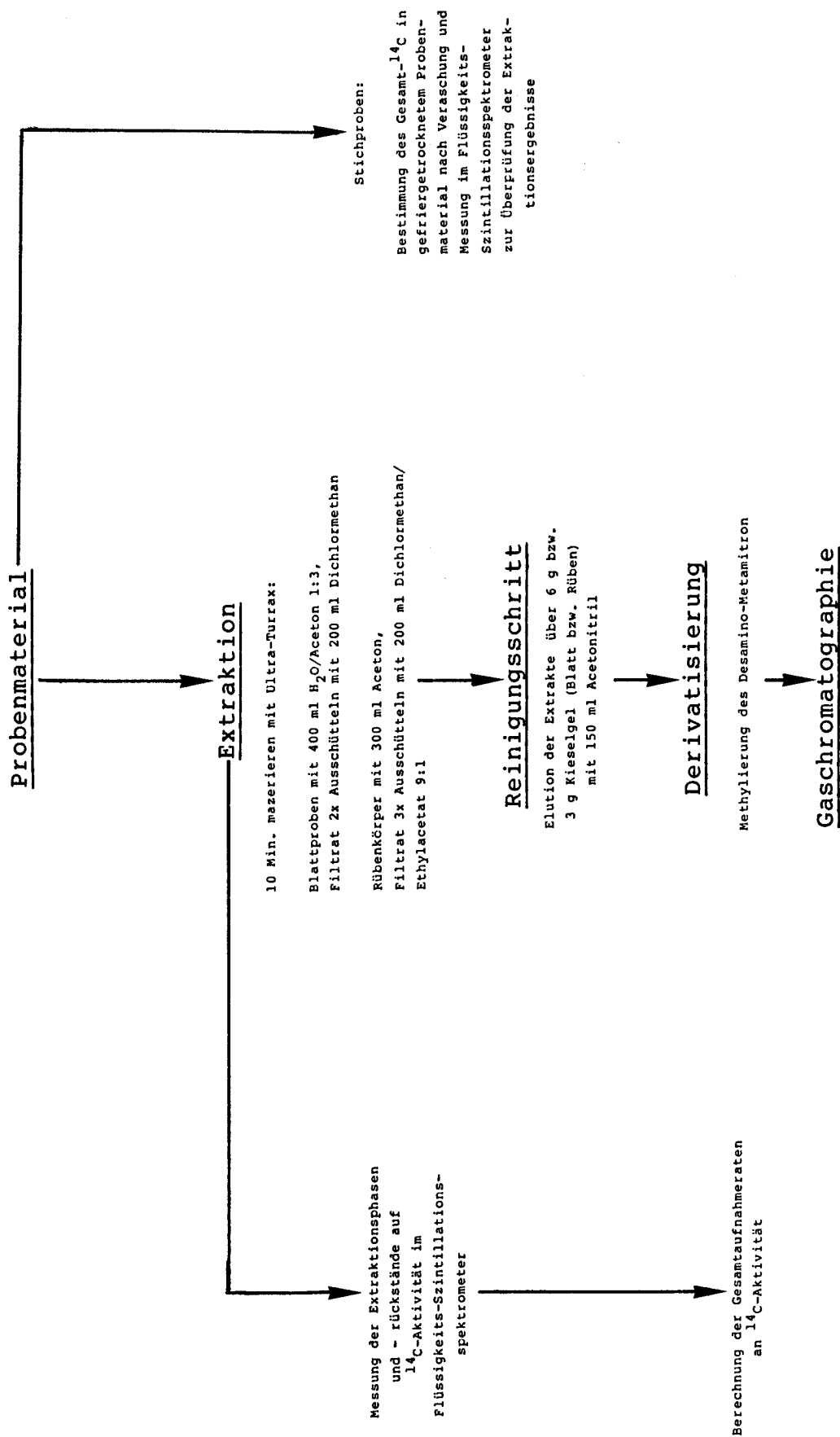
mittels einer handelsüblichen Küchenmaschine (Braun Multiquick, Typ 4250). Analysengerechte Einzelportionen wurden direkt in Plastikgefäße eingewogen, so daß die späteren Extraktionen ohne Zeitverzug durchgeführt werden konnten. Bedingt durch die relative Instabilität des Metamitron (BLECHER et al., 1979) wurden alle Daten auf der Grundlage der Pflanzenfrischmassen berechnet.

Die Extraktion erfolgte nach der Methode von JARCZYK (1983 b). Während des Extraktionsvorganges wurden von allen Extraktionsphasen und extrahierten Pflanzenmaterialien Aliquots zur ^{14}C -Aktivitätsbestimmung entnommen. Die Gesamtgehalte an ^{14}C -Aktivität wurden durch Addition der Einzelkomponenten ermittelt. Zur Überprüfung der so analysierten ^{14}C -Aktivitätsgehalte wurde von einem Teil der Proben des 3. Probenahmetermins gefriergetrocknetes Pflanzenmaterial verascht. Im Vergleich dazu lag die aus den Extraktionsphasen und -rückständen gebildete Summe der ^{14}C -Aktivität bei 93 - 106 % der Werte des gefriergetrockneten Pflanzenmaterials. Die Abbildung 6 a (S. 53) gibt das Aufarbeitungsschema für die Zuckerrüben wieder.

Winterweizen (1984)

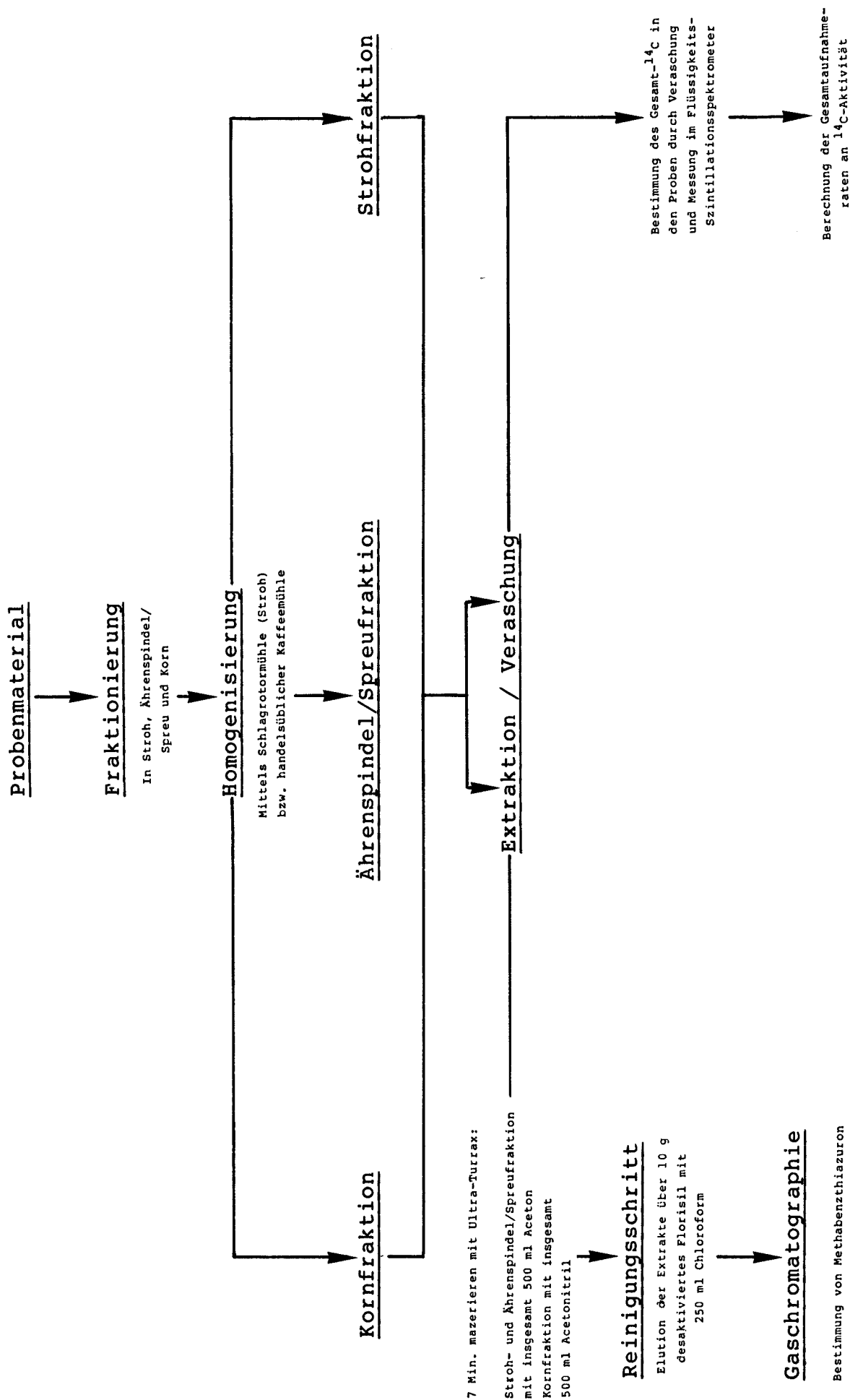
Hier erfolgte nur zur Erntereife aus den unter Punkt 3.6 (S. 48) dargelegten Gründen eine Probenahme. Im Feldbestand betrug die Stichprobe pro Einzelparzelle 250 ährentragende Halme. In den Lysimetern und den Gefäßen wurden die gesamten ährentragenden Halme geerntet, ausgezählt und in die drei Fraktionen Korn, Ährenspindel/Spreu und Stroh aufgeteilt. Das Stroh wurde mittels einer Schlagrotormühle (Retsch, Typ SR 3) zerkleinert und homogenisiert (<0,5 mm), die beiden anderen Fraktionen dagegen mit einer handelsüblichen Kaffeemühle (Krups, Typ 75) gemahlen. Anschließend wurden die jeweiligen Frischgewichte und Trockensubstanzgehalte bestimmt und von allen Proben Aliquots verascht (^{14}C -Aktivitätsbestimmung). Mit Ausnahme der auf den 1983 mit Metamitron behandelten Lysimetern und Gefäßen gewachsenen Pflanzen erfolgte auch die Extraktion von Aliquots aller Proben zur gaschromatographischen Bestimmung an MBT. Das Aufarbeitungsschema für den mit MBT behandelten Winterweizen ist der Abbildung 6 b (S. 54) zu entnehmen.

Abbildung 6 a: Aufarbeitungsschema des Probengutes (Metamitron)



Bestimmung von Metamitron und Desamino-Metamitron

Abbildung 6 b: Aufarbeitungsschema des Probengutes (Methabenzthiazuron)



Winter- bzw. Sommergerste (1985)

Hier erfolgte die Probenahme und -aufbereitung analog zum Winterweizen. Es wurden hier nur die ^{14}C -Gehalte mittels Veraschung bestimmt.

3.7.2 ^{14}C -Aktivitätsbestimmung

Zur Bestimmung der ^{14}C -Aktivitätsgehalte wurden Pflanzenproben und Filterpapiere im Sample Oxidizer (Packard 306) verascht und die mit Szintillator (Packard Permafluor, 12 ml) vermischte $^{14}\text{CO}_2$ -Absorberflüssigkeit (Packard Carbosorb, 9 ml) im Flüssigkeits-Szintillationsspektrometer (Packard 460 C) gemessen. Beim Pflanzenmaterial wurden je nach Erfordernis 300 - 500 mg Substanz auf 200 mg Zellulosestuch (Kimberly-Clark) zu Pillen gepreßt (Parr-Instruments). Mit den Filterpapieren wurde analog verfahren. Die jeweiligen Veraschungszeiten schwankten in Abhängigkeit von Art und Menge des Materials zwischen 60 - 150 Sekunden pro Probe. Die Meßausbeute wurde mit ^{14}C -Standards ermittelt, die 73 - 75 % betrug. Mit Hilfe von Quenchkurven wurden die Zählraten der Proben mit der externen Standardmethode als Zerfälle pro Minute errechnet.

Wäßrige Phasen wurden nach Zusatz von 10 ml Instagel (Packard) ebenfalls im Flüssigkeits-Szintillationsspektrometer (LSC) gemessen. Aliquots der organischen Lösungsmittel wurden nach dem Abdampfen des Lösungsmittels in 10 ml Szintillatormischung (7 g PPO¹⁾ + 0,3 g Dimethyl-POPOP²⁾ / 1 Toluol) aufgenommen und im LSC gemessen. Auch bei den wäßrigen Proben und den Toluol-Proben wurden jeweils entsprechende Quenchkurven erstellt und die Proben im LSC mit der externen Standardmethode gemessen.

1) 2,5-Diphenyloxazol (Merck)

2) 2,2'-p-Phenylbis(4-methyl-5-phenyloxazol) (Merck)

3.7.3 Gaschromatographie

Bei den gaschromatographischen Messungen wurde nach den von JARCZYK (1972; 1983 b) ausgearbeiteten Verfahren ausgegangen, wobei einige Modifikationen vorgenommen wurden. Bei allen Analysen kam der Gaschromatograph der Firma Hewlett-Packard (Modell 5840 A) zum Einsatz.

Metamitron

Ein wesentlicher Unterschied zur Methode von JARCZYK (1983 b) war, daß alle Messungen mit einem internen Standard durchgeführt wurden, und zwar mit dem Wirkstoff Buechel 0620 (Bis-phenyl-(3-Trifluormethyl-phenyl-1-(1,2,4-triazolyl))-methan). Die Extrakte wurden kurz vor der gaschromatographischen Messung in mit definierter Menge an internem Standard versetztem Lösungsmittel aufgenommen. Weiterhin wurde ein Zeit-Temperaturprogramm für die Messungen gewählt, um eine bessere Peaktrennung zu erreichen. In Abbildung 7 a (S. 57) ist ein charakteristisches Chromatogramm dargestellt, bei dem je 20 ng Desamino-Metamitron, Metamitron und Buechel 0620 als Reinsubstanzen chromatographiert wurden. Dabei wurden für die drei Substanzen folgende Retentionszeiten ermittelt:

Desamino-Metamitron	: 5,07 Min.
Metamitron	: 6,51 Min.
Buechel 0620	: 7,47 Min.

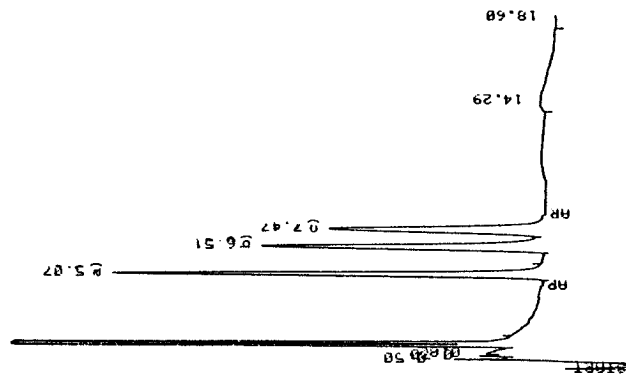
Die Analysenbedingungen waren bei den Metamitron-/Desamino-Metamitron-Messungen wie folgt:

Temperatur 1	: 245° C
Zeit 1	: 2 Min.
Temperaturerhöhung	: 0,5° C/Min.
Temperatur 2	: 250° C
Zeit 2	: 7 Min.
Injektionstemperatur	: 320° C
N-Fid-Temperatur	: 320° C
Flow	: 50 ml/Min. $\pm$ 1 ml/Min.
H ₂	: 4 ml/Min.
Synth. Luft	: 110 ml/Min.
Trennsäule	: Glassäule, 200 cm Länge, i. D. 2,2 mm
Stationäre Phase	: 8 % OV 61 auf Chromosorb W 17 W/DMCS 80/100 mesh

Die Wiederfindungsraten für Metamitron und Desamino-Metamitron lagen zwischen 85 und 90 %. Sie wurde wie folgt bestimmt: unbehandelte Kontrollpflanzen wurden nach Zusatz bekannter Mengen an MAT und DAM dem normalen Extraktionsgang unterworfen und die gaschromatographisch bestimmten Mengen in den Extrakten an MAT und DAM dazu in Relation gesetzt. Die ermittelten Metamitron-

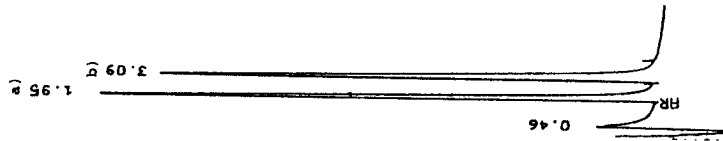
Abbildung 7: Reinsubstanzchromatogramme

Abb. 7 a: Charakteristisches Chromatogramm
von Metamitron- und Desamino-Me-
tamitron mit internem Standard



- a) Desamino-Metamitron
- b) Metamitron
- c) Buechel 0620

Abb. 7 b: Charakteristisches Chromatogramm
von Methabenzthiazuron mit internem
Standard



- a) Methabenzthiazuron
- b) Metribuzin

und Desamino-Metamitron-Rückstandswerte wurden entsprechend den jeweiligen Wiederfindungsraten korrigiert.

Mit diesem Verfahren konnte als geringste Menge 1,0 ng an MAT wie auch DAM reproduzierbar gemessen werden. Die Nachweisgrenze lag mit diesem Verfahren bei 2 μ l Einspritzvolumen und bezogen auf das Endvolumen der Extrakte bei 0,01 mg/kg Fr.M. . Bei den Analysen des R benblattes (1. Probenahmetermin) aus dem Lysimeterversuch war es erforderlich, diese Nachweisgrenze durch Erhöhung des Einspritzvolumens auf 3 μ l und Senkung der Endvolumina der Extrakte auf bis zu 0,5 ml bis auf maximal 0,002 mg/kg zu senken. Dieser erhöhte Aufwand war aber nur für diese begrenzte Probenmenge notwendig und zugleich vertretbar.

Methabenzthiazuron

Auch bei diesen Analysen wurde mit einem internen Standard gearbeitet, und zwar mit dem Metribuzin (4-Amino-6-tert-butyl-3-(methylthio)- 1,2,4-triazin-5-on). In Abbildung 7 b (S. 57) ist ein charakteristisches Chromatogramm dargestellt, bei dem je 20 ng Methabenzthiazuron und Metribuzin als Reinsubstanzen chromatographiert wurden. Die Retentionszeiten betrugen bei Einhaltung der weiter unten aufgestellten Analysenbedingungen für die beiden Verbindungen MBT und Metribuzin 1,95 bzw. 3,12 Minuten. Nach JARCZYK (1984) wird das MBT durch die hohen Temperaturen im Einspritzblock des Gaschromatographen pyrolysiert, so daß mit dem Ausgangswirkstoff auch durch Veränderung der Seitenkette entstandene Metabolite im selben Peak erfaßt werden. Die geringste reproduzierbar meßbare Menge lag mit diesem Verfahren bei 2,0 ng. Die Wiederfindungsrate erreichte 85 - 90 % (Bestimmung analog zum Metamitron).

Für die Analysen wurden folgende Bedingungen eingehalten:

Temperatur	: 190 ^o C
Zeit	: 7 Min.
Injektiontemperatur	: 265 ^o C
N-Fid-Temperatur	: 325 ^o C
Flow	: 50 ml/Min. $\pm$ 1 ml/Min.
H ₂	: 4 ml/Min.
Synth. Luft	: 110 ml/Min.
Trennsäule	: Glassäule, 200 cm Länge, i. D. 2,2 mm
Stationäre Phase	: 1,5 % OV 101 + 0,5 % Versamid 900 auf Gaschrom Q 80/100

Die Nachweisgrenze lag mit diesem Verfahren und bezogen auf das Endvolumen von 2 ml Lösungsmittel für die Extrakte bei 0,02 mg/kg Pflanzentrockenmasse.

Die Meßmethodik mit einem internen Standard hat folgende Vorteile:

- unterschiedliche Einspritzvolumina wirken sich in bestimmten Grenzen bei interner Kalibrierung nicht bzw. nur unwesentlich auf das Analysenergebnis aus,
- die Anzahl der Analysenchromatogramme wird um die externen Standardchromatogramme vermindert,
- geringfügige Änderungen in der Meßempfindlichkeit des Detektors werden direkt im Analysenchromatogramm erfaßt und damit wird letztendlich die Analysengenauigkeit erhöht,
- das Verhältnis der Retentionszeiten bleibt zwischen den Substanzen konstant, auch wenn sich durch manuelle Bedienung absolut geringe Abweichungen ergeben; dadurch wird die Sicherheit bei der Peakidentifizierung erhöht.

3.8 Klimadaten

Wesentliche Einflußfaktoren für den mikrobiellen Abbau von Pflanzenschutzmittelwirkstoffen sind die Bodenfeuchte und die Bodentemperatur. Dies gilt auch für die Wirkstoffe Metamitron und Methabenzthiazuron (FÜHR und MITTELSTAEDT, 1979). Bei der Wurzelaufnahme von bodenapplizierten Wirkstoffen entsteht eine Konkurrenzsituation mit den Mikroorganismen um den in der Bodenlösung bioverfügbaren Anteil eines Wirkstoffs. Dieses Lösungsgleichgewicht zwischen fixierten und gelösten Wirkstoffanteilen ist von der Temperatur und der Bodenfeuchte abhängig, wie umgekehrt Bodenfeuchte und Temperatur auch die Adsorption (KERPEN und SCHLESER, 1980) und somit auch die Aufnahme durch die Pflanzen beeinflussen (LAERMANN und HEITEFUSS, 1974 b) wird. Deshalb wurde in allen Versuchseinheiten die Bodentemperatur in verschiedenen Tiefen gemessen. Im Feld, in den 1 m²

Lysimetern und in den Gefäßen wurde die Bodenfeuchte registriert und teilweise kontrolliert (Berechnung). Weiterhin erfolgte die Aufzeichnung der gesamten Niederschlagsmengen bzw. Gießwassermengen in den Versuchseinheiten.

Die meisten Wirkstoffe werden aus der Bodenlösung über die Wurzeln mit der Bodenlösung aufgenommen und danach mit dem Transpirationsstrom im Xylem in die oberirdischen Pflanzenorgane verlagert. Dies gilt für das MAT bei Zuckerrübenpflanzen (MÜLLER und SANAD 1976) ebenso wie für das MBT bei Winterweizen (COLLET und PONT, 1974). In Ergänzung der Aufzeichnung der verbrauchten Wassermengen wurde deshalb auch die Lufttemperatur und die relative Luftfeuchtigkeit gemessen. Tabelle 8 (S. 61) gibt den Meßumfang der Bodenfeuchte- und -temperaturmessungen wieder.

Lufttemperatur und -feuchte: Meßgeräte

Zur Messung der Lufttemperatur und -feuchte wurde beim Feldversuch ein Psychrometer nach Frankenberger mit elektrischem Ventilator der Firma Lambrecht KG eingesetzt. Die Messung wird auf fernelektrischem Weg durch zwei elektrisch ventilierte Platin-Hartglas-Widerstandsthermometer erreicht, wobei die wahre sowie die Feuchtttemperatur gemessen werden. Wegen der Ventilation und des speziellen Strahlungsschutzes ist es möglich, begleitende Störfaktoren wie Witterung, Himmels- und Bodenstrahlung auszuschließen. Die Temperatur- und Feuchtemeßwerte wurden am Feldversuchsstandort mit einem Kompensationspunktschreiber (Hartmann und Braun) aufgezeichnet.

Für das Freigelände des Instituts für Radioagronomie wurden die Daten der Lufttemperatur und -feuchte von der Wetterstation der KFA Jülich GmbH übernommen, die in einer Meßstation bei einem Meßpunkt (2 m über dem Boden) ermittelt wurden.

Bodentemperatur: Meßgeräte

Die Messung der Temperatur in den einzelnen Bodenschichten erfolgte mit Widerstandsthermometern. In 10 cm Bodentiefe wurden Meßwiderstände der Firma Heraeus, Modell Pt 100 Gx 623, verwendet, für die 30 cm und 50 cm tiefen Meßpunkte Kabelwiderstandsthermometer des Modells Pt 100 (DIN 43760). Alle Temperaturen wurden kontinuierlich von einer Digicett-Anlage erfaßt; die

Tabelle 8: Meßpunkte in den einzelnen Versuchseinheiten

Bodentemperaturmessung 1983

Einheit/ Meßpunkt	Feld	1 m ² Lysimeter	0,5 m ² Lysimeter	Pflanzen- kulturgef.
Boden- tiefe cm	10	10	10	10
	30	30	30	-
	50	-	50	-

Bodentemperaturmessung 1984

Einheit/ Meßpunkt	Feld	1 m ² Lysimeter	0,5 m ² Lysimeter	Kontroll- fläche	Pflanzen- kulturgef.
Boden- tiefe cm	10	10	10	10	10
	30	30	30	30	-
	50	-	50	50	-

Bodenfeuchtemessung 1983/84

Einheit/ Meßpunkt	Feld	1 m ² Lysimeter
Boden- tiefe cm	10	10
	30	30
	50	-

Aufzeichnung der Daten erfolgte beim Feldversuch mittels eines Kompensationspunktschreibers (Hartmann und Braun) und beim Lysimeterversuch im Freigelände des Instituts für Radioagronomie wurde ein Kompensograph (Siemens) eingesetzt. In den einzelnen Versuchseinheiten ergaben sich je nach Art der Bodentiefe zwangsläufig verschiedene Meßumfänge (Tab. 8, S. 61).

Bodenfeuchte: Meßgeräte

Die Erfassung der Bodenfeuchtigkeit erfolgte mittels Tensiometern. Sie boten den Vorteil eines vertretbaren Kosten- und Wartungsaufwandes. Die Nachteile der Tensiometer sind bekannt - wie das Abreißen der Saugspannung bei zu trockenem Boden oder die nicht mehr gewährleistete exakte Messung bei zu hoher Bodenfeuchtigkeit.

Es wurden Tensiometer der Firma Thies Clima mit Druckmanometern zur visuellen Kontrolle bzw. zum Ablesen der Saugspannungswerte verwendet. Zur Umwandlung der Saugspannungen in elektrische Spannungen wurden im Feldversuch piezoresistive Drucksensoren der Firma Honeywell eingesetzt. Im 1 m² Lysimeter wurden die Werte täglich abgelesen. Dort wie auch im Feld waren die Tensiometer in 10 cm, 20 cm und 30 cm Krumentiefe platziert.

Bei den Gefäßversuchen wurde die von den Pflanzen verbrauchte Wassermenge durch Wiegen der Gefäße täglich ermittelt. Die verbrauchte Wassermenge (Wurzelaufnahme und Evaporation) wurde unter Berücksichtigung des Pflanzenmassenzuwachses täglich ersetzt. Dabei wurde anfangs die Bodenfeuchte auf ca. 55 %, später auf ca. 60 % der maximalen Wasserkapazität des Bodens eingestellt. Bei den Mikroökosystemgefäßen wurde analog verfahren, nur war es hier wegen der geringen Bodenmenge notwendig, die Bodenfeuchte anfangs täglich auf 60 % und später zweimal pro Tag durch Gießen auf 65 % der maximalen Wasserkapazität einzustellen.

Meßdatenauswertung

Die Auswertung aller Meßdaten erfolgte für die Daten des Feldversuchs manuell, für die Daten des Freigeländes über EDV. Auf Grund dessen und auch wegen der Vergleichbarkeit dieser Daten mit denen der KFA - Wetterstation wurden für alle Auswertungen nur die Meßwerte eines jeden Tages von 7.40 Uhr, 14.40 Uhr und 21.40 Uhr für die einzelnen Tagesmittelwerte berücksichtigt.

Für die Bodenfeuchtemeßwerte im 1 m² Lysimeter im Instituts-freigelände stand in der Regel pro Tag für jede der angegebenen Bodentiefen nur ein Meßwert zur Verfügung.

3.9 Auswertung

Bei der Berechnung der MAT- und MBT-Äquivalente wurde von der jeweils applizierten ¹⁴C-Aktivität ausgegangen und mit Hilfe der spezifischen Aktivität der applizierten Wirkstoffe wurden Wirkstoff-Äquivalente pro kg Trocken- bzw. Frischmasse errechnet. Bei den Nachbauversuchen innerhalb der Fruchtfolge war die Berechnungsgrundlage ebenfalls die ursprünglich eingesetzte ¹⁴C-Aktivität pro Einzelgefäß bzw. pro Lysimeter. Die Werte der Kontrollpflanzen beziehen sich auf die jeweilige spezifische ¹⁴C-Aktivität in den Versuchspflanzen, die auf 100 % als Bezugsbasis gesetzt wurden.

Für die Rückstandsberechnungen der gaschromatographischen Werte dienten bei allen Versuchen die applizierten Wirkstoffmengen, wobei im Feldversuch davon ausgegangen wurde, daß im Kernbereich der 25 m² Parzellen keine Verluste auftraten.

Die Berechnungen erfolgten mittels eigens dafür entwickelter bzw. adaptierter Programme auf einem PDP-11/34A Rechner (DEC). Die statistische Verrechnung der Daten wurde im Zentralinstitut für angewandte Mathematik der KFA Jülich durchgeführt. Zur Varianzanalyse wurde das Programm GLM aus der Programmbibliothek des SAS verwendet; nach dem F-Test wurde für die einzelnen Vergleiche der multiple Mittelwertvergleich nach Student-Newmann-Keuls durchgeführt.

Folgende Stufen der statistischen Sicherheit wurden bei den Varianzanalysen unterschieden:

- a) Überschreitungswahrscheinlichkeit $P < 5 \%$
Symbol *; Bezeichnung: signifikant
- b) Überschreitungswahrscheinlichkeit $P < 1 \%$
Symbol **; Bezeichnung: hoch signifikant
- c) Überschreitungswahrscheinlichkeit $P < 0,1 \%$
Symbol ***; Bezeichnung: sehr hoch signifikant

4. Ergebnisse

4.1 Metamitron

Auf der Basis der spezifischen Radioaktivität des applizierten [3-¹⁴C]Metamitron wurden Rückstandsäquivalentmengen in den einzelnen Pflanzenproben berechnet, jeweils ausgedrückt in mg Metamitron-Äquivalente / kg Pflanzenfrischmasse (Fr.M.), im weiteren auch als MAT-Äquivalente bezeichnet.

4.1.1 MAT-Äquivalente in Zuckerrüben

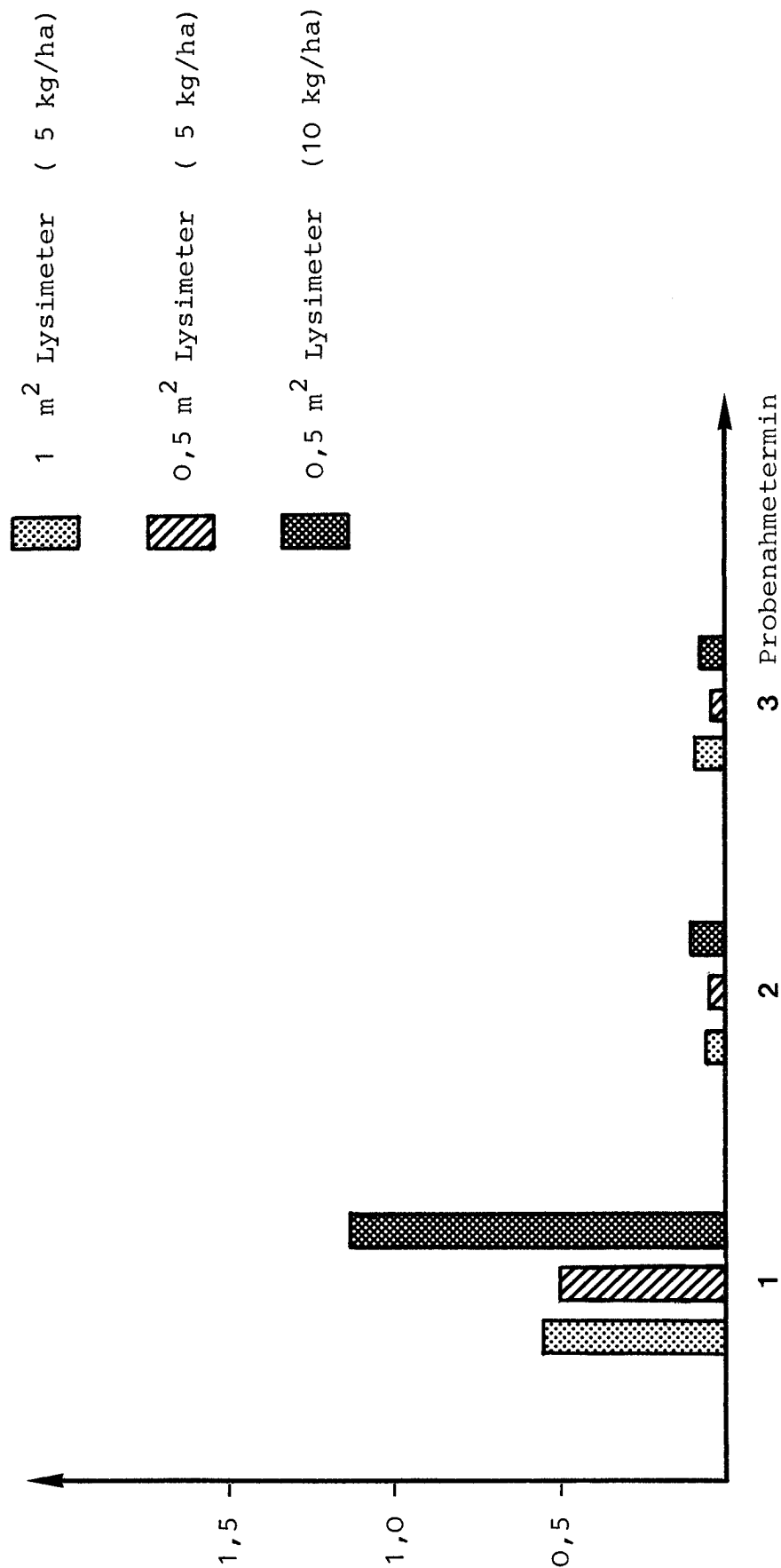
4.1.1.1 Lysimeterversuch

Beim 1. Probenahmetermin, 41 Tage nach der Applikation des [3-¹⁴C]Metamitron wichen die MAT-Äquivalente von 0,48 mg/kg Fr.M. (Tab. 9, S. 65 und Abb. 8, S. 66) als Mittelwert der zwei mit 5 kg Goltix/ha behandelten 0,5 m² Lysimeter (B2/B3; 85 cm ungestörte Bodenprofile) kaum von den MAT-Äquivalenten von 0,54 mg/kg Fr.M. des ebenfalls mit 5 kg Goltix/ha behandelten 1 m² Lysimeters ab (B1, 45 cm eingefüllter Krumenboden). Der Mittelwert von 1,58 mg/kg Fr.M. der mit 10 kg Goltix/ha behandelten Lysimeter B4 und B5 (85 cm ungestörte Bodenprofile) liegt auf dem 3fachen Niveau der mit 5 kg/ha behandelten Lysimeter (B1 - B3). Da im Lysimeter B5 die Pflanzenfrischmasse nur 87,9 g betrug, kann dieser Mittelwert von 1,58 mg/kg Fr.M. als nicht repräsentativ angesehen werden. Unter Berücksichtigung der mittleren Pflanzenfrischmassen der geernteten Pflanzenproben sowie der Anzahl pro Flächeneinheit geernteten Blattproben stellt sich die Rückstandssituation einheitlicher dar, weil die Frischmassen der Blattproben von acht Pflanzen der Lysimeter B2 - B4 im Durchschnitt bei 167,4 g, im Lysimeter B5 jedoch nur bei 87,9 g lagen, woraus sich der erhöhte Mittelwert (B4 / B5) der MAT-Äquivalente ergibt. Der auf der o. g. Basis korrigierte Wert beträgt 1,13 mg/kg Tr.M. .

Absolut betrachtet enthielten die geernteten Blattproben pro Pflanze in etwa gleiche Mengen an ¹⁴C-Aktivität. Bei doppelter Herbizidaufwandmenge ergaben sich in den Blattproben bei gleichen Bestandesdichten (Lysimeter B2, B3, B4, B5) und gleichen Pflanzenentwicklungsstadien geringfügig höhere Werte über dem 2fachen Niveau bezogen zur einfachen Aufwandmenge (Tab. 9, S. 65 und Abb. 8, S. 66).

Abb. 8: MAT-Äquivalente im Zuckerrübenblatt des Lysimeterversuchs 1983 (41, 110 und 160 Tage nach der Voraufspritzung mit $[3-^{14}\text{C}]\text{Metamitron}$)

MAT-Äquivalente
(mg/kg Fr.M.)



Abschließend ist anzumerken, daß beim 1. Probenahmetermin aus den unter 3.6 (S. 48) aufgeführten Gründen nur Blattproben gezogen wurden.

Ab dem 2. Probenahmetermin, 110 Tage nach der Applikation des [3-¹⁴C]Metamitron, wurden die Pflanzen in Blatt und Rüben unterteilt (Tab. 10, S. 68 und Abb. 9, S. 69). Die MAT-Äquivalente lagen bei den Blattproben der 0,5 m² Lysimeter B2 / B3 in der Variante mit 5 kg Goltix/ha bei 0,04 mg/kg Fr.M., in der Variante mit 10 kg Goltix/ha bei 0,1 mg/kg Fr.M.. Der Wert von 0,05 mg/kg Fr.M. der Blattproben im 1 m² Lysimeter (B1, 5 kg Goltix/ha) liegt hier im Bereich der Werte der in gleicher Höhe behandelten 0,5 m² Lysimeter (B2/B3). Die MAT-Äquivalente in den Blattproben nahmen im Vergleich zum 1. Probenahmetermin deutlich ab, und zwar um den Faktor 10.

Die MAT-Äquivalente in den Zuckerrüben lagen bei der niedrigen Aufwandmenge im Mittel bei 0,05 mg/kg Fr.M., bei der hohen Aufwandmenge im Mittel bei 0,11 mg/kg Fr.M.. Im eingefüllten Lysimeter (B1, 5 kg Goltix/ha) betrug der Wert 0,10 mg/kg Fr.M., ein Wert, der entgegen den Erwartungen dem in den beiden Lysimetern mit je 10 kg Goltix/ha nahezu entspricht.

Zur Erntereife (3. Probenahmetermin, 160 Tage nach der Applikation des [3-¹⁴C]Metamitron) waren die MAT-Äquivalente in den Blattproben der Lysimeter geringfügig unter denen des 2. Probenahmetermins (Tab. 11, S. 70), wobei nur in dem eingefüllten Lysimeter (B1) ein erhöhter Wert gegenüber dem 2. Probenahmetermin zu verzeichnen war. Der Mittelwert für die Blattproben der Lysimeter mit der niedrigen Aufwandmenge betrug 0,03 mg/kg Fr.M., für die hohe Aufwandmenge 0,06 mg/kg Fr.M.. Im 1 m² Lysimeter (B1, 5kg/ha Aufwandmenge) wurde 0,08 mg/kg Fr.M. für die Blattproben gemessen, ein Wert, der wie bei den Proben der Rübenkörper des 2. Probetermins deutlich nach oben hin abweicht.

In den Rüben waren die MAT-Äquivalente dagegen im Vergleich zum 2. Probenahmetermin konstant. Auch hier ist im eingefüllten Lysimeter (B1) ein dem Trend entgegengesetztes Rückstandsverhalten zu beobachten. Der Mittelwert der Lysimeter B2 / B3 betrug für die Proben der Rüben 0,05 mg/kg Fr.M., für die Lysimeter B3 / B4 0,11 mg/kg Fr.M.. Im Lysimeter B1 lag der Wert der MAT-Äquivalente bei 0,06 mg/kg Fr.M.. Hier verringerte sich der Rückstandswert gegenüber dem 2. Probenahmetermin (Tab. 11, S. 70 und Abb. 9, S. 69). Die Ernteerträge des Lysimeterversuchs sind in Tabelle 12 (S. 71) zusammengefaßt.

Tabelle 10, Lysimeterversuch: ^{14}C -Aktivität in Blättern und Zuckerrüben 110 Tage nach Vorauf- spritzung mit $[3-^{14}\text{C}]$ Metamitron. Applizierte ^{14}C -Aktivität= 100%						
Lysimeter Nr.	Aufwandmenge kg Goltix/ha	^{14}C -Aktivität % in Blättern MAT*-Äquivalente (mg/kg Frischmasse)	^{14}C -Aktivität % in Rüben MAT*-Äquivalente (mg/kg Frischmasse)	Gesamt- ^{14}C in Blättern u. Rüben %		
B 1	5	0,03	0,05	0,03	0,10	0,06
B 2	5	0,05	0,04	0,03	0,05	0,08
B 3	5	0,05	0,04	0,04	0,04	0,09
Mittel	-	0,05	0,04	0,04	0,05	0,09
B 4	10	0,06	0,11	0,03	0,10	0,09
B 5	10	0,03	0,08	0,02	0,11	0,05
Mittel	-	0,05	0,10	0,03	0,11	0,07
* Berechnet auf der Grundlage der spezifischen Radioaktivität des applizierten $[3-^{14}\text{C}]$ Metamitron						

Abb. 9: MAT-Äquivalente in Zuckerrüben des Lysimeterversuchs 1983 (110 und 160 Tage
nach der Voraufspritzung mit [3-¹⁴C]Metamitron)

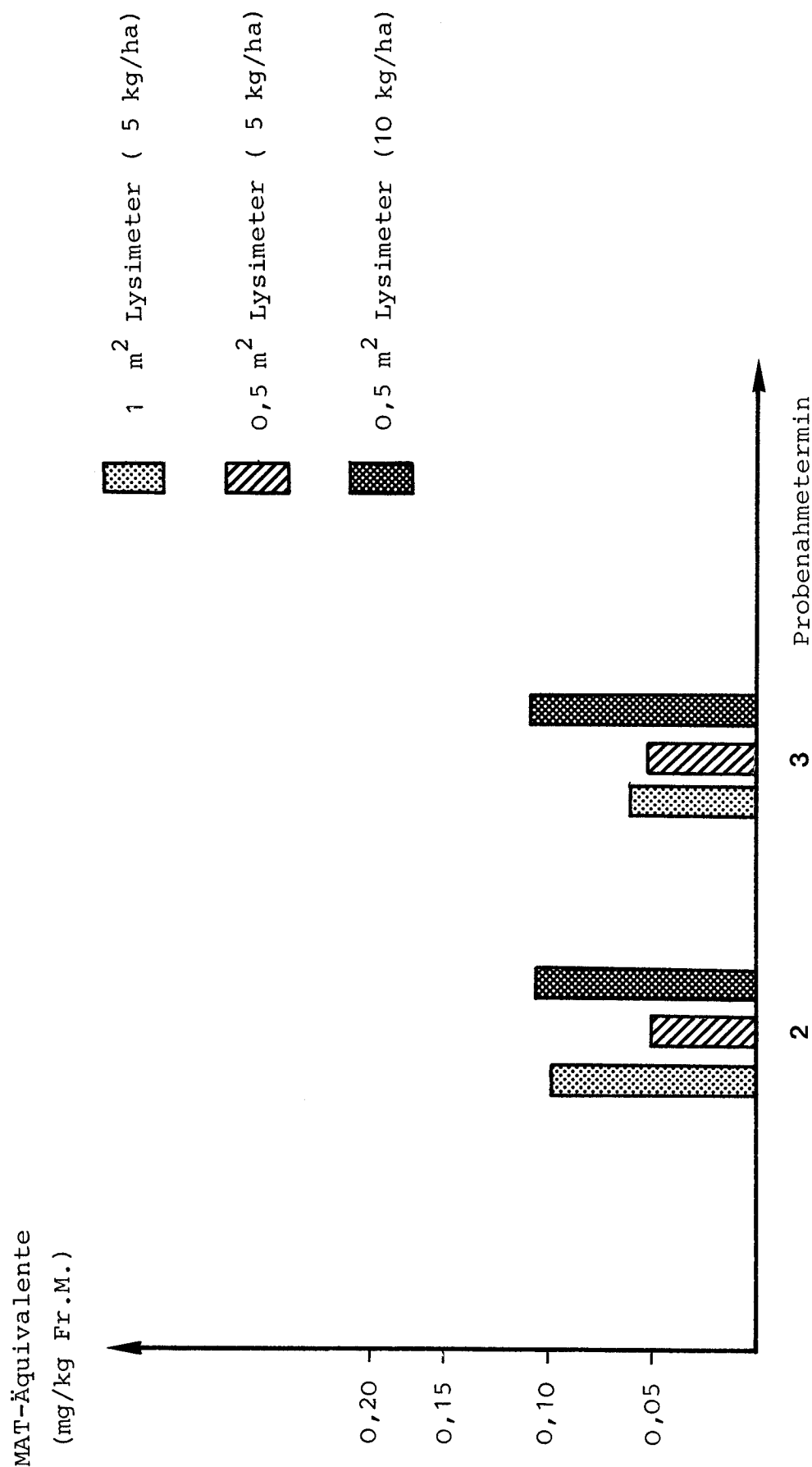


Tabelle 11, Lysimeterversuch: ^{14}C -Aktivität in Blättern und Zuckerrüben 160 Tage nach Vorauf-
spritzung mit $[3-^{14}\text{C}]$ Metamitron. Applizierte ^{14}C -Aktivität= 100%

Lysimeter Nr.	Aufwandmenge kg Goltix/ha	^{14}C -Aktivität in Blättern % MAT-Äquivalente (mg/kg Frischmasse)	^{14}C -Aktivität in Rüben % MAT-Äquivalente (mg/kg Frischmasse)	Gesamt- ^{14}C in Blättern u. Rüben %
B 1	5	0,05	0,08	0,13
B 2	5	0,02	0,06	0,08
B 3	5	0,01	0,03	0,04
Mittelwert	-	0,02	0,05	0,06
B 4	10	0,02	0,06	0,08
B 5	10	0,02	0,06	0,09
Mittelwert	-	0,02	0,07	0,09
* Berechnet auf der Grundlage der spezifischen Radioaktivität des applizierten $[3-^{14}\text{C}]$ Metamitron				

Tabelle 12, Lysimeterversuch: Ernteerträge in den einzelnen Lysimetern

Lysimeter Nr.	Aufwandmenge kg Goltix/ha	1. Probenahmetermin Frischmasse Blatt (g)	Anzahl Pflanzen	2. Probenahmetermin Frischmasse Blatt (g)	Rüben (g)	Anzahl Pflanzen	3. Probenahmetermin Frischmasse Blatt (g)	Rüben (g)	Anzahl Pflanzen
B 1	5	252,1	20	1977,3	1022,7	4	1904,5	4326,6	8
B 2	5	178,6	8	2069,4	1130,6	3	1407,7	2494,8	4
B 3	5	162,9	8	2032,5	1567,5	3	460,5	1028,7	3 ¹⁾
B 4	10	160,6	8	1774,5	825,5	3	1258,8	2210,6	4
B 5	10	87,9	8	1424,7	775,3	3	1150,5	2060,1	4
B 6	Kontrolle	92,5	5	217,7	293,6	2	337,3	988,9	2
B 7	Kontrollzy- linder in B 1	-	-	-	-	-	115,5	374,4	1

1) Hier wurden wegen Ausfalls einer Pflanze abweichend vom Saatplan nur drei Pflanzen geerntet.

4.1.1.2 Gefäßversuch

Beim 1. Probenahmetermin, 48 Tage nach der Applikation des [3-¹⁴C]Metamitron, lagen in dieser Versuchseinheit die MAT-Äquivalente um den Faktor 3 höher als die Werte der vergleichbaren Lysimeterversuchseinheiten.

Im einzelnen lagen die Mittelwerte der MAT-Äquivalente im Blatt bei den Gefäßen C1 - C4 bei 1,63 mg/kg Fr.M., bei den Gefäßen C5 - C8 bei 3,00 mg/kg Fr.M. und der Mittelwert der Gefäße C9 - C12 betrug 5,07 mg/kg Fr.M. (Tab. 13, S. 73 und Abb. 10, S. 74). Auch hier besteht wie bei den Lysimeterversuchen eine klare Abhängigkeit der MAT-Äquivalente von der eingesetzten Aufwandmenge an Metamitron bzw. Goltix.

Zur Erntereife der Zuckerrüben (3. Probenahmetermin, 170 Tage nach der Applikation des [3-¹⁴C]Metamitron) wurde die nach der 1. Probenahme pro Gefäß verbliebene Pflanze geerntet und Blätter und Rüben wurden getrennt analysiert. Der jeweilige Mittelwert der MAT-Äquivalente aus den vier Wiederholungen der drei Aufwandmengen betrug für die Blattproben der Gefäße C1 - C4 0,13 mg/kg Fr.M., für die Gefäße C5 - C8 0,15 mg/kg Fr.M. und für die Blattproben der Gefäße C9 - C12 0,19 mg/kg Fr.M. (Tab. 14, S. 75 und Abb. 10, S. 74). Die entsprechenden Werte für die Rüben lagen bei 0,07 (C1 - C4), 0,11 (C5 - C8) und 0,12 mg/kg Fr.M. (C9 - C12) (Tab. 14, S. 75 und Abb. 11, S. 76). Wie auch im Lysimeterversuch nahmen die errechneten MAT-Äquivalente in den Blattproben gegenüber dem 1. Probenahmetermin bei vergleichbaren Aufwandmengen stark ab, hier um den Faktor 15 - 20. Die MAT-Äquivalente erhöhten sich generell in allen Gefäßen wie auch schon in den Lysimeterversuchen mit zunehmender Aufwandmenge an Metamitron bzw. Goltix.

4.1.1.3 Mikroökosystemgefäßversuch

Im 8-Blattstadium (1. Probenahmetermin A, 22 Tage nach der Applikation des [3-¹⁴C]Metamitron) wurden drei der insgesamt vier Wiederholungen aller drei Aufwandmengen sowie die entsprechenden Kontrollgefäße beerntet, um zu den anderen Versuchseinheiten die Vergleichbarkeit der Ergebnisse auf der Basis pflanzenphysiologischer Gesichtspunkte zu gewährleisten (s. auch 3.6, S. 48). Die Mittelwerte ergaben für die Blattproben der Mikroökosystemgefäße D1 - D3 (5kg Goltix/ha) MAT-Äquivalente von 16,02 mg/kg Fr.M., für die Gefäße D5 / D7 / D8 (7kg Goltix/ha)

Tabelle 13, Gefäßversuch: ^{14}C -Aktivität im Rübenblatt 48 Tage nach Voraufspritzung mit $[3-^{14}\text{C}]$

Metamitron. Applizierte ^{14}C -Aktivität = 100%

Gefäß Nr.	Aufwandmenge Goltix kg/ha	Blattfrisch- masse (g)	^{14}C -Aktivität in Blättern % MAT-Äquivalente (mg/kg Fr.M.)	MAT-Rückstände (mg/kg Fr.M.)	GC-Ergebnisse DAM-Rückstände (mg/kg Fr.M.)
C 1	5	42,3 ¹⁾	0,16	0,45	n. n.
C 2	5	138,6	3,41	2,99	n. n.
C 3	5	131,2	2,06	1,85	n. n.
C 4	5	148,5	1,53	1,24	<0,01
Mittel	-	115,2	1,79	1,63	<0,01
C 5	7	102,5 ²⁾	1,50	2,47	<0,01
C 6	7	94,1 ²⁾	1,49	2,71	n. n.
C 7	7	91,1 ²⁾	1,26	2,34	n. n.
C 8	7	129,3	3,37	4,47	n. n.
Mittel	-	104,3	1,91	3,00	<0,01
C 9	10	127,5	1,56	2,90	n. n.
C 10	10	130,1	1,53	2,86	0,01
C 11	10	139,1	3,47	6,02	n. n.
C 12	10	130,4	4,57	8,51	0,02
Mittel	-	131,8	2,78	5,07	<0,01
C 13	Kontrolle	133,7	-	-	n. n.
C 14	Kontrolle	149,0	-	-	n. n.
C 15	Kontrolle	151,2	-	-	n. n.
C 16	Kontrolle	153,7	-	-	n. n.

* Berechnet auf der Grundlage der spezifischen Radioaktivität des applizierten $[3-^{14}\text{C}]$ Metamitron
1) 1 Pflanze geerntet ; 2) 3 Pflanzen geerntet

Abb. 10: MAT-Äquivalente im Zuckerrübenblatt des Gefäßversuchs 1983 (48 und 170 Tage nach der Voraufspritzung mit $[3-^{14}\text{C}]$ Metamitron)

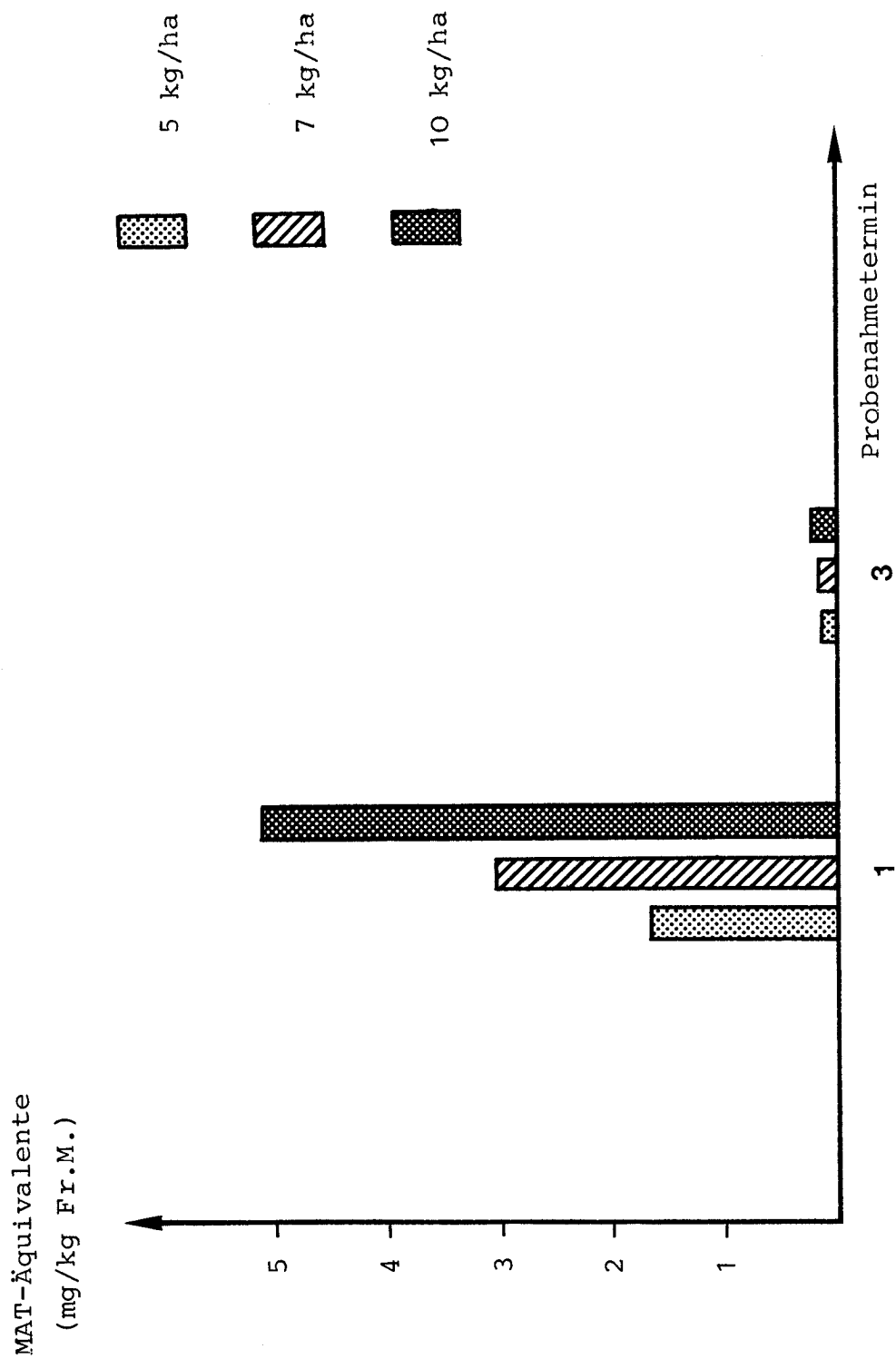
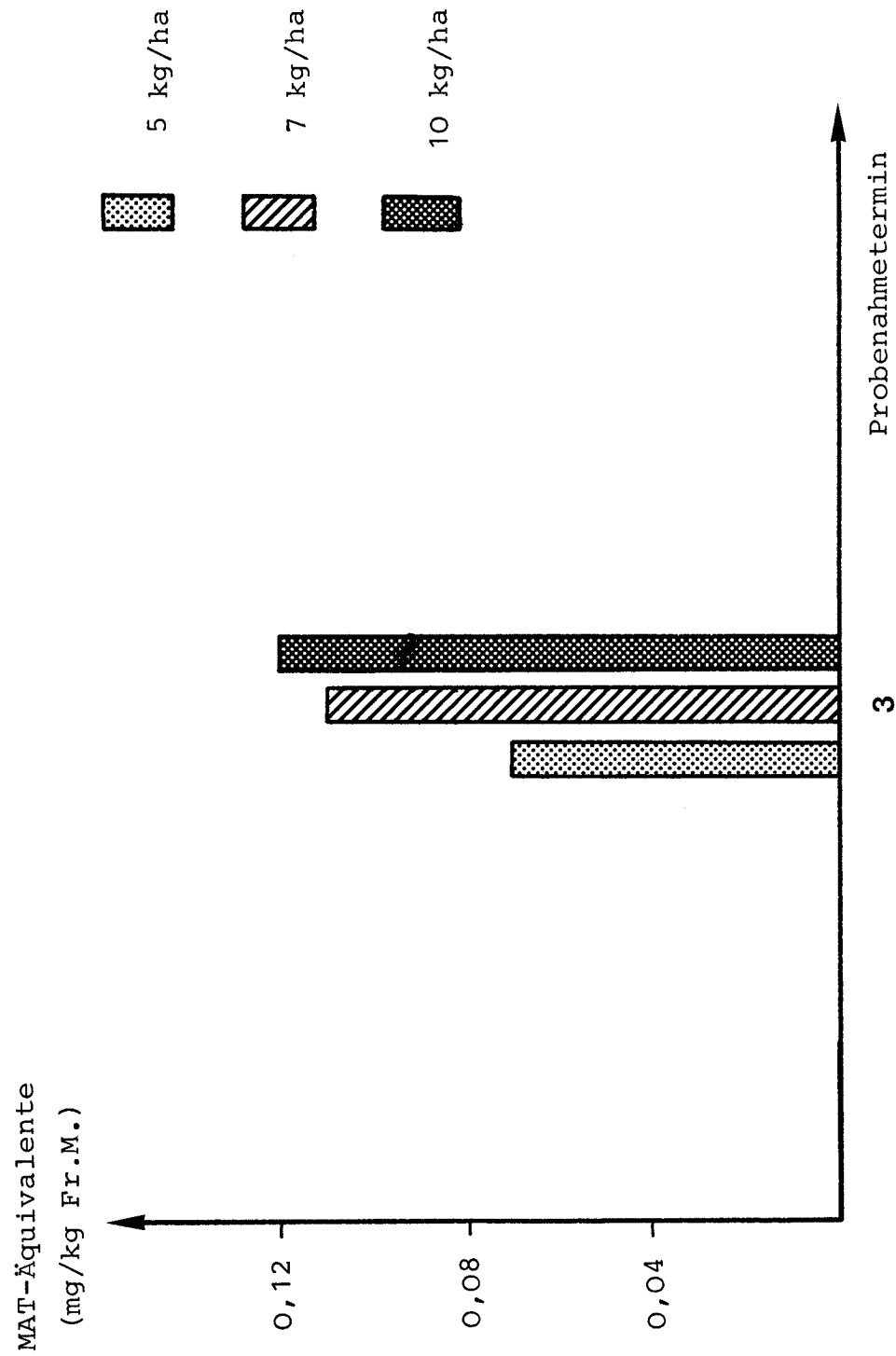


Tabelle 14, Gefäßversuch: ^{14}C -Aktivität in Rübenblättern und Rüben 170 Tage nach Vorauf-
spritzung der Gefäßversuche mit $[3-^{14}\text{C}]$ Metamitron. Applizierte ^{14}C -

Aktivität= 100%

Gefäß Nr.	Aufwandmenge Goltix (kg/ha)	Frischmasse Blatt Rüben (g)	^{14}C -Aktivität in Blättern % MAT-Äquivalente (mg/kg Fr.M.)	^{14}C -Aktivität in Rüben % MAT-Äquivalente (mg/kg Fr.M.)	Gesamt- ^{14}C in Blättern u. Rüben %
C 1	5	133,3	0,24	0,22	0,44
C 2	5	118,8	0,09	0,10	0,22
C 3	5	136,4	0,10	0,09	0,28
C 4	5	136,9	0,10	0,09	0,23
Mittel	-	131,4	0,13	0,13	0,29
C 5	7	148,1	0,10	0,11	0,33
C 6	7	112,6	0,13	0,19	0,30
C 7	7	125,3	0,07	0,09	0,20
C 8	7	119,7	0,14	0,21	0,37
Mittel	-	126,4	0,11	0,15	0,30
C 9	10	171,2	0,15	0,21	0,21
C 10	10	144,8	0,12	0,21	0,28
C 11	10	138,7	0,09	0,16	0,24
C 12	10	139,8	0,09	0,16	0,31
Mittel	-	148,6	0,11	0,19	0,26
C 13	0	105,2	-	-	-
C 14	0	155,2	-	-	-
C 15	0	90,6	-	-	-
C 16	0	95,2	-	-	-
* Berechnet auf der Grundlage der spezifischen Radioaktivität des applizierten $[3-^{14}\text{C}]$ Metamitron					

Abb. 11: MAT-Äquivalente in Zuckerrüben des Gefäßversuchs 1983 (170 Tage nach der Voraufspritzung mit $[3-^{14}\text{C}]$ Metamitron)



16,65 mg/kg Fr.M. und für die Blattproben der Gefäße D9 / D10 / D12 29,71 mg/kg Fr.M. (Tab. 15 a, S. 78). Hierbei ist, wie grundsätzlich schon unter Punkt 4.1.1.1 (S. 64) dargelegt, zu berücksichtigen, daß der Wert im Gefäß D3 wegen der geringen Pflanzenfrischmasse gegenüber den Erntemassen der anderen Gefäße den Mittelwert der MAT-Äquivalentwerte beachtlich erhöhte. Unter Berücksichtigung dieses Aspektes sind die MAT-Äquivalente in den Blättern der Variante mit 5 kg Goltix/ha mit 9,6 mg/kg Fr.M. als korrigiertem Wert auf der Basis der mittleren Frischmasse der Mikroökosystemgefäße D1/D2 als realistisch einzustufen (Abb. 12, S. 80).

Der 1. Probenahmetermin B, 42 Tage nach der Applikation des $[3-^{14}\text{C}]$ Metamitron, wurde wegen der zeitlichen Anbindung an die anderen Versuchseinheiten gewählt. Mit zunehmender Versuchsdauer wurde auch in diesem Kurzzeitversuch eine Verdünnung der Radioaktivität in den Blattproben beobachtet. 42 Tage nach der Applikation des $[3-^{14}\text{C}]$ Metamitron betrugen die MAT-Äquivalente 5,61 mg/kg Fr.M. (5 kg Goltix/ha), 19,54 mg/kg Fr.M. (7 kg Goltix/ha) bzw. 16,33 mg/kg Fr.M. (10 kg Goltix/ha) (Tab. 15 b, S. 79). Hier gilt bezüglich des hohen Wertes für die Variante mit 7 kg Goltix/ha, daß sich unter Berücksichtigung der mittleren Pflanzenfrischmasse normal entwickelter Pflanzen auch in diesem Fall ein dem Gesamtbild entsprechender Rückstandswert abzeichnet. Absolut gesehen war nämlich die Aufnahme an ^{14}C -Aktivität in allen drei Mikroökosystemgefäßen pro Einzelpflanze in etwa gleicher Größenordnung.

Die in Blättern enthaltene ^{14}C -Aktivität nimmt vom Probenahmetermin 1 A zu 1 B ab. Dies ist hauptsächlich durch eine Verlagerung aufgenommener ^{14}C -Aktivität aus den Blättern in die wachsenden Rübenkörper und gleichermaßen auch durch eine mögliche Veratmung von assimiliertem $^{14}\text{CO}_2$ zu erklären.

Einen zusammenfassenden Überblick der Dynamik der MAT-Äquivalente gibt die Tabelle 16 (S. 81) und am Beispiel der Aufwandmenge von 10 kg Goltix/ha die Abbildung 13 (S. 82).

4.1.2 ^{14}C -Aktivitätsgehalte der Kontrollpflanzen

Die ^{14}C -Aktivität in den Versuchspflanzen je Gewichtseinheit (spezifische ^{14}C -Aktivität) wurde jeweils 100 % gesetzt. Zu diesem Wert wurden die spezifischen ^{14}C -Aktivitäten der entsprechenden Pflanzenteile der Kontrollpflanzen in Beziehung ge-

Tabelle 15, Mikroökosystemversuch: ^{14}C -Aktivität in Blättern 22 bzw. 42 Tage nach Einpflanzen von Zuckerrübenpflanzen im Zweiblatt-Stadium in mit $[3-^{14}\text{C}]$ Metamiton behandelter Parabraunerde. Applizierte ^{14}C -Aktivität= 100%

Tabelle 15 a: 22 Tage nach dem Einpflanzen									
Mikroöko- gefäß Nr.	Aufwandmenge Goltix (kg/ha)	Blattfrisch- masse (g)	^{14}C -Aktivität in Blättern		GC-Ergebnisse				
			%	MAT-Äquivalente* (mg/kg Fr.M.)	MAT-Rückstände (mg/kg Fr.M.)	DAM-Rückstände (mg/kg Fr.M.)			
D 1	5	69,7	11,72	12,46	n. n.	0,19			
D 2	5	72,5	8,00	8,17	n. n.	0,10			
D 3	5	20,9	7,74	27,43	n. n.	0,15			
Mittel	-	54,4	9,15	16,02	n. n.	0,15			
D 5	7	80,1	13,14	17,02	n. n.	0,15			
D 7	7	73,9	12,10	17,00	n. n.	0,25			
D 8	7	76,2	11,69	15,93	n. n.	0,32			
Mittel	-	76,7	12,31	16,65	n. n.	0,24			
D 9	10	77,8	11,99	23,03	0,06	0,35			
D 10	10	72,7	14,42	29,65	n. n.	0,28			
D 12	10	61,0	14,88	36,45	n. n.	0,30			
Mittel	-	70,5	13,76	29,71	0,02	0,31			
D 13 (Kontrolle)		72,6	-	-	n. n.	n. n.			
D 15 (Kontrolle)		68,4	-	-	n. n.	n. n.			
D 16 (Kontrolle)		72,4	-	-	n. n.	n. n.			
Mittel	-	71,1	-	-	n. n.	n. n.			

Abb. 12: MAT-Äquivalente im Zuckerrübenblatt des Mikroökosystemgefäßversuchs 1983 (22 und 42 Tage nach dem Einpflanzen)

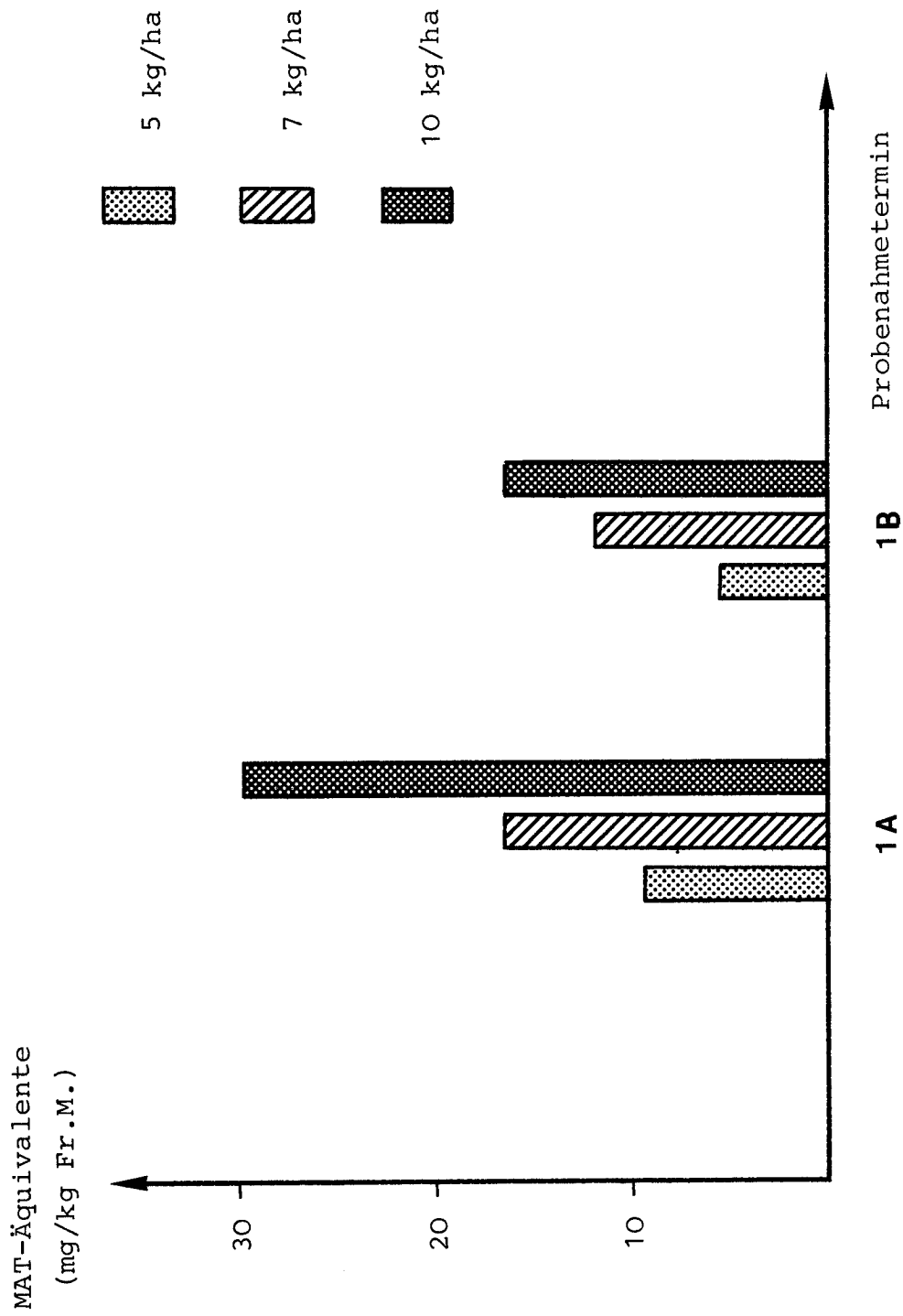


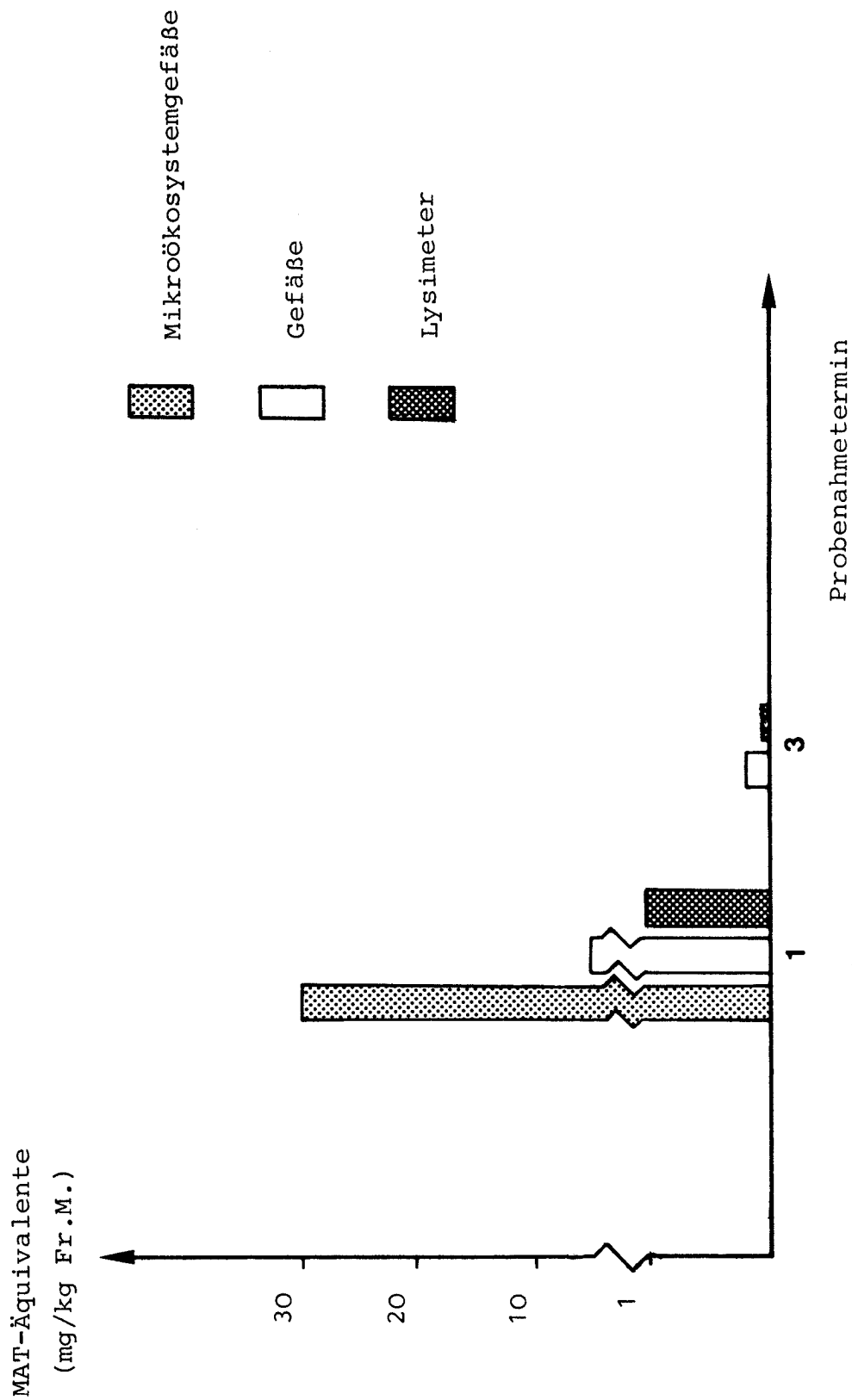
Tabelle 16: Mittelwerte der Metamitron-Äquivalente im Rübenblatt und in Rüben, berechnet auf der Basis des applizierten [3-¹⁴C]Metamitron

Aufwandmenge kg Goltix/ha	Lysimeterversuch		Gefäßversuch		Mikroökosystemversuch	
	Blätter (mg/kg Fr.M.)	Rüben (mg/kg Fr.M.)	Blätter (mg/kg Fr.M.)	Rüben (mg/kg Fr.M.)	Blätter (mg/kg Fr.M.)	Blätter (mg/kg Fr.M.)
<u>8-Blattstadium</u>						
<u>1. Probenahmetermin</u>						
5	0,48	-	1,63	-	16,022)	
7	-	-	3,00	-	16,65	
10	1,58 ¹⁾	-	5,07	-	29,71	
<u>Rübenernte</u>						
<u>3. Probenahmetermin</u>						
5	0,03	0,05	0,13	0,07	-	
7	-	-	0,15	0,11	-	
10	0,06	0,11	0,19	0,12	-	

1) Bei Berücksichtigung der normalen Pflanzenentwicklung in den übrigen Lysimetern ergibt sich auf der Grundlage des Durchschnittsertrages ein korrigierter Wert von 1,13 mg/kg Fr.M. .

2) Korrigierter Wert nach o. a. Basis: 9,6 mg/kg Fr.M. .

Abb. 13: Dynamik der MAT-Äquivalente im Zuckerrübenblatt der Lysimeter-, Gefäß- und Mikroökosystemgefäßversuche am Beispiel der Aufwandmenge von 10 kg/ha



setzt. Diese Berechnungsgrundlage erlaubt den direkten Vergleich aller Kontrollwerte untereinander unabhängig von der Aufwandmenge.

Lysimeterversuch

Der Prozentsatz der ^{14}C -Aktivität in den Blattproben des Kontroll-Lysimeters (B6) bezogen auf die spezifische ^{14}C -Aktivität der Blattproben (Bq/g Fr.M.) in den Lysimetern B2 - B5 betrug im Mittel 0,9 % (Einzelwerte in Tab. 17 a, S. 84) beim 1. Probenahmetermin. Beim 2. Probenahmetermin lagen diese Werte im Blatt bei 9,8 % und in den Rüben bei 31,2 %.

Zur Erntereife (3. Probenahmetermin) erreichten die Werte der spezifischen ^{14}C -Aktivität der Kontrollpflanzen im Kontroll-Lysimeter B7 (Bezug zu B1) 10,9 % im Blatt und 18,3 % in den Rüben.

Gefäßversuch

Die Blattproben des 1. Probenahmetermins der Kontrollgefäße C13 - C16 enthielten im Gesamtmittel (Tab. 17 b, S. 85) 0,6 % der Gehalte der Versuchspflanzen. Bei der Zuckerrübenernte (3. Probenahmetermin) betrug dieser Wert für die Blattfraktion 2,7 % und bei der Rübenfraktion 4,1 % (Tab. 17 b, S. 85).

Mikroökosystemgefäßversuch

Hier erreichte die Aufnahme von $^{14}\text{CO}_2$ bzw. ^{14}C -haltigen Verbindungen über die Blätter der Kontrollpflanzen im Mittel 0,3 % (Termin 1 A) bzw. 0,1 % (Termin 1 B; Tab. 17 c, S. 86). Da die Kontrollpflanzen nur veratmetes $^{14}\text{CO}_2$ oder andere von den Versuchspflanzen abgegebene gasförmige Verbindungen über ihre Blätter aufnehmen konnten, liegen die Kontrollwerte im Vergleich zu den offenen Versuchssystemen erheblich niedriger.

4.1.3 Gesamtaufnahme an ^{14}C -Aktivität durch die Pflanzen

Die von den Pflanzen insgesamt aufgenommene ^{14}C -Aktivität pro Einzelfraktion berechnet sich aus der ^{14}C -Aktivität pro Gewichtseinheit Erntegut multipliziert mit der insgesamt erzielten Erntemenge der jeweiligen Einzelfraktion des Erntegutes.

Tabelle 17 : Kontrollpflanzen: ^{14}C -Aktivitätsgehalte der Kontrollpflanzen des Lysimeter-,

Gefäß- und Mikroökosystemgefäßversuches.

Spez. ^{14}C -Aktivität in Versuchspflanzen= 100%.

Tabelle 17 a: Lysimeterversuch

Lysimeter Nr.	Aufwandmenge kg Goltix/ha	1. Probenahmetermi Blatt %	2. Probenahmetermi Blatt Rüben %	3. Probenahmetermi Blatt Rüben %
B 1	5	-	-	10,9 18,3
B 2	5	0,9	11,0 30,1	17,7 7,3
B 3	5	0,9	11,0 37,5	11,8 8,6
B 4	10	0,9	8,0 30,0	11,8 9,6
B 5	10	0,9	9,1 27,3	11,8 7,2
Mittelwert (B2-B5)		0,9	9,8 31,2	13,3 8,2

<u>Tabelle 17 : Kontrollpflanzen: ^{14}C-Aktivitätsgehalte der Kontrollpflanzen des Lysimeter-, Gefäß- und Mikroökosystemgefäßversuches.</u> <u>Spez. ^{14}C-Aktivität in Versuchspflanzen= 100%.</u>				
Tabelle 17 b: Gefäßversuch				
Gefäß Nr.	Aufwandmenge kg Goltix/ha	1. Probenahmetermin Blatt %	3. Probenahmetermin Blatt Rüben %	
C 1	5	2,2	1,2	2,3
C 2	5	0,3	2,5	4,6
C 3	5	0,5	2,8	3,9
C 4	5	0,8	4,0	5,5
C 5	7	0,5	3,2	3,2
C 6	7	0,5	1,9	3,5
C 7	7	0,6	4,0	4,3
C 8	7	0,3	1,7	3,5
C 9	10	0,6	2,4	4,9
C 10	10	0,7	2,4	4,2
C 11	10	0,3	3,1	4,9
C 12	10	0,2	3,1	3,9
Mittelwert		0,6	2,7	4,1

<u>Tabelle 17 : Kontrollpflanzen: ^{14}C-Aktivitätsgehalte der Kontrollpflanzen des Lysimeter-, Gefäß- und Mikroökosystemgefäßversuches.</u> <u>Spez. ^{14}C-Aktivität in Versuchspflanzen= 100%.</u>			
Tabelle 17 c: Mikroökosystemgefäßversuch			
Gefäß Nr.	Aufwandmenge kg Goltix/ha	1. Probenahmetermin A Blatt %	1. Probenahmetermin B Blatt %
D 1	5	0,3	
D 2	5	0,4	
D 3	5	0,1	
D 4	5	-	0,1
D 5	7	0,3	
D 6	7	-	0,1
D 7	7	0,3	
D 8	7	0,3	
D 9	10	0,3	
D 10	10	0,2	
D 11	10	-	0,1
D 12	10	0,2	
Mittelwert		0,3	0,1

Zweckmäßigerweise wird dieser absolute Wert in Bezug zur applizierten ^{14}C -Aktivität gesetzt, so daß die Aufnahmeraten der Pflanzen in Prozent der applizierten ^{14}C -Aktivität angegeben werden. Die Menge der mit den Pflanzen entnommenen ^{14}C -Aktivität aus den einzelnen Versuchsgefäßen ist direkt von der Erntemenge und deren relativen Gehalt an ^{14}C -Aktivität abhängig.

Bei Erstellung der ^{14}C -Aktivitätsbilanz für die einzelnen Versuche ist es notwendig, die insgesamt mit den Pflanzenproben entnommenen ^{14}C -Aktivitätsmengen pro Einzelgefäß bzw. Lysimeter zu addieren. Hierbei sind auch die bei der Vereinzelung der Zuckerrübenpflanzen aus den Gefäßen bzw. Lysimetern entnommenen ^{14}C -Aktivitätsmengen zu berücksichtigen. Diese Bilanzwerte sind in Tabelle 18 a - c (S. 88) aufgeführt. Bei einem Vergleich der Gesamtaufnahmeraten ist aber auch die Anzahl und die Menge an geernteten Pflanzen unbedingt in die Überlegungen mit einzubeziehen, denn neben dem relativen Gehalt an MAT-Äquivalenten ist die Gesamterntemenge die 2. bestimmende Größe der Gesamtaufnahmemenge. Dies gilt insbesondere für den 1. Probenahmetermin, da hier in dem Lysimeter-, Gefäß- und Mikroökosystemgefäßversuch u. a. auch durch den Ausfall von einigen Pflanzen die Anzahl an geernteten Pflanzen unterschiedlich war. Die folgenden Werte geben die mit den Pflanzen über alle Probenahmetermine hinweg entnommenen Mengen an ^{14}C -Aktivität wieder. Dabei wurden im Mittel mit den Pflanzenproben der $0,5 \text{ m}^2$ Lysimeter (B2 - B5) insgesamt 0,27 % der applizierten Ausgangsaktivität entnommen, mit den Pflanzenproben des 1 m^2 Lysimeters (B1) 0,30 % (Tab. 18 a, S. 88). Dies entspricht der Gesamtaufnahme an ^{14}C -Kohlenstoff aus der C-3-Markierung des Metamitron.

Im Gefäßversuch betrug die Gesamtaufnahme an ^{14}C -Aktivität im Mittel der Gefäße der 5 kg Goltix/ha Variante (C1 - C4) 2,23 %, bei der Aufwandmenge 7 kg Goltix/ha (Gefäße C5 - C8) 2,33 % und bei der Aufwandmenge 10 kg Goltix/ha (Gefäße C9 - C12) 3,17 % (Tab. 18 b, S. 88).

Im Mikroökosystemgefäßversuch (Tab. 18 c, S. 88) erhöhte sich die Gesamtaufnahme an ^{14}C -Aktivität allein für einen Versuchszeitraum von 22 Tagen (1. Probenahmetermin A) im Mittel der Gefäße der niedrigen Aufwandmenge von 5 kg/ha (D1 / D2 / D3) auf 10,70 % der applizierten ^{14}C -Aktivität, im Mittel der Gefäße D5 / D7 / D8 (7 kg Goltix/ha) auf 15,52 % und im Mittel der Gefäße D9 / D10 / D12 (10 kg Goltix/ha) auf 16,76 %.

In den Pflanzen, die 42 Tage im Mikroökosystemversuch wuchsen, beliefen sich die Gehalte an ^{14}C -Aktivität in Blättern und

Tabelle 18: Gesamt- ^{14}C ¹⁾ in Blättern und Zuckerrüben in allen Pflanzenproben. Applizierte ^{14}C -Aktivität= 100%

Tabelle 18 a: Lysimeterversuch

Gefäß Nr.	¹⁴ C-Aktivität in Blättern und Rüben %
B 1	0,30
B 2	0,29
B 3	0,27
B 4	0,26
B 5	0,27

Tabelle 18 b: Gefäßversuch

Gefäß Nr.	¹⁴ C-Aktivität in Blättern und Rüben %	Mittelwert %
C 1	0,84	
C 2	3,76	
C 3	2,46	
C 4	1,86	2,23
C 5	1,94	
C 6	1,94	
C 7	1,54	
C 8	3,91	2,33
C 9	1,94	
C10	1,94	
C11	3,80	
C12	4,98	3,17

Tabelle 18 c: Mikroökosystemgefäßversuch

Gefäß Nr.	¹⁴ C-Aktivität in Blättern und Rüben %	Mittelwert ²⁾ %
D 1	12,23	
D 2	9,97	
D 3	9,91	
D 4 (PT 1 B)	9,17	10,70
D 5	16,78	
D 6 (PT 1 B)	13,64	
D 7	16,00	
D 8	13,77	15,52
D 9	14,08	
D10	18,43	
D11 (PT 1)	11,56	
D12	17,77	16,76

- 1) Hier sind für die Gesamtbilanz auch die beim Vereinzeln der Rübenbestände entnommenen ^{14}C -Aktivitätsmengen mit einbezogen
- 2) Probenahmetermin 1 A

Rüben auf 9,17 % (5 kg Goltix/ha), für die Aufwandmenge 7 kg Goltix/ha auf 13,64 % und für die Aufwandmenge von 10 kg Goltix/ha auf 11,56 % der applizierten ^{14}C -Aktivität. Die Gesamtaufnahme an ^{14}C -Aktivität zu den einzelnen Probenahmeterminen ist in den jeweiligen Tabellen des Kapitels 4.1 (Tab. 9 - 15) dokumentiert.

4.1.4 Metamitron- und Desamino-Metamitrongehalte in den Pflanzen

Aus den Pflanzenextrakten wurden gaschromatographisch Metamitron (MAT) und Desamino-Metamitron (DAM) bestimmt.

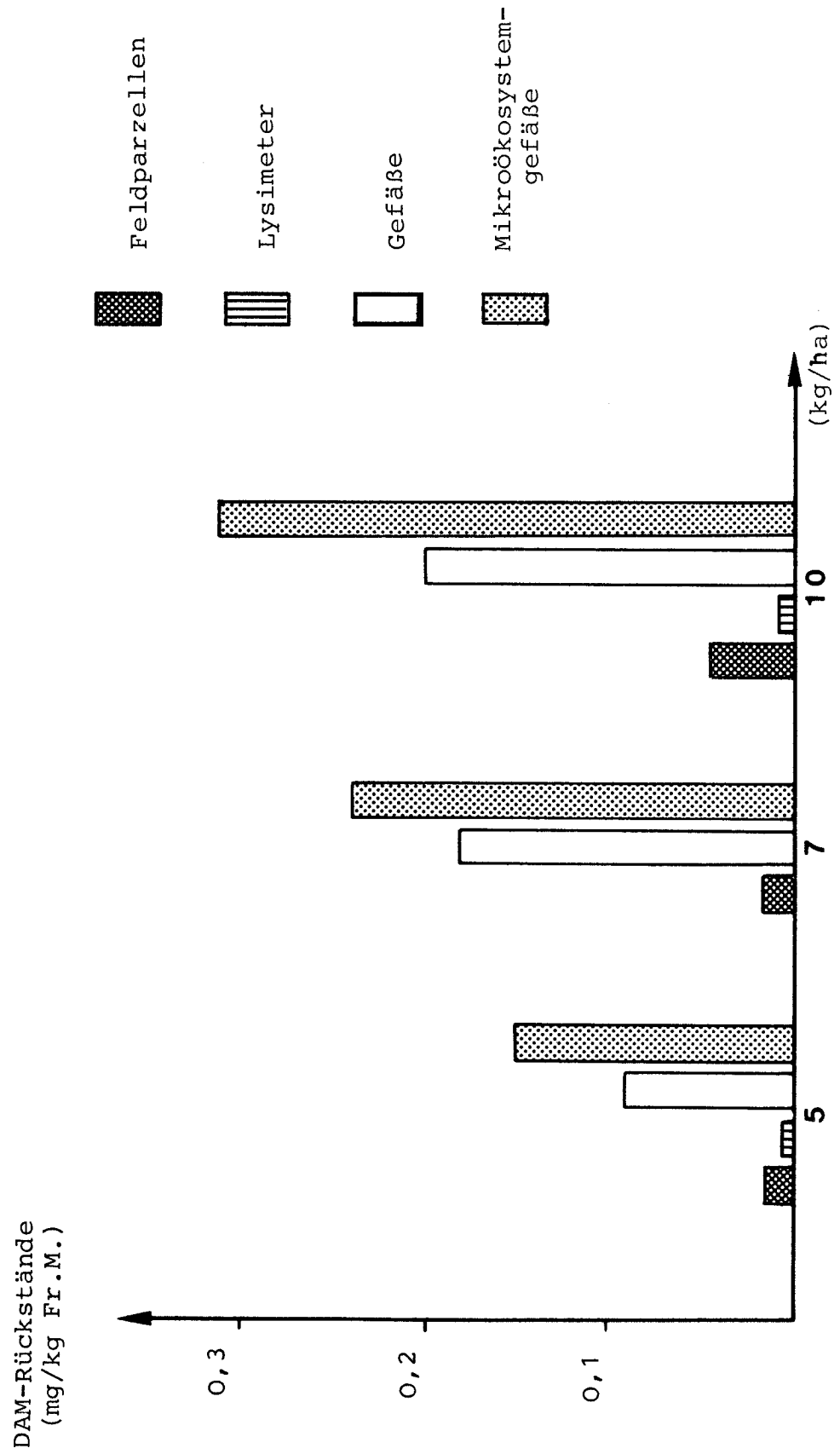
4.1.4.1 Feldversuch

Metamitron wurde beim 1. Probenahmetermin, 53 Tage nach der Goltix-Spritzung, nur in wenigen Blattproben in Spuren nachgewiesen (Tab. 19, S. 90). Dies ist nicht überraschend, da sich die Selektivität des Goltix auf der Fähigkeit der raschen Inaktivierung des Metamitron zu Desamino-Metamitron durch die Zuckerrübenpflanzen gegenüber anderen Pflanzen gründet (SCHMIDT und FEDTKE, 1977). Desamino-Metamitron wurde in allen Blattproben gefunden: nach einer Goltix-Spritzung mit 5 kg/ha im Mittel 0,016 mg/kg Fr.M.. Dieser Wert erhöhte sich bei einer Aufwandmenge von 7 kg Goltix/ha auf 0,018 mg/kg Fr.M. und erreichte bei 10 kg Goltix/ha 0,046 mg/kg Fr.M. (Tab. 19, S. 90 und Abb. 14, S. 91). Damit zeigte sich wie auch bei den ^{14}C -Aktivitätsgehalten der Pflanzenproben in den Versuchseinheiten Lysimeter, Gefäße und Mikroökosystemgefäße eine deutliche Abhängigkeit der DAM-Rückstände von der Goltix-Aufwandmenge.

Zu den späteren Probenahmeterminen (110 bzw. 171 Tage nach der Voraufspritzung) konnte weder in Blättern noch in den Rüben Metamitron oder Desamino-Metamitron gaschromatographisch nachgewiesen werden. In den Pflanzenproben der Kontrollparzellen A7 / A8 war zu keinem Probenahmezeitpunkt Metamitron bzw. Desamino-Metamitron enthalten.

Tabelle 19, Feldversuch: Rückstand an Metamitron und Desamino-Metamitron im Rüben-					
blatt 53 Tage nach Voraufspritzung mit Goltix					
Parzelle	Aufwandmenge Goltix (kg/ha)	Appl. Wirkstoff- menge / 25 m ²	GC-Ergebnisse		
			MAT-Rückstände in (mg/kg Fr. M.)	DAM-Rückstände in (mg/kg Fr. M.)	
A 1	5	8,75	<0,01	0,017	
A 2	5	8,75	<0,01	0,015	
Mittel	-	8,75	<0,01	0,016	
A 3	7	12,25	<0,01	0,011	
A 4	7	12,25	n. n.	0,024	
Mittel	-	12,25	<0,01	0,018	
A 5	10	17,5	n. n.	0,049	
A 6	10	17,5	n. n.	0,043	
Mittel	-	17,5	n. n.	0,046	
A 7	0	0	0	0	
A 8	0	0	0	0	
Mittel	-	0	0	0	

Abb. 14: Desamino-Metamitron-Rückstände im Zuckerrübenblatt vom 1. Probenahmetermin (8-
Blattstadium) der Feld-, Lysimeter-, Gefäß- und Mikroökosystemgefäßversuche



4.1.4.2 Lysimeterversuch

Zum 1. Probenahmetermin, 41 Tage nach der Metamitron-Spritzung, war in den Rübenblättern kein Metamitron gaschromatographisch nachzuweisen. Desamino-Metamitron wurde in den Blattproben der Lysimeter B2 / B3 (5 kg Goltix/ha) mit einem Mittelwert von 0,006 mg/kg Fr.M. und in den Blattproben der Lysimeter B4 / B5 (10 kg Goltix/ha) mit 0,023 mg/kg Fr.M. festgestellt (Tab. 9, S. 65 und Abb. 14, S. 91). Im 1 m² Lysimeter B1 (5 kg Goltix/ha) betrug dieser Wert 0,006 mg/kg Fr.M..

In den späteren Proben, 110 und 160 Tage nach der Spritzung, war weder in den Blättern noch in den Rüben Metamitron oder Desamino-Metamitron nachweisbar. Die Pflanzenproben der Kontroll-Lysimeter enthielten gleichfalls keine Metamitron- oder Desamino-Metamitron-Rückstände.

4.1.4.3 Gefäßversuch

In dieser Versuchseinheit wurde wie auch im Feld- und im Lysimeterversuch eine deutliche Abhängigkeit der DAM-Rückstände in den Blattproben des 1. Probenahmetermins von der gespritzten Menge an Metamitron sichtbar (Tab. 13, S. 73 und Abb. 14, S. 91). In einigen Blattproben, speziell bei der höchsten Aufwandmenge von 10 kg Goltix/ha, war wie z. T. in den Feldversuchen auch Metamitron in Spuren meßbar und erreichte maximal 0,02 mg/kg Fr.M.. Der Mittelwert der DAM-Rückstände der Blattproben aus den Gefäßen C1 - C4 (5 kg Goltix/ha) betrug 0,09 mg/kg Fr.M., der der Gefäße C5 - C8 (7 kg Goltix/ha) 0,18 mg/kg Fr.M. und der der Gefäße C9 - C12 (10 kg Goltix/ha) belief sich auf 0,20 mg/kg Fr.M.. In den Blattproben der Kontrollgefäße C13 - C16 war weder Metamitron noch Desamino-Metamitron nachweisbar (Tab. 13, S. 73).

Zum Zeitpunkt der Haupternte (3. Probenahmetermin) 170 Tage nach der Metamitron-Spritzung, ließ sich in Blatt- und Rübenproben aus sämtlichen Gefäßen C1 - C16 ebenfalls kein Metamitron und Desamino-Metamitron nachweisen.

Gegenüber den DAM-Rückständen der Blattproben des 1. Probenahmetermins vom Feldversuch lagen die DAM-Rückstände in den Blattproben des gleichen Probenahmetermins aus dem Gefäßversuch im Mittel aller Werte um den Faktor 6 höher.

4.1.4.4 Mikroökosystemversuch

22 Tage nach dem Einpflanzen der Rüben ließen sich im 8-Blattstadium nur in den Blättern einer Wiederholung aus der höchsten Aufwandmenge entsprechend 10 kg Goltix/ha 0,06 mg Metamitron/kg Fr.M. nachweisen (Tab. 15 a, S. 78). DAM-Rückstände traten dagegen in allen Blattproben auf. Sie erreichten im Mittel in den Blättern der Gefäße D1 / D2 / D3 (5 kg Goltix/ha) 0,15 mg/kg Fr.M., bei einer Applikation von 7 kg Goltix/ha (Gefäße D5 / D7 / D8) 0,24 mg/kg Fr.M. und bei 10 kg Goltix/ha (Gefäße D9 / D10 / D12) 0,31 mg/kg Fr.M. (Tab. 15 a, S. 78 und Abb. 14, S. 91). In den Blattproben der Kontrollgefäße D13 / D15 / D16 war weder Metamitron noch Desamino-Metamitron zu finden.

In den Blättern der Rübenpflanzen, die insgesamt 42 Tage in den Mikroökosystemen gewachsen waren, war der DAM-Rückstandswert auf 0,01 bis 0,09 mg/kg Fr.M. zurückgegangen (Tab. 15 b, S. 79). Metamitron selbst konnte zu diesem Zeitpunkt in den Blättern nicht mehr nachgewiesen werden.

Im Vergleich zu den Ergebnissen des Feldversuchs (1. Probenahmetermin) lagen die Rückstandswerte bei vergleichbaren Aufwandmengen in den Blattproben aus dem Mikroökosystemversuch zum 8-Blattstadium im Mittel aller Werte um den Faktor 10 höher.

4.1.5 Nachbau der Lysimeter- und Gefäßversuche

Die 1983 mit dem [3-¹⁴C]Metamitron behandelten Lysimeter wurden in der Fruchtfolge Zuckerrüben - Winterweizen - Wintergerste in den Jahren 1984/85 weiterbearbeitet. Dabei erfolgte die Ausgliederung eines 0,5 m² Lysimeters (B4) für anderweitige Versuchsanstellungen. 1985 wurde eine Aufteilung der vorhandenen Lysimeterflächen in zwei äquivalente Teile durch eine 40 cm tiefe Kunststoffscheibe vorgenommen, wobei auf einer Teilfläche der Einfluß einer Strohdüngung in Höhe von 60 dt/ha auf die Rückstandssituation mit erfaßt wurde. Die Gefäße wurden nur für das Jahr 1984 mit in die Untersuchungen einbezogen.

4.1.5.1 Ergebnisse 1984 mit Winterweizen

Die Gesamtaufnahme an Radioaktivität durch Winterweizen lag beim Lysimeterversuch, 469 Tage nach der Spritzapplikation, zwischen 0,018 und 0,021 % der applizierten ¹⁴C-Aktivität. Im 1 m² Lysimeter (5 kg Goltix/ha) beliefen sich die MAT-Äquiva-

lente in der Kornfraktion auf 0,026 mg/kg Tr.M., für die Ährenspindel/Spreufraktion auf 0,027 mg/kg Tr.M. und beim Stroh auf 0,075 mg/kg Tr.M.. In den beiden 0,5 m² Lysimetern mit gleicher Aufwandmenge (B2 / B3) lagen die Werte annähernd auf gleichem Niveau (Tab. 20, S. 95). Bei doppelter Aufwandmenge (B4) erreichten die MAT-Äquivalente nicht ganz die doppelte Höhe, der Einfluß der Aufwandmenge tritt aber deutlich hervor (Tab. 20, S. 95 und Abb. 15, S. 96).

Die Pflanzen des Gefäßversuches, 473 Tage nach der MAT-Applikation, nahmen bei der 5 kg/ha Aufwandmenge (C1 - C4) im Mittel insgesamt 0,23 % der applizierten ¹⁴C-Aktivität auf. Die Gesamtaufnahme bei den Aufwandmengen von 7 und 10 kg Goltix/ha (C5 - C8 und C9 - C12) unterschied sich mit 0,24 bzw. 0,23 % davon nicht (Tab. 21, S. 97/98). Die Mittelwerte der MAT-Äquivalente zeigen eine deutliche Abhängigkeit von der Aufwandmenge, und zwar mit doppelter Aufwandmenge verhielten sich die Äquivalente gleichartig (Tab. 21, S. 97/98 und Abb 16, S. 99). Die Gesamtaufnahme in Gefäßen lag somit um den Faktor 12 höher, so daß auch die MAT-Äquivalente in den einzelnen Pflanzenfraktionen höher ausfielen (Faktoren: Strohfraktion: 3,3; Ährenspindel/Spreufraktion: 5,5; Kornfraktion: 1,6). Wegen der höheren Ernteerträge in den Gefäßen sind diese Faktoren der MAT-Äquivalente gegenüber der Gesamtaufnahme entsprechend geringer.

4.1.5.2 Ergebnisse 1985 mit Wintergerste

Die Gesamtaufnahme an Radioaktivität durch Wintergerste, 802 Tage nach der Applikation des [3-¹⁴C]Metamitron, bewegte sich beim üblichen Ertragsniveau in den Lysimetern zwischen 0,01 und 0,02 % (auf die Gesamtlysimeterfläche hochgerechnet; jeweils Faktor 2), wobei diese Werte sowohl für die mit und ohne Stroh gedüngten Flächen gelten. Die Gesamtaufnahme an ¹⁴C-Aktivität bewegte sich somit nur geringfügig unter der des 1. Nachbaujahres in den Lysimetern mit Winterweizen (Tab. 22 a/b, S. 100/101). Dies trifft somit in modifizierter Form auch für die errechneten MAT-Äquivalente zu (Abb. 17 a/b, S. 102/103).

Tabelle 20, Lysimeterversuch: Radioaktivität im Winterweizen
nach [3-¹⁴C]Metamitron-Voraufspritzung zu
Zuckerrüben im Vorjahr

Gefäß	Fraktion	Wiedergef. Radioaktivität der Ausgangsaktivität %	MAT-Äquivalente* (mg/kg Tr.M.)
B 1	KORN	0,005	0,026
	Ä.+ S.	<0,001	0,027
	STROH	0,014	0,075
	SUM. 1-3	0,019	-----
B 2	KORN	0,003	0,016
	Ä.+ S.	0,001	0,032
	STROH	0,014	0,065
	SUM. 1-3	0,018	-----
B 3	KORN	0,004	0,019
	Ä.+ S.	0,001	0,024
	STROH	0,015	0,061
	SUM. 1-3	0,020	-----
B 4	KORN	0,003	0,028
	Ä.+ S.	0,001	0,046
	STROH	0,013	0,100
	SUM. 1-3	0,017	-----
B 7	KORN	<0,001	0,002
	Ä.+ S.	<0,001	0,007
	STROH	<0,001	0,008
	SUM. 1-3	<0,001	-----
Ä. + S.: Ährenspindel/Spreufraktion			
B1 - B3: Aufwandmenge 5 kg/ha im Anwendungsjahr			
B4 / B5: Aufwandmenge 10 kg/ha im Anwendungsjahr			
B7 : Kontrolle			
* Berechnet auf der Grundlage der spezifischen Radioaktivität des applizierten [3- ¹⁴ C]Metamitron			

Abb. 15, Lysimeterversuch: MAT-Äquivalente im Winterweizen beim Nachbau 1984 nach Vorauf-
laufspritzen von $[3-^{14}\text{C}]$ Metamitron zu Zuckerrüben 1983

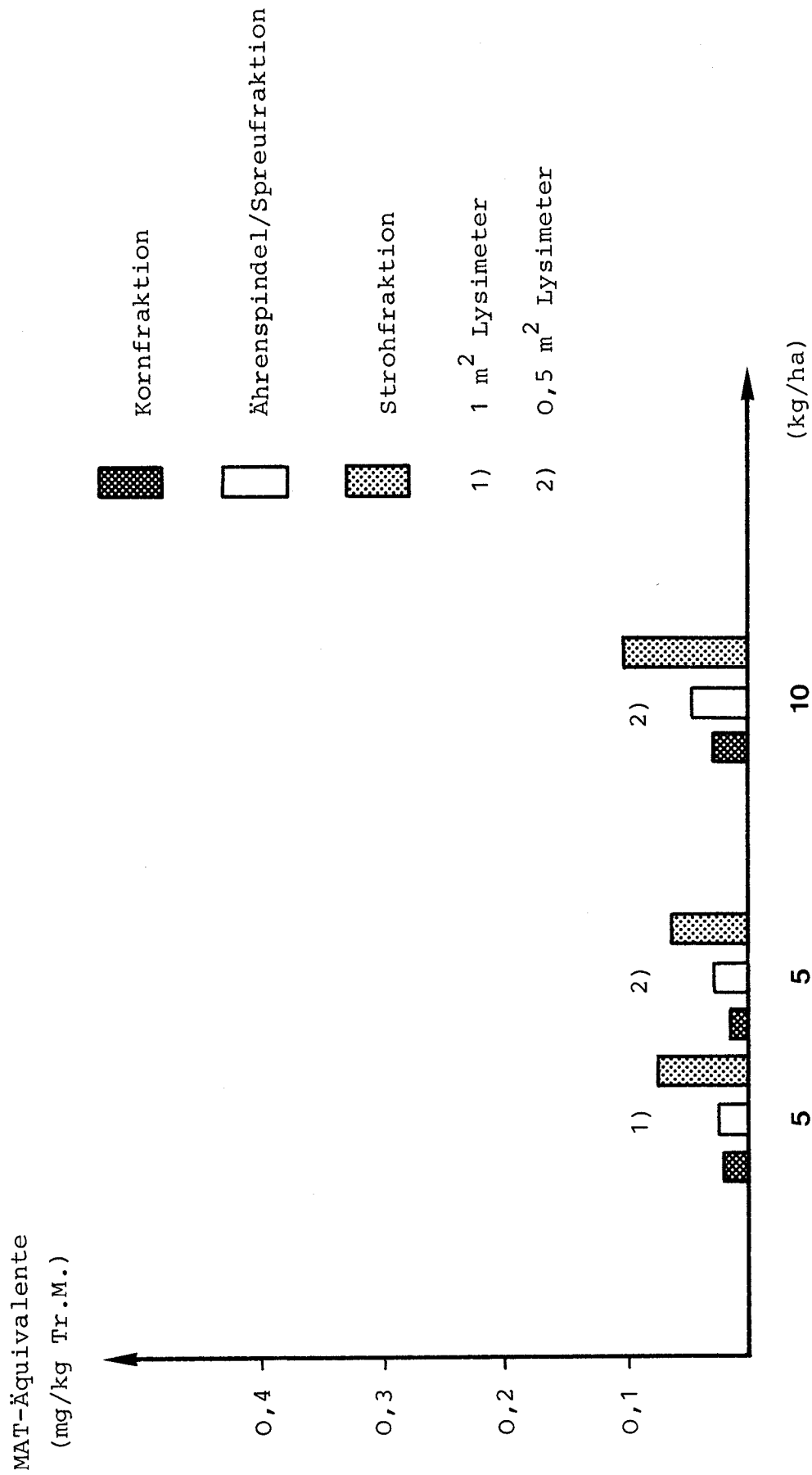


Tabelle 21, Gefäßversuch: Radioaktivität im Winterweizen nach
[3-¹⁴C]Metamitron-Vorauflaufspritzen zu Zuckerrü-
ben im Vorjahr

Gefäß	Fraktion	Wiedergef. Radioaktivität der Ausgangsaktivität %	MAT-Äquivalente* (mg/kg Tr.M.)
C 1	KORN	0,019	0,023
	Ä. + S.	0,023	0,120
	STROH	0,161	0,148
	SUM. 1-3	0,203	-----
C 2	KORN	0,018	0,026
	Ä. + S.	0,022	0,122
	STROH	0,163	0,153
	SUM. 1-3	0,203	-----
C 3	KORN	0,021	0,029
	Ä. + S.	0,018	0,119
	STROH	0,194	0,192
	SUM. 1-3	0,233	-----
C 4	KORN	0,024	0,030
	Ä. + S.	0,025	0,122
	STROH	0,187	0,174
	SUM. 1-3	0,236	-----
C 5	KORN	0,023	0,040
	Ä. + S.	0,022	0,167
	STROH	0,204	0,276
	SUM. 1-3	0,249	-----
C 6	KORN	0,020	0,038
	Ä. + S.	0,019	0,160
	STROH	0,153	0,230
	SUM. 1-3	0,192	-----
C 7	KORN	0,020	0,039
	Ä. + S.	0,018	0,149
	STROH	0,194	0,221
	SUM. 1-3	0,232	-----
C 8	KORN	0,022	0,040
	Ä. + S.	0,022	0,178
	STROH	0,238	0,304
	SUM. 1-3	0,282	-----
Ä. + S.: Ährenspindel/Spreufraktion			
* Berechnet auf der Grundlage der spezifischen Radioaktivität des applizierten [3- ¹⁴ C]Metamitron			

Fortsetzung der Tabelle 21, Gefäßversuch: Radioaktivität im Winterweizen nach [3-¹⁴C]Metamitron-Vorauflaufspritzung zu Zuckerrüben im Vorjahr

Gefäß	Fraktion	Wiedergef. Radioaktivität der Ausgangsaktivität %	MAT-Äquivalente* (mg/kg Tr.M.)
C 9	KORN	0,016	0,041
	Ä. + S.	0,018	0,210
	STROH	0,120	0,230
	SUM. 1-3	0,154	-----
C 10	KORN	0,021	0,059
	Ä. + S.	0,024	0,297
	STROH	0,205	0,440
	SUM. 1-3	0,250	-----
C 11	KORN	0,020	0,055
	Ä. + S.	0,018	0,224
	STROH	0,139	0,278
	SUM. 1-3	0,177	-----
C 12	KORN	0,021	0,055
	Ä. + S.	0,021	0,248
	STROH	0,198	0,370
	SUM. 1-3	0,240	-----
Ä. + S.: Ährenspindel/Spreufraktion			
C1 - C 4: Aufwandmenge 5 kg/ha im Anwendungsjahr			
C5 - C 8: Aufwandmenge 7 kg/ha im Anwendungsjahr			
C9 - C12: Aufwandmenge 10 kg/ha im Anwendungsjahr			
* Berechnet auf der Grundlage der spezifischen Radioaktivität des applizierten [3- ¹⁴ C]Metamitron			

Abb. 16, Gefäßversuch: MAT-Äquivalente im Winterweizen beim Nachbau 1984 nach Vorauf-
 laufspritzung von $[3-^{14}\text{C}]$ Metamitron zu Zuckerrüben 1983

MAT-Äquivalente
 (mg/kg Tr.M.)

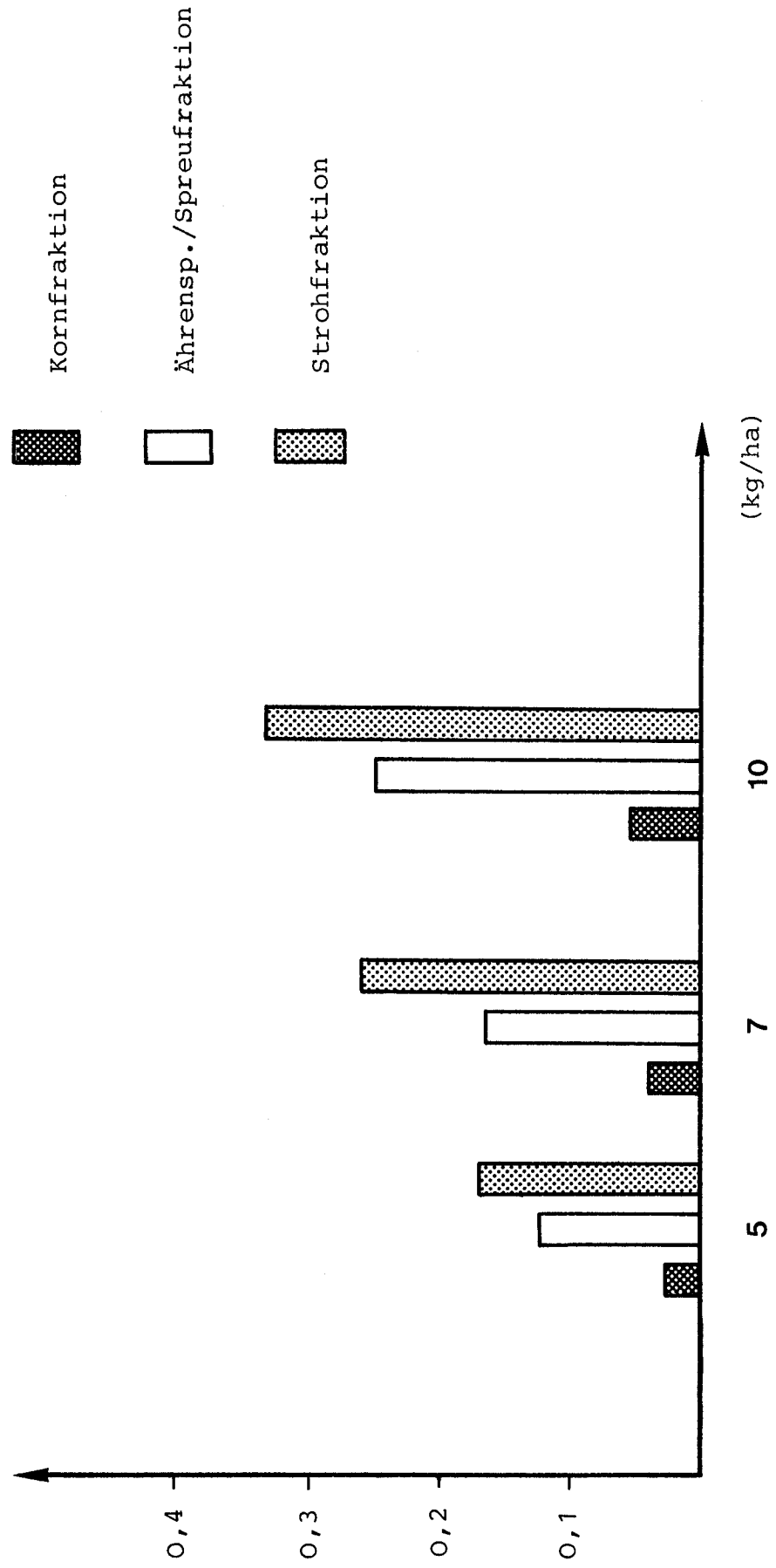


Tabelle 22, Lysimeterversuch: Radioaktivität in Wintergerste
nach [3-¹⁴C]Metamitron-Vorauflaufspritzen zu
Zuckerrüben im Jahr 1983

Tab. 22 a: Nachbau mit Strohdüngung

Gefäß	Fraktion	Wiedergef. Radioaktivität der Ausgangsaktivität %	MAT-Äquivalente* (mg/kg Tr.M.)
B 1	KORN	0,006	0,031
	Ä. + S.	<0,001	0,013
	STROH	0,009	0,044
	SUM. 1-3	0,015	-----
B 2	KORN	0,001	0,005
	Ä. + S.	<0,001	0,011
	STROH	0,021	0,068
	SUM. 1-3	0,022	-----
B 3	KORN	0,003	0,011
	Ä. + S.	<0,001	0,010
	STROH	0,014	0,043
	SUM. 1-3	0,017	-----
B 4	KORN	0,002	0,017
	Ä. + S.	<0,001	0,030
	STROH	0,007	0,046
	SUM. 1-3	0,009	-----
Ä. + S.: Ährenspindel/Spreufraktion			
B1 - B3: Aufwandmenge 5 kg/ha im Anwendungsjahr			
B4 : Aufwandmenge 10 kg/ha im Anwendungsjahr			
* Berechnet auf der Grundlage der spezifischen Radioaktivität des applizierten [3- ¹⁴ C]Metamitron			

Fortsetzung der Tabelle 22, Lysimeterversuch: Radioaktivität in Wintergerste nach [3-¹⁴C]Metamitron-Vorauflaufspritzung zu Zuckerrüben im Jahr 1983

Tab. 22 b: Nachbau ohne Strohdüngung

Gefäß	Fraktion	Wiedergef. Radioaktivität der Ausgangsaktivität %	MAT-Äquivalente* (mg/kg Tr.M.)
B 1	KORN	0,007	0,037
	Ä. + S.	<0,001	0,016
	STROH	0,012	0,050
	SUM. 1-3	0,019	-----
B 2	KORN	0,003	0,013
	Ä. + S.	<0,001	0,015
	STROH	0,017	0,052
	SUM. 1-3	0,020	-----
B 3	KORN	0,003	0,015
	Ä. + S.	<0,001	0,030
	STROH	0,012	0,038
	SUM. 1-3	0,015	-----
B 4	KORN	0,003	0,032
	Ä. + S.	0,001	0,065
	STROH	0,010	0,078
	SUM. 1-3	0,014	-----
Ä. + S.: Ährenspindel/Spreufraktion			
B1 - B3: Aufwandmenge 5 kg/ha im Anwendungsjahr			
B4 : Aufwandmenge 10 kg/ha im Anwendungsjahr			
* Berechnet auf der Grundlage der spezifischen Radioaktivität des applizierten [3- ¹⁴ C]Metamitron			

Abb. 17, Lysimeterversuch: MAT-Äquivalente in Wintergerste beim Nachbau 1985 nach Vorauf-
 laufspritzen von $[3-^{14}\text{C}]$ Metamitron zu Zuckerrüben 1983

Abb. 17 a: Nachbau mit Strohdüngung

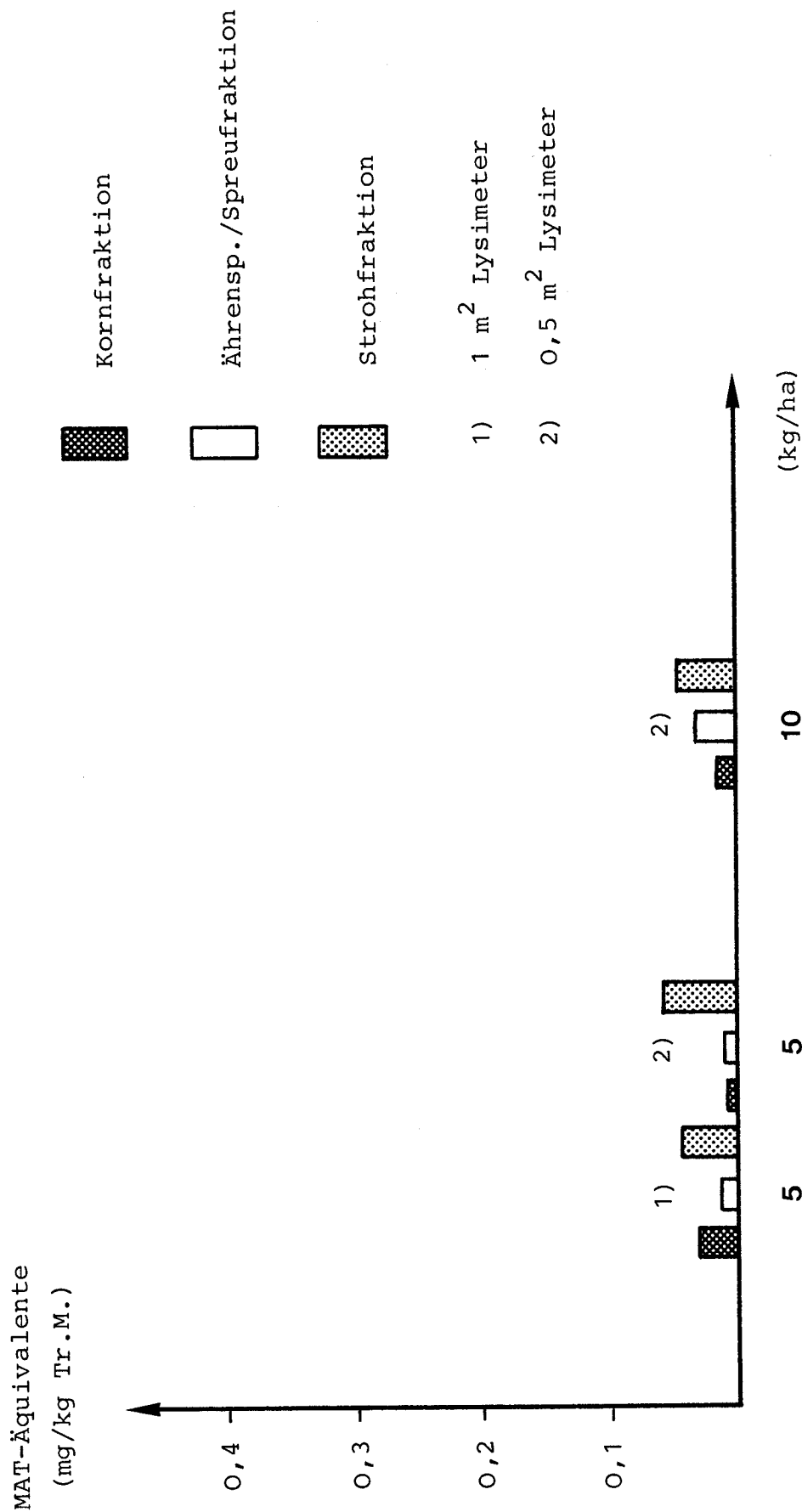
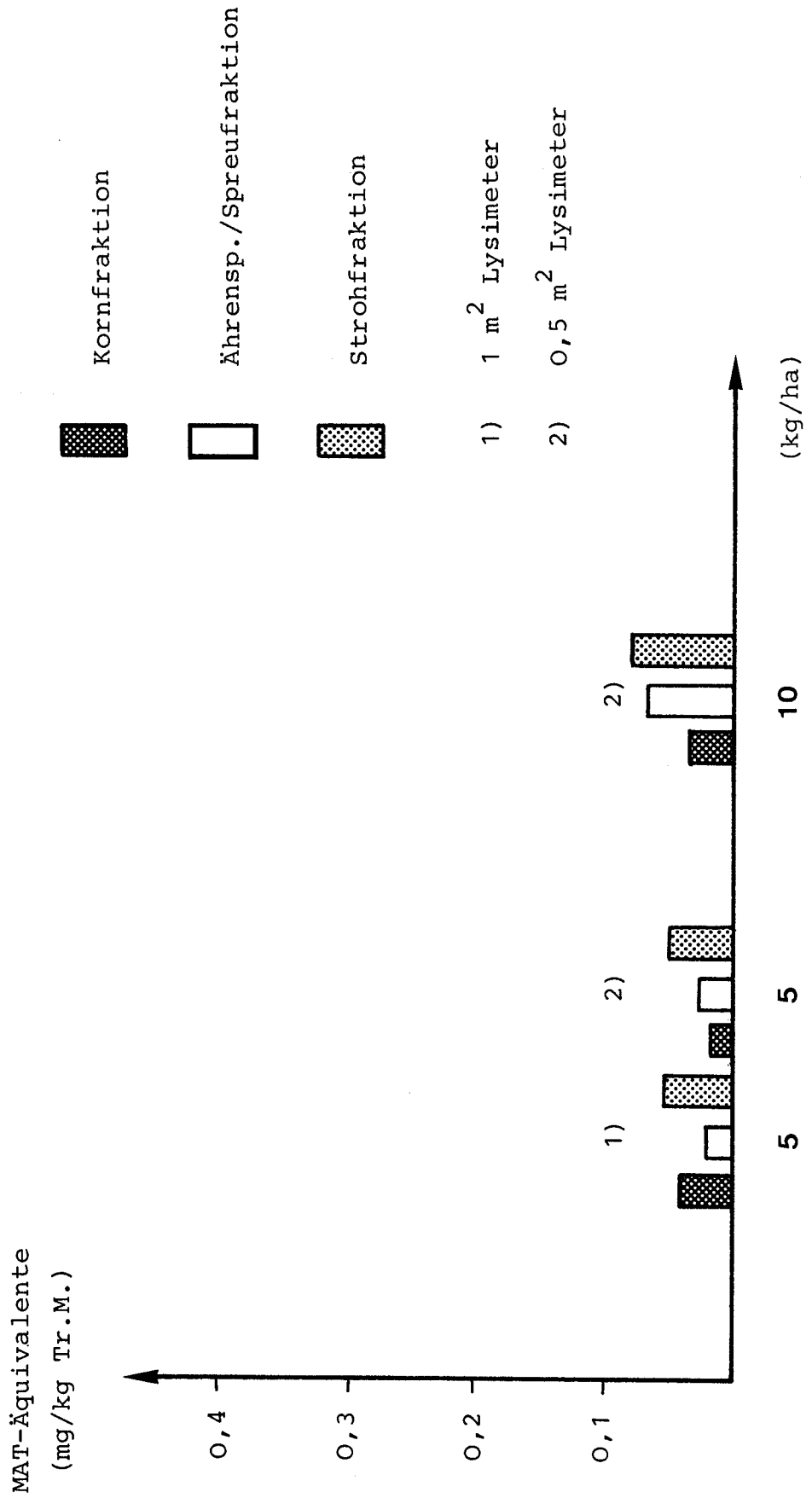


Abb. 17, Lysimeterversuch: MAT-Äquivalente in Wintergerste beim Nachbau 1985 nach Vorauf-
laufspritzung von $[3-^{14}C]$ Metamitron zu Zuckerrüben 1983

Abb. 17 b: Nachbau ohne Strohdüngung



4.1.6 Vergleich der Versuchseinheiten

Probenahmetermin 1

Die Varianzanalyse der MAT-Äquivalente der Blattfraktion (Anhang, Tab. I, S. 208) zeigt sehr hoch signifikante Unterschiede zwischen den Versuchseinheiten und eine hoch signifikante Wechselwirkung (WW) zwischen den Aufwandmengen und den Versuchseinheiten an. Der multiple Mittelwertvergleich ergibt, daß sich die MAT-Äquivalente in der Blattfraktion des Lysimeter- und Gefäßversuchs bei den Aufwandmengen von 5 kg/ha (Abb. 18 a, S. 105) und 10 kg/ha (Abb. 18 b, S. 106) nicht signifikant unterscheiden, wohl aber die der Mikroökosystemgefäße (Probenahmetermin 1 A) von denen des Lysimeter- und Gefäßversuchs.

Die varianzanalytische Auswertung der Desamino-Metamitron-Gehalte derselben Proben ergibt keine signifikanten Wechselwirkungen (Anhang, Tab. II, S. 209); die Versuchseinheiten sind (gemittelt über die beiden Aufwandmengen 5 und 10 kg/ha) sehr hoch signifikant unterschiedlich. Die weitere Auswertung ergibt, daß sich die Desamino-Metamitron-Gehalte der Versuchseinheiten Feld/Lysimeter auf der einen Seite und Gefäße/Mikroökosystemgefäße auf der anderen Seite nicht signifikant unterscheiden (Abb. 19, S. 107), wohl aber alle anderen Vergleiche (Feld/Gefäße; Feld/Mikroökosystemgefäße; Lysimeter/Gefäße; Lysimeter/Mikroökosystemgefäße;) mindestens signifikante Unterschiede aufweisen.

Probenahmetermin 3

In der Blattfraktion trat bei den MAT-Äquivalentwerten keine Signifikanz bei der Wechselwirkung zwischen den Aufwandmengen und den Versuchseinheiten auf. Die beiden geprüften Versuchseinheiten Lysimeter und Gefäße erbrachten aber hoch signifikante Unterschiede in den MAT-Äquivalenten in der Blattfraktion (Anhang, Tab. III, S. 210 und Abb. 20, S. 108).

Die Rübenfraktion des Lysimeter- und Gefäßversuchs (Anhang, Tab. IV, S. 211) wies ebenfalls keine signifikante Wechselwirkungen auf. Der multiple Mittelwertvergleich ergab keine signifikanten Unterschiede der MAT-Äquivalente in den Rüben der Gefäß- und Lysimereinheiten.

Die 3-faktorielle Varianzanalyse der MAT-Äquivalente der

Abb. 18: Vergleich der MAT-Äquivalente im Zuckerrübenblatt vom 1. Probenahmetermin der Lysimeter-, Gefäß- und Mikroökosystemgefäßversuche

Abb. 18 a: Vergleich für die Aufwandmenge von 5 kg/ha

MAT-Äquivalente
(mg/kg Fr.M.)

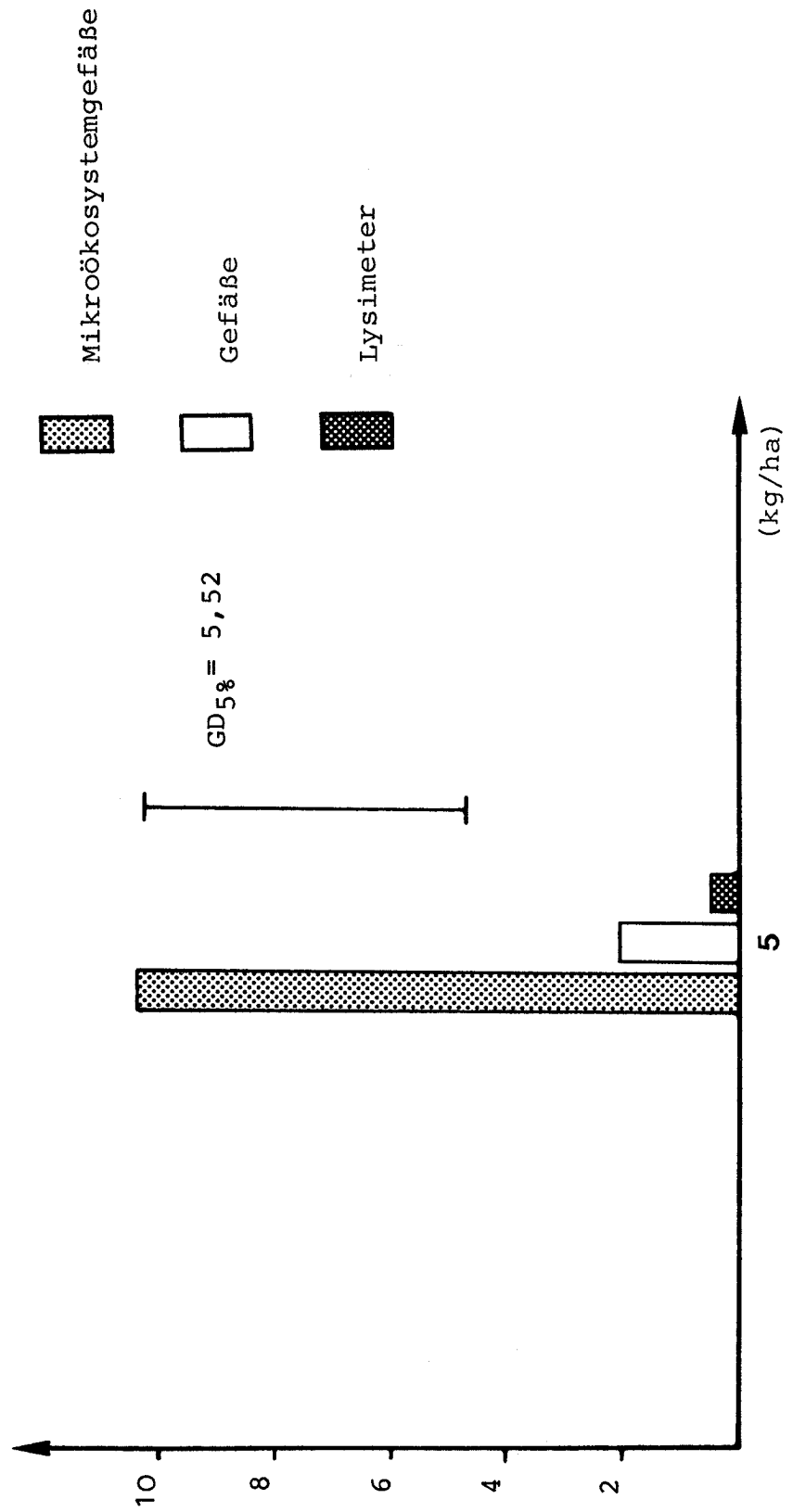


Abb. 18: Vergleich der MAT-Äquivalente im Zuckerrübenblatt vom 1. Probenahmetermin der Lysimeter-, Gefäß- und Mikroökosystemgefäßversuche

Abb. 18 b: Vergleich für die Aufwandmenge von 10 kg/ha

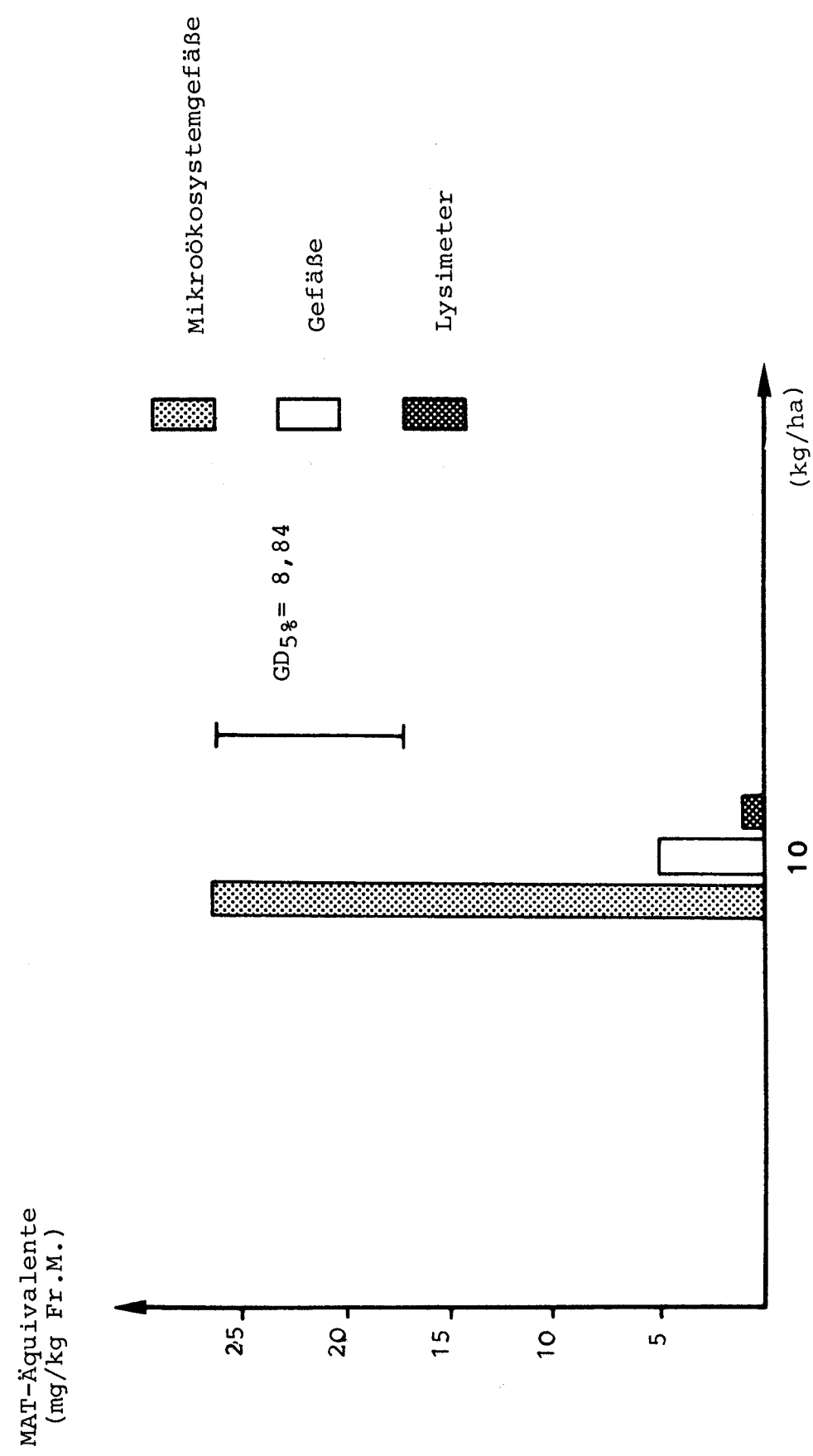


Abb. 19: Vergleich der Desamino-Metamitron-Rückstände im Zuckerrübenblatt vom 1. Probenahmetermin der Feld-, Lysimeter-, Gefäß- und Mikroökosystemgefäßversuche gemittelt über die Aufwandsmengen von 5 und 10 kg/ha

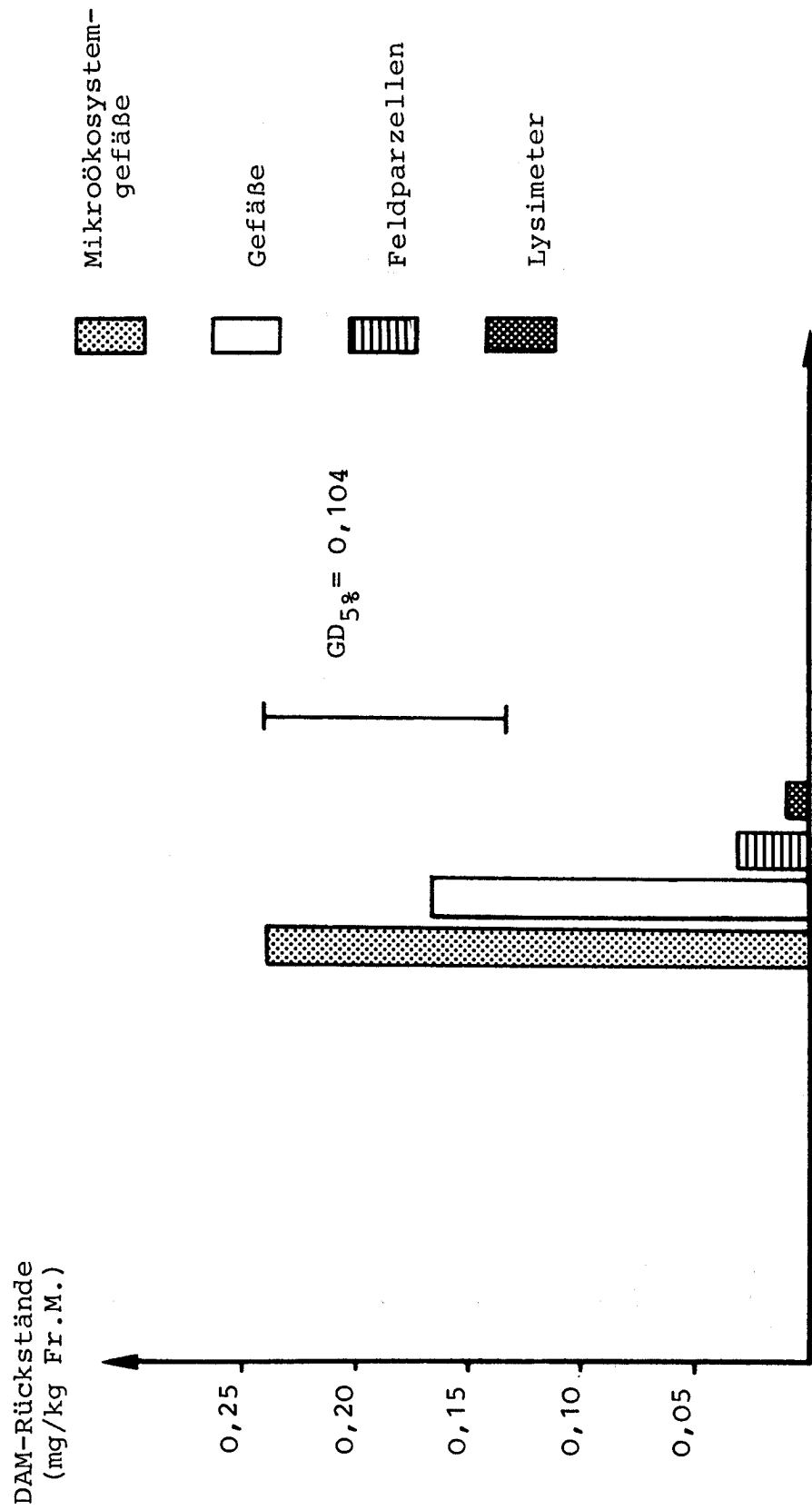
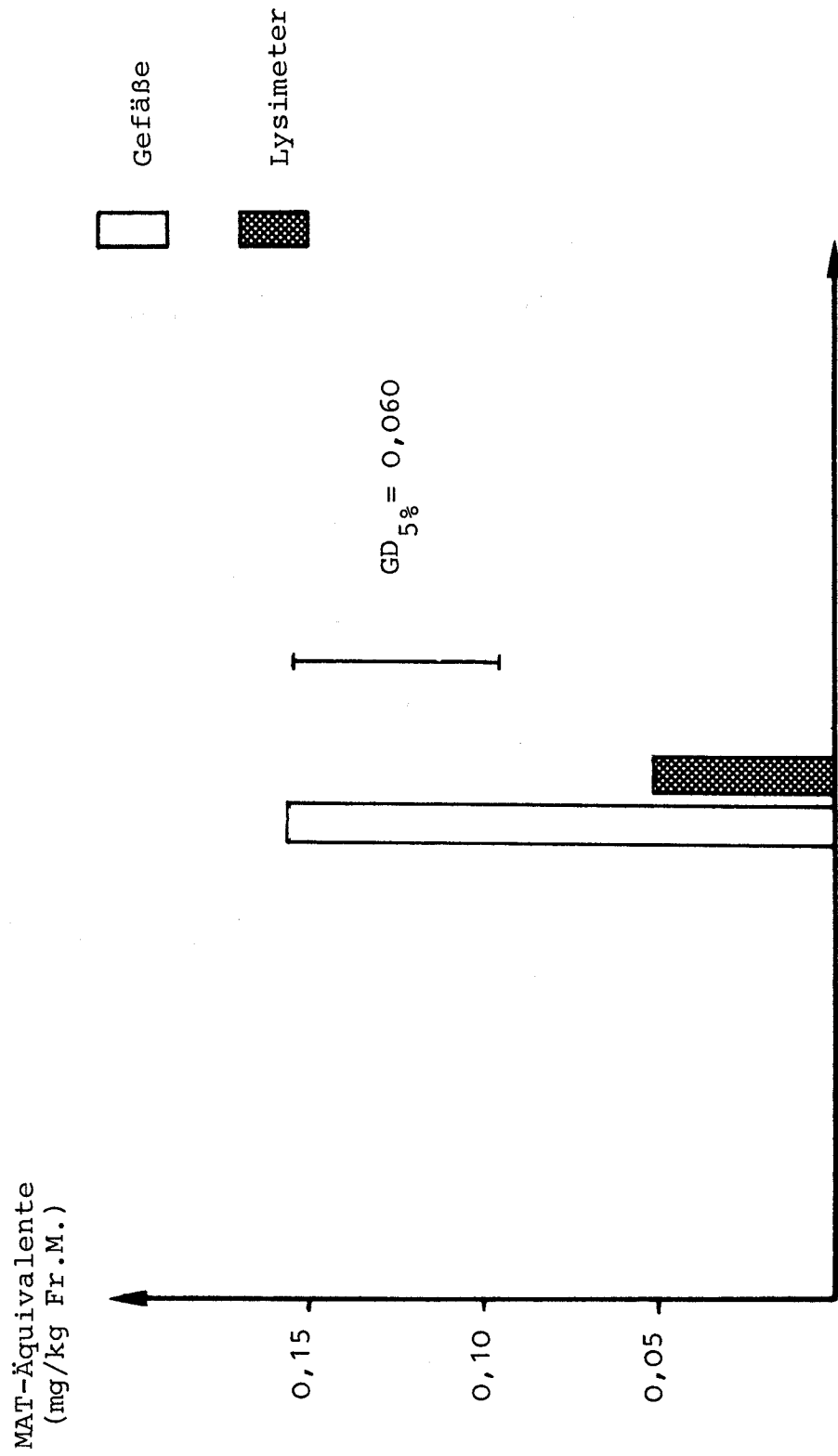


Abb. 20: Vergleich der MAT-Äquivalente im Zuckerrübenblatt vom 3. Probenahmetermin zwischen den Lysimeter- und Gefäßversuchen gemittelt über die Aufwandmengen von 5 und 10 kg/ha



Blattfraktionen des Lysimeter- und Gefäßversuchs zeigt signifikante Unterschiede bei den Versuchseinheiten und weiterhin Signifikanz bei der Wechselwirkung Versuchseinheit x Probenahmetermin und eine hoch signifikante Absicherung der beiden Probenahmeterminen an (Anhang, Tab. V, S. 212).

Durch die Ausgliederung eines Lysimeters aus dem weiteren Versuchsprogramm im Jahr 1984 für anderweitige Fragestellungen konnte für den Nachbau mit Metamitron 1984 und 1985 keine statistische Auswertung erfolgen.

4.2 Methabenzthiazuron

Auf der Basis der spezifischen Radioaktivität des applizierten [carbonyl- ^{14}C]Methabenzthiazuron wurden Rückstandsäquivalentmengen in den einzelnen Pflanzenproben berechnet, jeweils ausgedrückt in mg Methabenzthiazuron-Äquivalente / kg Pflanzentrockenmasse (Tr.M.), im weiteren auch als MBT-Äquivalente bezeichnet.

4.2.1 MBT-Äquivalente in Winterweizen

Da bei den Versuchen mit MBT im Gegensatz zu den Versuchen mit Metamitron des Jahres 1983 alle Analysendaten auf der Basis der Pflanzentrockenmassen berechnet werden konnten, ist die Basis dieser Werte einheitlich. Die erzielten Ernteerträge sind in Tabelle 23 a/b (S. 111) dokumentiert. Alle Pflanzenproben wurden in die Fraktionen Korn, Ährenspindel/Spreu und Stroh aufgeteilt.

4.2.1.1 Lysimeterversuch

Strohfraktion

Die MBT-Äquivalente wiesen im Mittel bei den mit 4 kg Tribunil/ha behandelten 0,5 m² Lysimetern (L4 / L5) mit 6,95 mg/kg Tr.M. mehr als das 3fache des Mittels (2,05 mg/kg Tr.M.) der mit 2 kg/ha behandelten Lysimeter (L2 / L3) auf (Tab. 24, S. 112; Abb. 21, S. 113). In dem ebenfalls mit 2 kg Tribunil/ha behandelten 1 m² Lysimeter (L1) war der Wert mit 4,11 mg/kg Tr.M. nahezu doppelt so hoch wie in den beiden gleich behandelten 0,5 m² Lysimetern (L2 / L3).

Ährenspindel/Spreufraktion

Auch hier wird durchweg die oben bereits festgestellte Tendenz bezüglich des Anstiegs der MBT-Äquivalente mit zunehmender Aufwandmenge und des grundlegenden Unterschieds der 110 cm tiefen Lysimeter gegenüber dem nur 45 cm tiefen 1 m² Lysimeter bestätigt; der Faktor zwischen diesen beiden Lysimetertypen bei vergleichbarer Aufwandmenge beträgt hier allerdings nur noch 1,9. Der Einzelwert für das 1 m² Lysimeter mit der 2 kg/ha Tribu-

Tabelle 23 : Übersicht über die im Lysimeter- und Gefäßversuch
erzielten Erntemengen ausgedrückt in ha-Erträgen

Tabelle 23 a: Winterweizenerträge im Lysimeterversuch:

Versuchs- einheit	Korn dt/ha	Stroh dt/ha	Ährentragende Halme je 0,5 m ²
L 1	54,5	66,3	204
L 2	63,9	107,2	287
L 3	66,4	109,3	292
L 4	57,3	95,1	267
L 5	63,0	96,4	276
L 6	35,9	78,2	230

Tabelle 23 b: Winterweizenerträge im Gefäßversuch

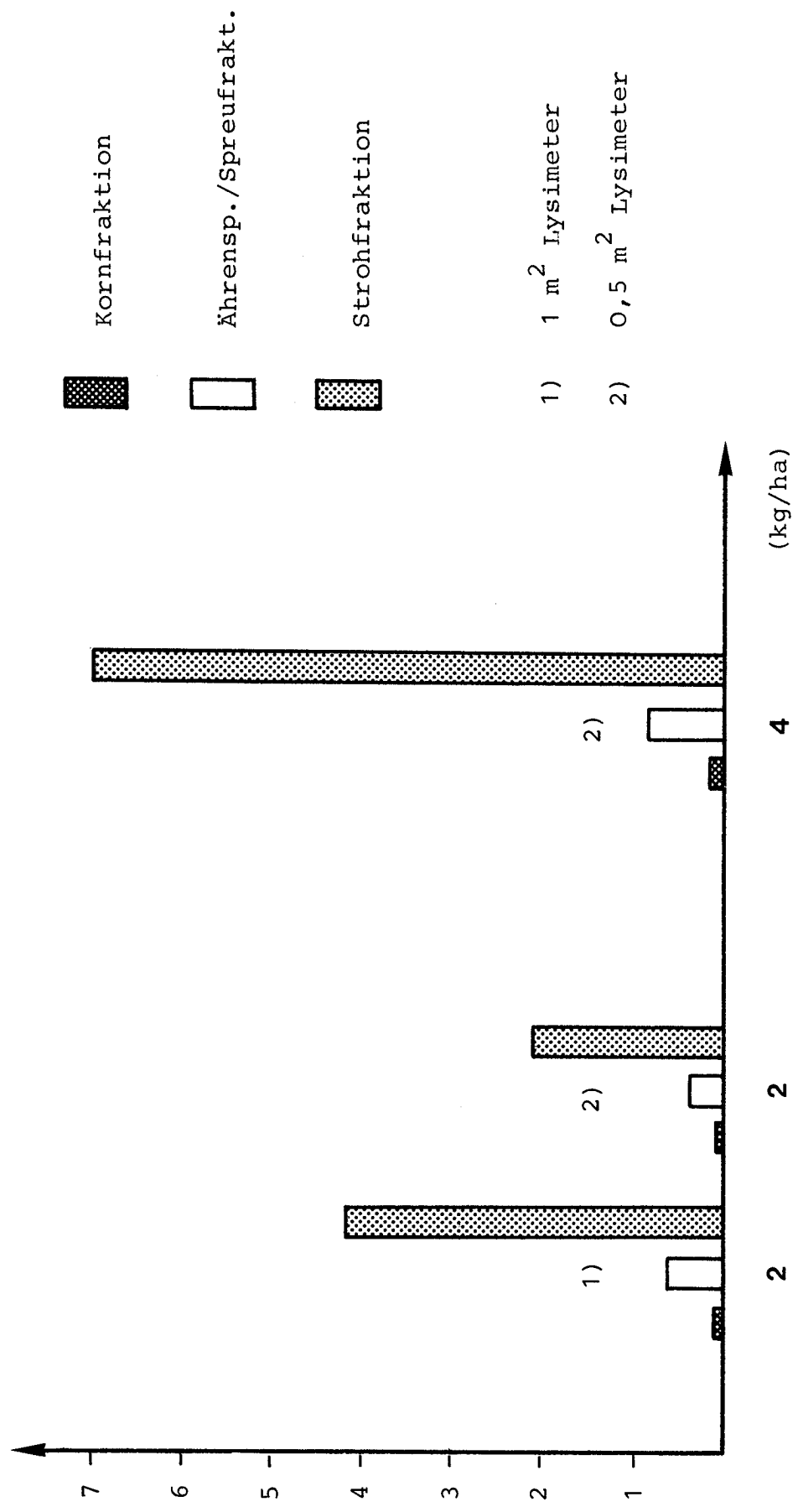
Versuchs- einheit	Korn dt/ha	Stroh dt/ha	Ährentragende Halme je Gefäß
M 1	258,6	388,5	61
M 2	249,9	381,1	55
M 3	243,0	353,9	57
M 4	245,9	373,3	58
Mittel	249,4	374,2	57,8
M 5	228,8	319,6	49
M 6	249,3	396,1	59
M 7	225,7	309,9	49
M 8	238,2	334,6	57
Mittel	235,5	340,1	53,5
M 9	261,6	381,6	57
M 10	243,4	336,3	55
M 11	257,6	357,6	55
M 12	254,5	410,3	54
Mittel	254,3	371,5	55,3
M 13	241,4	344,0	56
M 14	237,5	383,1	55
M 15	199,0	269,5	46
M 16	242,1	365,5	55
Mittel	230,0	340,5	53,0

Tabelle 24, Lysimeterversuch: ^{14}C -Aktivität und Rückstand an Methabenzthiazuron in der Strohfraction 133 Tage nach der Spritzung mit [carbonyl- ^{14}C]Methabenzthiazuron im Nachaufverfahren. Applizierte ^{14}C -Aktivität= 100%

Lysimeter Nr.	Aufwandmenge kg Tribunil/ha	Erntemenge g (Tr.M.)	^{14}C -Aktivität % der Ausgangsaktivität	^{14}C -Aktivität im Stroh MBT-Äquivalente (mg/kg Tr.M.)	GC-Ergebnisse MBT-Rückstände (mg/kg Tr.M.)
L 1	2	636,8	1,92	4,11	n. n.
L 2	2	535,8	1,70	2,16	n. n.
L 3	2	546,5	1,56	1,93	n. n.
Mittel	-	541,2	1,63	2,05	n. n.
L 4	4	475,7	2,38	6,84	n. n.
L 5	4	452,9	2,33	7,05	n. n.
Mittel	-	464,3	2,36	6,95	n. n.
L 6	4	390,8	2,07	7,30	n. n.
L 7	Kontrolle	32,2	-	-	n. n.
* Berechnet auf der Grundlage der spezifischen Radioaktivität des applizierten [carbonyl- ^{14}C]MBT					

Abb. 21: MBT-Äquivalente im Winterweizen des Lysimeterversuchs 1984 nach der Nachauf-
spritzung mit [carbonyl- ^{14}C]Methabenzthiazuron

MBT-Äquivalente
(mg/kg Tr.M.)



nil-Behandlung beträgt 0,58 mg/kg Tr.M., der Mittelwert der 0,5 m² Lysimeter (L2 / L3) bei gleicher Aufwandmenge 0,31 mg/kg Tr.M. und für die zwei mit 4 kg/ha behandelten Lysimeter (L4 / L5) 0,85 mg/kg Tr.M. (Tab. 25, S. 115; Abb. 21, S. 113). Der Wert für das ebenfalls mit 4 kg/ha behandelte Lysimeter (L6) erreichte 0,96 mg/kg Tr. M. (Tab. 25, S. 115).

Kornfraktion

Die Kornfraktion zeigt auf der Basis der MBT-Äquivalente ein den beiden anderen Fraktionen analoges Rückstandsverhalten in Abhängigkeit von der Aufwandmenge, allerdings auf einem sehr viel niedrigeren Niveau. Im einzelnen betrugen die Werte 0,07 mg/kg Tr.M. für das mit 2 kg Tribunil/ha behandelte 1 m² Lysimeter, der Mittelwert für die mit der gleichen Menge behandelten 0,5 m² Lysimeter betrug 0,05 mg/kg Tr.M. und 0,13 mg/kg Tr.M. für die mit 4 kg/ha behandelten 0,5 m² Lysimeter (Tab. 26, S. 116; Abb. 21, S. 113).

Bei allen drei Fraktionen ist mit zunehmender Aufwandmenge an Tribunil eine erhöhte Menge an Rückstandsäquivalenten festzustellen, wobei der Anstieg der MBT-Äquivalente bei linear steigender Aufwandmenge etwa den Faktor 3 aufweist.

4.2.1.2 Gefäßversuch

Strohfraktion

Die Mittelwerte von jeweils vier Wiederholungen der drei Aufwandmengen 2, 3 und 4 kg/ha Tribunil zeigen wie auch schon die Ergebnisse aus den Lysimeterversuchen eine eindeutige Abhängigkeit der MBT-Äquivalente von der eingesetzten Menge an Tribunil. Dabei ist bei Betrachtung der Mittelwerte (Tab. 27, S. 117 und Abb. 22, S. 118) von 1,90 mg/kg Tr.M. für die Gefäße der niedrigen Aufwandmenge von 2 kg Tribunil/ha (M1 - M4), 3,62 mg/kg Tr.M. für die mittlere Aufwandmenge (Gefäße M5 - M8) und 5,66 mg/kg für die hohe Aufwandmenge von 4 kg/ha festzustellen, daß die doppelte Aufwandmenge ebenso wie in dem Lysimeterversuch MBT-Äquivalente von mehr als der doppelten Höhe verursachte.

Tabelle 25, Lysimeterversuch: ^{14}C -Aktivität und Rückstand an Methabenzthiazuron in der Ährenspindel/
Spreufraction 133 Tage nach der Spritzung mit [carbonyl- ^{14}C]Metha-
benzthiazuron im Nachauflaufverfahren. Applizierte ^{14}C -Aktivität= 100%

Lysimeter Nr.	Aufwandmenge kg Tribunil/ha	Erntemenge g (Tr.M.)	^{14}C -Aktivität in Ährenspindeln und Spreu % der MBT-Äquivalente (mg/kg Tr.M.)	GC-Ergebnisse MBT-Rückstände (mg/kg Tr.M.)
L 1	2	132,2	0,06	0,58
L 2	2	91,1	0,04	0,33
L 3	2	98,5	0,04	0,29
Mittel	-	94,8	0,04	0,31
L 4	4	79,0	0,05	0,91
L 5	4	71,7	0,04	0,79
Mittel	-	75,4	0,05	0,85
L 6	4	58,1	0,04	0,96
L 7	Kontrolle	6,3	-	-

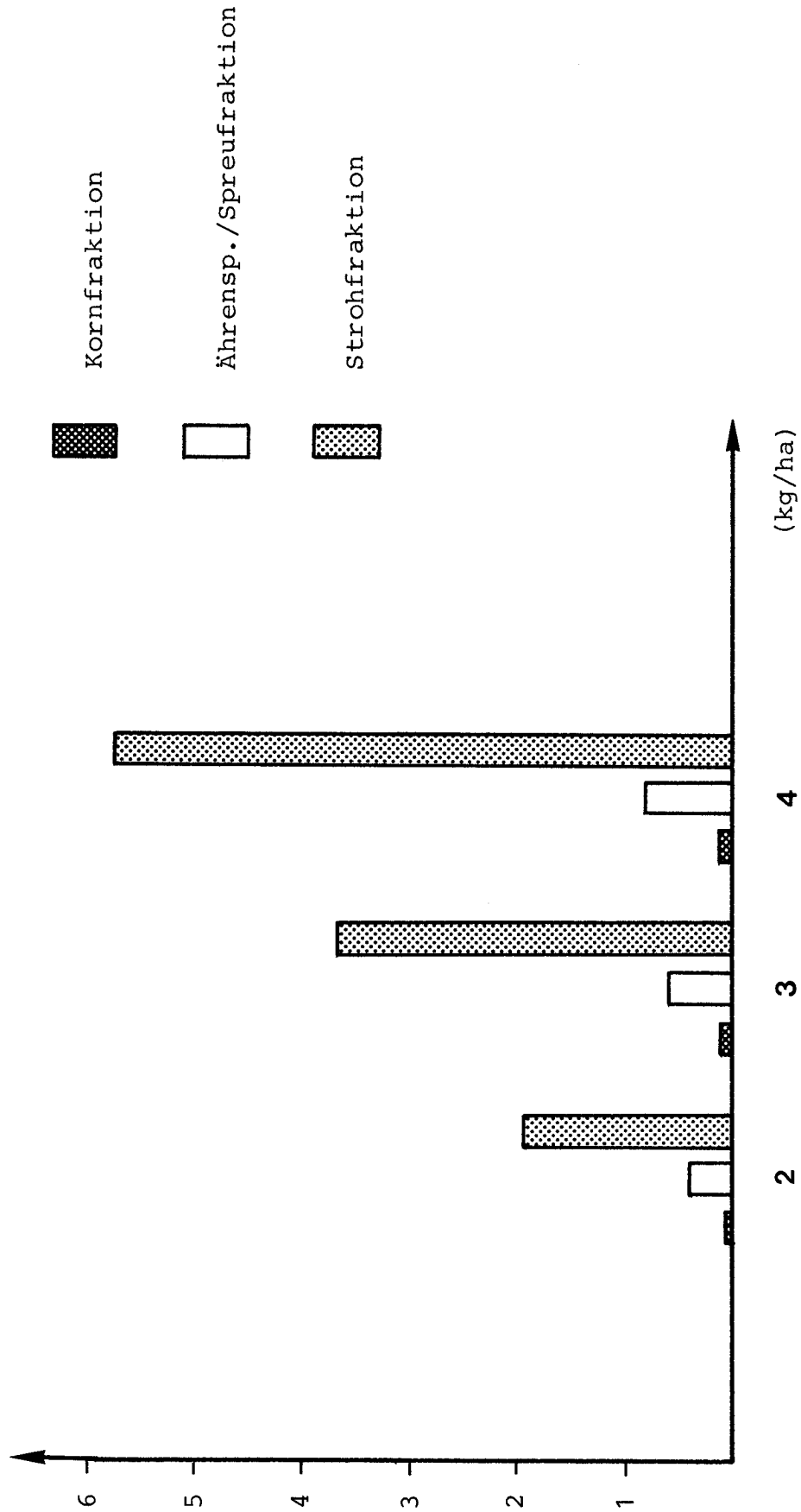
* Berechnet auf der Grundlage der spezifischen Radioaktivität des applizierten [carbonyl- ^{14}C]MBT

Tabelle 26, Lysimeterversuch: ^{14}C -Aktivität und Rückstand an Methabenzthiazuron in der Kornfraktion 133 Tage nach der Spritzung mit [carbonyl- ^{14}C]Methabenzthiazuron im Nachauflaufverfahren. Applizierte ^{14}C -Aktivität= 100%

Lysimeter Nr.	Aufwandmenge kg Tribunil/ha	Erntemenge g (Tr.M.)	¹⁴ C-Aktivität im Korn % der Ausgangsaktivität	MBT-Äquivalente (mg/kg Tr.M.)	GC-Ergebnisse MBT-Rückstände (mg/kg Tr.M.)
L 1	2	523,4	0,03	0,07	n. n.
L 2	2	319,3	0,02	0,05	n. n.
L 3	2	332,0	0,02	0,04	n. n.
Mittel	-	325,7	0,02	0,05	n. n.
L 4	4	286,4	0,03	0,13	n. n.
L 5	4	296,0	0,03	0,12	n. n.
Mittel	-	291,2	0,03	0,13	n. n.
L 6	4	184,9	0,01	0,13	n. n.
L 7	Kontrolle	30,5	-	-	n. n.
* Berechnet auf der Grundlage der spezifischen Radioaktivität des applizierten [carbonyl- ¹⁴ C]MBT					

Abb. 22: MBT-Äquivalente im Winterweizen des Gefäßversuchs 1984 nach der Nachaufspritzung mit [carbonyl- 14 C]Methabenzthiazuron

MBT-Äquivalente
(mg/kg Tr.M.)



Ährenspindel/Spreufraktion

Der Mittelwert (Tab. 28, S. 120 und Abb. 22, S. 118) betrug bei der Aufwandmenge 2 kg Tribunil/ha bei vier Wiederholungen (M1 - M4) 0,37 mg/kg Tr.M., bei der mittleren Aufwandmenge von 3 kg/ha (M5 - M8) 0,56 mg/kg Tr.M. und bei der 4 kg/ha Aufwandmenge 0,75 mg/kg Tr.M.. Bezüglich Art und Umfang der Abhängigkeit der MBT-Äquivalente von der Aufwandmenge an Tribunil gilt prinzipiell das gleiche wie unter 4.2.1.1 (S. 110) beschrieben, obwohl der Mittelwert für die 4 kg/ha Aufwandmenge nur geringfügig höher als der doppelte Wert der 2 kg/ha Aufwandmenge liegt.

Kornfraktion

Auch die MBT-Äquivalente der Kornfraktion des Gefäßversuchs bieten ein analoges Bild zu den bereits vorgestellten Lysimeter- und Gefäßversuchsergebnissen: die MBT-Äquivalente sind von der eingesetzten Menge an Tribunil abhängig; eine Verdoppelung der Aufwandmenge an Tribunil brachte mehr als eine Verdoppelung der MBT-Äquivalente im Korn. Die Mittelwerte (Tab. 29, S. 121 und Abb. 22, S. 118) liegen bei 0,04 mg/kg Tr.M. (M1 - M4), 0,07 mg/kg Tr.M. (M5 - M8) und 0,1 mg/kg Tr.M..

4.2.2 ^{14}C -Aktivitätsgehalte der Kontrollpflanzen

Die Kontrollpflanzen standen in den einzelnen Versuchseinheiten so nahe wie möglich an den mit [carbonyl- ^{14}C]MBT behandelten Beständen. Im 1 m² Lysimeter (L1) befand sich ein 400 cm² großes Kontroll-Lysimeter innerhalb der behandelten Fläche, bei den 0,5 m² Lysimetern (L2 - L6) wurden die Pflanzenproben in 10 cm Entfernung herum aus dem die Lysimeter umgebenden Bestand gezogen. Bei den Gefäßversuchen war in jedem Block ein Kontrollgefäß vorhanden.

Der ^{14}C -Gehalt in den Kontrollpflanzen der Gefäße und dem 1 m² Lysimeter sowie den 0,5 m² Lysimetern wird, wie bei den Versuchen mit Metamitron, in % der spezifischen ^{14}C -Aktivitätsgehalte der mit [carbonyl- ^{14}C]Methabenzthiazuron behandelten Versuchspflanzen angegeben. Bei der Betrachtung der Einzelwerte wie auch der Mittelwerte (Tab. 30, S. 122) fällt auf, daß die Kornfraktionen der Kontrollpflanzen bezogen auf die Gehalte in den Versuchspflanzen prozentual weitaus höhere ^{14}C -Gehalte auf-

Tabelle 28, Gefäßversuch: ^{14}C -Aktivität und Rückstand an Methabenzthiazuron in der Ährenspindel/
Spreufraction 141 Tage nach der Spritzung mit [carbonyl- ^{14}C]Methabenz-
thiazuron im Nachauflaufverfahren. Applizierte ^{14}C -Aktivität= 100%

Gefäß Nr.	Aufwandmenge kg Tribunil/ha	Erntemenge g (Tr.M.)	^{14}C -Aktivität in Ährenspindeln und Spreu % der MBT*-Äquivalente (mg/kg Tr.M.)	GC-Ergebnisse MBT-Rückstände (mg/kg Tr.M.)
M 1	2	21,4	0,14	0,31
M 2	2	20,0	0,16	0,39
M 3	2	19,4	0,16	0,38
M 4	2	21,1	0,17	0,38
Mittel	-	20,5	0,16	0,37
M 5	3	19,1	0,15	0,58
M 6	3	19,7	0,15	0,56
M 7	3	17,9	0,14	0,57
M 8	3	20,9	0,16	0,53
Mittel	-	19,4	0,15	0,56
M 9	4	22,0	0,14	0,62
M 10	4	19,4	0,17	0,79
M 11	4	22,1	0,18	0,77
M 12	4	20,8	0,18	0,80
Mittel	-	21,1	0,17	0,75
M 13	0	19,2	-	-
M 14	0	19,4	-	-
M 15	0	16,5	-	-
M 16	0	22,7	-	-
* Berechnet auf der Grundlage der spezifischen Radioaktivität des applizierten [carbonyl- ^{14}C]MBT				

Tabelle 29, Gefäßversuch: ^{14}C -Aktivität und Rückstand an Methabenzthiazuron in der Kornfraktion					
141 Tage nach der Spritzung mit $[\text{carbonyl-}^{14}\text{C}]\text{Methabenzthiazuron}$ im Nachauflaufverfahren. Applizierte ^{14}C -Aktivität= 100%					
Gefäß Nr.	Aufwandmenge kg Tribunil/ha	Erntemenge g (Tr.M.)	^{14}C -Aktivität im Korn % der Ausgangsaktivität MBT-Äquivalente (mg/kg Tr.M.)	GC-Ergebnisse MBT-Rückstände (mg/kg Tr.M.)	
M 1	2	93,9	0,08	0,04	n. n.
M 2	2	90,7	0,08	0,04	n. n.
M 3	2	88,2	0,07	0,04	n. n.
M 4	2	89,1	0,09	0,05	n. n.
Mittel	-	90,5	0,08	0,04	n. n.
M 5	3	83,1	0,06	0,08	n. n.
M 6	3	90,5	0,10	0,08	n. n.
M 7	3	81,9	0,08	0,07	n. n.
M 8	3	86,5	0,08	0,06	n. n.
Mittel	-	85,5	0,08	0,07	n. n.
M 9	4	95,0	0,10	0,10	n. n.
M 10	4	88,4	0,10	0,10	n. n.
M 11	4	93,5	0,10	0,10	n. n.
M 12	4	92,4	0,10	0,10	n. n.
Mittel	-	92,3	0,10	0,10	n. n.
M 13	0	87,6	-	-	n. n.
M 14	0	86,2	-	-	-
M 15	0	72,3	-	-	-
M 16	0	87,9	-	-	-
* Berechnet auf der Grundlage der spezifischen Radioaktivität des applizierten $[\text{carbonyl-}^{14}\text{C}]\text{MBT}$					

Tabelle 30: Kontrollpflanzen: ^{14}C -Aktivitätsgehalte der Kontrollpflanzen des Lysimeter- und Gefäßversuches.

Spez. ^{14}C -Aktivität in Versuchspflanzen = 100%.

Lysimeter Nr.	Aufwandmenge kg Tribunil/ha	Korn- fraktion	Ährenspindel/ Spreufraktion	Stroh- fraktion
L 1	2	3,5 %	3,1 %	0,5 %
L 2	2	13,0 %	1,5 %	0,5 %
L 3	2	68,4 %	4,7 %	0,4 %
Mittel	-	40,7 %	3,1 %	0,5 %
L 4	4	31,4 %	1,6 %	0,4 %
L 5	4	29,3 %	5,6 %	0,6 %
Mittel	-	30,4 %	3,6 %	0,5 %
L 6	4	13,0 %	1,6 %	0,3 %
Gefäß Nr.	Aufwandmenge kg Tribunil/ha	Korn- fraktion	Ährenspindel/ Spreufraktion	Stroh- fraktion
M 1	2	13,5 %	2,9 %	0,7 %
M 2	2	12,5 %	2,3 %	0,5 %
M 3	2	12,5 %	2,4 %	0,4 %
M 4	2	11,2 %	2,2 %	0,5 %
Mittel	-	12,4 %	2,5 %	0,5 %
M 5	3	10,4 %	2,3 %	0,5 %
M 6	3	10,0 %	2,4 %	0,4 %
M 7	3	10,5 %	2,3 %	0,3 %
M 8	3	11,8 %	2,3 %	0,4 %
Mittel	-	10,7 %	2,3 %	0,4 %
M 9	4	10,8 %	2,9 %	0,6 %
M 10	4	10,1 %	2,2 %	0,3 %
M 11	4	10,3 %	2,3 %	0,3 %
M 12	4	9,8 %	2,1 %	0,3 %
Mittel	-	10,3 %	2,4 %	0,4 %

wiesen als die Ährenspindel/Spreu- und Strohfraktionen, wobei die Werte der Ährenspindel/Spreufraktionen in der Regel leicht höher als die der Strohfraktionen waren.

Im Mittel aller Versuche wurden in der Kornfraktion der Kontrollpflanzen 15,8 %, in der Ährenspindel/Spreufraktion 2,6 % und in der Strohfraktion 0,4 % der ^{14}C -Aktivität der entsprechenden Fraktionen der Versuchspflanzen gefunden. Im 1 m² Lysimeter (L7) ergaben die Werte mit 3,5 % (Korn), 3,1 % (Ährenspindel/Spreu) und 0,5 % (Stroh) bis auf die Ährenspindel/Spreufraktion gleichgerichtete Werte. Die Werte der Kontrollpflanzen in der neuen Lysimeteranlage, wo die Pflanzenproben im Abstand von 10 cm um die Lysimeter herum gezogen wurden, ergeben ein völlig anderes Bild bezüglich der Höhe der Werte für die Kornfraktion und auch der Abstufung zwischen den einzelnen Fraktionen: Kornfraktion 31,0 %, Ährenspindel/Spreufraktion 3,0 % und für die Strohfraktion 0,4 %. Die Reihenfolge Kornfraktion > Ährenspindel/Spreufraktion > Strohfraktion bleibt aber wie bei den anderen Versuchseinheiten bestehen. Ein Teil dieser erhöhten Kontrollwerte ist durch das etwa 2fach höhere Rückstandsniveau in dem 1 m² Lysimeter zu erklären.

4.2.3 Gesamtaufnahme an ^{14}C -Aktivität durch die Pflanzen

Die von den Pflanzen insgesamt aufgenommene ^{14}C -Aktivität pro Einzelfraktion berechnet sich aus der ^{14}C -Aktivität pro Gewichtseinheit Erntegut, multipliziert mit der insgesamt erzielten Erntemenge der jeweiligen Einzelfraktion des Erntegutes. Zweckmäßigerweise wird dieser absolute Wert in Bezug zur applizierten ^{14}C -Aktivität gesetzt, so daß die Aufnahmeraten der Pflanzen in % der applizierten ^{14}C -Aktivität angegeben werden. Somit sind die Mengen der mit den Pflanzen jeweils entnommenen ^{14}C -Aktivität aus den einzelnen Versuchsgefäßen direkt von der Erntemenge und dessen relativen Gehalten an ^{14}C -Aktivität abhängig. Diese Gesamtaufnahmeraten an ^{14}C -Aktivität sind für die Erstellung der Gesamtbilanz in Verbindung mit den Bodendaten notwendig. Darüber hinaus bieten diese Werte für den Vergleich der Lysimeter- mit den Gefäßversuchen im Zusammenhang mit den Ernteerträgen eine wichtige Basis.

Beim direkten Vergleich der relativen ^{14}C -Aktivitätsgehalte ist auch der Aspekt der Gesamtaufnahme mit zu berücksichtigen. Die Erträge lagen in den Gefäßen bezogen zur Bodenoberfläche im

Durchschnitt um den Faktor 3,7 über denen in den Lysimetern (Tab. 23 a, S. 111 und Tab. 23 b, S. 111).

Im Lysimeterversuch, 133 Tage nach der Applikation des [carbonyl- ^{14}C]Methabenzthiazuron lag die Gesamtaufnahme an ^{14}C -Aktivität durch die Pflanzen des 1 m² Lysimeters (2kg Tribunil/ha) bei insgesamt 2,01 %, wobei der größte Teil davon mit 1,92 % (Tab. 31, S. 125) in der Strohfraktion lokalisiert war. Dies trifft für alle anderen Pflanzenproben im Prinzip in gleicher Weise zu. Bei den folgenden Werten handelt es sich um die zusammengefaßten Werte der drei Fraktionen Korn, Ährenspindeln/Spreu und Stroh. Die mittlere Gesamtaufnahme an ^{14}C -Aktivität betrug bei den mit 2 kg/ha behandelten 110 cm tiefen Lysimetern (L2/L3) 1,69 %, in den mit der doppelten Aufwandmenge von 4 kg Tribunil/ha behandelten Lysimetern (L4/L5) 2,44 % und in dem mit gleicher Aufwandmenge, aber mit spezifisch höher markierten Wirkstoff behandelten 0,5 m² Lysimeter (L6) 2,13 %. Beim Gefäßversuch, 141 Tage nach der Applikation des [carbonyl- ^{14}C]Methabenzthiazuron, ergaben sich deutlich höhere Gesamtaufnahmeraten an ^{14}C -Aktivität durch die Pflanzen. Die Mittelwerte der Aufnahmeraten (Tab. 31, S. 125) beliefen sich für die Variante mit der niedrigen Aufwandmenge von 2 kg Tribunil/ha (M1 - M4) auf 5,66 %, für die Variante mit der Aufwandmenge von 3 kg Tribunil/ha auf 6,49 % (M5 - M8) und für die 4 kg Aufwandmenge/ha ergab sich der Wert von 8,30 % der applizierten ^{14}C -Aktivität.

4.2.4 Methabenzthiazuron-Gehalte in den Pflanzen

Aus den Pflanzenextrakten wurden gaschromatographisch die Rückstände an Methabenzthiazuron bestimmt. In sämtlichen Pflanzenproben des Feld-, Lysimeter- und Gefäßversuchs konnte weder im Stroh, noch in Ährenspindeln/Spreu oder im Korn Methabenzthiazuron gaschromatographisch nachgewiesen werden (Tab. 24 - 29, und Tab. 32, S. 126). Dies ist zunächst für die Strohfraktion bei den Gefäßversuchen etwas überraschend, weil hier der Einfluß der Niederschläge wie im Feld- und Lysimeterversuch fehlt und die Herbizidspritzung im Nachauflaufverfahren ausgebracht worden war (3 - 4 Blattstadium). Dazu ist anzumerken, daß diese Blätter zur Erntereife aber bereits abgestorben waren und wohl auch größtenteils abgebrochen auf/in den Boden gelangten und somit nicht in das Probengut eingingen.

Tabelle 31: Die Gesamtaufnahme an Radiokohlenstoff durch Winterweizen nach Spritzung von [carbonyl- ¹⁴ C]Methabenzthiazuron zur Erntereife: Vergleich der Ergebnisse aus verschiedenen Versuchseinheiten. Applizierte ¹⁴ C-Aktivität=100%.							
	Aufwandmenge kg Tribunil/ha	Stroh %	Radioaktivität in Ährenspindel/ Spreu %	Korn %	Gesamtaufnahme an Radioaktivität		
1 m ² Lysimeter (L1)	2	1,92	0,06	0,03	2,01		
0,5 m ² Lysimeter (L2/L3)	2	1,63	0,04	0,02	1,69		
0,5 m ² Lysimeter (L4/L5)	4	2,36	0,05	0,03	2,44		
0,5 m ² Lysimeter (L6)	4	2,07	0,04	0,02	2,13		
Gefäße (M1 - M4)	2	5,42	0,16	0,08	5,66		
Gefäße (M5 - M8)	3	6,26	0,15	0,08	6,49		
Gefäße (M9 - M12)	4	8,03	0,17	0,10	8,30		

Tabelle 32, Feldversuch: Rückstand an Methabenzthiazuron in der Korn-, Ährenspindel/Spreu- und Strohfraktion zum Zeitpunkt der Erntereife 127 Tage nach Spritzung mit Tribunil						
Parzelle	Aufwandmenge MBT (kg/ha)	Appl. Wirkstoffmenge / 25 m ² (g)	Kornfraktion in (mg/kg Tr.M.)	Ährensp./Spreufraktion in (mg/kg Tr.M.)	GC-Ergebnisse in (mg/kg Tr.M.)	Strohfraktion in (mg/kg Tr.M.)
A 1	2	3,5	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.
A 2	2	3,5	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.
Mittel	-	3,5	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.
A 3	3	5,25	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.
A 4	3	5,25	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.
Mittel	-	5,25	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.
A 5	4	7,0	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.
A 6	4	7,0	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.
Mittel	-	7,0	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.
A 7	Kontrollen	-	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.
A 8	Kontrollen	-	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.
Mittel	Kontrollen	-	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.

4.2.5 Nachbau der Lysimeter- und Gefäßversuche

Auf den 1984 mit dem [carbonyl- ^{14}C]MBT behandelten Lysimetern wurde Wintergerste nachgebaut und, wie unter 4.1.5 (S. 93) beschrieben, je zur Hälfte mit 60 dt/ha Stroh gedüngt. Die Strohdüngung beeinflusste die MBT-Äquivalente wie auch die Gesamtaufnahme an ^{14}C -Aktivität in nur geringem Maße. Das Rückstandsniveau reduzierte sich 460 Tage nach der Applikation im Vergleich zum Applikationsjahr im Korn um den Faktor 2, in der Ährenspindel/Spreufraktion um den Faktor 9 und im Stroh um den Faktor 20 (Tab. 33 a/b, S. 128/129 und Abb. 23 a/b, S. 130/131).

Bei den Gefäßversuchen, die ohne Strohdüngung nachgebaut wurden, erfolgte im März 1985 wegen starker Auswinterungsschäden eine Neuansaat mit Sommergerste der Sorte Harry. Die Gesamtaufnahme, 482 Tage nach der Applikation, lag im Gefäßversuch im Vergleich zu den Lysimeterhälften ohne Strohdüngung im Mittel bei der niedrigen Aufwandmenge (2 kg Tribunil/ha) beim 2,9-fachen und bei doppelter Aufwandmenge bei dem 1,7-fachen. Die MBT-Äquivalente in den Fraktionen Korn, Ährenspindel/Spreu und Stroh verhielten sich im Vergleich zu den Lysimetern in der Reihenfolge mit den Faktoren 0,5; 1,8; 0,6. Auf den Gefäßversuch des Jahres 1984 projiziert nahmen diese MBT-Äquivalente auf $\frac{1}{2}$ im Korn, $\frac{1}{8}$ in der Ährenspindel/Spreufraktion und auf $\frac{1}{20}$ beim Stroh ab (Tab. 34, S. 132/133 und Abb. 24, S. 134).

4.2.6 Vergleich der Versuchseinheiten

Kornfraktion (1984)

Die Varianzanalyse zeigt hohe Signifikanz zwischen den beiden Versuchseinheiten (Lysimeter/Gefäße) und Signifikanz für die Wechselwirkung zwischen den Aufwandmengen und den Versuchseinheiten an (Anhang, Tab. VI, S. 213). Der anschließende multiple Mittelwertvergleich für die Aufwandmenge von 2 kg/ha (Abb. 25 a, S. 135) und 4 kg/ha (Abb. 25 b, S. 136) zeigt, daß sich die MBT-Äquivalente im Korn bei 2 kg/ha nicht, bei der 4 kg/ha Variante aber signifikant unterscheiden.

Ährenspindel/Spreufraktion (1984)

Diese Fraktion ergab zwischen den beiden Versuchseinheiten kei-

Tabelle 33, Lysimeterversuch: Radioaktivität in Wintergerste
nach [carbonyl-¹⁴C]Methabenzthiazuron-Nachauf-
laufspritzung zu Winterweizen im Vorjahr

Tab. 33 a: Nachbau mit Strohdüngung

Lysi- meter	Fraktion	Wiedergef. Radioaktivität der Ausgangsaktivität %	MBT-Äquivalente* (mg/kg Tr.M.)
L 1	KORN	0,010	0,021
	Ä. + S.	0,004	0,082
	STROH	0,124	0,254
	SUM. 1-3	0,138	-----
L 2	KORN	0,010	0,017
	Ä. + S.	0,002	0,044
	STROH	0,137	0,177
	SUM. 1-3	0,149	-----
L 3	KORN	0,014	0,022
	Ä. + S.	0,002	0,045
	STROH	0,125	0,158
	SUM. 1-3	0,141	-----
L 4	KORN	0,015	0,042
	Ä. + S.	0,003	0,087
	STROH	0,177	0,403
	SUM. 1-3	0,195	-----
Ä. + S.: Ährenspindel/Spreufraktion			
L1 - L3: Aufwandmenge 2 kg/ha im Anwendungsjahr			
L4 : Aufwandmenge 4 kg/ha im Anwendungsjahr			
* Berechnet auf der Grundlage der spezifischen Radioaktivität des applizierten [carbonyl- ¹⁴ C]Methabenzthiazuron			

Fortsetzung der Tabelle 33, Lysimeterversuch: Radioaktivität in Wintergerste nach [carbonyl-¹⁴C]Methabenzthiazuron-Nachauflaufspritzung zu Winterweizen im Vorjahr

Tab. 33 b: Nachbau ohne Strohdüngung

Lysi- meter	Fraktion	Wiedergef. Radioaktivität der Ausgangsaktivität %	MBT-Äquivalente* (mg/kg Tr.M.)
L 1	KORN	0,011	0,023
	Ä. + S.	0,003	0,046
	STROH	0,056	0,103
	SUM. 1-3	0,070	-----
L 2	KORN	0,010	0,020
	Ä. + S.	0,002	0,045
	STROH	0,084	0,123
	SUM. 1-3	0,096	-----
L 3	KORN	0,013	0,025
	Ä. + S.	0,002	0,043
	STROH	0,100	0,140
	SUM. 1-3	0,115	-----
L 4	KORN	0,020	0,073
	Ä. + S.	0,003	0,121
	STROH	0,163	0,369
	SUM. 1-3	0,186	-----
L 6	KORN	0,013	0,051
	Ä. + S.	0,003	0,083
	STROH	0,154	0,233
	SUM. 1-3	0,170	-----
Ä. + S.: Ährensindel/Spreufraktion			
L1 - L3: Aufwandmenge 2 kg/ha im Anwendungsjahr			
L4 / L6: Aufwandmenge 4 kg/ha im Anwendungsjahr			
* Berechnet auf der Grundlage der spezifischen Radioaktivität des applizierten [carbonyl- ¹⁴ C]Methabenzthiazuron			

Abb. 23, Lysimeterversuch: MBT-Äquivalente in Wintergerste beim Nachbau 1985 nach der Nachauflaufspritzen von [carbonyl-¹⁴C]Methabenzthiazuron zu Winterweizen 1984

Abb. 23 a: Nachbau mit Strohdüngung

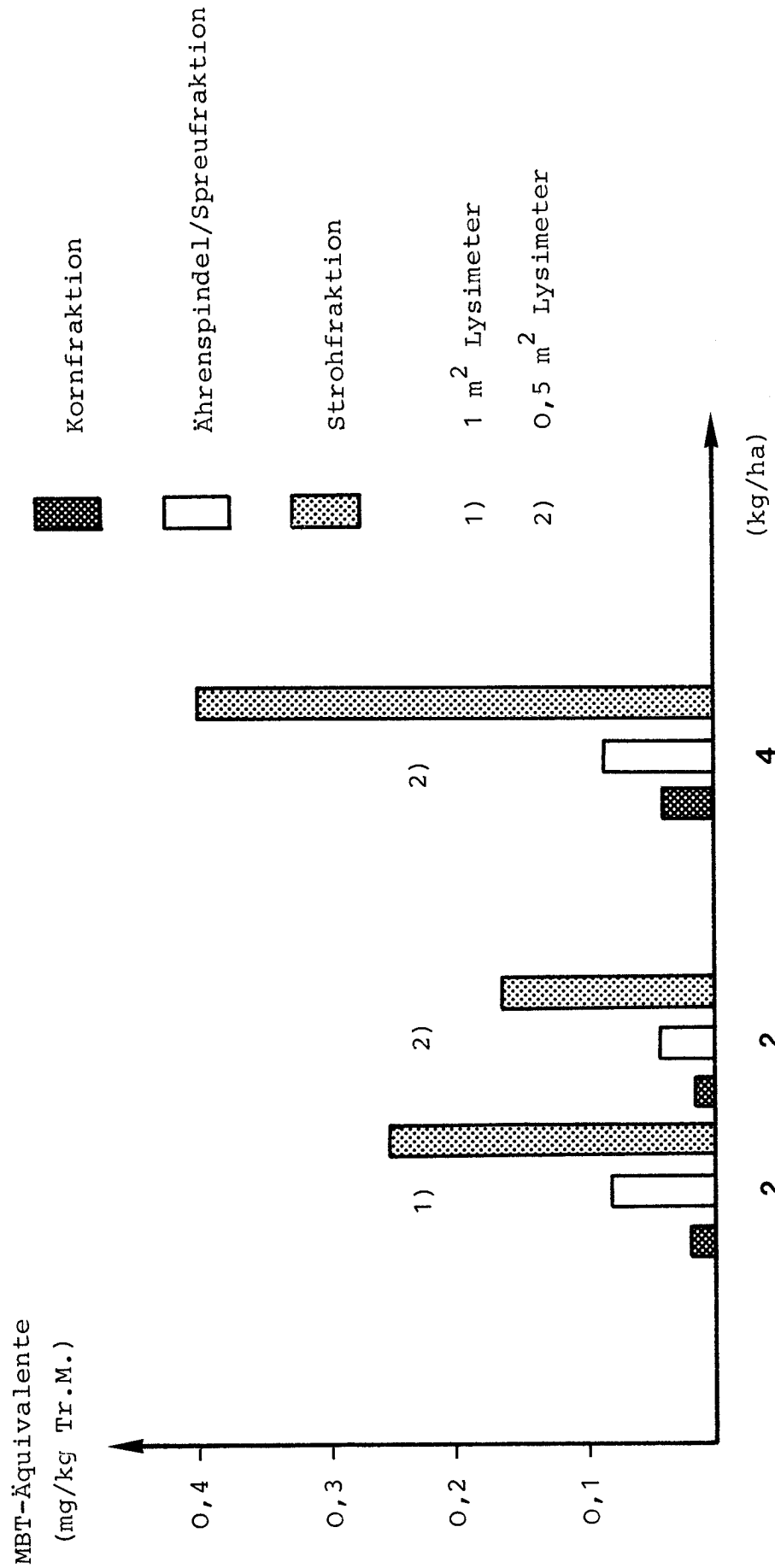


Abb. 23, Lysimeterversuch: MBT-Äquivalente in Wintergerste beim Nachbau 1985 nach der Nachauflaufspritzen von [carbonyl-¹⁴C]Methabenzthiazuron zu Winterweizen 1984

Abb. 23 b: Nachbau ohne Strohdüngung

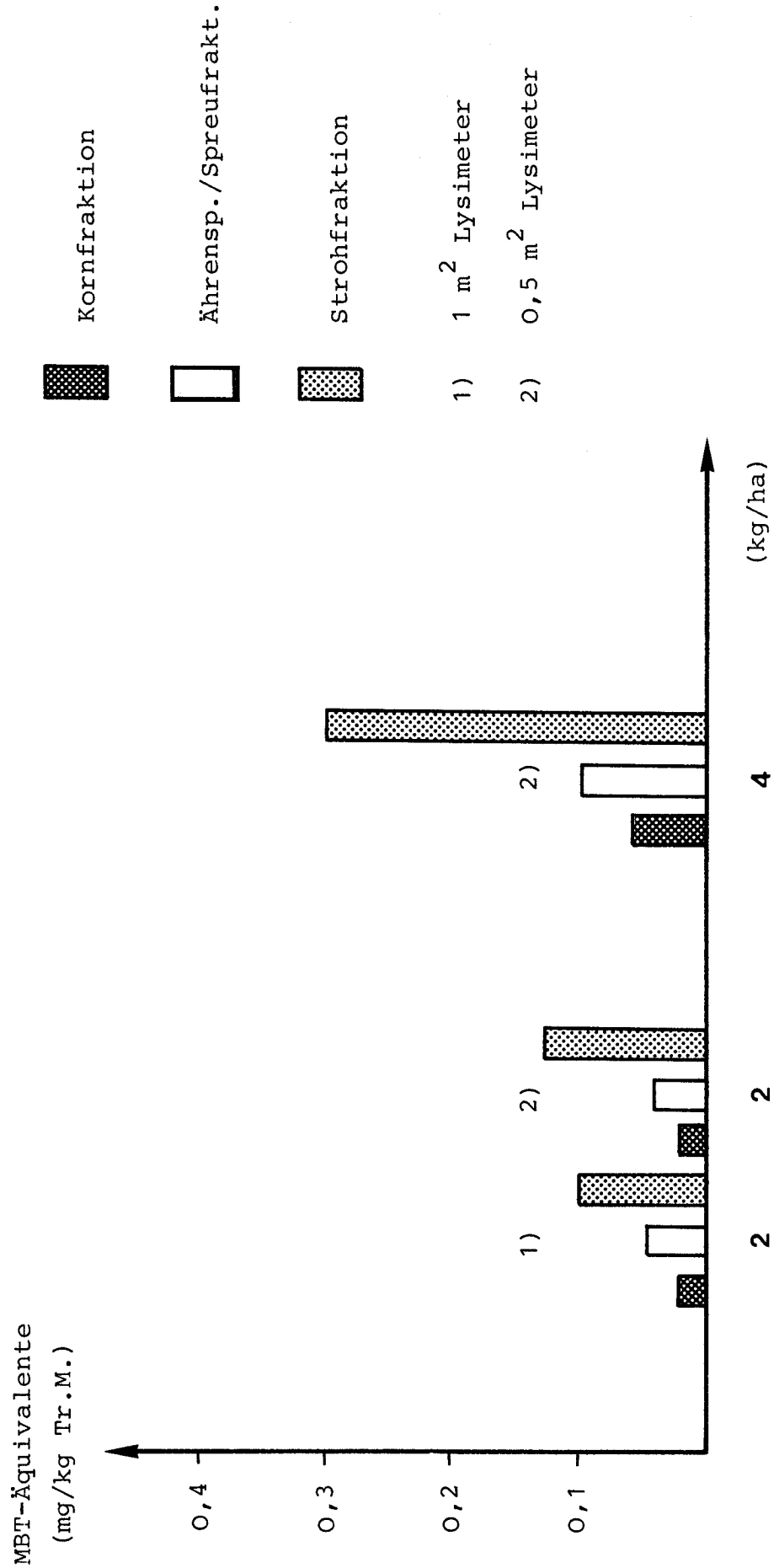


Tabelle 34, Gefäßversuch: Radioaktivität in Sommergerste nach
[carbonyl-¹⁴C]Methabenzthiazuron-Nachauflaufsprit-
zung zu Winterweizen im Vorjahr

Gefäß	Fraktion	Wiedergef. Radioaktivität der Ausgangsaktivität %	MBT-Äquivalente* (mg/kg Tr.M.)
M 1	KORN	0,029	0,014
	Ä. + S.	0,023	0,075
	STROH	0,200	0,089
	SUM. 1-3	0,252	-----
M 2	KORN	0,027	0,013
	Ä. + S.	0,023	0,082
	STROH	0,250	0,113
	SUM. 1-3	0,300	-----
M 3	KORN	0,031	0,015
	Ä. + S.	0,024	0,082
	STROH	0,294	0,121
	SUM. 1-3	0,349	-----
M 4	KORN	0,029	0,013
	Ä. + S.	0,028	0,098
	STROH	0,242	0,103
	SUM. 1-3	0,299	-----
M 5	KORN	0,029	0,025
	Ä. + S.	0,021	0,133
	STROH	0,249	0,167
	SUM. 1-3	0,299	-----
M 6	KORN	0,026	0,022
	Ä. + S.	0,025	0,153
	STROH	0,265	0,187
	SUM. 1-3	0,316	-----
M 7	KORN	0,028	0,021
	Ä. + S.	0,022	0,135
	STROH	0,276	0,171
	SUM. 1-3	0,326	-----
M 8	KORN	0,025	0,019
	Ä. + S.	0,022	0,114
	STROH	0,236	0,148
	SUM. 1-3	0,283	-----
Ä. + S.: Ährenspindel/Spreufraktion			
* Berechnet auf der Grundlage der spezifischen Radioaktivität des applizierten [carbonyl- ¹⁴ C]Methabenzthiazuron			

Fortsetzung der Tabelle 34, Gefäßversuch: Radioaktivität in Sommergerste nach [carbonyl-¹⁴C]Methabenzthiazuron-Nachauf-
laufspritzen zu Winterweizen im Vorjahr

Gefäß	Fraktion	Wiedergef. Radioaktivität der Ausgangsaktivität %	MBT-Äquivalente* (mg/kg Tr.M.)
M 9	KORN	0,032	0,032
	Ä. + S.	0,026	0,190
	STROH	0,224	0,205
	SUM. 1-3	0,282	-----
M 10	KORN	0,033	0,032
	Ä. + S.	0,027	0,197
	STROH	0,232	0,211
	SUM. 1-3	0,292	-----
M 11	KORN	0,025	0,027
	Ä. + S.	0,024	0,184
	STROH	0,266	0,234
	SUM. 1-3	0,315	-----
M 12	KORN	0,034	0,034
	Ä. + S.	0,022	0,160
	STROH	0,264	0,214
	SUM. 1-3	0,320	-----
Ä. + S.: Ährenspindel/Spreufraktion			
M1 - M 4: 2 kg/ha im Anwendungsjahr			
M5 - M 8: 3 kg/ha im Anwendungsjahr			
M9 - M12: 4 kg/ha im Anwendungsjahr			
* Berechnet auf der Grundlage der spezifischen Radioaktivität des applizierten [carbonyl- ¹⁴ C]Methabenzthiazuron			

Abb. 24, Gefäßversuch: MBT-Äquivalente in Sommergerste beim Nachbau 1985 nach der Nachauflaufspritzen von [carbonyl-¹⁴C]Methabenzthiazuron zu Winterweizen 1984

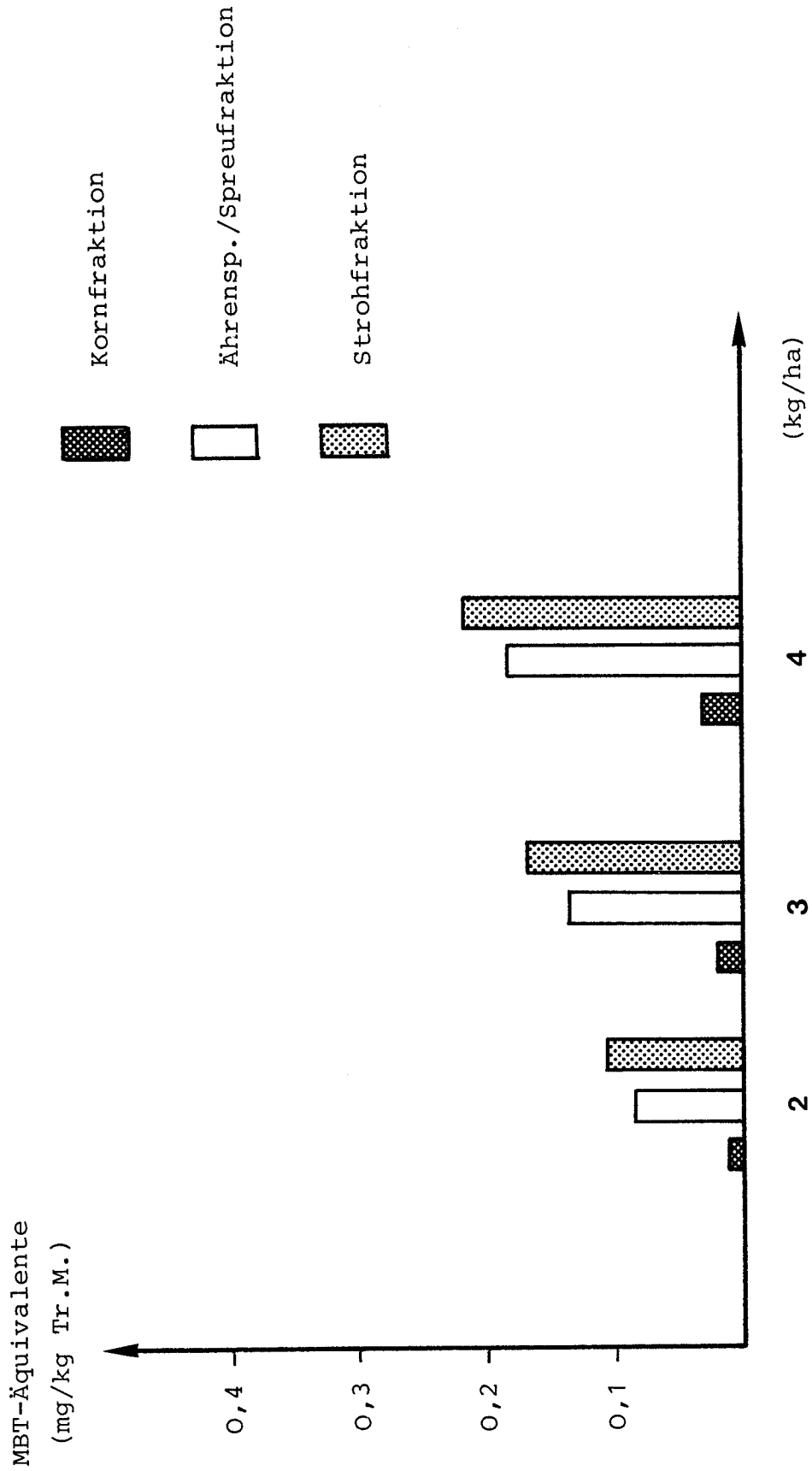


Abb. 25: Vergleich der MBT-Äquivalente der Kornfraktion der Lysimeter- und Gefäßversuche 1984

Abb. 25 a: Vergleich für die Aufwandmenge von 2 kg/ha

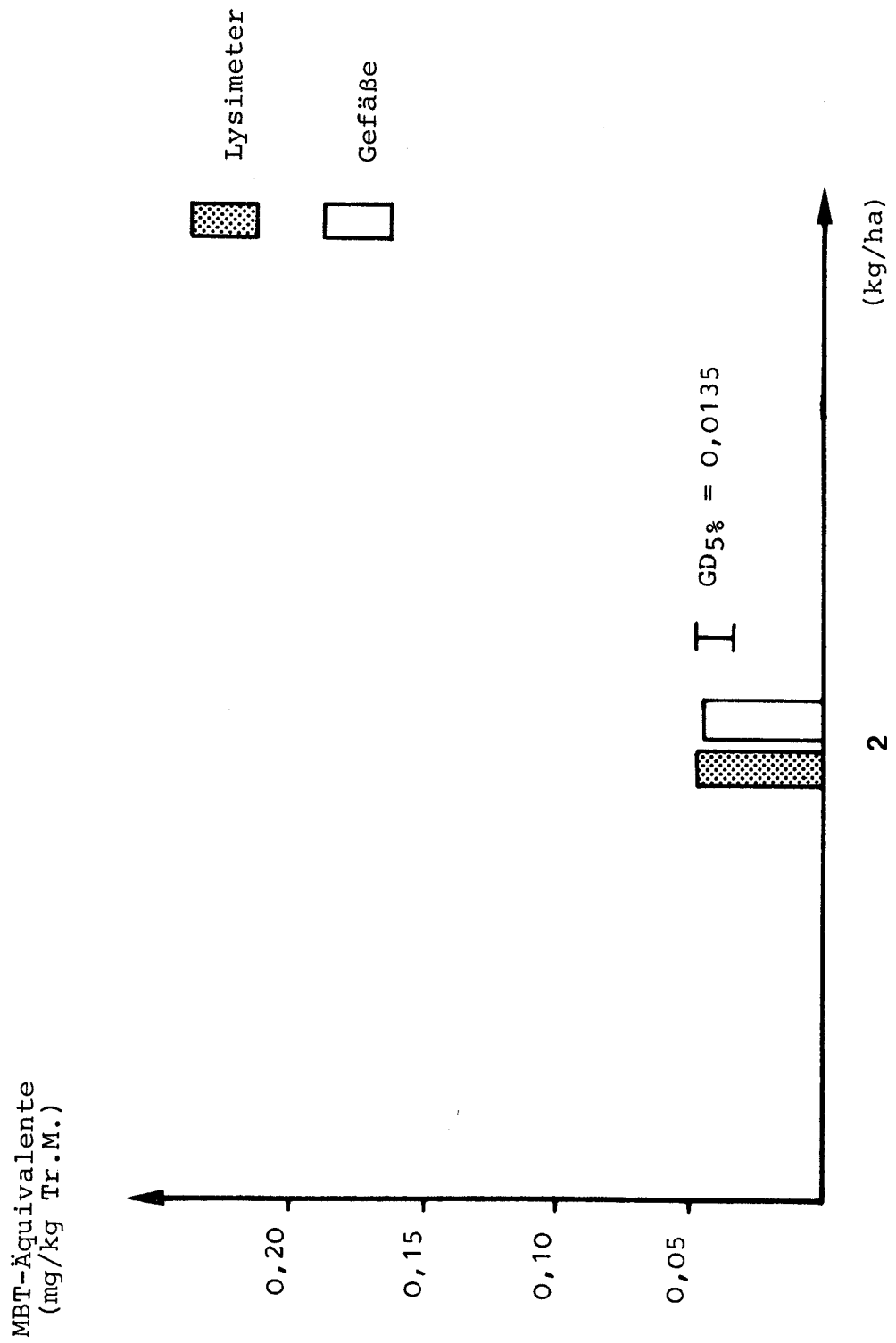
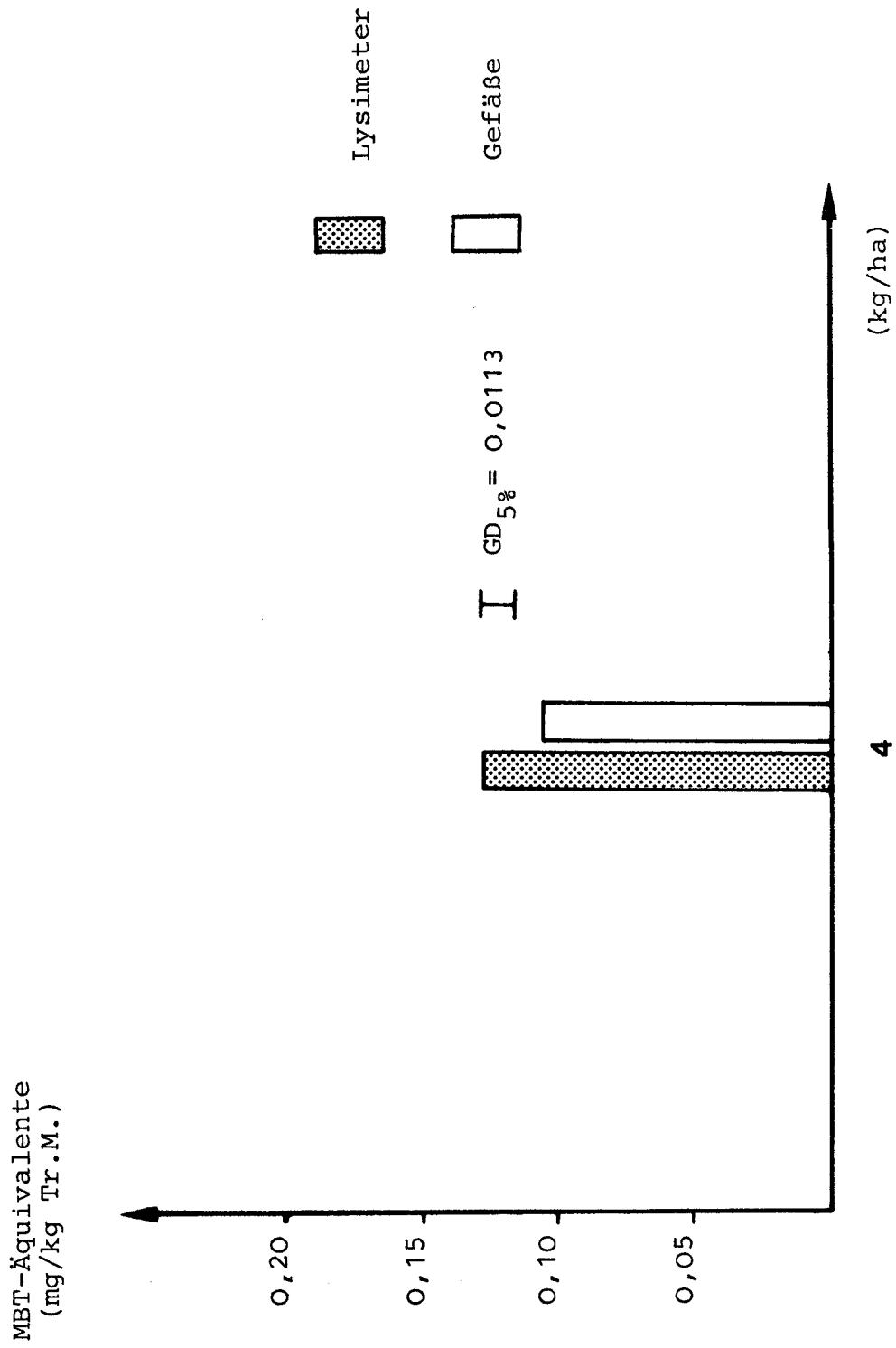


Abb. 25: Vergleich der MBT-Äquivalente der Kornfraktion der Lysimeter- und Gefäßversuche 1984

Abb. 25 b: Vergleich für die Aufwandmenge von 4 kg/ha



nen signifikanten Unterschied (Anhang, Tab. VII, S. 214). Die Wechselwirkung zwischen den Aufwandmengen und den Versuchseinheiten erwies sich aber als signifikant.

Strohfraktion (1984)

Hier waren die MBT-Äquivalente weder zwischen den Versuchseinheiten noch die Wechselwirkung Aufwandmengen x Versuchseinheiten abzusichern (Anhang, Tab. VIII, S. 215).

Nachbau 1985

Beim Nachbau der 1984 mit MBT behandelten Lysimeter- und Gefäßversuche wurden nur die Lysimeterhälften ohne Strohdüngung mit den Gefäßen verglichen. Die Kornfraktion zeigt sehr hohe Signifikanz zwischen den Versuchseinheiten und hohe Signifikanz der Wechselwirkung Versuchseinheiten x Aufwandmengen an. Der multiple Mittelwertvergleich bei 2 kg/ha (Abb. 26 a, S. 138) und 4 kg/ha (Abb. 26 b, S. 139) sichert die höheren Lysimeterwerte signifikant ab.

Bei der Ährenspindel/Spreufraktion sowie der Strohfraktion sind die Wechselwirkungen zwischen den beiden Versuchseinheiten und den beiden Aufwandmengen nicht signifikant (Anhang, Tab. X, S. 217 und Tab. XI, S. 218). Die MBT-Äquivalente sind bei der Ährenspindel/Spreufraktion im Lysimeterversuch sehr hoch signifikant niedriger (Abb. 27, S. 140) und bei der Strohfraktion (Abb. 28, S. 141) signifikant höher (gemittelt über die Aufwandmengen 2 und 4 kg/ha) als im Gefäßversuch.

4.2.7 Vergleich der drei Fraktionen Korn, Ährenspindeln/Spreu und Stroh

Die höchsten MBT-Äquivalente wurden in allen Versuchseinheiten in der Strohfraktion festgestellt. Auf der Basis dieser Rückstandsäquivalente lagen die Werte für die beiden anderen Fraktionen Ährenspindel/Spreu und Korn erheblich niedriger, und zwar systematisch. Im einzelnen betrugen diese Werte im Anwendungsjahr im Mittel bei der Ährenspindel/Spreufraktion beim Gefäßversuch $\frac{1}{6}$ und beim Lysimeterversuch $\frac{1}{7}$ des Niveaus der entsprechenden Strohfraktionen. Bei der Kornfraktion lag dieses Niveau beim Gefäßversuch im Mittel bei $\frac{1}{52}$ und beim Lysimeterversuch bei $\frac{1}{53}$ des Niveaus der Strohfraktion.

Abb. 26: Vergleich der MBT-Äquivalente in der Kornfraktion der Lysimeter- und Gefäßversuche beim Nachbau 1985 nach der Nachauflaufspritzung von [carbonyl-¹⁴C]Methabenzthiazuron zu Winterweizen 1984

Abb. 26 a: Vergleich für die Aufwandmenge von 2 kg/ha

MBT-Äquivalente
(mg/kg Tr.M.)

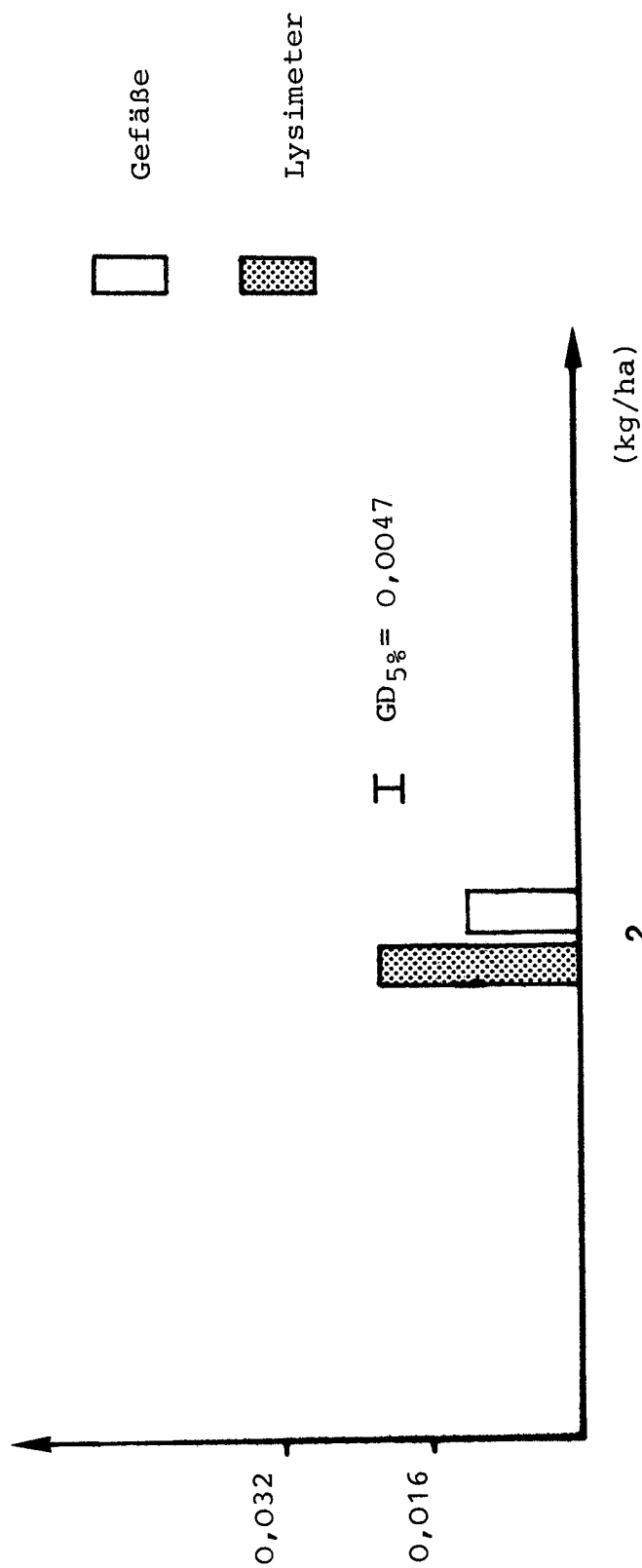


Abb. 26: Vergleich der MBT-Äquivalente in der Kornfraktion der Lysimeter- und Gefäßversuche beim Nachbau 1985 nach der Nachauflaufspritzung von [carbonyl-¹⁴C]Methabenzthiazuron zu Winterweizen 1984

Abb. 26 b: Vergleich für die Aufwandmenge von 4 kg/ha

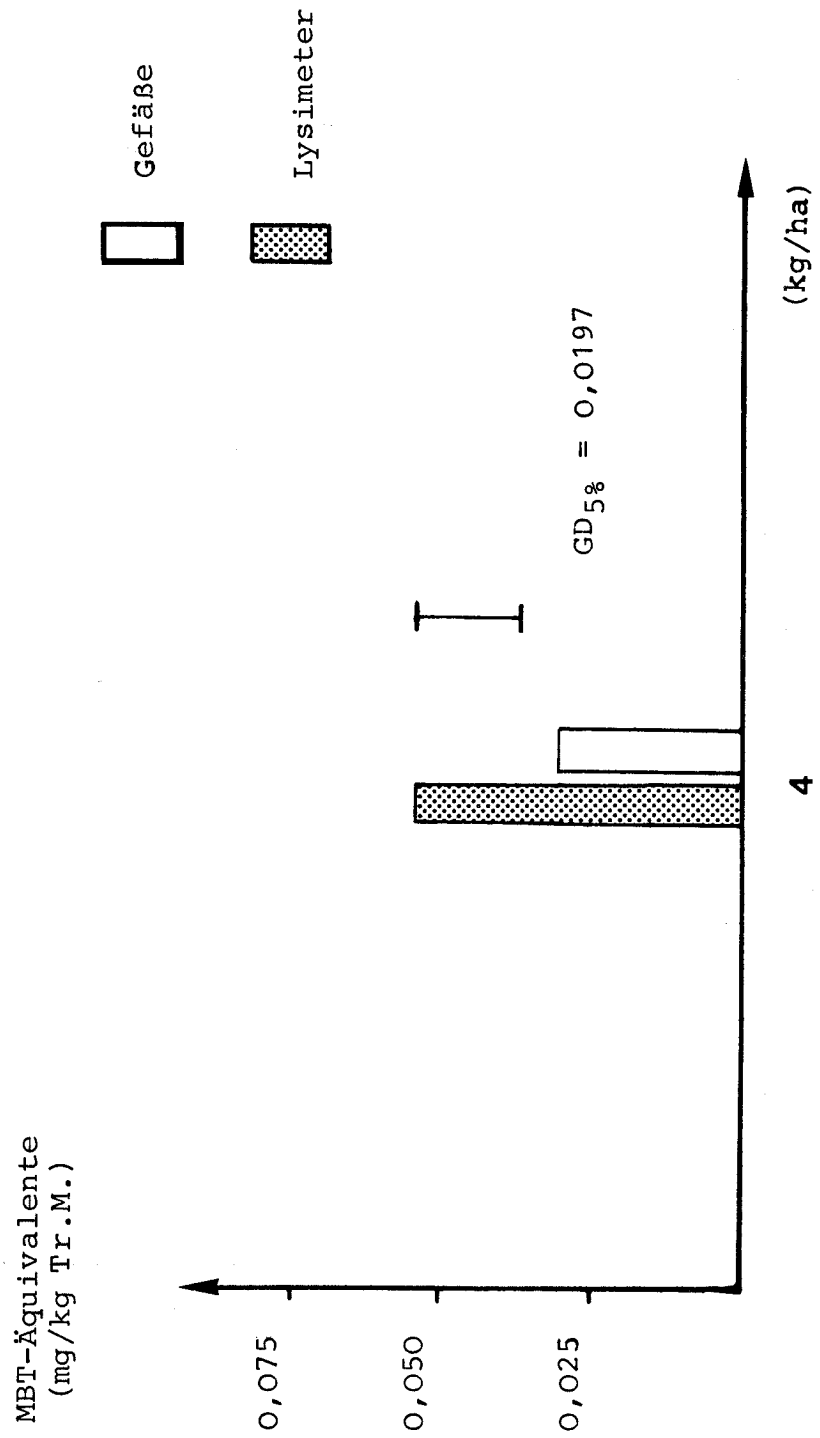


Abb. 27: Vergleich der MBT-Äquivalente der Ährenspindel/Spreufraction der Lysimeter- und Gefäßversuche beim Nachbau 1985 nach der Nachauflaufspritzung von [carbonyl-¹⁴C] Methabenzthiazuron zu Winterweizen 1984 gemittelt über die Aufwandmengen 2 und 4 kg/ha

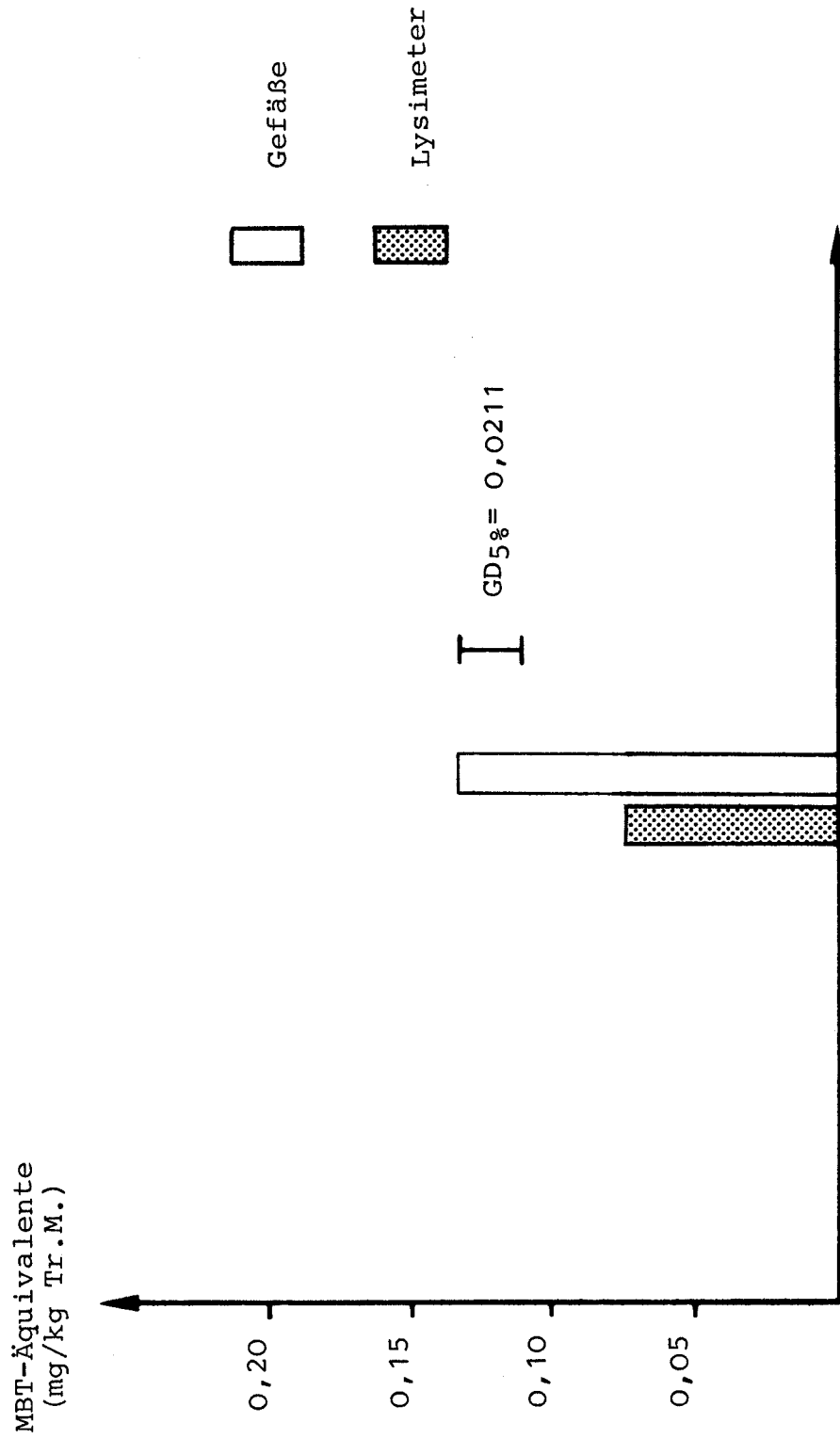
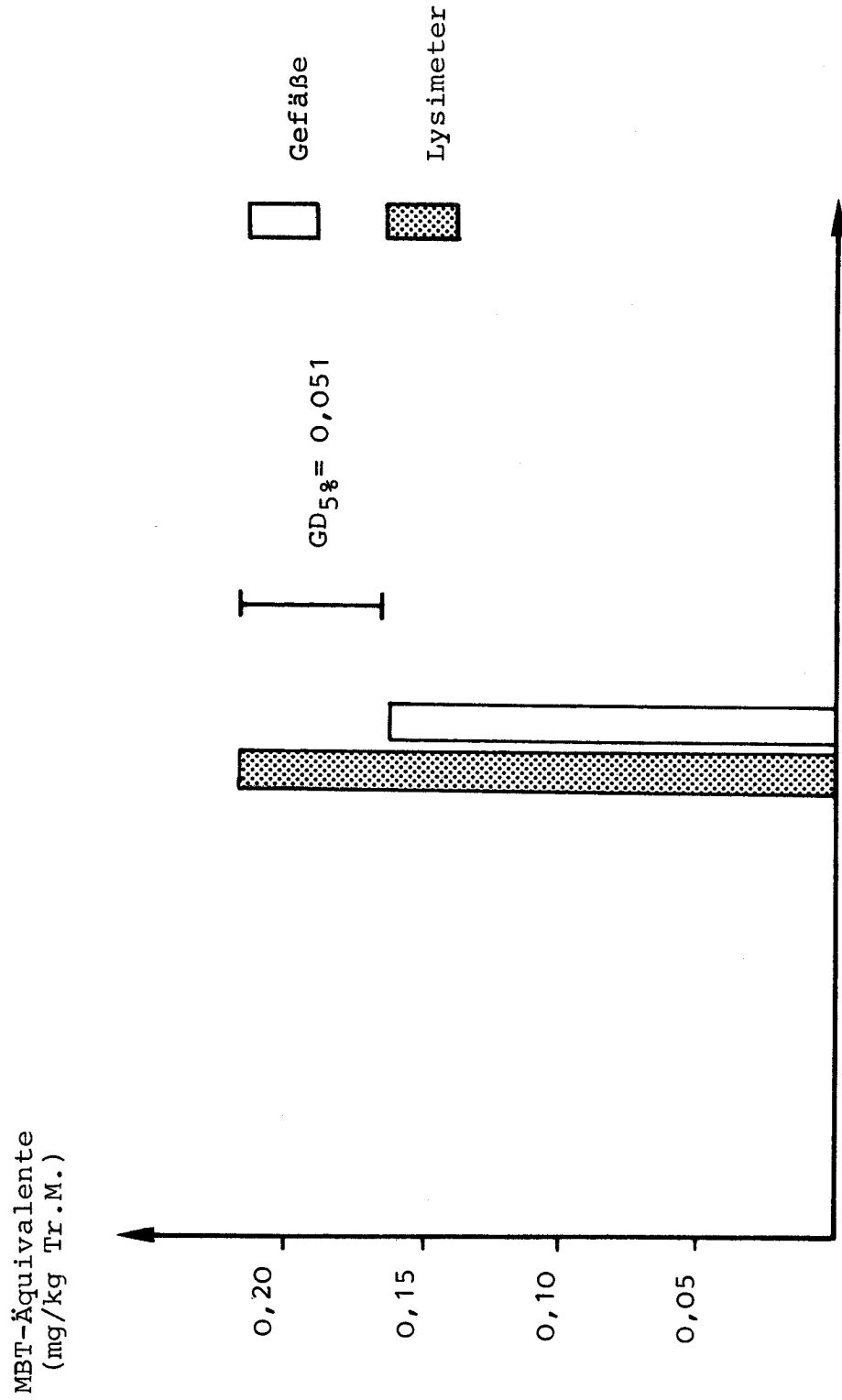


Abb. 28: Vergleich der MBT-Äquivalente der Strohfraktion der Lysimeter- und Gefäßversuche beim Nachbau 1985 nach der Nachauflaufspritzen von [carbonyl-¹⁴C]Methabenzthiazuron zu Winterweizen 1984 gemittelt über die Aufwandmengen 2 und 4 kg/ha



4.3 Klimaprofil

Bei den jeweiligen Wirkstoffeinsätzen wurden für die Versuchszeiträume der Anwendungsjahre (1983/84) umfangreiche Klimadaten erfaßt.

Bodentemperaturen

Die tagesbedingten Temperaturschwankungen, wie sie in ihrer charakteristischen Art und Weise am Feldversuchsstandort in Merzenhausen auftraten, waren in nahezu gleicher Weise auch in den Lysimetern festzustellen. Bei den Gefäßversuchen waren die Abweichungen bezogen auf die reale Feldsituation am größten. In Tabelle 35 (S. 143) sind die Temperatursummen und die durchschnittlichen Tagesmitteltemperaturen zusammengefaßt. Dabei wird deutlich, daß die neuen, im Boden versenkten und mit 110 cm tiefen Bodenprofilen gefüllten 0,5 m² Lysimeter der realen Feldsituation hinsichtlich der Bodentemperaturen mit einer Abweichung während des Versuchszeitraumes von nur 0,1 °C im Tagesmittel am nächsten kamen. Die Temperaturverläufe sind für die Bodenschicht von 10 cm, in der die größten Abweichungen gegenüber dem Feldversuch auftraten, für alle Versuchseinheiten in der Abbildung 29 (S. 144 - 147) dargestellt. In dieser Bodenschicht verblieben im Anwendungsjahr die weitaus größten Anteile an Wirkstoffen (KUBIAK, 1986).

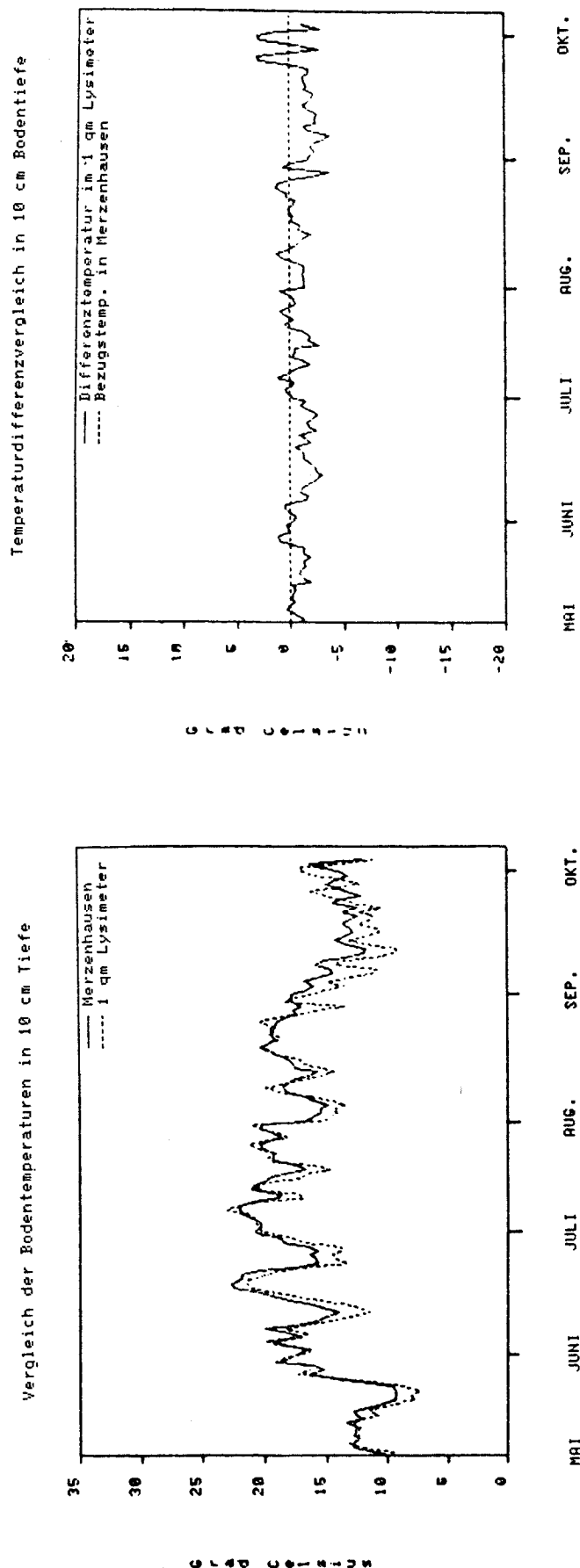
Bodenfeuchten

Die Abbildung 30 (S. 148 - 151) gibt die Bodenfeuchtegänge im Feld (Feldversuchsstandort Merzenhausen) und den 1 m² Lysimetern (B1/L1) im IRA-Freigelände wieder. Die Summe der Niederschläge ist in Tabelle 36 (S. 152) zusammengefaßt. In dem 1 m² Lysimeter, der die ungünstigste Situation im Vergleich zum Feldversuch bezüglich der Bodentiefe und damit auch des Nachlieferungsvermögens an Wasser aus tieferen Bodenschichten darstellt, ergaben sich erhebliche Unterschiede. Durch die begrenzte Bodentiefe war eine mehrfache Beregnung dieser 1 m² Lysimeter wie auch der 85 cm tiefen Lysimeter während der Vegetationsperiode notwendig (Abb. 31, S. 153 - 156). 1983 belief sich die Zusatzberegnung auf insgesamt 160 mm, 1984 auf 80 mm. Für die 0,5 m² Lysimeter L2 - L6 mit 110 cm Tiefe war während des gesamten Versuchszeitraumes keine Beregnung erforderlich.

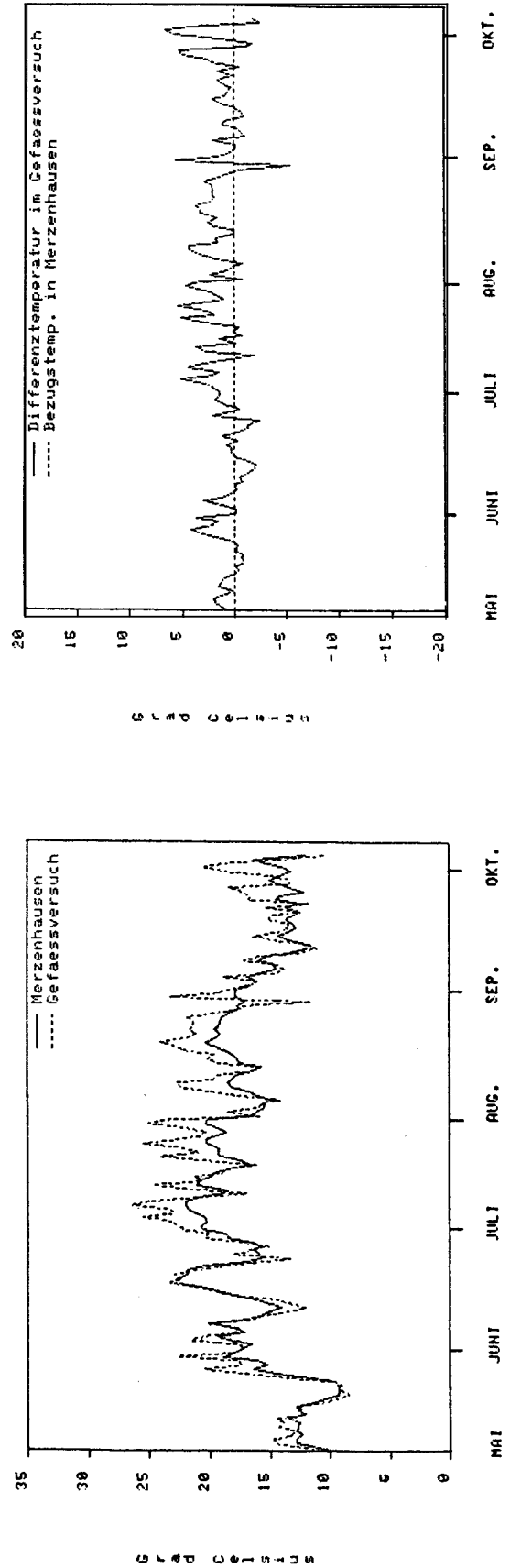
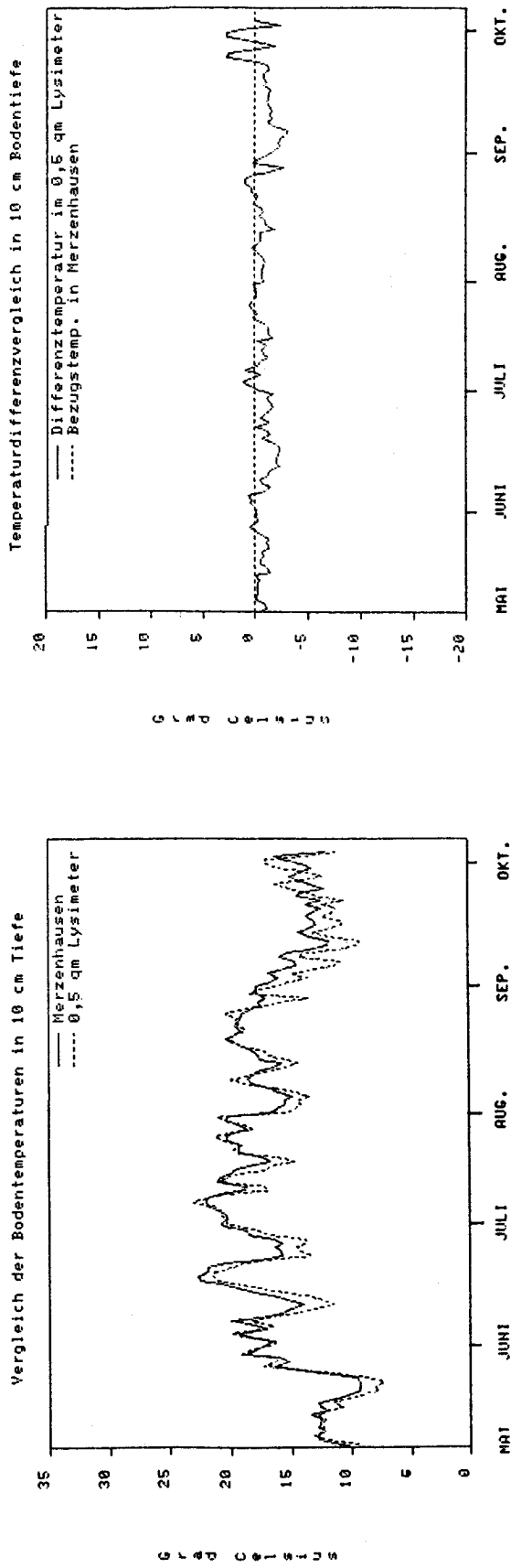
Tabelle 35: <u>Temperatursummen und mittlere Tagestemperaturen in den einzelnen Versuchseinheiten in verschiedenen Bodentiefen während der Versuchszeiträume</u>						
Tab. 35 a: Versuchsjahr 1983 (Mai - Oktober, 148 Tage)						
Bodentiefe	Feld	1 m ² Lysimeter	0,5 m ² Lysimeter	Gefäß		
10 cm	Temperatursumme °C mittlere Tagestemp. °C	2424 16,4	2300 15,5	2324 15,7	2598 17,6	
30 cm	Temperatursumme °C mittlere Tagestemp. °C	2367 16,0	2403 16,2	2387 16,1	- -	
50 cm	Temperatursumme °C mittlere Tagestemp. °C	2254 15,2	- -	2372 16,0	- -	
Tab. 35 b: Versuchsjahr 1984 (April - August, 130 Tage)						
Bodentiefe	Feld	1 m ² Lysimeter	0,5 m ² Lysimeter	Gefäß		
10 cm	Temperatursumme °C mittlere Tagestemp. °C	1670 12,8	1795 13,8	1673 12,9	2063 15,9	
30 cm	Temperatursumme °C mittlere Tagestemp. °C	1634 12,6	1811 13,9	1649 12,7	- -	
50 cm	Temperatursumme °C mittlere Tagestemp. °C	1579 12,1	- -	1550 11,9	- -	

Abb. 29: Bodentemperaturvergleich zwischen dem Feld-, Lysimeter- und Gefäßversuch für die Bodentiefe von 10 cm

Abb. 29 a: Versuchsjahr 1983

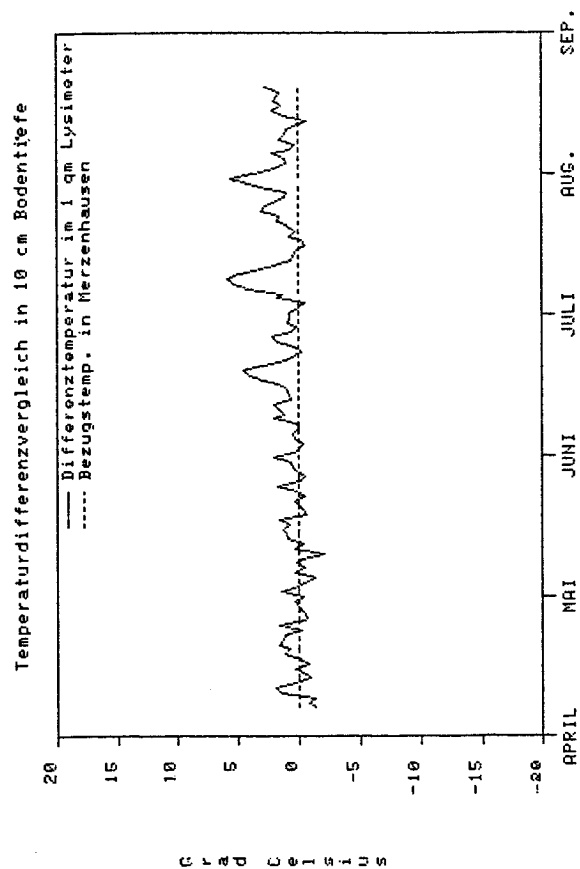
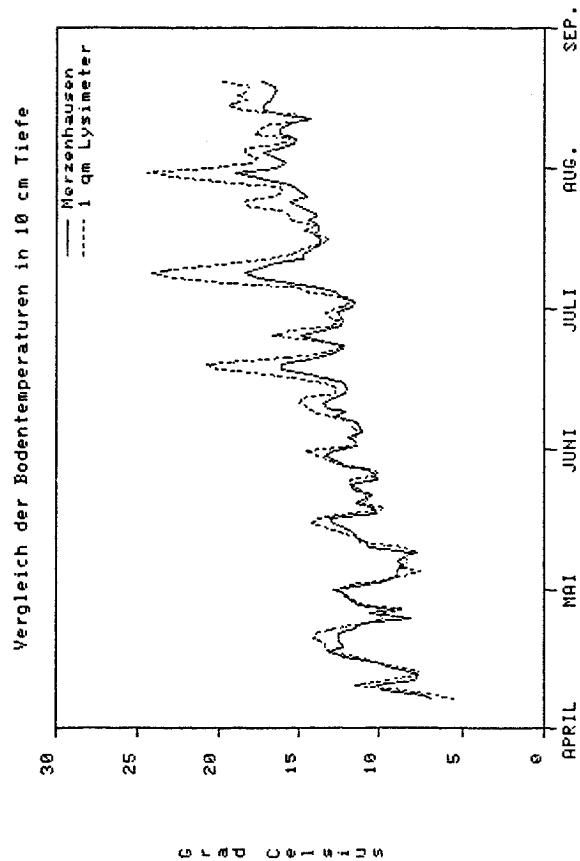


Fortsetzung der Abb. 29 a: Bodentemperaturvergleich in 10 cm Tiefe im Jahr 1983



Fortsetzung der Abb. 29: Bodentemperaturvergleich in 10 cm Tiefe

Abb. 29 b: Versuchsjahr 1984



Fortsetzung der Abb. 29 b: Bodentemperaturvergleich in 10 cm Tiefe im Jahr 1984

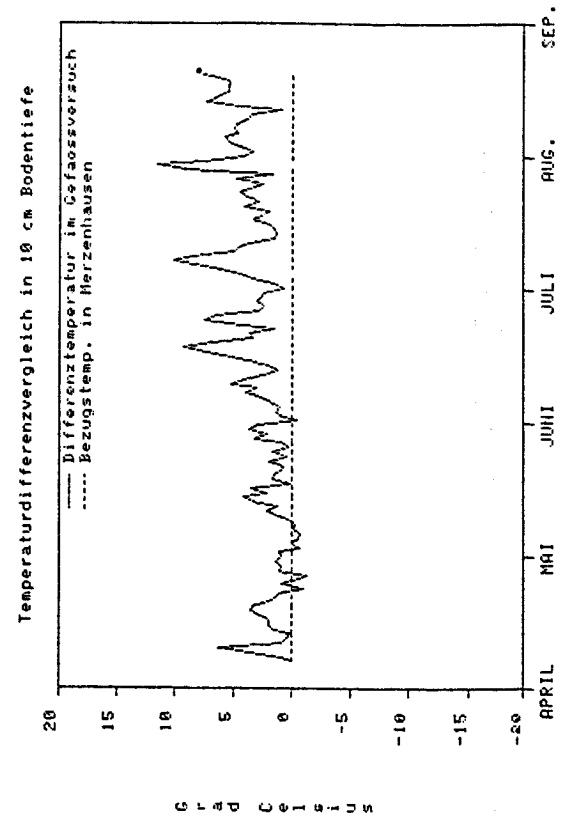
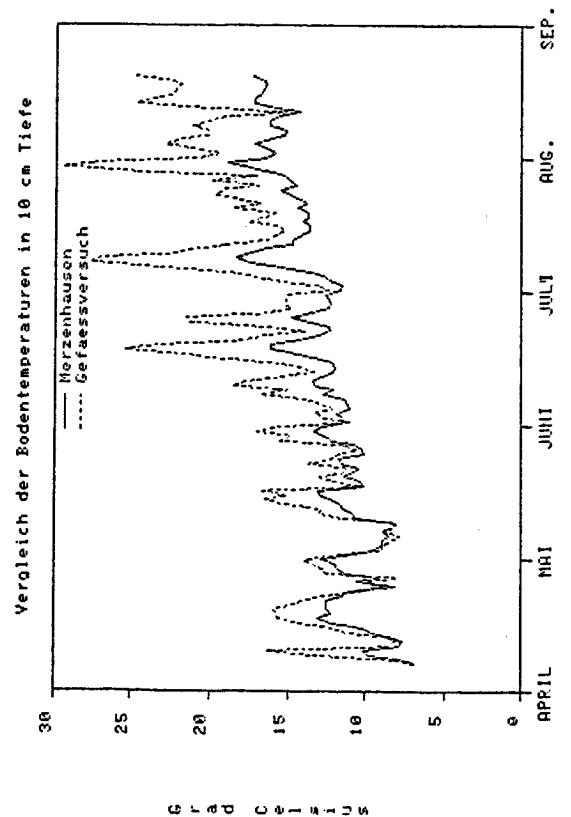
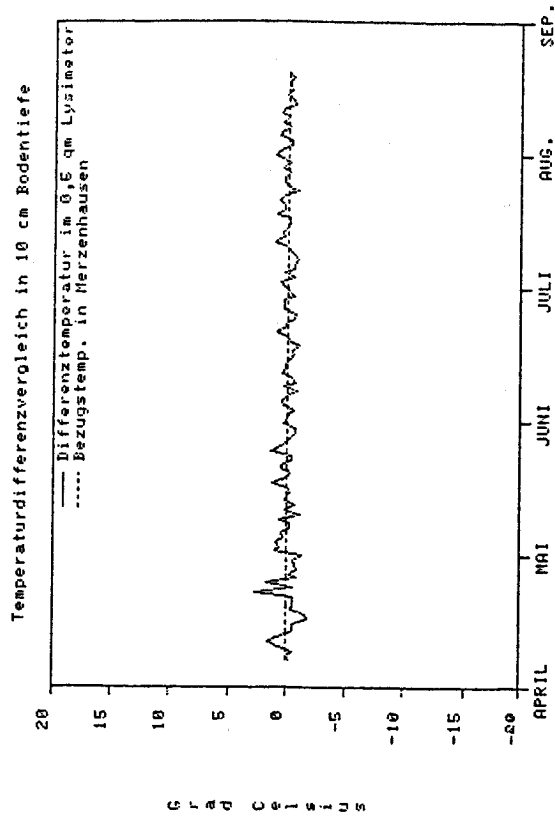
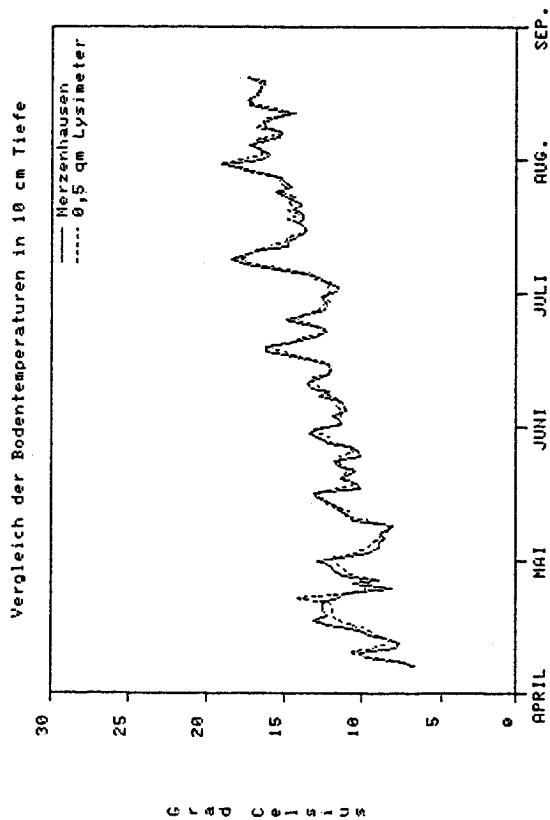
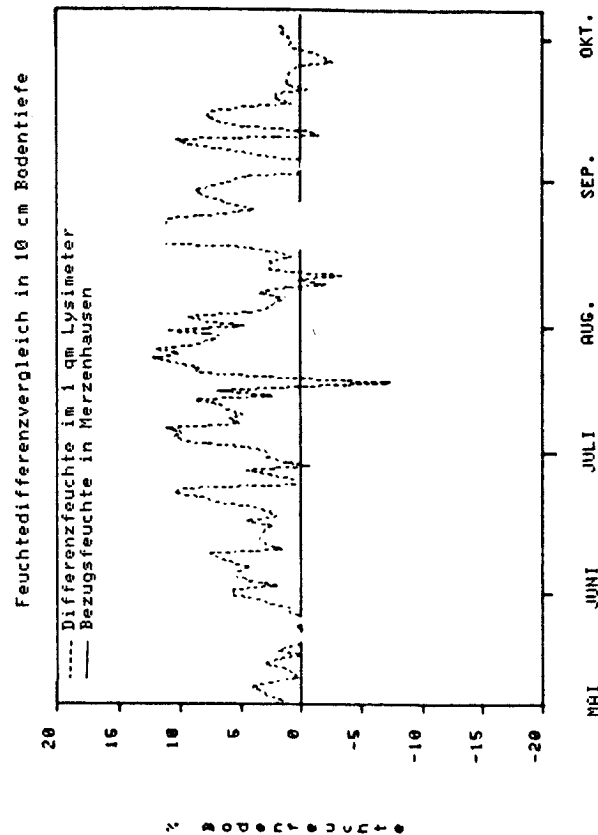
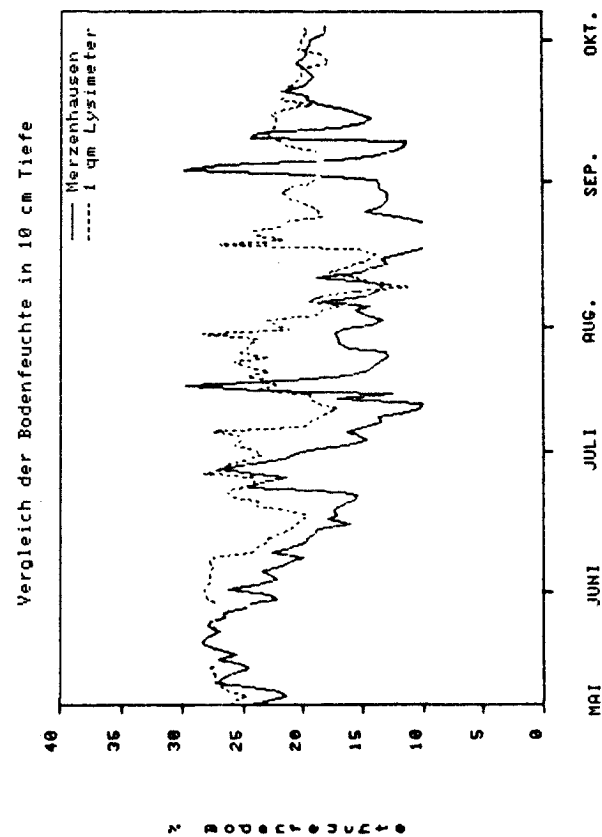
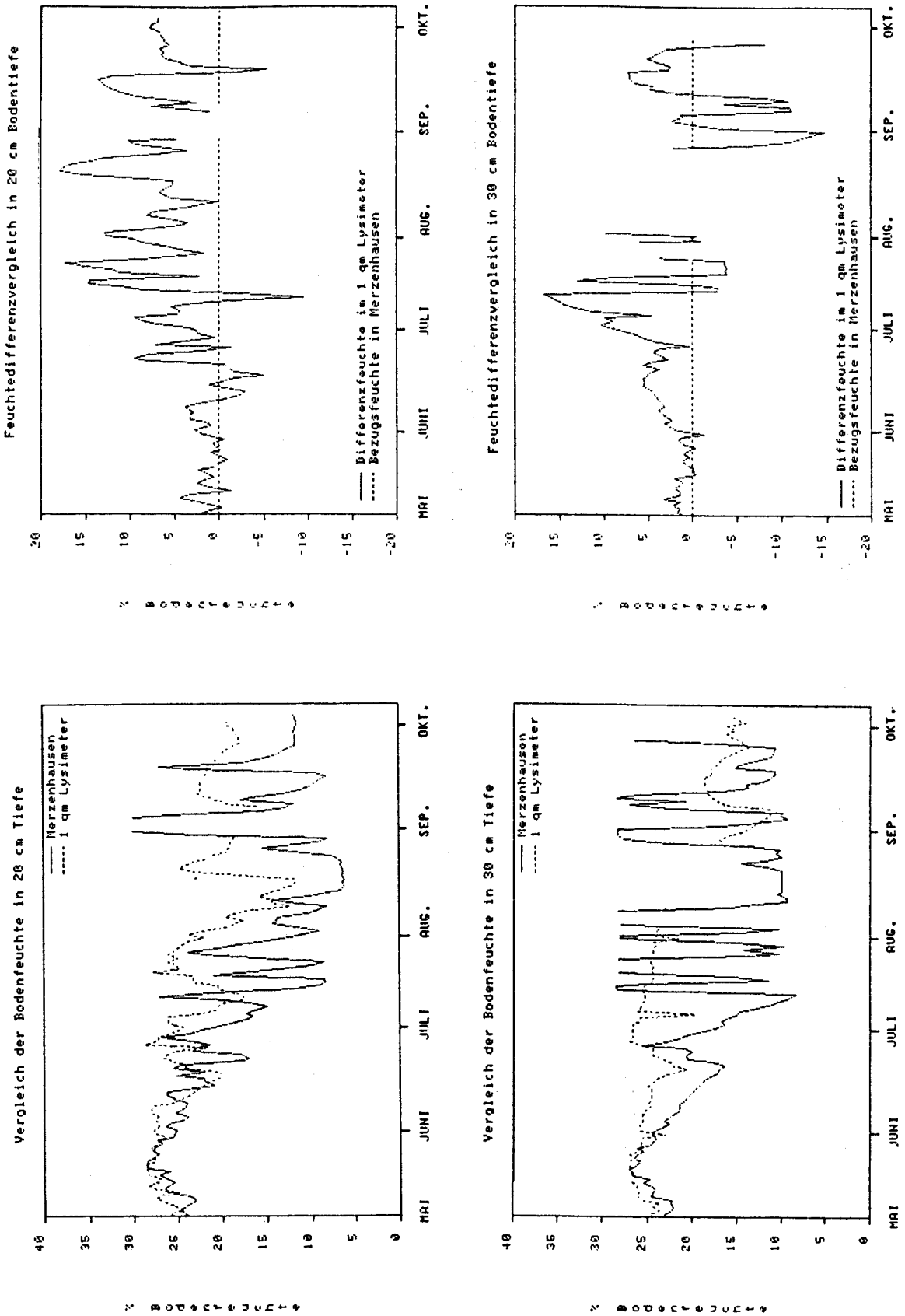


Abb. 30: Bodenfeuchtevergleich zwischen dem Feldversuch und einem 1 m² Lysimeter

Abb. 30 a: Versuchsjahr 1983

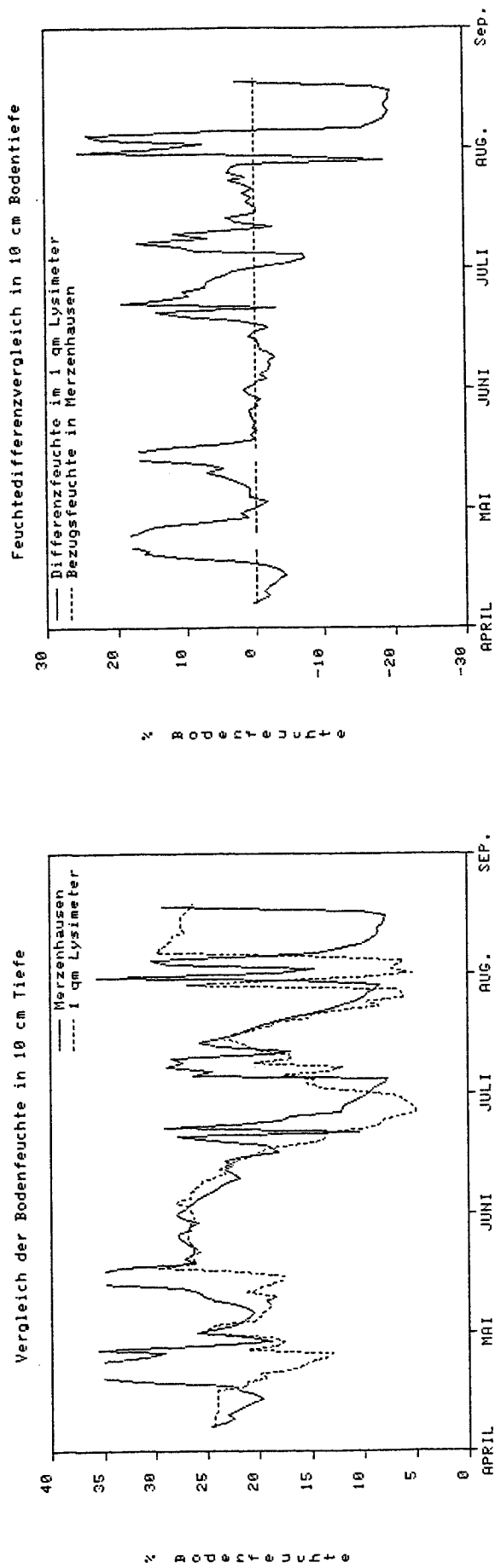


Fortsetzung der Abb. 30 a: Bodenfeuchtevergleich im Versuchsjahr 1983



Fortsetzung der Abb. 30: Bodenfeuchtevergleich Feld/1 m² Lysimeter

Abb. 30 b: Versuchsjahr 1984



Fortsetzung der Abb. 30 b: Bodenfeuchtevergleich im Versuchsjahr 1984

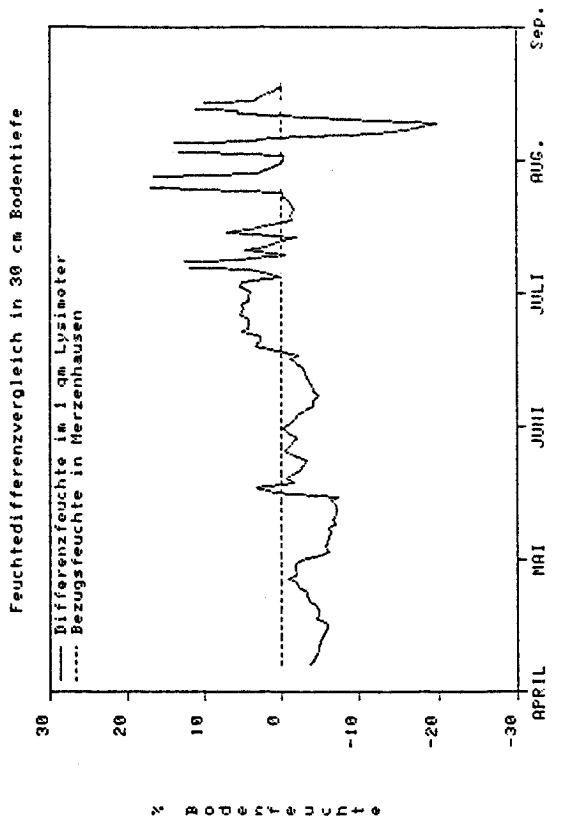
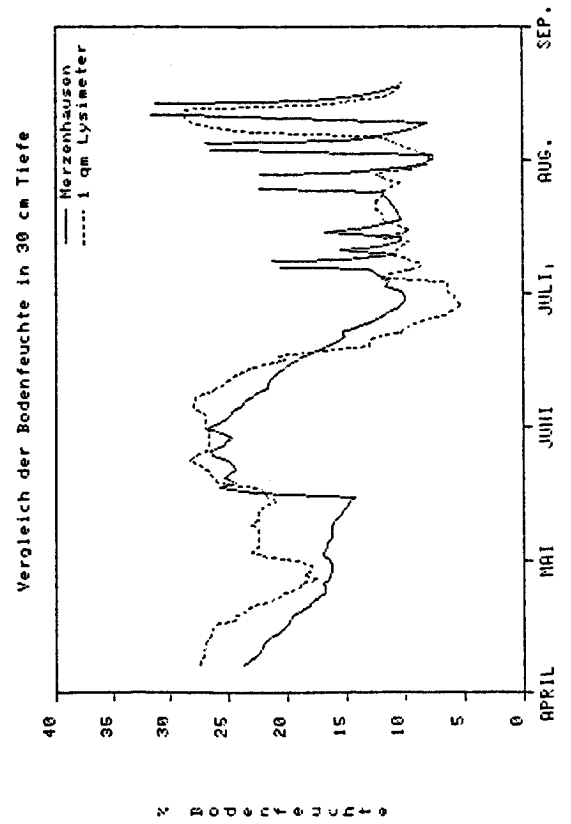
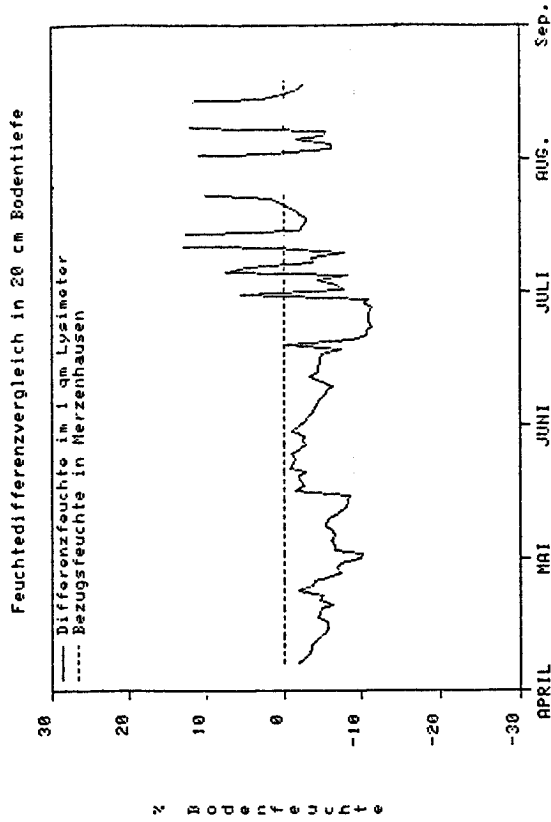
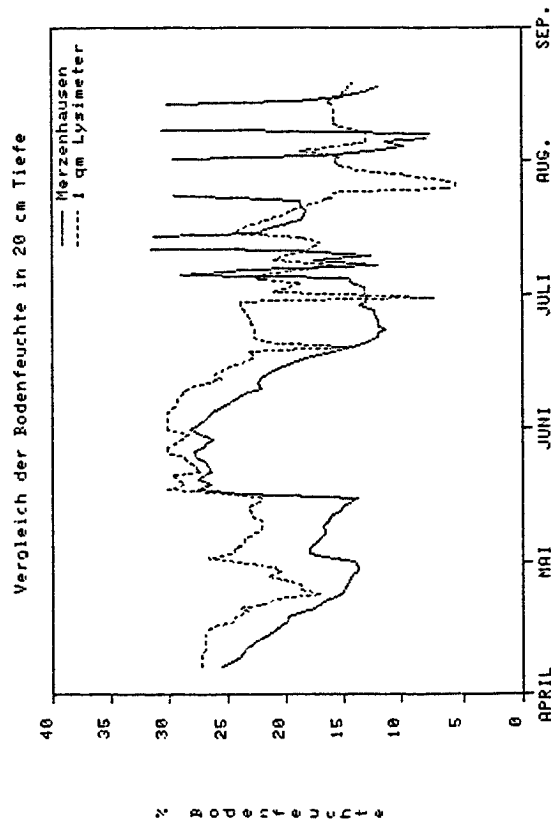
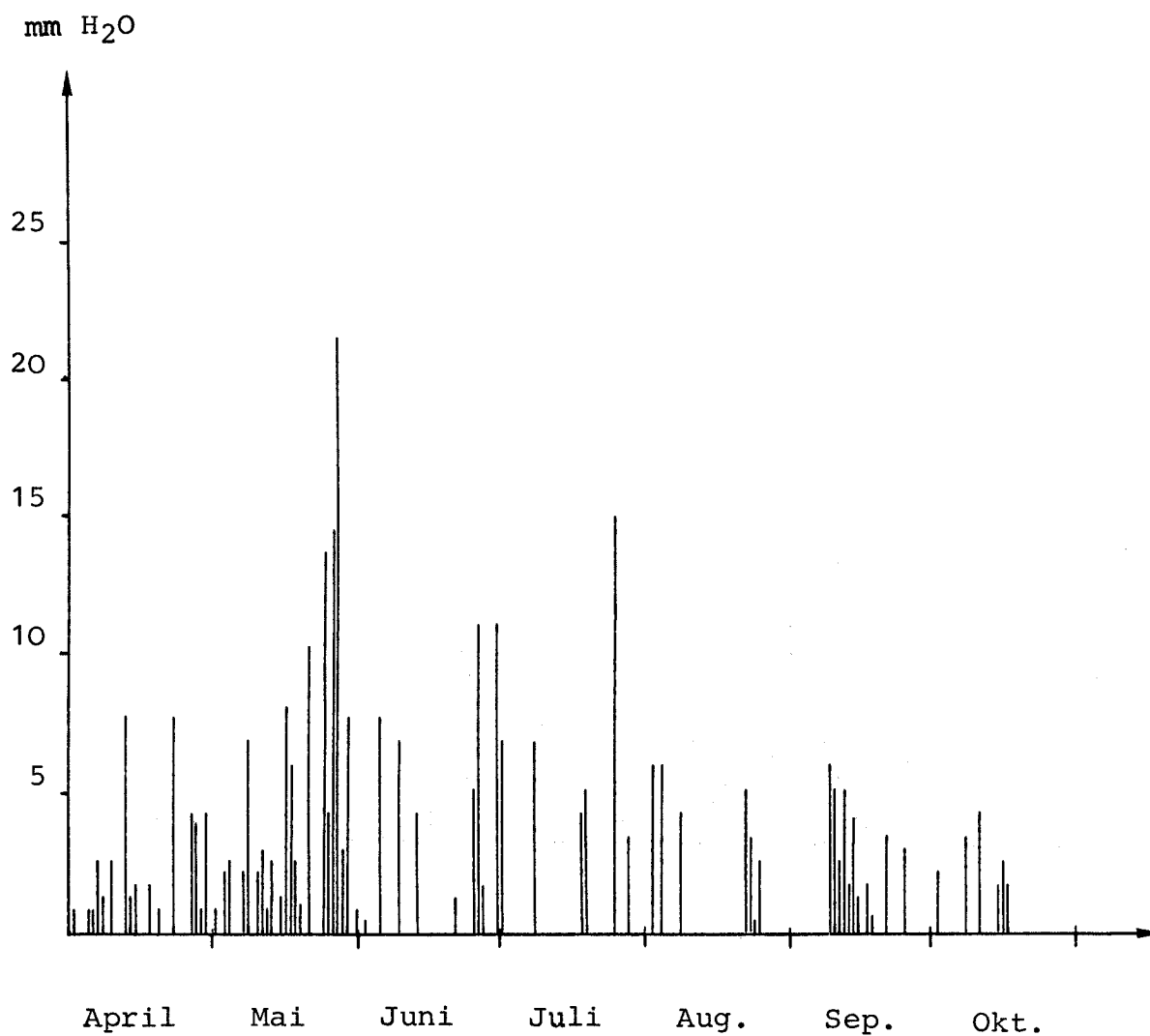


Tabelle 36: Niederschlags-, Zusatzberechnungs- und Gießwassermengen 1983/84

Jahr	Art	Feld	Lysimeter	Gefäße
1983 April - Oktober	Niederschlag/Gießwasser (mm) Zusatzberechnung	386 -	392 160	1345 -
1984 März - August	Niederschlag/Gießwasser (mm) Zusatzberechnung	298 -	328 ¹⁾ 80 ¹⁾	1033 -
1) Gilt nicht für das Lysimeter L1				

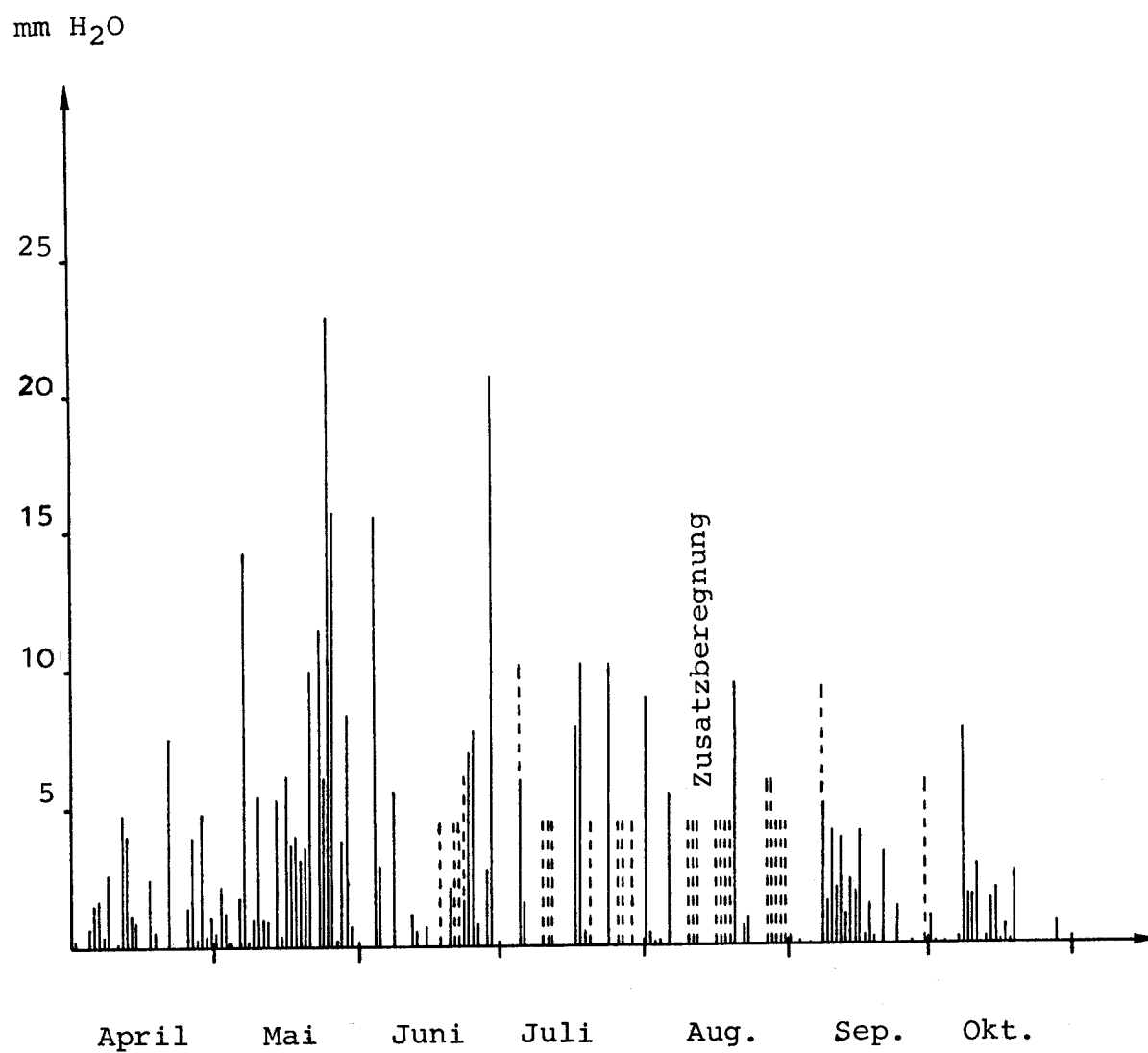
Abb. 31: Niederschlagsverteilung an den beiden Versuchsstand-
orten mit Zusatzberechnungsmengen

Abb. 31 a: Feldversuch 1983



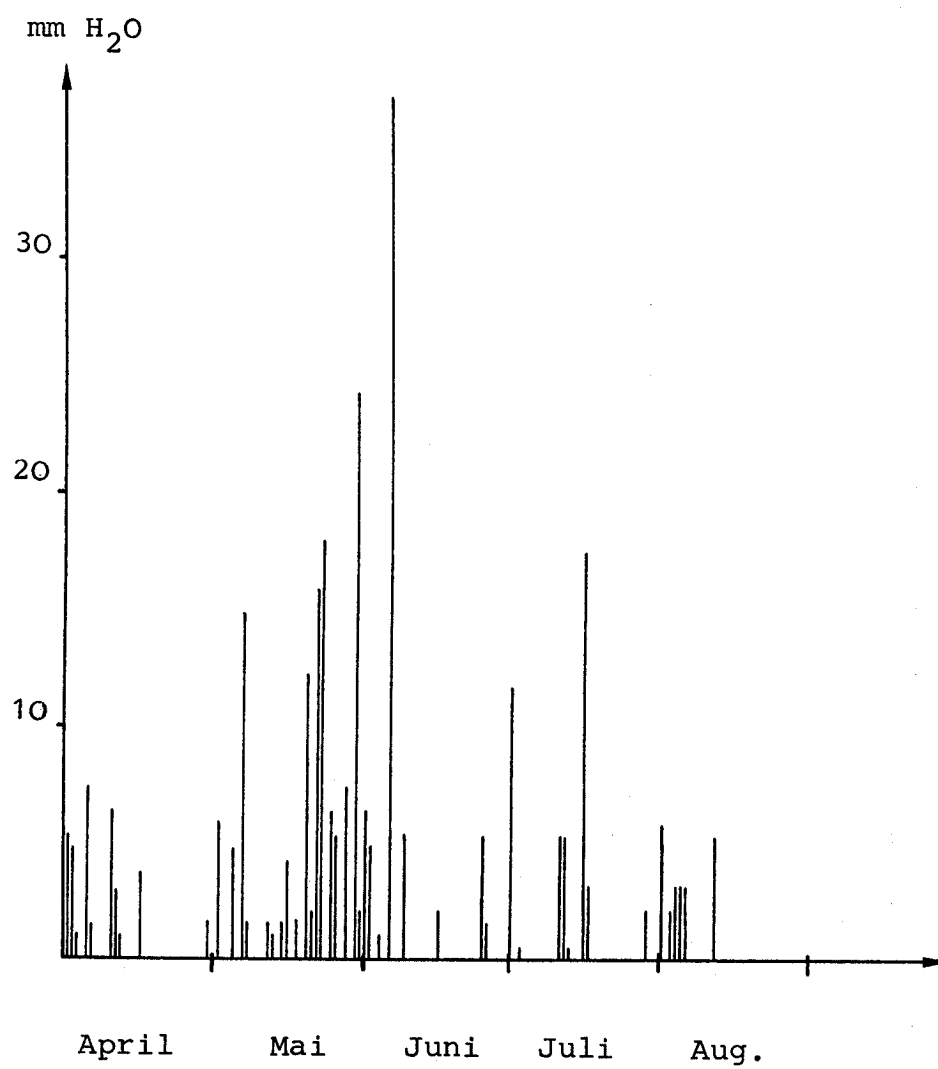
Fortsetzung der Abb. 31: Niederschlagsverteilung

Abb. 31 b: Lysimeterversuch 1983



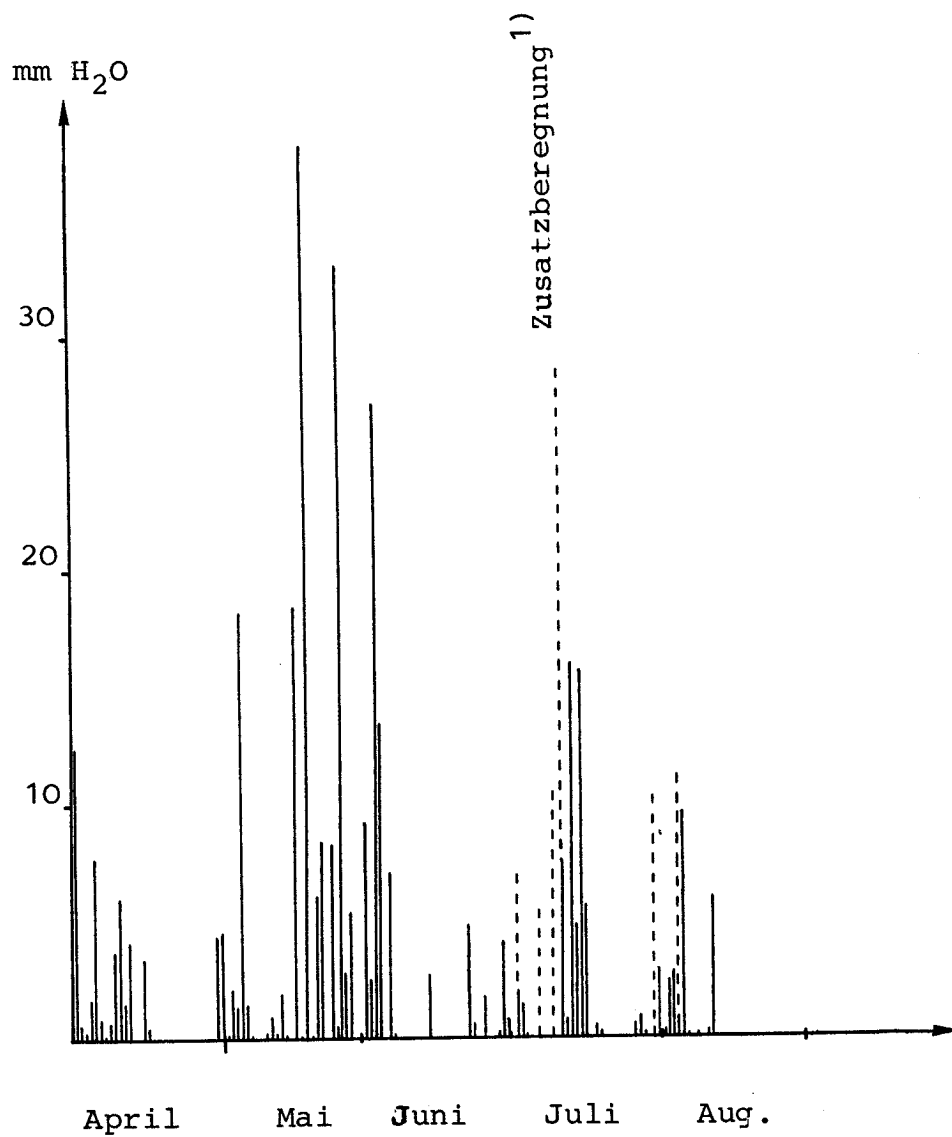
Fortsetzung der Abb. 31: Niederschlagsverteilung

Abb. 31 c: Feldversuch 1984



Fortsetzung der Abb. 31: Niederschlagsverteilung

Abb. 31 d: Lysimeterversuch 1984



1) nur im Lysimeter L1

Wegen der begrenzten Meßkapazität war dort im Jahr 1984 keine Bodenfeuchtemessung möglich. Der Bodenfeuchtegang war dort sicherlich im Vergleich zur realen Feldsituation zwar ebenfalls etwas abweichend, im Vergleich zum 1 m² Lysimeter mit nur 45 cm Bodentiefe dürften die Abweichungen doch erheblich geringer ausgefallen sein.

Die Bodenfeuchte im Gefäßversuch wurde durch tägliches Gießen unter Berücksichtigung des Pflanzenzuwachses anfangs auf 55 %, später auf 60 % der maximalen Wasserkapazität des Bodens eingestellt. Bei den in Abbildung 32 (S. 158/159) dargestellten Gießwassermengen handelt es sich um die nach Abzug des Wasserverlustes durch Evaporation, bestimmt auf unbewachsenen Kontrollgefäßen, von den Pflanzen verbrauchte Wassermenge. Die Gesamtmengen an Gießwasser sind in Tabelle 36 (S. 152) angegeben. Bei dem Mikroökosystemgefäßversuch wurde die Bodenfeuchte bei Versuchsanfang auf 60 %, später auf 65 % der maximalen Wasserkapazität des Bodens eingestellt, wobei es sich als notwendig erwies, ab einer bestimmten Pflanzengröße zweimalig pro Tag die Wasserversorgung vorzunehmen. Da hier wegen der geschlossenen Gefäße nur eine geringe Evaporation auftreten konnte, sind dies die von den Pflanzen effektiv verbrauchten Wassermengen. Diese Werte (Abb. 33, S. 160) sind mit den Werten der Gefäße direkt vergleichbar (Abb. 32, S. 158/159).

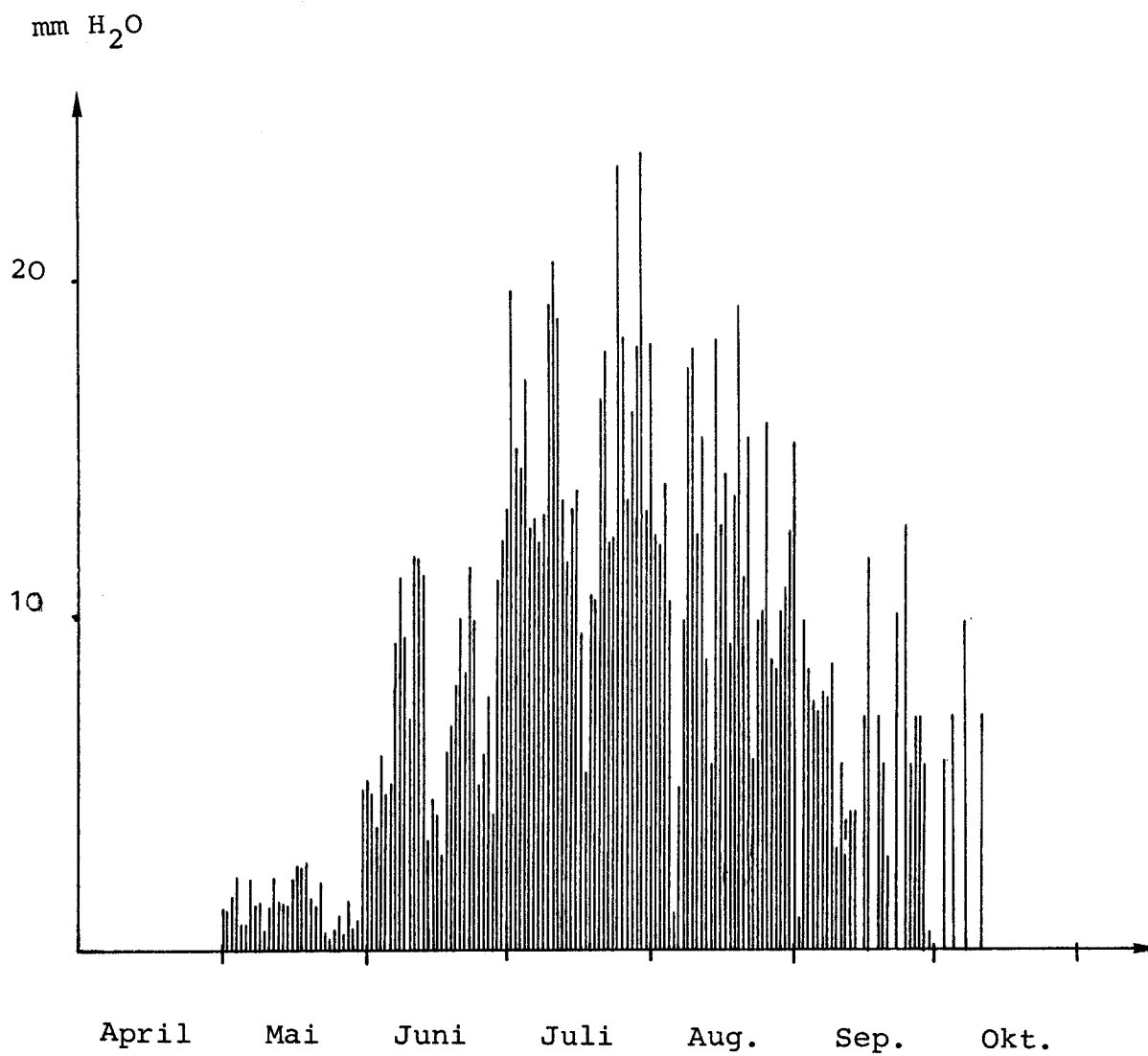
Lufttemperatur und -feuchte

Die Lufttemperaturen und -feuchten waren 1983 im IRA-Freigelände etwas niedriger als am Feldversuchsstandort, die relative Luftfeuchtigkeit aber in der Regel höher. Bei einer Entfernung von ca. 12 km zwischen den Meßstellen Feld / KFA-Wetterstation sind Abweichungen nicht ungewöhnlich. Die generell höhere Luftfeuchtigkeit im IRA-Freigelände dürfte eine Folge der unterschiedlichen Vegetation sein: in Merzenhausen Ackerflächen, während das IRA-Freigelände von geschlossenen Waldflächen umgeben ist.

Für das Jahr 1984 gilt für die Lufttemperaturen prinzipiell das gleiche wie 1983: sie lagen im IRA-Freigelände etwas niedriger als am Feldversuchsstandort. Ein Vergleich der relativen Luftfeuchtigkeit zwischen dem IRA-Freigelände und dem Feldversuchsstandort in Merzenhausen war im Jahr 1984 wegen Meßschwierigkeiten bei der Erfassung und Aufzeichnung der Daten am Feldversuchsstandort in Merzenhausen nicht möglich. Da die Lufttempe-

Abb. 32: Gießwassermengen bei den Gefäßversuchen
(Tagesmittelwerte aus 16 Einzelgefäßen)

Abb. 32 a: Versuchsjahr 1983



Fortsetzung der Abb. 32: Gießwassermengen

Abb. 32 b: Versuchsjahr 1984

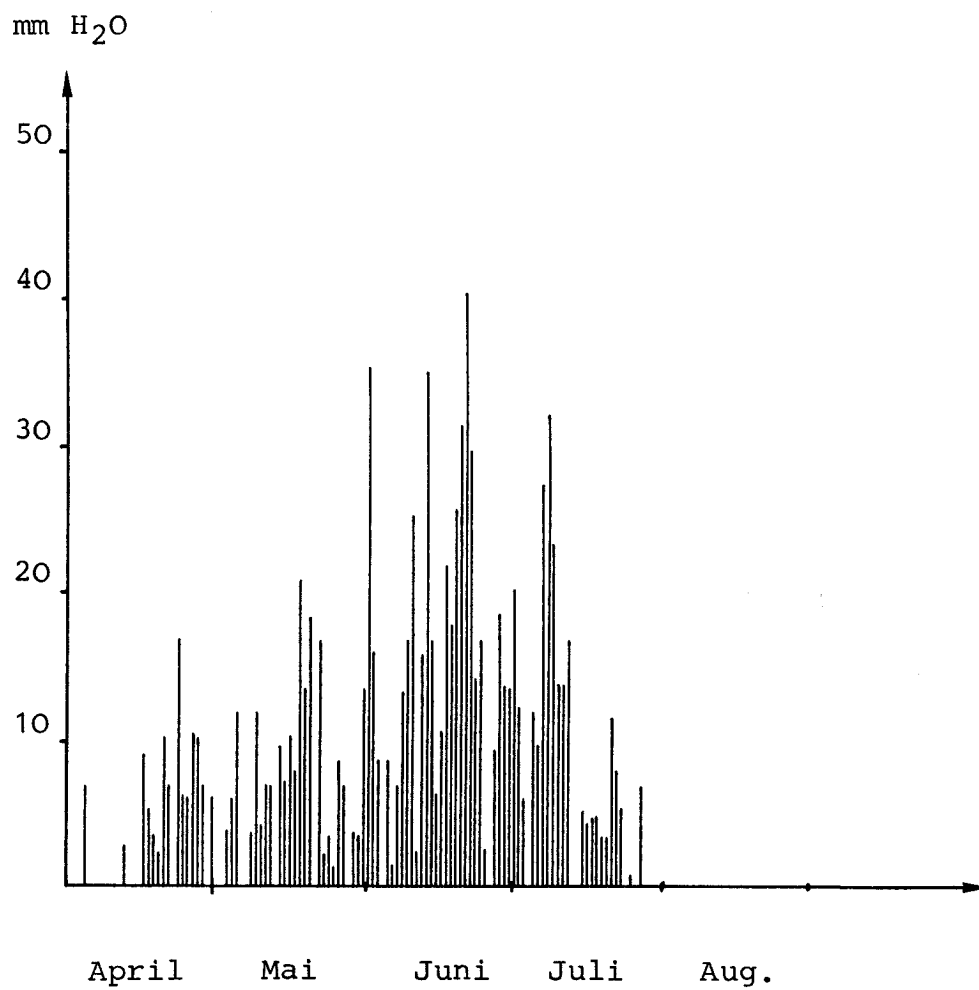
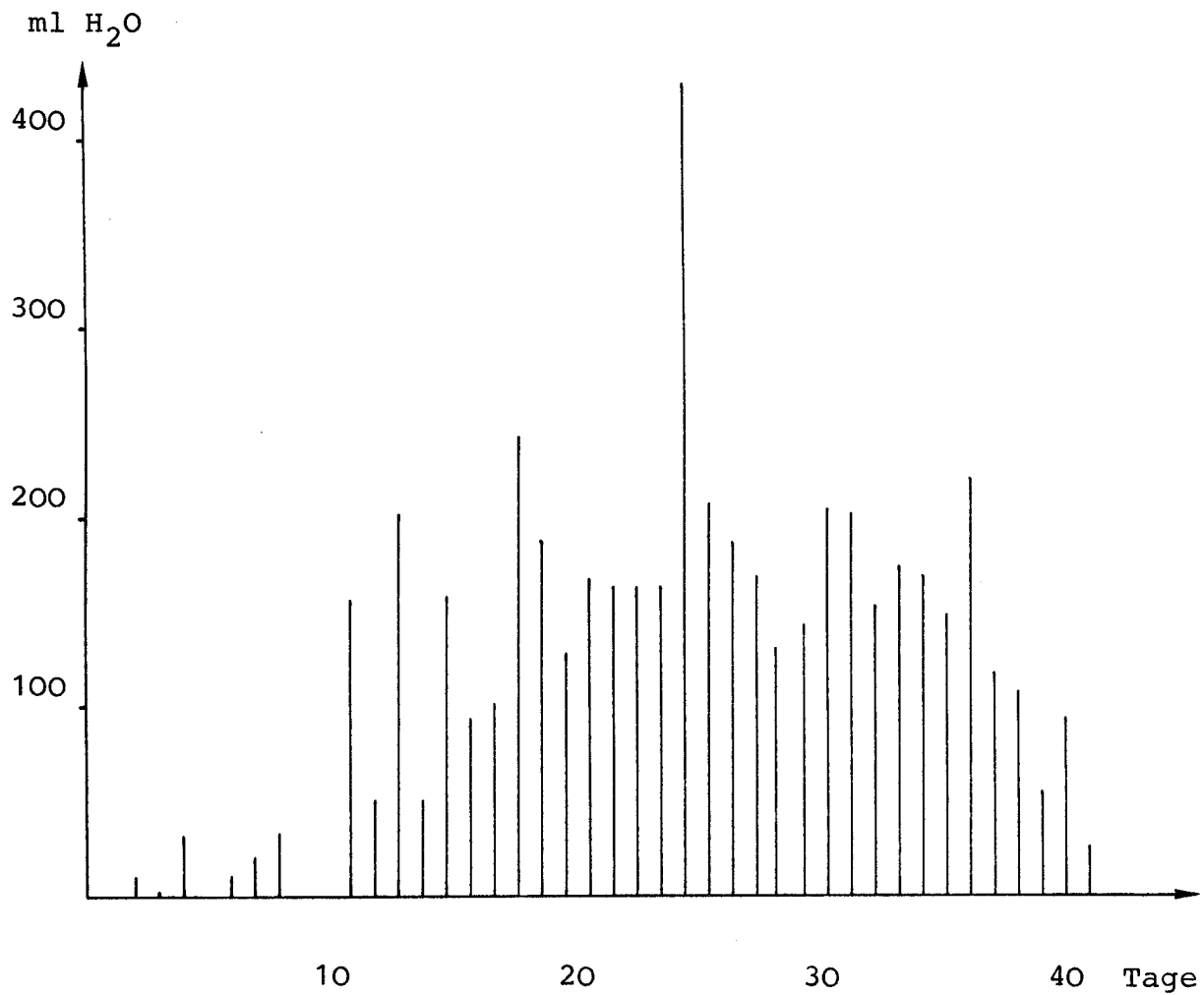


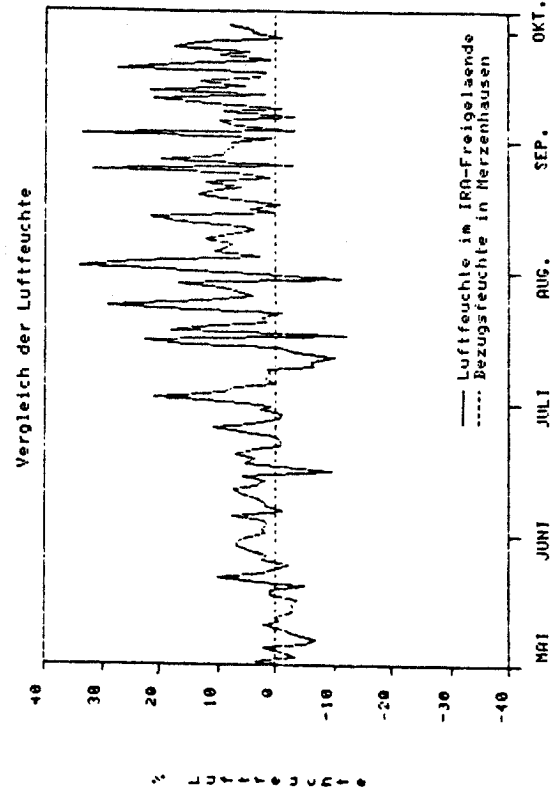
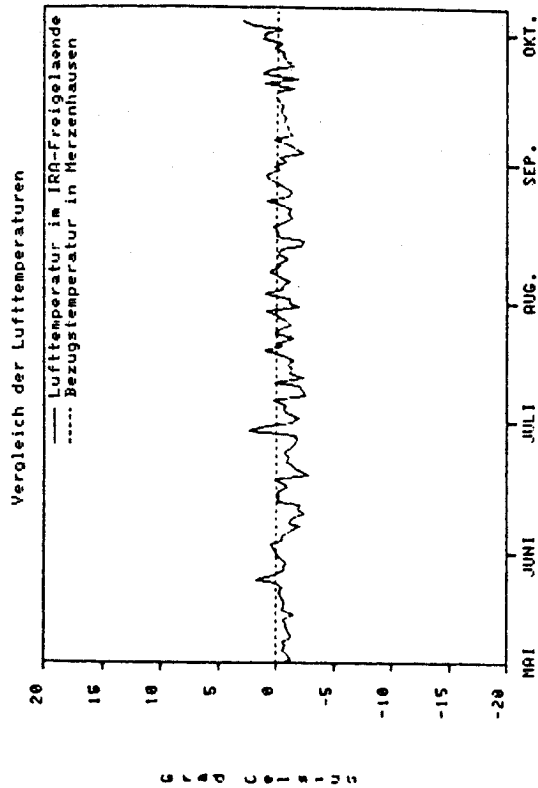
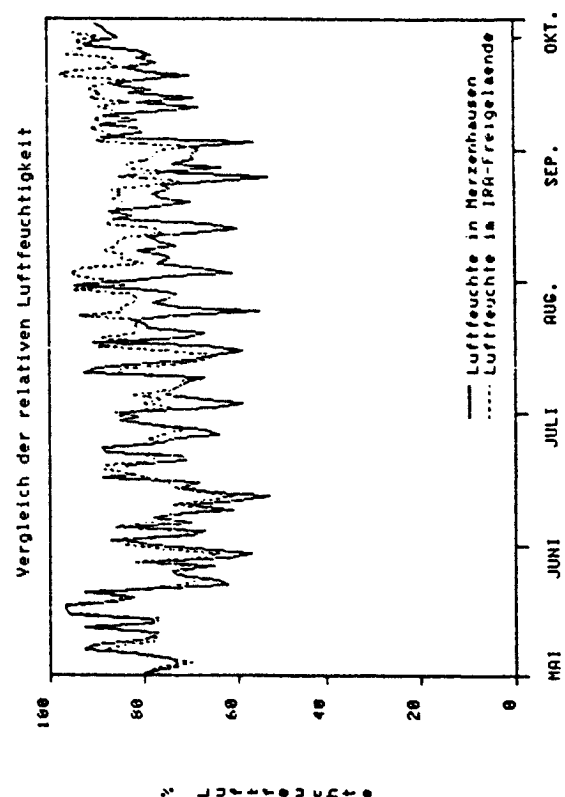
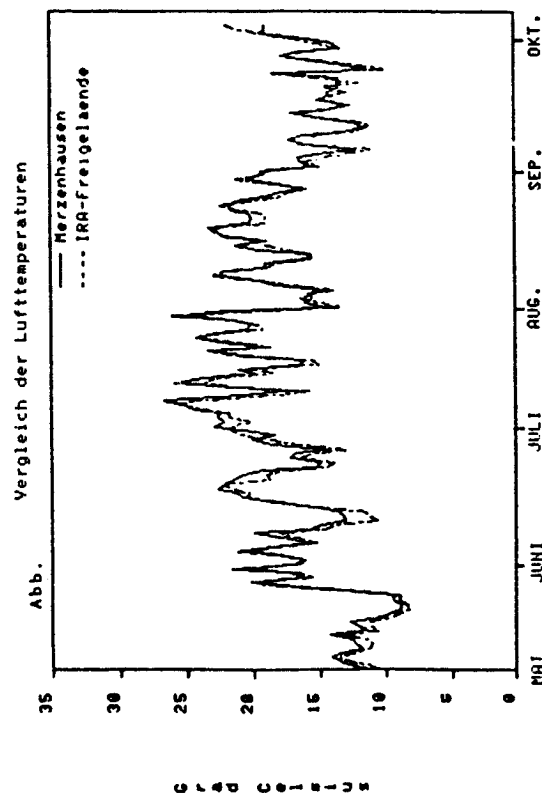
Abb. 33: Gießwassermengen im Mikroökosystemgefäßversuch 1983
(Tagesmittelwerte von 16 bzw. 4 Gefäßen)



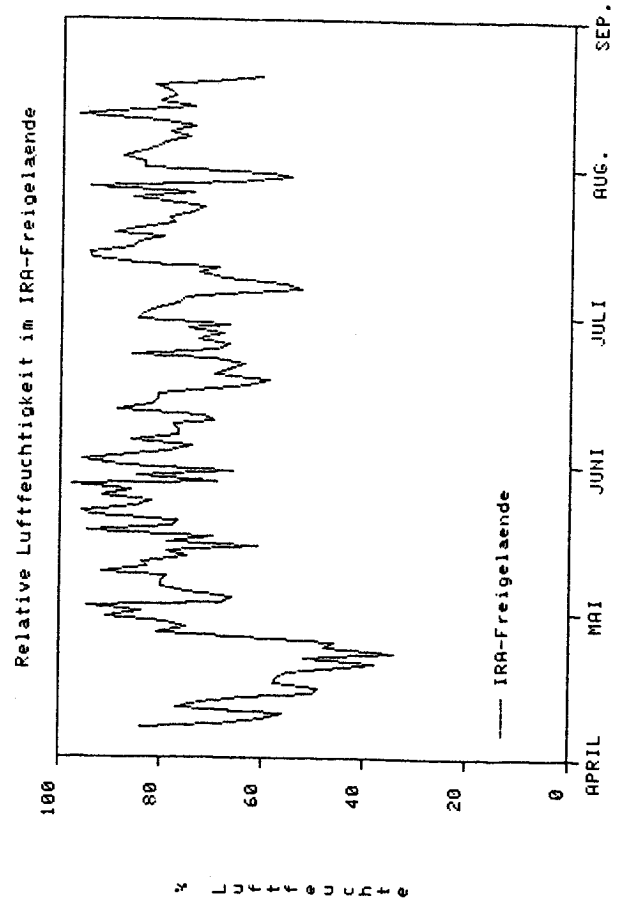
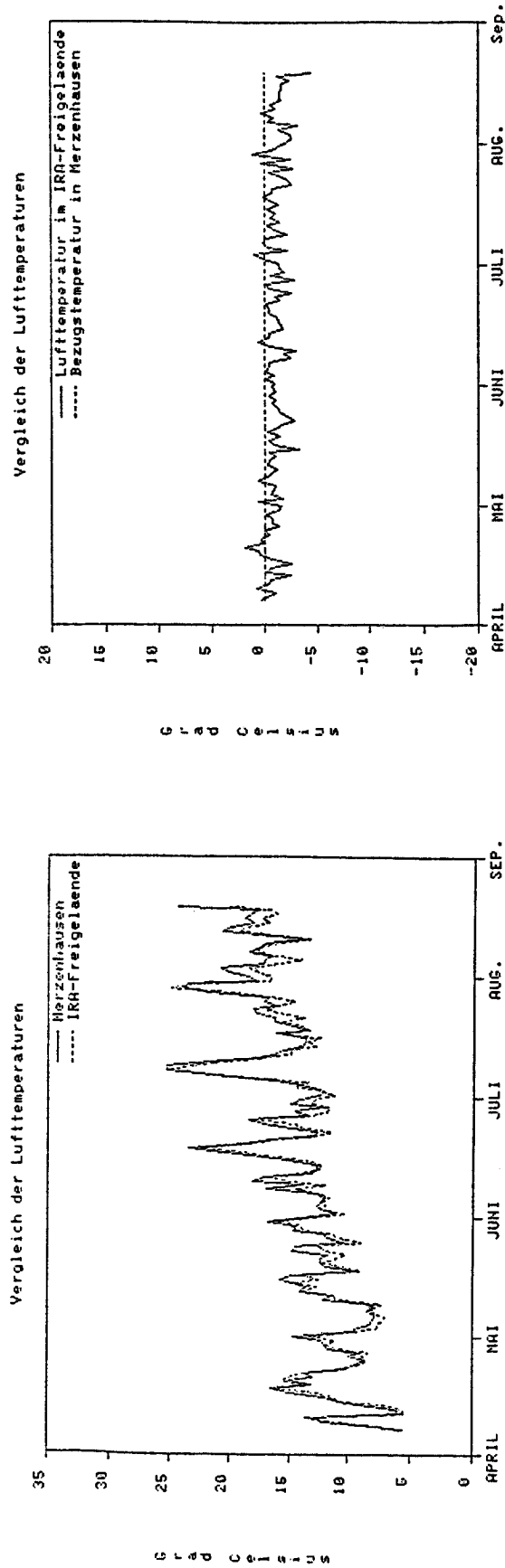
raturen im Vergleich der beiden Standorte ein dem Jahre 1983 fast identisches Verhalten aufwiesen, kann bei einer Entfernung von ca. 12 km zwischen den beiden Versuchsstandorten davon ausgegangen werden, daß sich die Unterschiede der relativen Luftfeuchte prinzipiell wie im Jahr 1983 verhielten; hier trat eine insgesamt leicht höhere relative Luftfeuchtigkeit im IRA-Freigelände auf. Die Abbildungen 34 a/b (S. 162/163) geben einen Überblick über die Lufttemperaturen und die relativen Luftfeuchten für die Versuchszeiträume 1983/84.

Abb. 34: Lufttemperatur- und -feuchtevergleich zwischen den Versuchsstandorten

Abb. 34 a: Versuchsjahr 1983



Fortsetzung der Abb. 34: Lufttemperatur- und -feuchtevergleich
Abb. 34 b: Versuchsjahr 1984



5. Diskussion

Die Wirkstoffaufnahme durch Pflanzen unterliegt einer Vielzahl von Einflußfaktoren und ihren gegenseitigen Wechselwirkungen. Darüber hinaus wird die Rückstandssituation durch die Pflanzenentwicklung und den pflanzlichen Stoffwechsel bestimmt. Je nach Pflanzenart unterliegen dabei die aufgenommenen organischen Verbindungen Um- und Abbauprozessen, die zum Teil so weitgehend sein können, daß die Endprodukte, wie z. B. CO_2 , nicht mehr als Rückstand anzusprechen sind. Wegen der Komplexität dieser Vorgänge und ihrer Wechselwirkungen ist es nicht möglich, die Auswirkungen dieser Einflüsse auf die Rückstandssituation in Pflanzen einzeln exakt zu quantifizieren. Schon in Versuchen mit der Variation nur eines einzelnen Faktors unter sonst konstanten Bedingungen ist dies mitunter nicht möglich. Trotzdem ist es notwendig, die wichtigsten Einflußgrößen darzustellen und ihren Einfluß zumindest qualitativ zu charakterisieren.

Die Wirkstoffaufnahme und/oder die Aufnahme von Metaboliten bzw. ^{14}C -Aktivität war bei allen Versuchen deutlich von der eingesetzten Aufwandmenge abhängig. Dabei lagen diese Werte bei doppelten Aufwandmengen im Anwendungsjahr der beiden Wirkstoffe auf mehr als dem 2fachen Niveau im Vergleich zur einfachen Aufwandmenge (Ausnahme: Gefäßversuch mit Metamitron 1983 zur Erntereife). Nach HANCE (1969), HURLE (1982) sowie auch SCHACHTSCHABEL et al. (1982) ist zwischen der Konzentration eines Wirkstoffs in der Bodenlösung und der adsorbierten Menge im Boden in der Regel die von Freundlich und Langmuir aufgestellte Beziehung zutreffend: die absolute Adsorption nimmt mit steigender Wirkstoffkonzentration zu, die relative Adsorption nimmt ab. Dies gilt auch für die beiden Wirkstoffe Metamitron und Methabenzthiazuron (KERPEN und SCHLESER, 1975, 1977, 1980). Für den Anteil eines Wirkstoffs in den Versuchseinheiten mit unterschiedlichen Aufwandmengen bedeutet dies, daß den Pflanzen wie auch den Mikroorganismen nach der o. a. Beziehung mehr als die doppelte Menge an Wirkstoff und später dann auch an Metaboliten bzw. Abbauprodukten in der Bodenlösung zur Verfügung standen.

Der Effekt der relativ höheren Verfügbarkeit bei erhöhter Aufwandmenge tritt besonders beim MBT-Versuch des Jahres 1984 (Abb. 21, S. 113 und Abb. 22, S. 118) deutlicher als beim MAT-

Versuch 1983 auf. Die weitaus geringeren eingesetzten Wirkstoffmengen beim Methabenzthiazuron im Verhältnis 1 : 2,5 zum Metamitron dürften dafür verantwortlich sein. Weiterhin kommt in diesem Zusammenhang der von MITTELSTAEDT und FÜHR (1980) getroffenen Aussage Bedeutung zu, wonach ihre Ergebnisse mit [3-¹⁴C]Metamitron im Gegensatz zum Methabenzthiazuron darauf hindeuten, daß sich bei diesem Wirkstoff im Boden relativ rasch ein Gleichgewichtszustand zwischen gelösten und am Boden adsorbierten oder fixierten ¹⁴C-markierten Verbindungen einstellt.

Das abweichende relative Verhalten der MAT-Äquivalente in Bezug zur Aufwandmenge im Gefäßversuch (3. Probenahmetermin, Abb. 10, S. 74 und Abb. 11, S. 76) ist im Zusammenhang mit nachlassendem Nachlieferungsvermögen des Bodens und relativ erhöhtem mikrobiellem Abbau bei den höheren Aufwandmengen zu sehen. Auch relativ stärkere Verluste über die Gasphase sind denkbar. Es bleibt festzuhalten, daß die von den Pflanzen aufgenommenen Wirkstoff- bzw. ¹⁴C-Aktivitätsmengen mit steigenden Aufwandmengen unter Berücksichtigung der Erntemengen in der Regel - relativ gesehen - in allen Versuchseinheiten im Anwendungsjahr höher waren als bei einfacher Aufwandmenge.

Die sehr begrenzte Bodenmenge in den Mikroökosystemgefäßen (1,5 kg) wie auch in den Gefäßen (8 kg) und die daraus resultierenden Unterschiede wie u. a. die nutzbaren Wassermengen für die Pflanzen, die Nachlieferung an Nährstoffen, die Bodentemperaturen (Tab. 35, S. 143 und Abb. 29, S. 144 - 147) und -feuchten (Abb. 32, S. 158/159 ; Abb. 33, S. 160; Tab. 36, S. 152), hatten einen erheblichen Einfluß auf die Rückstandssituation.

Daß die Bodentemperatur und -feuchte einen beträchtlichen Einfluß auf die Entwicklung der Biomasse von Mikroorganismen im Boden ausübt, ist durch eine Reihe von Untersuchungen belegt (GREAVES und CARTER, 1920; FEHER und FRANK, 1937; 1938; GREAVES und JONES, 1944; KÖNIG, 1965; SEIFERT, 1970). Da Bodentemperatur und -feuchte die mikrobielle Aktivität wechselseitig beeinflussen, ist es für die Bewertung der Rückstandssituation in den einzelnen Versuchseinheiten von Vorteil, das Produkt aus Bodentemperatur und Bodenfeuchte zu betrachten. Dieses Produkt lag in den Gefäßen und Mikroökosystemgefäßen auf der einen Seite gegenüber dem Feld- und den Lysimetern auf der anderen Seite im Mittel des Versuchszeitraums deutlich höher, allein schon

wegen der täglichen Gießvorgänge, aber auch wegen der höheren mittleren Bodentemperaturen in den Gefäßen (ca. 2 - 30 °C während der Versuchszeiträume). Dies und die gegenüber den Lysimeter- und Feldversuchen sehr viel stärker ausgeprägten Temperaturschwankungen (Abb. 29 a, S. 145 und Abb. 29 b, S. 147) in den Gefäßen (8 kg Boden) ist auf die oberirdische Aufstellung und die vergleichsweise sehr geringe Bodenmenge zurückzuführen.

Zunehmende Bodenfeuchtigkeit im Bereich von 50 bis zu 90 % der maximalen Wasserkapazität eines Bodens führt in der Regel zu erhöhter Bioverfügbarkeit und somit zu erhöhten Aufnahmeraten. LAERMANN und HEITEFUSS (1974 b) wiesen nach, daß die Wirkung von MBT mit zunehmender Bodenfeuchte in dem o. a. Bereich der maximalen Wasserkapazität des Bodens und außerdem auch bei höherer Bodentemperatur zunimmt. Die Aufnahme an Wirkstoff ist zwar nicht mit der Wirkung gleichzusetzen, sicherlich aber mit ihr eng positiv korreliert. Da in den Gefäßen und den Mikroökosystemgefäßen die Bodenfeuchte durch die täglichen Gießvorgänge in einigen Bereichen auf bis zu 100 % aufgefüllt wurde und diesen Pflanzen im Vergleich mit den Niederschlägen im Feld bzw. Lysimetern eine ca. 3fach höhere Gießwassermenge zur Verfügung stand, führte dies durch einen höheren Wasserverbrauch der Pflanzen zu den insgesamt höheren relativen Aufnahmeraten gegenüber den Lysimeterversuchen. Zum Teil dürften auch mit dem täglichen Gießen Desorptionsvorgänge, wie sie in den Lysimetern und im Feld nur nach größeren Niederschlägen auftraten, ausgelöst worden sein. Damit konnte stets ein höherer Anteil des im Boden vorhandenen Wirkstoffs und/oder Metabolite in die Bodenlösung übergehen. Somit erhöhte sich die Chance einer Aufnahme durch die Pflanzen.

Dies traf in geringerem Umfang auch für die Situation in den 1 m² Lysimetern gegenüber den neuen 0,5 m² Lysimetern (110 cm Bodentiefe) zu. Berechnungen im Juli bzw. August im 1 m² Lysimeter (Abb. 31 d, S. 156) lösten Desorptionsvorgänge bei in der Regel hohen Temperaturen und geringen relativen Luftfeuchtigkeiten aus. Die nahezu 2fachen MBT-Äquivalente in den Pflanzen des 1 m² Lysimeters im Vergleich zu den Pflanzen der 0,5 m² Lysimeter beim MBT-Versuch 1984 (Abb. 21, S. 113) dürften bei diesen vorherrschenden Witterungsbedingungen u. a. durch eine intensivere Transpiration und damit Wasseraufnahme verursacht worden sein. Eine erhöhte Transpiration der Randpflanzen im 1 m² Lysimeter

(Abb. 1 b, S. 25) gegenüber den innerhalb einer Kleinparzelle mit Winterweizen eingelassenen 0,5 m² Lysimetern (110 cm Bodentiefe) wie auch die geringeren Erntemengen müssen als zusätzliche Faktoren mit berücksichtigt werden. Auch kann nicht ausgeschlossen werden, daß wegen des insgesamt geringeren Wasserangebots in den 1 m² Lysimetern eine gegenüber den 0,5 m² Lysimetern leicht konzentriertere Bodenlösung vorlag.

Aufgrund der geringeren pflanzennutzbaren Wassermengen wegen der begrenzten Bodentiefen (45 bzw. 85 cm) waren die Wachstumsbedingungen trotz der Berechnungen nicht optimal, was die im Jahr 1984 um 30 % geringeren ährentragenden Halme/m² im 1 m² Lysimeter gegenüber den neuen Lysimetern (110 cm Bodentiefe) ohne Berechnung dokumentieren. Darauf sind auch die geringeren Ernteerträge in den 1 m² Lysimetern (45 cm Bodentiefe) zurückzuführen (Tab. 23, S. 111). Der um 39 % geringere Strohertrag in diesen 1 m² Lysimetern gegenüber den 0,5 m² Lysimetern (110 cm Bodentiefe) in der neuen Lysimeteranlage ist möglicherweise zusätzlich durch die dort um 20 % niedrigere Lichtintensität - bedingt durch zwei Drahtsorten - mit verursacht worden. Die unterschiedlichen Ertragsniveaus verdeutlichen den ganz erheblichen Einfluß auf die jeweilige Rückstandssituation.

Mit zunehmender Zeitdauer nach der Applikation wird immer weniger Herbizidwirkstoff als Folge von Aufnahme durch Pflanzen, durch Abbau und Mineralisation, Adsorption, Fixierung und Einbau in die organische Substanz (FÜHR und MITTELSTAEDT, 1979) bioverfügbar, so daß sich die bereits aufgenommenen Mengen auf weitaus mehr Pflanzenmasse verteilen (THIELERT, 1984). Dieses Verhalten zeigt sich auch bei den MAT-Äquivalenten in den Zuckerrüben 1983 (Abb. 13, S. 82). Die mit der Zeit nachlassende Bioverfügbarkeit wird auch durch die Ergebnisse des Nachbaus der Lysimeter und Gefäße in den nach der Applikation folgenden Jahren durch die weitaus geringeren Gesamtaufnahmeraten durch die Pflanzen nachgewiesen. Als Beispiel seien dazu die Werte der Lysimeterversuche aufgeführt. Während 1983 im Mittel noch 0,3 % (Tab. 18 a, S. 88) der applizierten ¹⁴C-Aktivität durch die Zuckerrüben aufgenommen wurde, sank dieser Wert 1984 bei Winterweizen auf 0,02 % (Tab. 20, S. 95) und im Jahre 1985 bei Wintergerste auf 0,01 bis 0,02 % (Tab. 22 b, S. 101) weiter ab. Für den MBT-Versuch ergab sich eine Reduktion von 2 % Aufnahme im Applikationsjahr (Tab. 31, S. 125) auf ca. 0,1 % im Folge-

jahr (Tab. 33 b, S. 129). Zusätzlich ist zu beachten, daß beim Nachbau der Wirkstoff bzw. die ^{14}C -Aktivität durch die Bodenbearbeitung, aber auch durch Niederschläge bzw. Gießwassermengen relativ gleichmäßig in der oberen 0 - 20 cm Bodenschicht verteilt war. Diese Verteilung auf mehr Bodenvolumen hat eine höhere Adsorption des Wirkstoffs zur Folge (KUBIAK, 1986). Auch aus diesem Grund waren die relativen Gesamtaufnahmeraten rückläufig.

Die nach der Winterweizenernte jeweils auf einer Lysimeterhälfte durchgeführte Strohdüngung beim Nachbau hatte keinen Einfluß auf die Radioaktivitätsgehalte in der Wintergerste. Dies könnte neben den bislang aufgeführten Ursachen u. a. auch an dem hohen Ertragsniveau (ca. 80 dt) liegen, so daß dadurch mögliche geringe Unterschiede überlagert wurden.

Die im 2. Nachbaujahr nur geringe Abnahme der MAT-Äquivalente in der Wintergerste gegenüber dem Winterweizen im 1. Nachbaujahr des Lysimeterversuchs zeigt eindeutig, daß die Bioverfügbarkeit im Boden zunächst rasch, später dann aber nur noch langsam abnimmt und vermutlich mit fortschreitender Zeit asymptotisch gegen Null tendiert.

Bioverfügbarkeit bedeutet jedoch nicht, daß ein Wirkstoff auch tatsächlich von Pflanzen aufgenommen wird. Zur Aufnahme muß auch die entsprechende Wurzel in mehr oder minder großer Entfernung zu dem Ort der Bioverfügbarkeit vorhanden sein. Hier gilt es zu berücksichtigen, daß sowohl die Hauptmasse der Zuckerrübenpflanzen wie auch der Getreidepflanzen relativ rasch aus der obersten Bodenschicht von 0 - 5 cm, in der die Hauptmengen an MAT/MBT-Rückständen im Anwendungsjahr verblieben (KUBIAK, 1986), herauswachsen (KUTSCHERA, 1960). Damit wird die Möglichkeit der Wurzelaufnahme zunehmend geringer. Beim MBT-Versuch erfolgte die Spritzung zudem im Nachauflaufverfahren (3 - 4 Blattstadium des Winterweizens). Zu diesem Zeitpunkt verfügen die Getreidepflanzen schon über vier bis acht Wurzelstränge in einer Länge von 40 - 60 cm (SCHINDLER, 1920), wobei nach KMOCH und HANUS (1968) die Keimwurzeln und die später am Bestockungsknoten gebildeten Kronenwurzeln in Abhängigkeit von den Umweltbedingungen mehr oder weniger schnell in den Boden eindringen. Auch aufgrund abnehmender Bodenfeuchte (Feld; Lysimeter) in der oberen Bodenschicht und gleichzeitig zunehmender

Entwicklung der Getreidepflanzen verlagert sich die Hauptwurzelmasse aus den oberen 5 cm (RUSSELL et al., 1968) in eine Bodentiefe von 15 - 25 cm (AUFHAMMER und FISCHBECK, 1973) und darüber hinaus (ROSE und STERN, 1967). Zwar ist nach BROUWER (1968) der Bewurzelungstyp in hohem Maße genetisch festgelegt, doch die Ausbildung wie auch die Verteilung des Gesamtwurzelsystems von Einzelpflanzen ist wesentlich von den Standortverhältnissen (VETTER und SCHARAFAT, 1964; CZERATZKI, 1972) und der Standdichte (STEVENSON, 1967) abhängig. FANDEFANG et al. (1983) gehen bei ihren Untersuchungen von einer höheren Durchwurzelung in Gefäßversuchen im Vergleich zum Freiland aus. Die Ausbildung des Wurzelsystems in Abhängigkeit von Einflußfaktoren ist in den Arbeiten von JOHNEN (1974), OPITZ von BOBERFELD (1978) sowie von MOHR (1980) beschrieben.

GEISLER (1980) ist der Auffassung, daß eine Nährstoffaufnahme durch Wurzelinterzeption ohne Massenfluß und Diffusion insbesondere dann von Bedeutung ist, wenn ein Transport im Boden nur in geringem Umfang oder gar nicht stattfindet. Da das Wurzelvolumen jedoch nur bis ca. 2 % des Porenvolumens unter normalen Bedingungen erreicht, rechnen SCHACHTSCHABEL et al. (1982) dieser Aufnahmemöglichkeit nur einen geringen Anteil an der Gesamtaufnahme zu. LAGERWERF (1960), MENGEL et al. (1969) und MENGEL (1979) sind dagegen der Auffassung, daß eine Aufnahme nach der Theorie von JENNY und OVERSTREET (1938) wegen der räumlichen Gegebenheiten im System Pflanzenwurzel/Bodenpartikel nicht möglich ist. Für sie muß der Nährstoff vor der Aufnahme zunächst die "freie" Bodenlösung mittels Diffusion passieren. SEIBERT und FÜHR (1982) konnten mit dem Herbizidwirkstoff Atrazin zeigen, daß dieser Wirkstoff auch aus wurzelfernereren Bodenzonen die Wurzeln erreichte und aufgenommen wurde.

Die höheren Standdichten und Bodenfeuchten wie die zugleich geringere Bodentiefe in den Gefäßen und Mikroökosystemgefäßen und die in der Literatur vorliegenden Aussagen über die Wurzelentwicklung und -verteilung lassen den Schluß zu, daß die Durchwurzelungsdichte in den Gefäßversuchen pro Volumeneinheit Boden unter Berücksichtigung der Pflanzenentwicklung sehr viel höher als im Lysimeter- oder gar Feldversuch lag. Dies begünstigte die Aufnahme von Wirkstoff und/oder Metaboliten bzw. ^{14}C -Aktivität in den Gefäßversuchen zweifellos.

MITTELSTAEDT und FÜHR (1975 a) wiesen mit dem Wirkstoff Isocarbamid bei Zuckerrüben und SCHMIDT (1978) mit MBT bei Mais nach, daß eine geringere Luftfeuchte über eine gesteigerte Transpiration zu erhöhter Wirkstoffaufnahme führt. Beim Mikroökosystemversuch unter Gewächshausbedingungen war die Luftfeuchtigkeit durchweg geringer als beim Feld-, Lysimeter- und Gefäßversuch, wobei die Unterschiede zwischen den Gefäßversuchen und den Feld- und Lysimeterversuchen nicht so stark ausgeprägt waren. Daher fielen sie beim Gefäßversuch quantitativ gegenüber dem Mikroökosystemgefäßversuch, bezogen auf die reale Feldsituation, weniger stark ins Gewicht. Die bislang dargelegten Einflußfaktoren sind als diejenigen anzusehen, die die Wirkstoffaufnahme aus dem Boden in den Versuchen maßgeblich bestimmten.

Bei der Bewertung der in den Pflanzen vorhandenen ^{14}C -Aktivitätsmengen zu den Probenahmezeitpunkten ist auch eine mögliche Abgabe ^{14}C -haltiger Verbindungen nicht auszuschließen. Denkbar ist auch ein Abbau von aufgenommenem Wirkstoff bzw. von Metaboliten sowie von assimiliertem $^{14}\text{CO}_2$ in der Pflanze bis hin zur Veratmung zu $^{14}\text{CO}_2$ des Radiokohlenstoffs. MÜLLER und SANAD (1976) kamen mit Metamitron bezüglich der Freisetzung von $^{14}\text{CO}_2$ über die Blätter zu dem Ergebnis, daß sie nur in einem geringen Umfang bezogen zur Gesamtaufnahme stattfindet (3,1 % nach 6 Tagen). Durch eine Abgabe von $^{14}\text{CO}_2$ ist auch zu erklären, daß die Gesamtmenge an ^{14}C -Aktivität in den Pflanzen des Mikroökosystemgefäßversuchs vom Probenahmetermin 1 A zu 1 B stagnierte bzw. leicht rückläufig war. Die Möglichkeit der Abgabe von ^{14}C -Aktivität durch Pflanzen ist prinzipiell auch in den anderen Versuchseinheiten zu berücksichtigen. Beim Methabenzthiazuron betrug die extrahierte ^{14}C -Aktivität in der organischen Lösungsmittelphase bezogen zur Gesamt- ^{14}C -Aktivität in den Proben nicht mehr als 10 % und bei der Kornfraktion nicht mehr als 2 %. Zur Erntereife war beim Metamitron-Versuch kaum noch ^{14}C -Aktivität mit organischen Lösungsmitteln aus den Zuckerrüben extrahierbar. Diese Fakten deuten auf eine intensive Einbeziehung von aufgenommenem Metamitron wie auch von aufgenommenem Methabenzthiazuron und deren Metaboliten in den pflanzeigenen Stoffwechsel hin. Auch die in der Literaturübersicht beschriebenen Metabolisierungsprozesse des MAT in Zuckerrüben und des MBT in Winterweizen stehen mit den aus den Ergebnissen gezogenen Schlußfolgerungen in völligem Einklang.

In den Kontrollpflanzen dürfte assimiliertes $^{14}\text{CO}_2$ die Hauptmenge der gemessenen ^{14}C -Aktivität (MÜLLER et al., 1983; LICHTENSTEIN et al., 1985) darstellen, worauf auch die Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchseinheiten und die relativ großen Abweichungen bei den Kontrollpflanzengehalten innerhalb der neuen Lysimeteranlage beim MBT-Versuch 1984 zurückzuführen sind. Die Versuchspflanzen nehmen $^{14}\text{CO}_2$, das durch Abbauprozesse im Boden entsteht, auch über ihre Wurzeln (KICK et al., 1965; 1966) auf und schleusen es durch Dunkelfixierung über den Zitronensäurekreislauf in den pflanzlichen Stoffwechsel ein.

Daß nicht die gesamte Menge an Wirkstoffäquivalenten als Metamitron-Rückstände einzustufen sind, beweist die Arbeit von MÜLLER et al. (1983): sie konnten belegen, daß ca. ein Viertel der in Zuckerrüben festgestellten ^{14}C -Aktivität aus der C3-Position des Triazinrings des Metamitron über Assimilation oder durch Refixierung von pflanzenintern gebildetem $^{14}\text{CO}_2$ in der Saccharose eingebaut vorlag und damit nicht als Rückstand einzustufen ist.

Assimilate werden bevorzugt in spezielle Speichergewebe von Pflanzen eingelagert; bei Zuckerrüben ist dies der Rübenkörper, beim Getreide das Korn. Beim Getreide liefert das Fahnenblatt, das Internodium unterhalb der Ähre und die Ähre selbst im wesentlichen die zum Aufbau der Kornmasse benötigten Assimilate (STOY, 1965; 1973). Das völlig andere relative Verteilungsmuster der ^{14}C -Aktivität bei den drei Fraktionen Stroh, Ährenspindel/Spreu und Korn in den Kontrollpflanzen Tab. 30, S. 122) bezogen auf die behandelten Versuchspflanzen zugunsten der Kornfraktion ist ein weiteres Indiz für die Annahme, daß die Wirkstoffäquivalente in den Versuchspflanzen zumindest teilweise auf assimiliertes $^{14}\text{CO}_2$ zurückzuführen sind, das aus dem applizierten Wirkstoff durch Abbauprozesse im Boden oder in den Pflanzen hervorgegangen ist. Darauf deuten im übrigen auch die sehr geringen Wirkstoffäquivalente im Korn der Versuchspflanzen hin.

Somit ist der jeweilige Prozentsatz in den Kontrollpflanzen von den Werten der Wirkstoffäquivalente in den Versuchspflanzen abzuziehen, wenn davon abgesehen wird, daß auch andere gasförmige ^{14}C -haltige Verbindungen über diesen Weg in die Kontrollpflanzen gelangt sein könnten.

Grundsätzlich kann der Verlust von appliziertem Wirkstoff über die Gasphase (Nash, 1983 b) je nach den physiko-chemischen Eigenschaften beträchtlich sein, wobei die Verlusthöhe wesentlich von der Wasserlöslichkeit und dem Dampfdruck (QUISTAD und MENN, 1983) des Wirkstoffs abhängt.

HANCE (1980) stellt jedoch in seiner Übersichtsarbeit fest, daß bislang nur wenige Untersuchungen zur Aufnahme von Herbizidwirkstoffen durch Pflanzen über die Gasphase vorliegen, dieser Aufnahmeweg aber für einzelne Wirkstoffe bereits nachgewiesen wurde. Allgemein wird angenommen, daß diesem Aufnahmeweg quantitativ, besonders unter Feldbedingungen, nur eine untergeordnete Rolle zukommt. Dies dürfte auch für das Metamitron und das Methabenzthiazuron gelten, wenn die relativ niedrigen Dampfdrücke der beiden Wirkstoffe ($< 10^{-5}$ mbar bei 20° C) in Betracht gezogen werden.

Von daher dürfte die ^{14}C -Aktivität in den Kontrollpflanzen fast ausschließlich aus assimiliertem $^{14}\text{CO}_2$ bestehen. Wegen der räumlichen Entfernung der Kontrollgefäße zu den behandelten Flächen und der Konzentrationsabhängigkeit der CO_2 -Assimilation durch die Pflanzen sowie der Möglichkeit der Wurzelaufnahme von $^{14}\text{CO}_2$ von Versuchspflanzen (KICK et al., 1965; 1966) dürften diese abzuziehenden Kontrollpflanzenwerte eher zu niedrig ausfallen, da die $^{14}\text{CO}_2$ -Konzentration in den um den Versuchsstandorten wachsenden Kontrollpflanzen niedriger lag als bei den Versuchspflanzen. In diesem Zusammenhang sei nochmals auf die äußerst niedrigen ^{14}C -Gehalte der Kontrollpflanzen in dem Mikroökosystemversuch hingewiesen. Dort bestand wegen der gasdichten Trennung der Sproß- von der Wurzelatmosphäre nur die Möglichkeit einer ^{14}C -Aufnahme über die Blätter der Kontrollpflanzen aus von Versuchspflanzen veratmetem $^{14}\text{CO}_2$. Wegen der geringen ^{14}C -Aktivitätsmengen wurde dies nicht weiterverfolgt.

Es bleibt festzuhalten, daß die von den Pflanzen assimilierte Menge an $^{14}\text{CO}_2$ von einer Reihe von Einflußfaktoren abhängt, die in den einzelnen Versuchseinheiten nicht konstant waren. Dies gilt in gleichem Maße auch für gasförmige pflanzenaufnehmbare Verbindungen. Dabei muß mineralisiertes $^{14}\text{CO}_2$ als Interferenzfaktor angesehen werden (SAUERBECK und FÜHR, 1966). Dies gilt insbesondere in Bezug auf die Fragestellung dieser Arbeit nach der Vergleichbarkeit der Rückstandssituation in Pflanzen nach

Applikation ^{14}C -markierter organischer Herbizidwirkstoffe in verschiedenen Versuchseinheiten.

Bei den gaschromatographisch gemessenen Rückständen konnte nur beim Metamitronversuch im Zuckerrübenblatt zum 1. Probenahme-termin (8-Blattstadium) Desamino-Metamitron und vereinzelt auch in Spuren Metamitron nachgewiesen werden. Sonst waren im Anwendungsjahr der beiden eingesetzten Wirkstoffe MAT bzw. MBT in allen Pflanzenproben weder die unveränderten Wirkstoffe noch die in den Pflanzen gebildeten Hauptmetabolite nachweisbar. Da sich die Selektivität von Herbiziden auf die Fähigkeit der Kulturpflanzen gründet, diese Wirkstoffe schneller als die Unkräuter zu inaktivieren, z. B. zu binden, in den Stoffwechsel einzubeziehen oder weniger Wirkstoff als die Unkräuter aufzunehmen (KOCH und HURLE, 1978), sind diese Ergebnisse nicht überraschend.

Dennoch soll dieses Ergebnis beim MBT-Versuch etwas eingehender erläutert werden. Dort dürfte im Feld- und Lysimeterversuch trotz des Nachauflaufverfahrens der Aufnahme durch die Blatt- und/oder Sproßoberfläche allenfalls bis zu den ersten Niederschlägen quantitativ eine Bedeutung zugekommen sein. Zu späteren Zeitpunkten war die Hauptmenge des bei der Applikation auf die Blätter gelangten und auf der Pflanzenoberfläche adsorbier-ten Wirkstoffs sicherlich durch Regenfälle abgewaschen. Anders ist die Situation im Gefäßversuch, der unter einer hoch licht-durchlässigen Folie im Freiland aufgestellt war. Allerdings ist generell zu berücksichtigen, daß die ersten 3 - 4 Blätter, die durch die Spritzung mit dem MBT in Berührung kamen, mit fortschreitender Pflanzenentwicklung abstarben und in der Regel bis zur Vollreife abbrechen und dann in den Boden gelangten. Somit wurden sie entsprechend der realen Feldsituation auch nicht mit in dem Probengut erfaßt. Dies erklärt, daß auch in der Strohfraktion des Gefäßversuchs kein MBT nachgewiesen werden konnte. Eine Verlagerung größerer Mengen an MBT aus den behandelten Blättern in die sich später entwickelnden Pflanzenteile dürfte kaum stattgefunden haben, da das MBT vorwiegend im Xylem transportiert wird (COLLET und PONT, 1974).

Werden all diese Punkte, insbesondere aber auch die Entwicklung des Wurzelsystems, die Metabolisierung in den Pflanzen und der Verbleib der beiden Wirkstoffe im Boden bei der Bewertung be-

rücksichtigt, ist es letztendlich nicht mehr überraschend, daß in allen Pflanzenproben bei der Erntereife keine Rückstände nach den Methoden von JARCZYK (1972; 1983 b) nachweisbar waren. Auch JARCZYK (1975) fand in Feldversuchen auf vier Standorten und mit Aufwandmengen zwischen 3,5 bis 7 kg Goltix/ha zum Erntezeitpunkt von Zuckerrüben keine Rückstände in den Pflanzen. Beim MBT konnte SCHMIDT (1977) im Erntegut verschiedener Kulturpflanzen kein MBT nachweisen.

Aufgrund dieser Resultate und durch die geringen MAT/MBT-Äquivalente in den Kontrollpflanzen sowie das Fehlen gaschromatographisch nachweisbarer Rückstände wurde beim Nachbau auf gaschromatographische Untersuchungen verzichtet, zumal auch der extrahierbare Anteil an ^{14}C -Aktivität durch organische Lösungsmittel bei den erntereifen Pflanzen im Anwendungsjahr der Herbizide die Grenze von 10 % der in den Pflanzen vorhandenen Gesamt- ^{14}C -Aktivität nicht überschritt. So konnte sogar im 8-Blattstadium der Zuckerrüben (41 - 53 Tage nach der Applikation) im Mittel aller Proben nur ca. 2,5 % der berechneten MAT-Äquivalente als Desamino-Metamitron im Zuckerrübenblatt nachgewiesen werden.

Bei der varianzanalytischen Auswertung der Versuche konnten bis auf eine Ausnahme nur die zwei Faktoren Versuchseinheiten und Aufwandmengen aufgrund des Versuchsumfangs berücksichtigt werden. Aus demselben Grund wurden bei den Aufwandmengen nur die Stufen 5 und 10 kg/ha beim Goltix- sowie die Stufen 2 und 4 kg/ha beim Tribunilversuch berücksichtigt. Auch konnten nur Lysimeter für die Auswertung herangezogen werden, die mindestens zwei Wiederholungen pro Aufwandmenge aufwiesen. Lediglich beim Metamitronversuch 1983 bestand für die Blattfraktion des 1. und 3. Probenahmetermins die Möglichkeit der Einbeziehung des Zeitfaktors in die Auswertung.

Im Faktor Versuchseinheiten sind von Stufe zu Stufe (Feld, Lysimeter, Gefäße, Mikroökosystemgefäße) alle Einflüsse der für die Rückstandssituation verantwortlichen Parameter - mit Ausnahme der o. a. Aufwandmengen und in einem Fall des Zeitfaktors - zusammengefaßt, so daß hiermit die Gesamtsumme dieser Einflüsse getestet wird. Zunächst sind die unmittelbaren Vergleiche der Rückstandswerte in den Pflanzen zwischen den Versuchseinheiten von Interesse, da diese Rückstandswerte bei den von

den Behörden vorgeschriebenen Zulassungsverfahren von Pflanzenschutzmitteln (WOLF, 1983) von hoher Bedeutung sind.

Beim Metamitron-Versuch waren die Desamino-Metamitron-Gehalte im 8-Blattstadium der Zuckerrüben in der Blattfraktion in dem Mikroökosystemgefäß- und dem Gefäßversuch signifikant höher als im Feld- und Lysimeterversuch (bis maximal Faktor 10 in Bezug zum Feldversuch). Die Feld- und Lysimeterwerte unterschieden sich dagegen im Rahmen der statistischen Sicherheit nicht (Abb. 19, S. 107). Dies gilt auch für den Vergleich der Werte aus dem Versuch mit Mikroökosystemgefäßen mit denen des Gefäßversuchs. Diese Unterschiede zwischen den Feld/Lysimeter- und Gefäß/Mikroökosystemgefäßen sind auf die erhöhten Bodenfeuchten und die geringeren Bodenmengen in den beiden letztgenannten Versuchseinheiten zurückzuführen. Mit Ausnahme des Feldversuchs ergab die Auswertung der MAT-Äquivalente in denselben Blattproben, daß zwischen den Lysimeter- und Gefäßversuchswerten kein Unterschied bestand, wohl aber zwischen diesen beiden Versuchseinheiten gegenüber dem Mikroökosystemgefäßversuch (bis zum Faktor 30; Abb. 18 a, S. 105 und Abb. 18 b, S. 106). Dieses widersprüchliche Ergebnis im Vergleich zu dem Unterschied bei den Desamino-Metamitron-Gehalten (Lysimeter/Gefäße) mag zum Teil durch die hohen Varianzen der MAT-Äquivalente (Frischmasse als Basis), möglicherweise aber auch durch Überlagerungseffekte von assimiliertem $^{14}\text{CO}_2$ verursacht worden sein, was die hoch signifikante Wechselwirkung Versuchseinheiten x Aufwandmengen andeutet. Zusätzlich ist zu berücksichtigen, daß es sich bei dem Desamino-Metamitron um ein Stoffwechselprodukt der Pflanze handelt, so daß die DAM-Gehalte eine Momentanbeschreibung einer Situation in den Pflanzen darstellt. Weiter ist zu beachten, daß der Mikroökosystemgefäßversuch im Gewächshaus aufgestellt war und somit die höheren MAT-Äquivalente auch durch eine erhöhte Transpiration der Pflanzen verursacht worden sind.

Zur Erntereife waren nur noch Vergleiche zwischen den Lysimetern und Gefäßen auf der Basis der Wirkstoffäquivalente möglich. Hier lagen die MAT-Äquivalente im Zuckerrübenblatt aus dem Gefäßversuch signifikant höher als im Lysimeterversuch (Abb. 20, S. 108), jedoch war für die Zuckerrüben kein Unterschied zwischen den beiden Versuchseinheiten abzusichern (Tab. IV, S. 211). Die nahezu übereinstimmenden MAT-Äquivalente in den Zuckerrüben zwischen den Lysimeter- und Gefäßversuchen sind

auf zwei Gründe zurückzuführen: der Wirkstoff wird im Xylem transportiert (MÜLLER und SANAD, 1976) und bei Beginn der Ausbildung des Rübenkörpers im 8-Blattstadium waren bereits ca. 50 Tage nach der Spritzung vergangen, so daß auch die Bioverfügbarkeit erheblich zurückgegangen war.

Die MAT-Äquivalente im Rübenblatt waren zur Erntereife in den Lysimetern und Gefäßen hoch signifikant geringer als im 8-Blattstadium (Tab. V, S. 212). Im Gefäßversuch waren die Gehalte über beide Termine gesehen signifikant höher als im Lysimeterversuch. Die Wechselwirkung Versuchseinheit x Probenahmetermin konnte ebenfalls signifikant abgesichert werden. Dies bedeutet, daß die Abnahme der MAT-Äquivalente im Rübenblatt während der Vegetationsperiode 1983 in den Lysimetern und den Gefäßen unterschiedlich verlief, so daß eine Prognose der Abnahme der MAT-Äquivalente aufgrund der Ergebnisse aus einer Versuchseinheit nicht auf eine andere übertragen werden kann. Die Abnahme der MAT-Äquivalente im Rübenblatt vom 1. zum 3. Probenahmetermin beruht eindeutig auf dem Verdünnungseffekt der bereits aufgenommenen ^{14}C -Aktivität.

Beim MBT-Versuch waren im Anwendungsjahr nur bei der Aufwandmenge von 4 kg/ha Tribunil im Korn des Lysimeterversuchs signifikant höhere MBT-Äquivalente gegenüber dem Gefäßversuch abzusichern (Abb. 25 b, S. 136). Bei den Fraktionen Ährenspindel/Spreu und Stroh ließ sich dagegen kein Unterschied absichern (Tab. VII, S. 214 und Tab. VIII, S. 215). Dieser Unterschied zu den Ergebnissen beim MAT-Versuch muß im Zusammenhang mit der im Verhältnis 1 : 2,5 geringeren gespritzten Wirkstoffmenge an MBT im Vergleich zum MAT gesehen werden. Weiterhin sind die weitaus höheren Ernteerträge in den Gefäßversuchen gegenüber den Lysimetern (Tab. 23 a/b, S. 111) mit als Grund für die gleichartigen MBT-Äquivalente in beiden Versuchseinheiten zu berücksichtigen. Im Nachbaujahr 1985 waren dagegen die Fraktionen Korn bzw. Stroh im Lysimeterversuch signifikant höher als im Gefäßversuch (Abb. 26 a, S. 138, Abb. 26 b, S. 139 und Abb. 28, S. 141), bei der Ährenspindel/Spreufraktion war das Ergebnis dagegen umgekehrt (Abb. 27, S. 140). Dies ist mit dem sehr viel stärker nachlassenden Nachlieferungsvermögen des Bodens im Gefäßversuch gegenüber dem Lysimeterversuch zu sehen, da die relative Gesamtaufnahme an ^{14}C -Aktivität im Gefäßversuch u. a. wegen der 3 bis 4fach höheren Ernteerträge im Gefäßver-

such weitaus höher lag.

Dieses uneinheitliche Bild der Vergleiche gibt zunächst Anlaß zur Skepsis. Doch die Aussagen in der Literatur stimmen mit diesen Ergebnissen mehr oder weniger überein. HANCE et al. (1968) treffen die Aussage, daß Ergebnisse aus Labor- und Gewächshausversuchen bezüglich der Phytotoxizität von einigen Herbiziden mit Freilandbefunden nur geringe Übereinstimmung aufweisen. Die Autoren sehen als Ursache dafür in erster Linie unterschiedliche Klimabedingungen an. MITTELSTAEDT und FÜHR (1975 a; 1975 b) fanden im Zuckerrübenblatt für den Wirkstoff Isocarbamid einen 15fach höheren Rückstandswert in einem Mikroökosystemgefäßversuch gegenüber einem Lysimeterversuch mit dem gleichen Wirkstoff, wobei dieser Wert für die Zuckerrübenkörper nur ein Faktor von 2,3 ergab. Bei SCHMIDT (1978) waren je nach Pflanzenfraktion bei Mais und dem Wirkstoff Methabenzthiazuron die Gehalte im Gewächshausversuch um 13 bis maximal 67fach erhöht. WALKER (1978) berechnete die Metamitron-Verfügbarkeit für das Freiland aufgrund von Labordaten. In drei von vier Modellrechnungen ergab sich eine gute Übereinstimmung der prognostizierten Werte mit den im Freiland gemessenen. Diese Prognosen wurden allerdings nur für die Verfügbarkeit im Boden durchgeführt. Die Rückstandssituation in Pflanzen wird jedoch von weiteren Faktoren beeinflusst, so daß in diesem Bereich eine Vorhersage noch wesentlich schwieriger ist und, soweit bekannt, bislang auch nicht vorliegt.

Im Bereich der Planzenernährung fanden TOLLE et al. (1983), daß die Ergebnisse aus sogenannten Mikrokosmosgefäßen bei 22 von 25 Elementen aus einer applizierten Flugasche mit den Pflanzengehalten (Anreicherungsfaktoren) im Freiland eine gute Übereinstimmung aufwiesen, in den restlichen drei Fällen (Arsen; Blei; Bor) dagegen nicht. Aus weiteren Erhebungen folgern TOLLE et al. (1985), daß diese Mikrokosmosgefäße (60 cm Tiefe, ungestörte Bodenkerne) eine bessere Übereinstimmung mit Feldversuchen bezüglich der toxischen Wirkungen von Elementen nach Applikation saurer Flugasche ergaben als Gefäßversuche mit geringerer Bodenmenge, wobei die sogenannten Mikrokosmosgefäße auch Versuche in der 2. Vegetationsperiode nach der Applikation ermöglichen. Die aus der Literatur angeführten Beispiele und die eigenen Ergebnisse belegen die Tatsache, daß Laborversuchsergebnisse bezüglich von Rückstandswerten im Bereich von Pflanzen-

schutzmitteln wie im Bereich der Pflanzenernährung (Anreicherung von Schwermetallen und anderen Elementen) immer wieder von der realen Feldsituation abweichen, zum Teil aber auch gute Übereinstimmung festgestellt wird.

Die von GROSSE-BRAUCKMANN (1972; 1973 a; 1973 b; 1975) berichteten grundlegenden Erkenntnisse bezüglich der aus Gefäßversuchen getroffenen Aussagen (GROSSE-BRAUCKMANN, 1977) im Vergleich zu Feldversuchen belegen, daß bei einer Gesamtbetrachtung unter angemessener Würdigung aller Einzelfaktoren zunächst widersprüchlich erscheinende Ergebnisse durchaus ihre Bedeutung für die Praxis bei entsprechend sorgfältiger Interpretation haben. In diesem Zusammenhang sei auch auf die von GROSSE-BRAUCKMANN (1977) erarbeiteten Grundlagen einer Bemessung der Düngung in den Gefäßen nach der den Pflanzen zur Verfügung stehenden Standraumfläche eingegangen, auf dessen Berechnungsgrundlage im übrigen die Ernteerträge in den Gefäßen mit denen der Feld- und Lysimeterversuche eine gute Übereinstimmung ergeben. Danach hätten in den Gefäßversuchen nahezu die 3fachen Wirkstoffmengen appliziert werden müssen. Beim Einsatz der Herbizide verbot sich dies aber allein schon aus pflanzenphysiologischen Überlegungen.

Bei Betrachtung der gaschromatographischen Ergebnisse war bei den Feld-, Lysimeter- und Gefäßversuchen das Bild einheitlich; zur Erntereife lagen, wie schon erwähnt, kein extrahierbarer Wirkstoff wie auch keine in Pflanzen gebildeten Metabolite vor. Auf dieser Basis waren die Ergebnisse der drei Versuchseinheiten zu dem o. a. Zeitpunkt völlig übereinstimmend.

Vor allem die Ergebnisse der Desamino-Metamitron-Gehalte im Rübenblatt der Zuckerrüben (8-Blattstadium) im Feld- und Lysimeterversuch lassen die Aussage zu, daß die Rückstandssituation zwischen den Feld- und den Lysimeterversuchen auch in absoluter Höhe (mg/kg) vergleichbar war, zumal beim Frühproberodungstermin (110 bis 122 Tage nach der Spritzung) in beiden Versuchseinheiten übereinstimmend kein Desamino-Metamitron und Metamitron mehr nachgewiesen wurde. Die Vergleiche der Ergebnisse lassen den Schluß zu, daß Lysimeterversuche im Gegensatz zu Gefäßversuchen oder gar Versuchen in Mikroökosystemgefäßen weitgehend unabhängig vom Zeitfaktor in der Lage sind, die Rückstandssituation in Pflanzen in absoluten Rückstandswerten

(mg/kg) praxisgerecht darzustellen. Diese Aussage stützt sich auch auf die nahezu identischen Bodentemperaturen und den weitgehend gleichen Bodenfeuchtegängen in den Lysimetern (im 1 m² Lysimeter zumindest in der wichtigen Phase zu Versuchsbeginn). Zusätzlich sei auf die aus dem Versuchsfeld entnommenen ungestörten Bodenprofile für die 0,5 m² Lysimeter hingewiesen.

Zur Beurteilung des Niveaus von erzielten Rückstandswerten aus Gefäß- und Mikroökosystemgefäßversuchen ist nach den vorliegenden Ergebnissen eine Überprüfung durch einen Lysimeterversuch unter möglichst realen Freilandbedingungen notwendig. Daher sollte ein Lysimeterversuch zur Absicherung der Ergebnisse aus Gefäßversuchen einbezogen werden. Rückstandsergebnisse aus Gefäß- und Mikroökosystemgefäßversuchen mit einer Versuchsdauer bis zu ca. 50 Tagen ab Applikationszeitpunkt müssen sehr kritisch bezüglich der absoluten Höhe der Rückstandswerte betrachtet werden. Im Versuch mit Metamitron wurden maximal 30fach höhere Wirkstoffäquivalente in den Pflanzen der Mikroökosystemgefäße im Vergleich zu Pflanzen aus Lysimeterversuchen nachgewiesen, wie auch SCHMIDT (1978) bis zu 67fach und MITTELSTAEDT und FÜHR (1975 a; 1975 b) 15fach höhere Rückstandswerte (mg/kg Fr.M.) in gleichartigen Versuchen fanden. Zu späteren Zeitpunkten verringern sich in der Regel diese Unterschiede.

Lysimeterversuche bieten darüber hinaus den Vorteil, daß ausreichende Mengen an Probenmaterial für weiterführende Untersuchungen zum Stoffwechsel oder zur Umsetzung von rückstandsbelasteten Pflanzen im Boden aus einem Versuchsansatz zur Verfügung stehen und daß das Langzeitverhalten eines Wirkstoffs im Boden z. B. über eine Fruchtfolge hinaus unter nahezu realen Feldbedingungen verfolgt werden kann.

Das Auftreten von Wechselwirkungen zwischen den Versuchseinheiten (V) x Aufwandmengen (A) (im weiteren abgekürzt Wechselwirkung V x A) bedeutet, daß die Zunahme der Rückstände in den Pflanzen aus den einzelnen Versuchseinheiten nicht gleichartig verläuft, so daß hier eine Verallgemeinerung der Aussagen innerhalb des getesteten Aufwandmengenbereiches nicht zulässig ist. Hoch signifikante Wechselwirkungen V x A traten beim MAT-Versuch zum 1. Probenahmetermin bei den MAT-Äquivalenten des Rübenblattes auf. Beim MBT-Versuch konnte im Anwendungsjahr die Wechselwirkung V x A in der Korn- und Ährenspindel/Spreufrak-

tion signifikant abgesichert werden. Die Kornfraktion des Nachbaus wies sogar hohe Signifikanz bezüglich dieser Wechselwirkung V x A auf.

Wechselwirkungen waren somit nur in Pflanzenteilen zu verzeichnen, die zum Zeitpunkt der Probenahmen hohe Assimilatgehalte [Rübenblatt im 8-Blattstadium (Tab. I, S. 208); Ährenspindel/Spreufraktion 1984 (Tab. VII, S. 214)] aufwiesen oder zur Assimilatspeicherung dienten [Kornfraktionen 1984 (Tab. VI, S. 213); 1985 (Tab. IX, S. 216)]. Möglicherweise gehen diese Wechselwirkungen auf Interferenzerscheinungen mit mineralisiertem und dann von den Pflanzen assimiliertem $^{14}\text{CO}_2$ zurück. Diese Annahme wird durch die nicht vorhandene Wechselwirkung V x A bei den Desamino-Metamitron-Gehalten (Tab. II, S. 209) im Gegensatz zu den MAT-Äquivalenten in denselben Blattproben (Zuckerrüben im 8-Blattstadium) gestützt.

Bei nicht signifikanten Wechselwirkungen V x A (Desamino-Metamitron-Gehalte im Rübenblatt zum 8-Blattstadium [Tab. II, S. 209]; MAT-Äquivalente in der Blatt- und Rübenfraktion zur Erntereife (Tab. III, S. 210 und Tab. IV, S. 211); MBT-Äquivalente in der Strohfraktion 1984 (Tab. VIII, S. 215) und 1985 (Tab. XI, S. 218) sowie in der Ährenspindel/Spreufraktion 1985 (Tab. X, S. 217)] sind die absoluten Zunahmen der Desamino-Metamitron- bzw. der ^{14}C -Rückstandswerte in Abhängigkeit von der erhöhten Aufwandmenge der Wirkstoffe im Rahmen der statistischen Sicherheit gleich. Somit sind diese Werte in den o. a. Fällen vergleichbar. Dem kommt für die Bestimmung des grundsätzlichen Verhaltens eines Wirkstoffs in Bezug auf die Rückstandssituation in Pflanzen Bedeutung zu, weil dafür bei den zwei eingesetzten Wirkstoffen in den oben angegebenen Pflanzenfraktionen und Probenahmezeitpunkten auch der Gefäßversuch unter den eingehaltenen Versuchsbedingungen vergleichbare Ergebnisse mit dem Feld- und Lysimeterversuch bezüglich der Zunahme der Rückstände in den Pflanzen in Abhängigkeit von der Steigerung der Aufwandmengen lieferte. Eine weitere mögliche Verallgemeinerung auf andere Wirkstoffe oder andere Versuchsjahre ist jedoch ohne weitergehende Versuche nicht zulässig.

Abschließend ist festzustellen, daß die Desamino-Metamitron-Rückstände wie auch die auf der Basis der spezifischen ^{14}C -Aktivität der eingesetzten Wirkstoffe errechneten Rückstandswerte

(mg/kg) aus den Gefäßversuchen zum Teil eine gute Übereinstimmung mit den Lysimeter- und Feldversuchen ergaben. Im Gegensatz dazu traten aber auch völlig abweichende Gehalte in den Pflanzen aus den Versuchen in Gefäßen oder Mikroökosystemgefäßen, insbesondere bei kurzer Versuchsdauer, auf. Dies ist wegen der völlig anderen Situation bezüglich wichtiger Einflußfaktoren in den Gefäßen gegenüber den Feld- und Lysimeterbedingungen auch bei anderen Wirkstoffen zu erwarten, weil bei der Rückstandssituation in den Pflanzen nur die Gesamtsumme aller Auswirkungen dieser Faktoren zu bestimmten Zeitpunkten erfaßt werden kann. Daher werden in derartigen Versuchen völlig übereinstimmende Werte zwischen Lysimetern und Gefäßen zu bestimmten Zeitpunkten immer wieder mit divergierenden Einzelergebnissen abwechseln.

Somit ist für Untersuchungen mit dem Ziel der Ermittlung praxisgerechter Rückstandswerte (mg/kg) der Lysimeterversuch unter möglichst realen Feldbedingungen, wie beschrieben, einem Gefäßversuch überlegen und diesem vorzuziehen. Dies gilt insbesondere dann, wenn die Rückstandssituation in Pflanzen relativ kurz nach der Applikation der Wirkstoffe oder bei Langzeitversuchen mit Folgekulturen über mehrere Versuchsjahre hinweg untersucht werden soll.

Bei Fragestellungen, die mehr auf die grundsätzliche Rückstandssituation in Pflanzen in Abhängigkeit von einzelnen Faktoren abzielen, erscheint aber auch der standardisierte Gefäßversuch nach Kick-Brauckmann geeignet, da zwischen den Versuchseinheiten (Feld/Lysimeter/Gefäße/Mikroökosystemgefäße) und den Aufwandmengen bei einem Teil der Versuche keine Wechselwirkungen auftraten bzw. auftretende Wechselwirkungen möglicherweise auf die Assimilation von $^{14}\text{CO}_2$ als dem Endprodukt der Mineralisierung der ^{14}C -markierten Wirkstoffe zurückzuführen sind. Es ist daher Voraussetzung für derartige Gefäßversuche, daß diese $^{14}\text{CO}_2$ -Assimilation weitgehend verhindert wird oder daß die Größenordnung dieser $^{14}\text{CO}_2$ -Assimilation durch Kontrollpflanzen erfaßt wird.

6. Zusammenfassung

Der Wirkstoff Metamitron wurde im Jahr 1983 in verschieden abgestuften Versuchseinheiten in Feldparzellen, in Lysimetern und in standardisierten Pflanzenkulturgefäßen zu Zuckerrüben der Sorte Kawevera im Voraufbauverfahren auf einer Parabraunerde aus Löß in Aufwandmengen entsprechend 5, 7 und 10 kg Goltix/ha gespritzt, um Aufnahme und Bildung der Rückstände in Zuckerrübenpflanzen zu vergleichen. Zusätzlich wurde ein Kurzzeitversuch mit eingepflanzten Zuckerrüben in Mikroökosystemgefäßen durchgeführt. In diesem Versuch wurde der Wirkstoff entsprechend 5, 7 und 10 kg Goltix/ha in den Boden gleichmäßig eingemischt. Mit Ausnahme des Feldversuchs wurde [$3\text{-}^{14}\text{C}$]Metamitron eingesetzt. In den Lysimeter- und Gefäßversuchen folgten entsprechend der rheinischen Fruchtfolge nach Zuckerrüben Winterweizen und Wintergerste, um zusätzlich Informationen über die Pflanzenaufnahme der im Boden verbliebenen Wirkstoffrückstände zu erhalten. In den Lysimeter- und Gefäßversuchen wurden alle Pflege- und Pflanzenschutzmaßnahmen nahezu identisch zum Feldversuch durchgeführt.

Im Jahr 1984 wurde gleichfalls in Feld-, Lysimeter- und Gefäßversuchen der Wirkstoff Methabenzthiazuron entsprechend den Aufwandmengen von 2, 3 und 4 kg Tribunil/ha zu Winterweizen der Sorte Caribo im Nachaufbauverfahren gespritzt. Hier kam mit Ausnahme des Feldversuchs [$\text{carbonyl-}^{14}\text{C}$]Methabenzthiazuron zum Einsatz.

Neben der Messung der ^{14}C -Aktivität in den Pflanzen und den daraus berechneten Wirkstoffäquivalenten wurden auch die Wirkstoffgehalte und die in den Pflanzen gebildeten Hauptmetabolite gaschromatographisch bestimmt. Desamino-Metamitron und in einzelnen Proben auch in Spuren Metamitron ließen sich nur bis zum 8-Blattstadium der Zuckerrüben 41 - 53 Tage nach der Applikation nachweisen.

In den Mikroökosystem- bzw. Gefäßversuchen waren im Vergleich zu den Lysimeter- bzw. Feldversuchen signifikant höhere Desamino-Metamitron-Gehalte (bis zum Faktor 10 in Bezug zum Feldversuch) nachweisbar, dagegen bestand kein signifikanter Unterschied zwischen Rückstandsergebnissen in Pflanzen aus den Feld- und Lysimeterversuchen. Andererseits bestand auch kein signifi-

kanter Unterschied zwischen den Ergebnissen aus den Versuchen in den Gefäßen und Mikroökosystemgefäßen.

Zum Zeitpunkt der Frühproberodung der Zuckerrüben in den Lysimetern und im Feldversuch sowie zur Erntereife bei allen Pflanzenproben der Versuche mit Metamitron als auch mit Methabenzthiazuron stellte sich die Rückstandssituation einheitlich dar: weder die Wirkstoffe selbst noch die in Pflanzen gebildeten Hauptmetabolite waren gaschromatographisch in den verschiedenen Pflanzenfraktionen - Rübenblatt, Rübenkörper, Winterweizenkorn, Spreu und Stroh - nachweisbar. Dies ist unter Berücksichtigung der biochemischen Eliminierung von Herbizidwirkstoffen (Selektivität) in den gezielt behandelten Kulturpflanzen im Gegensatz zu Unkräutern und -gräsern nicht überraschend. Damit ist für den Vergleich zwischen den einzelnen Versuchseinheiten für die hier gewählten Erntetermine nur die Aussage zu treffen, daß, wenn überhaupt, nur Rückstände unterhalb der Nachweisgrenzen (Metamitron : $<0,01$ mg/kg; Methabenzthiazuron : $<0,02$ mg/kg) in den Pflanzen vorlagen. Dabei ergab sich eine volle Übereinstimmung zwischen allen Versuchseinheiten: Feld-, Lysimeter- und Gefäßversuche.

Die Radioaktivitätswerte in den Pflanzenproben der Lysimeter- und Gefäßversuche erlaubten eine Berechnung der Wirkstoffäquivalentmengen in mg/kg Frisch- bzw. Trockenmasse. Die Basis für die Berechnung war die spezifische ^{14}C -Aktivität der applizierten Wirkstoffe. Bei diesen berechneten Wirkstoffäquivalentmengen handelt es sich um Verbindungen, die aus einer Vielzahl an Stoffwechselprozessen einschließlich reassimiliertem $^{14}\text{CO}_2$ aus Abbauprozessen im Boden entstammen. Innerhalb einer Versuchseinheit führten - mit einer Ausnahme - doppelte Aufwandmengen stets zu Rückständen in mehr als 2facher Höhe in den Pflanzen. Beim Methabenzthiazuron war dies u. a. wegen der geringeren Aufwandmengen besonders deutlich.

Im Gefäßversuch (8 kg Boden) und vor allem im Mikroökosystemversuch enthielten die Rübenblätter im 8-Blattstadium, 41 - 53 Tage nach der Metamitron-Applikation geerntet, bis zu 30fach höhere Wirkstoffäquivalente als im Lysimeterversuch. Zur Erntereife waren im Rübenblatt diese Metamitron-Äquivalente im Gefäßversuch signifikant höher als im Lysimeterversuch, im Rübenkörper waren sie annähernd gleich.

Die Methabenzthiazuron-Äquivalente waren im Jahr 1984 im Korn des Lysimeterversuchs signifikant höher als im Gefäßversuch. Die Ährenspindel/Spreu- und Strohfraktionen ergaben jedoch zwischen diesen beiden Versuchseinheiten keine signifikanten Unterschiede. Die Rückstände in den drei Fraktionen Stroh, Ährenspindel/Spreu und Korn nahmen in nahezu identischer Weise ab: im Mittel aller Versuche betrug das Verhältnis 53 : 7 : 1.

Die zu den verschiedenen Zeitpunkten unterschiedlichen Rückstände in Pflanzen aus Gefäßversuchen gegenüber den vergleichbaren Werten in Pflanzen aus Lysimeterversuchen sind aufgrund der völlig unterschiedlichen Verhältnisse in den beiden Versuchseinheiten auch in Versuchen mit anderen Wirkstoffen zu erwarten. Da diese Gefäßversuche je nach Probenahmetermin und Pflanzenfraktion zu weit überhöhten Rückstandswerten gegenüber der Praxissituation führen können, ist eine Überprüfung der Ergebnisse durch Lysimeterversuche unter möglichst realen Feldbedingungen zu empfehlen.

In den nachgebauten Kulturen - bei Metamitron Winterweizen gefolgt von Wintergerste und bei Methabenzthiazuron Wintergerste - wurden auf der Basis der ^{14}C -Bestimmungen in allen Pflanzenfraktionen niedrigere Rückstandsmengen berechnet. Dabei fielen die Abnahmen unterschiedlich aus, wie dies die mittleren Gesamtaufnahmeraten der Pflanzen in den Lysimetern im Vergleich zeigen: beim Metamitron-Versuch nahmen die behandelten Zuckerrüben insgesamt 0,3 % der applizierten ^{14}C -Aktivität auf; der direkt nachgebaute Winterweizen enthielt 0,02 % (1984) und die dann folgende Wintergerste 0,01 bis 0,02 % (1985). Beim Methabenzthiazuron ging die Gesamtaufnahme von 2 % im behandelten Winterweizen 1984 auf 0,1 % in der Wintergerste 1985 zurück. Der Gesamtüberblick der Versuchsjahre 1983/84/85 belegt, daß für die beiden unterschiedlichen Wirkstoffe der Zeitfaktor ab der Applikation für die Rückstandssituation in Pflanzen von hoher Bedeutung ist, und die Bioverfügbarkeit unmittelbar nach der Applikation zunächst rasch, später aber nur äußerst langsam absinkt.

Nur bei den Varianzanalysen von Wirkstoffäquivalenten von Pflanzenteilen, die zur Assimilatspeicherung (Kornfraktion 1984, 1985) dienten bzw. zur Probenahme hohe Assimilatgehalte (Rübenblatt im 8-Blattstadium, Ährenspindel/Spreufraktion 1985)

aufwiesen, traten Wechselwirkungen Versuchseinheiten x Aufwandmengen auf. In allen anderen Pflanzenfraktionen war die Zunahme der Wirkstoffäquivalente in Abhängigkeit von der Aufwandmenge im Rahmen der statistischen Sicherheit nicht verschieden. Dies ist für grundlegende Untersuchungen in Gefäßen zur Vorhersage des Aufnahme- und Akkumulationsverhaltens von Pflanzenschutzwerkstoffen unter realen Feldbedingungen ein wichtiges Ergebnis. Dabei ist zu berücksichtigen, daß bei Einsatz von ^{14}C -markierten Wirkstoffen eine Assimilation des Endprodukts des Wirkstoffabbaus im Boden durch Versuchspflanzen in den berechneten Wirkstoffäquivalenten mit erfaßt wird. Dieser Anteil kann dann nur durch nicht behandelte Kontrollpflanzen, in unmittelbarer Nähe wachsend, abgeschätzt werden und durch eine differenzierte Auftrennung der Pflanzeninhaltsstoffe und Zuordnung der ^{14}C -Aktivität bestimmt werden.

Die zentralen Aussagen der Versuche mit den Wirkstoffen Metamitron und Methabenzthiazuron sind:

- Zum 8-Blattstadium enthielten die Zuckerrüben im Gefäßversuch bis zum Faktor 10 höhere Desamino-Metamitron-Rückstände im Vergleich zu Pflanzen aus dem Feldversuch, während die Rückstandswerte in den Lysimetern nicht signifikant von denen der Feldversuche abwichen.
- Lysimeterversuche mit den eingesetzten beiden Varianten sind aufgrund der im Vergleich zu Feldparzellen nahezu identischen Wachstumsbedingungen im Gegensatz zu Gefäß- oder gar Mikroökosystemversuchen in der Lage, die Rückstandssituation in Pflanzen unabhängig vom Zeitfaktor praxisgerecht zu erfassen.
- Zur Erntereife waren unabhängig von der Versuchseinheit weder Metamitron noch Methabenzthiazuron oder deren Hauptmetabolite in den Pflanzen gaschromatographisch nachweisbar.
- Für grundlegende Untersuchungen über das charakteristische Verhalten eines Wirkstoffs bezüglich der Rückstandssituation in Pflanzen ist auch der Gefäßversuch geeignet. Assimiliertes $^{14}\text{CO}_2$ muß bei der Bewertung von Wirkstoffäquivalenten in Pflanzen als Interferenzfaktor berücksichtigt werden.

7. Literaturangaben

- ADDALA, M., S., A., HANCE, R. J., Drennan, D. S. H. (1984 a):
Effects of application method on the performance of some
soil applied herbicides. I. Glashouse experiments. Weed
Res. 24, 99-104
- ADDALA, M., S., A., HANCE, R. J., Drennan, D. S. H. (1984 b):
Effects of application method on the performance of some
soil applied herbicides. II. Field studies. Weed Res. 24,
105-113
- ANDERSON, J. P. E. (1984): Herbicide degradation in soil: in-
fluence of microbial biomass. Soil Biol. Biochem. 16,
483-489
- ANONYM (1985): Industrieverband Pflanzenschutz e. V.: Jahresbe-
richt 1983/84, Frankfurt/Main
- ANONYM (1981): Technische Information Goltix, Bayer AG, Lever-
kusen
- ANONYM (1982): Technische Information Tribunil, Bayer AG, Le-
verkusen
- AMMON, H. U. (1970): Untersuchungen über die Verträglichkeit
einiger Herbizide mit den schweizerischen Winterweizensor-
ten. Mitt. schweiz. Landwirtsch. 1, 1-8
- AUFHAMMER, G., FISCHBECK, G. (1973): Getreide. DLG-Verlag 1973,
Frankfurt/Main
- BBA (1973): Prüfung des Versickerungsverhaltens von Pflanzen-
schutzmitteln. Biologische Bundesanstalt für Land- und
Forstwirtschaft, Merkblatt Nr. 37, 1. Auflage, 1-6
- BAKER, D. E., WOODRUFF, C. M. (1962): Influence of volume of
soil per plant upon growth and uptake of phosphorus by
corn from soils treated with different amounts of phospho-
rus. Soil Sci. 94, 409-412

- BEALL, M. L. JR., NASH, R. G., KEARNEY, P. C. (1976): Agroecosystem - a laboratory model ecosystem to simulate agricultural field conditions for monitoring pesticides. In: Proc. EPA Conf. on Environ. Modeling and Simulations, April 20-22, Cincinnati, Oh., 790-793
- BECKER, G., PLÜGHAN, A. (1969): Zweijährige Erfahrungen mit Tribunil zur Unkrautbekämpfung im Herbst in Norddeutschland. Pflanzenschutz-Nachr. Bayer, 22, 415-426
- BEST, J. A., WEBER, J. B., MONACO, T. J. (1975): Influence of soil pH on s-triazine availability to plants. Weed Sci. 23, 378-382
- BLAU, G. E. B., NEELY, W. (1983): What constitutes an adequate model for predicting the behaviour of pesticides in the environment Residue Reviews 85, 293-300, Springer-Verlag, New York, Heidelberg
- BLECHER, R., KOCH, U., BALLHAUSE, B., LINGENS, F. (1979): Mikrobieller und abiotischer Abbau des Triazinon-Herbizids Metamitron. Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz 86, 93-102
- BLUME, H. P., LITZ, N., DÖRING, W. (1983): Adsorption, percolation, and decomposition methods for forecasting the behaviour of organic chemicals. Ecotoxicol. Environ. Saf. 7, 204-215
- BOSSHARD, E., CHENG, G. S., SCHÜEPP, H. (1982): Beschleunigter Abbau von Benzimidazol-Fungiziden nach wiederholter Anwendung. Bull. Bodenkd. Ges. Schweiz 6, 75-81
- BÖTTGER, W., HEITEFUSS, R., MEYER, B. (1977): Beziehungen zwischen Bodenmerkmalen, Sorptionsverhalten und Phytotoxizität bei Methabenzthiazuron, Chlortoluron und Terbutryn. Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz SH 8, 283-300
- BRAEKKE, F. H. (1982): A soil lysimeter system with water table and temperature control. Plant Soil 68, 279-282

- BROUWER, R. (1968): Beziehungen zwischen Sproß- und Wurzelwachstum. *Angew. Bot.* 41, 244-254
- CHENG, H. H., FÜHR, F., MITTELSTAEDT, W. (1975): Fate of Methabenzthiazuron in the plant-soil system. In: *Environmental quality and safety pesticides supplement III*, Hrsg.: F. Korte and F. Coulston, Thieme-Verlag, Stuttgart, 271-276
- CHENG, H. H., FÜHR, F., JARCZYK, H. J., MITTELSTAEDT, W. (1978): Degradation of Methabenzthiazuron in the soil. *J. Agric. Food Chem.* 26, 595-599
- COENEN, E., FRITSCH, W., GOETZMANN, S., KESBERGER, H., LANGHEIN, J., PIOTROWSKI, H. D., SCHLADITZ, R. (1972): Chemisch-toxikologische Probleme des Umweltschutzes. *Naturwiss.* 59, 106-111
- COLE, L. K., METCALF, R. L., SANBORN, J. R. (1976): Environmental fate of insecticides in terrestrial model ecosystems. *Int. J. Environ. Stud.* 10, 7-14
- COLLET, G. F., PONT, V. (1974): Distribution et métabolisme du Méthabenzthiazuron chez des espèces végétales. *Weed Res.* 14, 151-165
- COOK, G. T., BABIKER, A. G. T., DUNCAN, H. J. (1977): Penetration of bean leaves by Aminotriazole as influenced by adjuvants and humidity. *Pestic. Sci.* 8, 137-146
- CRAFTS, A. S., YAMAGUCHI, S. (1960): Absorption of herbicides by roots. *Am. J. Bot.* 47, 248-255
- CZERATZKI, W. (1972): Die Ansprüche der Pflanzen an den physikalischen Bodenzustand. *Landbauforsch., Braunschweig-Völkenrode* 22, 29-36
- DAVIS, F. S., BOVEY, R. W., MERKLE, M. G. (1968): Effect of Paraquat and 2,4,5-T on the uptake and transport of Picloram in woody plants. *Weed Sci.* 16, 336-339

- DEJONCKHEERE, W., STEURBAUT, W., MELKEBEKE, G., KIPS, R. H. (1983): Leaching of Aldicarb and Thiofanox and their uptake in soils by sugarbeet plants. *Pestic. Sci.* 14, 99-107
- D' HOLLANDER, R., ROYER, N. (1970): Wirkung und Pflanzenverträglichkeit von Tribunil im belgischen Getreidebau. *Pflanzenschutz-Nachr. Bayer* 23, 25-40
- DREWES, H., BLUME, H. P. (1976): Abbau, Bewegung und Sorption von Herbiziden in Böden. *Landwirtsch. Forsch.* 29, 104-113
- DUGAST, P. (1980): Cheminement du lindane dans une Chaîne trophique terrestre de laboratoire. *Meded. Fac. Landbouwwet., Rijksuniv. Gent* 45, 905-914
- ENGELHARDT, G., WALLNÖFER, P. R. (1978): Microbial transformation of the triazinone herbicide Metamitron to Desamino-Metamitron. *Chemosphere* 6, 463-466
- ENGELHARDT, G., ZIEGLER, W., WALLNÖFER, P. R., JARCZYK, H. J., OEHLMANN, L. (1982): Degradation of the triazinone herbicide Metamitron by *Arthrobacter* sp. DSM.. *J. Agric. Food Chem.* 30, 278-282
- FANDEFANG, PESTEMER, W., MALKOMES, H. P. (1983): Einfluß von Pflanzenschutzmitteln einer Zuckerrüben-Spritzfolge auf biologische Aktivitäten und auf den Abbau von Chloridazon im Boden. II. Gefäß- und Laborversuche. *Weed Res.* 23, 293-304
- FEDTKE, C. (1973): Effects of the herbicide Methabenzthiazuron on the physiology of wheat plants. *Pestic. Sci.* 4, 653-664
- FEDTKE, C. (1974 a): Auslösung von Schattenanpassungsreaktionen in Weizenpflanzen durch den Photosynthesehemmstoff N-(2-Benzthiazolyl)-N-N'-dimethylharnstoff. *Ber. Dtsch. Bot. Ges.* 87, 155-160
- FEDTKE, C. (1974 b): Changed physiology in wheat plants treated with the herbicide Methabenzthiazuron. *Naturwiss.* 61, 272-273

- FEDTKE, C. (1974 c): Influence of Methabenzthiazuron on ATP-level and protein synthesis in wheat. Pestic. Biochem. Physiol. 4, 386-392
- FEHER, D., FRANK, M. (1937): Untersuchungen über den Einfluß der Temperatur und des Wassergehaltes auf die Tätigkeit der Mikroorganismen des Bodens. Arch. Mikrobiol. 8, 249-287
- FEHER, D., FRANK, M. (1938): Untersuchungen über den Einfluß der Temperatur und des Wassergehaltes auf die Tätigkeit der Mikroorganismen des Bodens. II. Mitteilung: Die Bestätigung der experimentell abgeleiteten Gesetzmäßigkeiten durch Untersuchung der Wald- und Ackerböden und ihre Übertragung auf den Wärme- und Wasserhaushalt der höheren Pflanze. Arch. Mikrobiol. 9, 193-222
- FIGGE, K., KLAHN, J. (1982): Die Pflanzenstoffwechselbox. GIT Fachz. Lab. 26, 680-685
- FIGGE, K., KLAHN, J., KOCH, J. (1983): Testing of chemicals by evaluation of their distribution and degradation patterns in an environmental standard system. Regul. Toxicol. Pharmacol. 3, 199-215
- FISCHBECK, G., HEYLAND, K. U., KNAUER, N. (1975): Spezieller Pflanzenbau. Verlag Ulmer, Stuttgart
- FRANKE, W. (1971): The entry of residues into plants via ectodesmata. Residue Reviews 38, 81-115, Springer-Verlag, New York, Heidelberg
- FRANKE, W. (1976): Nutzpflanzenkunde. Thieme Verlag, Stuttgart
- FREIBERG, S. R., PAYNE, P. (1957): Foliar absorption of urea and urease activity in banana plants. Amer. Soc. Hort. Sci. Proc. 69, 226
- FRYER, J. D., MAKEPEACE, R. J. (1977): Weed Control Handbook, Principles. Vol. 1, Blackwell Scientific Publ., Oxford, London, Edinburgh, Melbourne, 532

- FÜHR, F. (1977): Impact of environmental factors on uptake and metabolism of pesticides. In: Indo-German seminar on management of pesticide application in agriculture, 39-49. Berichte der KFA Jülich - Nr. 1534
- FÜHR, F. (1984 a): Agricultural Pesticide Residues. In: Isotopes and radiation in agricultural sciences, Vol. II. . Hrsg.: Annunziata, M. L. and J. O. Legg, 239-270
- FÜHR, F. (1984 b): Praxisnahe Tracerversuche zum Verbleib von Pflanzenschutzmittelwirkstoffen im Agrarökosystem. Rheinisch-Westfälische Akademie der Wissenschaften, Vorträge N 326, Westdeutscher Verlag, Opladen, 5-35
- FÜHR, F., CHENG, H. H., MITTELSTAEDT, W. (1976): Pesticide balance and metabolism studies with standardized lysimeters. Landwirtsch. Forsch., SH 32, 272-278
- FÜHR, F., MITTELSTAEDT, W. (1976): Das Verhalten von Methabenzthiazuron in Boden und Pflanze nach Applikation von benzolkern-U-¹⁴C Methabenzthiazuron im Anwendungsjahr und Nachbau. Landwirtsch. Forsch. SH 32, 286-294
- FÜHR, F., MITTELSTAEDT, W. (1979): Effect of varying temperatures on the degradation of Methabenzthiazuron, Isocarbamid and Metamitron. Z. Pflanzenernähr. Bodenkd. 142, 657-668
- FÜHR, F., MITTELSTAEDT, W., WIENEKE, J. (1980): Bilanzversuche mit ¹⁴C-markiertem 1-(4-Chlorophenylcarbamoyl)-3(4-chlorophenyl) -4-phenyl-2-pyrazolin (PH 60-42) nach Boden- und Spritzapplikation in Freilandlysimetern. Chemosphere 9, 469-482
- GADKARI, D. (1984): Influence of the herbicides Goltix and Sencor on nitrification. Zentralbl. Mikrobiol. 139, 623-631
- GEISLER, G. (1980): Pflanzenbau. Verlag P. Parey, Berlin und Hamburg
- GILE, J. D., COLLINS, J. C., GILLET, J. W. (1982): Fate and impact of wood preservatives in a terrestrial microcosm. J. Agric. Food Chem. 30, 295-301

- GREAVES, J. E., CARTER, E. G. (1920): Influence of moisture on the bacterial activities of the soil. Soil Sci. 10, 361-387
- GREAVES, J. E., JONES, L. W. (1944): The influence of temperature on the microflora of the soil. Soil Sci. 58, 377-387
- GROSSE-BRAUCKMANN, E. (1972): Zur Technik des Gefäßversuches: Einfluß von Bodenmenge und Gefäßtiefe auf Wachstum und Phosphataufnahme von Hafer. Landwirtsch. Forsch. 25, 185-190
- GROSSE-BRAUCKMANN, E. (1973 a): Vergleichende Untersuchungen über das unterschiedliche Wachstum von Getreide im Feldbestand und in Gefäßen. Z. Pflanzenernähr. Bodenkd. 134, 101-107
- GROSSE-BRAUCKMANN, E. (1973 b): Einfluß einer Standraumverengung auf das Wachstum von Hafer in Gefäßversuchen. Z. Pflanzenernähr. Bodenkd. 136, 97-103
- GROSSE-BRAUCKMANN, E. (1975): Zur Technik des Gefäßversuches: Einfluß der Schattenwirkung des Drahtkäfigs auf den Ertrag und die Phosphataufnahme von Rotklee. Landwirtsch. Forsch. 28, 95-101
- GROSSE-BRAUCKMANN, E. (1977): Die Aussagekraft von Gefäßversuchen im Vergleich zu Feldversuchen. Z. Pflanzenernähr. Bodenkd. 140, 617-626
- HACK, H. (1968): Der Einsatz von Methabenzthiazuron zur frühzeitigen Unkrautbekämpfung in Weizen. Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz SH IV, 251-255
- HACK, H. (1969): Tribunil, a new broad spectrum herbicide for cereal crops. Pflanzenschutz-Nachr. Bayer 22, 341-360
- HACK, H. (1974): Wie groß ist der zeitliche Spielraum für die Anwendung von Tribunil zur Bekämpfung annueller Ungräser und Unkräuter im Wintergetreide. Pflanzenschutz-Nachr. Bayer 27, 167-178

- HACK, H. (1975): Möglichkeiten des Einsatzes von Metamitron zur Unkrautbekämpfung in Zuckerrüben. Z. Pflanzenkrankh. und Pflanzenschutz SH 7, 367-373
- HACK, H., SCHMIDT, R. R. (1976): Use of metamitron in weed control systems in sugar beet. Proc. 13th Br. Protection Conf. - Weeds, 197-204
- HANCE, R. J., HOCOMBE, S. A., HOLROYD, J. (1968): The phytotoxicity of some herbicides in field and pot experiments in relation to soil properties. Weed Res. 8, 136-144
- HANCE, R. J. (1969): The adsorption of linuron, atrazine, and ETPC by model aliphatic adsorbents and soil organic preparations. Weed Res. 9, 108-113
- HANCE, R. J. (1980): Transport in the vapour phase. V. Uptake of herbicide vapour by plants, 68-71. In: Interactions between herbicides and the soil. Academic Press, London, 1980. Hrsg.: HANCE, R. J. .
- HAQUE, R., FREED, H. (1974): Behaviour of pesticides in the environment: "Environmental chemodynamics". Residue Reviews 52, 89-116, Springer-Verlag, New York, Heidelberg
- HAQUE, A., WEISGERBER, I., KOTZIAS, D., KLEIN, W., KORTE, F. (1976): Contributions to ecological chemistry: balance of conversation of Buturon- ^{14}C in wheat under outdoor conditions. J. Environ. Sci. 711, 211-223
- HOFFMANN, G. M., NIENHAUS, F., SCHÖNBECK, F., WELTZIEN, H. C., WILBERT, H. (1976): Lehrbuch der Phytomedizin. Verlag Parey, Berlin und Hamburg
- HULL, H. M. (1970): Leaf structure as related to absorption of pesticides and other compounds. Residue Reviews 31, 1-150, Springer-Verlag, New York, Heidelberg
- HURLE, K. (1982): Untersuchungen zum Abbau von Herbiziden in Böden. Acta Phytomed. 8, 9-120

- JARCZYK, H. J. (1972): Gaschromatographische Methode zur Bestimmung von Tribenil-Rückständen in Boden, Wasser und Pflanzenmaterial. Pflanzenschutz-Nachr. Bayer 25, 21-31
- JARCZYK, H. J. (1975): Rückstandsanalytik und Verhalten von Metamitron in Zuckerrüben und Boden. 3. Int. Tag. über selektive Unkrautbekämpfung im Rübenbau, Paris 1975, Bd. 1, 455-467
- JARCZYK, H. J. (1983 a): Lysimeter-Anlage der Bayer AG, Pflanzenschutz Anwendungstechnik in Leverkusen. Pflanzenschutz-Nachr. Bayer 36, 1-20
- JARCZYK, H., J. (1983 b): pers. Mitteilung. Bayer AG, Leverkusen, Pflanzenschutzzentrum Monheim, Institut für Rückstandsanalytik
- JARCZYK, H., J. (1984): pers. Mitteilung. Bayer AG, Leverkusen, Pflanzenschutzzentrum Monheim, Institut für Rückstandsanalytik
- JENNY, H., OVERSTREET, R. (1938): Contact effects between plant roots and soil colloids. Proc. Nat. Sci., US 24, 384
- JOHNEN, B. G. (1974): Bildung, Menge und Umsetzung von Pflanzenwurzeln. Dis. Univ. Bonn
- KAMIMURA, S., GOODMAN, R. N. (1964): Influence of foliar characteristics on the absorption of a radioactive model compound by apple leaves. Physiol. Plant 17, 805
- KEES, H., WENDLAND, E. J. (1968): Zur gemeinsamen Bekämpfung von Windhalm und breitblättrigen Unkräutern in Winterweizen durch Bodenherbizide. Gesunde Pflanz. 20, 80-84
- KERPEN, W., SCHLESER, G. (1975): Adsorptions- und Desorptionsverhalten von Methabenzthiazuron im Boden. Berichte der KFA Jülich - Nr. 1264
- KERPEN, W., SCHLESER, G. (1977): Adsorption und Desorption von Methabenzthiazuron in verschiedenen Böden. Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 140, 697-705

- KERPEN, W., SCHLESER, G. (1980): Adsorption and desorption of Methabenzthiazuron, Metamitron and Metribuzin in soils. In: Agrochemicals in Soils. Hrsg.: BANIN, A., KAFKAFI, U.. Pergamon Press, 141-148
- KERPEN, W., SCHMIDT, R.R. (1977): Bestimmung der praxisnahen Aufwandsmenge von Bodenherbiziden über Adsorption, Biotest und Bodeneigenschaften. Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz SH VIII, 271-281
- KERPEN, W., SCHMIDT, R. R. (1981): Unterschiedliche Adsorption und herbizide Wirkung von Metamitron in deutschen und französischen Böden. Proc. EWRS Symp. Theory and Practise of the Use of Soil Applied Herbicides, 283-290
- KERPEN, W., SCHMIDT, R.R. (1982): Unterschiedliches Verhalten von Biotestpflanzen auf Metamitron in verschiedenen Böden. Meded. Fac. Landbouwwet., Rijksuniv. Gent, 47, 73-83
- KICK, H., SAUERBECK, D., FÜHR, F. (1965): Die Aufnahme von Kohlendioxid durch die Pflanzenwurzel. II. Untersuchungen zur Verteilung innerhalb der Pflanze. Plant Soil 22, 99-111
- KICK, H., SAUERBECK, D., FÜHR, F. (1966): Die Aufnahme von Kohlendioxid durch die Pflanzenwurzel. Plant Soil 23, 181-191
- KLEIN, W., KOHLI, J., WEISGERBER, I., KORTE, F. (1973): Fate of Aldrin-¹⁴C in potatoes and soil under outdoor conditions. J. Agric. Food Chem. 21, 152
- KMOCH, H. G., HANUS, H. (1968): Zum Einfluß der Horizontgrenzen auf die Wurzelverteilung. Z. Acker- Pflanzenbau 127, 103-113
- KNACKMUSS, H. J. (1979): Halogenierte und sulfonierte Aromaten - Eine Herausforderung für Aromaten abbauende Bakterien. Forum Mikrobiol. 2, 311-317
- KOCH, W., HURLE, K. (1978): Grundlagen der Unkrautbekämpfung. Verlag Ulmer, Stuttgart

- KOCH, W., HARRIS, G., WOLF, E., HURLE, K. (1979): Untersuchungen über die Verfügbarkeit von Herbiziden in Gegenwart von Tonmineralien, sowie über die Phytotoxizität von Herbiziden in Abhängigkeit von der Nährstoffversorgung der Pflanze. In: Verhalten und Nebenwirkungen von Herbiziden in Boden und Kulturpflanzen. DFG-Abschlußbericht, Harald Boldt Verlag, Boppard, 96-101
- KOHLI, J., ZARIF, S., WEISGERBER, I., KLEIN, W., KORTE, F. (1973): Fate of Aldrin- ^{14}C in sugar beets and soil under outdoor conditions. J. Agric. Food Chem. 21, 855-857
- KOLBE, W. (1974): Untersuchungen über Sortenverträglichkeit, Ertragsbeeinflussung und Unkrautwirkung von Tribunil im Wintergerstenbau unter Berücksichtigung der Anbauentwicklung. Pflanzenschutz-Nachr. Bayer 27, 91-112
- KOLBE, W. (1978): Ergebnisse über die Unkrautbekämpfung mit (R)Goltix im Zucker- und Futterrübenbau. Pflanzenschutz-Nachr. Bayer 31, 229-241
- KOLBE, W., ZIMMER, K. (1970): Zur Frage der chemischen Unkrautbekämpfung mit Tribunil im Freiland-Gemüsebau unter besonderer Berücksichtigung der Arten- und Sortenverträglichkeit. Pflanzenschutz-Nachr. Bayer 23, 292-364
- KUBIAK, R. (1986): Vergleichende Untersuchungen zur Übertragbarkeit von Ergebnissen aus standardisierten Laborversuchen und Agrarökosystemausschnitten auf die reale Feldsituation am Beispiel des Abbau- und Verlagerungsverhaltens der Herbizidwirkstoffe Metamitron und Methabenzthiazuron in einer Parabraunerde. In Vorbereitung; Dis. Univ. Bonn
- KUTSCHERA, L. (1960): Wurzelatlas mitteleuropäischer Ackerunkräuter und Kulturpflanzen. DLG-Verlag, Frankfurt/Main
- KÖNIG, E. (1965): Der jahreszeitliche Wechsel des Mikroorganismenbesatzes in verschiedenen Bodenprofilen. Z. Pflanzenernähr. Bodenkd. 111, 23-37

- LAERMANN, H. T., HEITEFUSS, R. (1974 a): Die Wirkung von Terbutryn und Methabenzthiazuron in Abhängigkeit von verschiedenen Bodeneigenschaften. Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz 81, 177-195
- LAERMANN, H. T., HEITEFUSS, R. (1974 b): Die Wirkung von Terbutryn und Methabenzthiazuron in Abhängigkeit von Feuchtigkeit und Temperatur auf verschiedenen Böden. Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz 81, 479-489
- LAGERWERF, J. V. (1960): The contact exchange theory amended. Plant Soil 13, 253-264
- LAMBERT, S. M. (1966): The influence of soil moisture content on herbicidal response. Weeds 14, 273-275
- LEMBRICH, H. (1978): (R)Goltix, ein Herbizid mit hoher Selektivität für den Zucker- und Futterrübenanbau. Pflanzenschutz-Nachr. Bayer 31, 197-228
- LICHTENSTEIN, P. E., LIANG, T. T., FUHREMANN, T. W. (1978): A compartmentalized microcosm for studying the fate of chemicals in the environment. J. Agric. Food Chem. 26, 948-953
- LICHTENSTEIN, E. P., LIANG, T. T., KOEPPE, M. K. (1985): Penetration of volatile carbon-14 residues into the aerial parts of plants grown adjacent to or in ^{14}C Fonofos or ^{14}C Carbofuran-treated soils. J. Agric. Food Chem. 33, 160-167
- LINGENS, F. (1976): Umweltchemikalien und ihr mikrobieller Abbau. Zentralbl. Bakt. Hyg. Orig. 162, 114-126
- LINGENS, F. (1979): Mikrobieller Abbau von Herbiziden und Fungiziden. Forum Mikrobiol. 2, 240-248
- MAJUMDAR, J. C., MÜLLER, F. (1969): Untersuchungen über Aufnahme und Translokation von ^{14}C -Metobromuron in unterschiedlich empfindlichen Pflanzen. Weed Res. 9, 322-332

- MALKOMES, H. P. (1982): Einfluß von zwei Zuckerrüben-Spritzfolgen auf die Dehydrogenase-Aktivität und den Strohabbau im Boden. Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz 89, 705-714
- MALKOMES, H. P. (1984): Modifizierung der Wirkung eines Herbizids auf bodenbiologische Aktivitäten durch den Zusatz von Luzernemehl bzw. unbehandeltem Boden. Zentralb. Mikrobiol. 139, 441-452
- MALKOMES, H. P., PESTEMER, W. (1981): Einfluß von Pflanzenschutzmitteln auf biologische Aktivitäten im Boden. Teil I. Dehydrogenaseaktivität und Strohabbau. Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz SH IX, 301-311
- MCGLAMERY, M. W., SLIFE, F. W. (1966): The adsorption and decomposition of Atrazine as affected by pH, temperature, and concentration. Weeds 14, 237-239
- MEAD, D. J., PRITCHETT, W. L. (1971): A comparison of tree responses in field and pot experiments. Soil Sci. Soc. Ameri. Proc. 35, 346-349
- MENGEL, K., GRIMME, H., NEMETH, K. (1969): Potentielle und effektive Verfügbarkeit von Pflanzennährstoffen im Boden. Landwirtsch. Forsch. SH23, 79-91
- MENGEL, K. (1979): Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. Verlag G. Fischer, Stuttgart und New York, S. 280-281
- MENGEL, K., KIRKBY, E. A. (1982): Principles of plant nutrition. 3 rd Edition. Publisher: International Potash Institut, Bern
- MITTELSTAEDT, W., FÜHR, F. (1975 a): Zur Mineralisation und Aufnahme des herbiziden Wirkstoffes Isocarbamid. Pflanzenschutz-Nachr. Bayer 28, 353-358
- MITTELSTAEDT, W., FÜHR, F. (1975 b): Isocarbamid-Applikation bei Zuckerrüben - Verteilung im Boden und Aufnahme durch die Pflanze. Pflanzenschutz-Nachr. Bayer 28, 359-369

- MITTELSTAEDT, W., FÜHR, F. (1980): [3-¹⁴C]Metamitronvorauf-
laufspritzen zu Zuckerrüben im Freilandlysimeterver-
such: Radioaktivitätsbilanz in Zuckerrüben, Folgekulturen
und Boden. Landwirtsch. Forsch. SH 37, 666-676
- MOHR, H. D. (1980): Einfluß der Bodeneigenschaften auf das Wur-
zelwachstum. Kali-Briefe 15, 305-316
- MÜCKENHAUSEN, E. (1975): Die Bodenkunde. DLG-Verlag, Frank-
furt/Main
- MÜLDER, C. E. G. (1970): Tribunil im Winterregengebiet der Süd-
afrikanischen Republik. Pflanzenschutz-Nachr. Bayer 23,
71-83
- MÜLLER, F., SANAD, A. (1976): Verteilung von ¹⁴C-Metamitron in
jungen Zuckerrübenpflanzen. Meddel. Fac. Landbouwwet.,
Rijksuniv. Gent 41, 1211-1227
- MÜLLER, L., MITTELSTAEDT, W., PFITZNER, J., FÜHR, F., JARCZYK,
H. J. (1983): The fate of [3-¹⁴C]Metamitron in sugar beets
after preemergence application in a lysimeter study. Pe-
stic. Biochem. Physiol. 19, 254-261
- NASH, R. G. (1983 a): Determining environmental fate of pesti-
cides with microagroecosystems. Residue Reviews 85,
199-216, Springer-Verlag, New York, Heidelberg
- NASH, R. G. (1983 b): Comparative volatilization and dissipa-
tion rates of several pesticides from soil. J. Agric. Food
Chem. 31, 210 -217
- NULTSCH, W. (1977): Allgemeine Botanik. Thieme Verlag, Stutt-
gart
- OPITZ VON BOBERFELD, W. (1978): Möglichkeiten zur serienmäßigen
Ermittlung sorten- und artenspezifischer Wurzelgewichte in
verschiedenen Medien. Habilitationsschrift Univ. Bonn
- OTTOW, J. C. G. (1978 a): Sorption und Aktivität von Herbiziden
in Abhängigkeit von den chemisch-physikalischen Bodenei-
genschaften. Daten Dok. Umweltschutz 22, 135-144

- OTTOW, J. C. G. (1978 b): Chemie und Biochemie des Humuskörpers unserer Böden. Naturwiss. 65, 413-423
- OTTOW, J. C. G. (1982): Pestizide - Belastbarkeit, Selbstreinigungsvermögen und Fruchtbarkeit von Böden. Landw. Forsch. 35, 238-275
- PANIĆ, M. (1970): Über die Aufnahme von 2,4-Dichlorophenoxyessigsäure durch Bohnen und Weizenblätter in Beziehung zum Ektodesmenproblem mit besonderer Berücksichtigung des Ascorbinsäuregehaltes. Dis. Univ. Bonn
- PESTEMER, W. (1977): Verhalten gemüsebaulich genutzter Harnstoffherbizide in sorptionsstarken Böden. Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz SH 8, 259-270
- PESTEMER, W., MALKOMES, H. P. (1981): Einfluß von Pflanzenschutzmitteln in Wintergetreide auf biologische Aktivitäten im Boden. Teil I: Abbau von Chlortoluron und Methabenzthiazuron. Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz SH IX, 313-320
- PESTEMER, W., MALKOMES, H. P. (1983): Einfluß von Pflanzenschutzmitteln einer Zuckerrübenspritzfolge auf biologische Aktivitäten und auf den Abbau von Chloridazon im Boden. I. Freilandversuche Weed Res. 23, 283-291
- PICK, F. E., VAN DYK, L. P., DEBEER, P. R. (1984): The effect of simulated rain on deposits of some cotton pesticides. Pestic. Sci. 15, 616-623
- PICKERING, E. R. (1965): Foliar penetration pathways of 2,4-D, Monuron, and Dalapon as revealed by historadioautography. Ph. D. Dis., Univ. Calif., Davis
- PONT, V., JARCZYK, H. J., COLLET, G. F., THOMAS, H. (1974): Identification de metabolites du Dimethyl-1,3-(Benzthiazolyl-2)-3-Uree et betude de sa stabilite in vitro. Phytochemistry 13, 785-791

- POURCHARESSE, P., LOURS, P. (1970): Ergebnisse und Folgerungen aus zweijährigen Versuchen mit Tribunil im französischen Weizenbau. Pflanzenschutz-Nachr. Bayer 23, 41-60
- PRESTEL, D., WEISGERBER, I., KLEIN, W., KORTE, F. (1976): Beiträge zur ökologischen Chemie: Bilanz der Verteilung und Umwandlung von Metribuzin- ^{14}C (Sencor) in Kartoffeln, Möhren und Boden unter Freilandbedingungen. Chemosphere 2, 137-144
- ROSE, C. W., STERN, W. R. (1967): Determination of withdrawal of water from soil by crop roots as a function of depth and time. Aust. J. Soil Res. 5, 11-19
- RUSSELL, R. S., ELLIS, F. B. (1968): Estimation of the distribution of plant roots in the soil. Nature 217, 582-583
- QUISTAD, G. B., MENN, J. J. (1983): The disposition of pesticides in higher plants. In: Residue Reviews 85, 173-197, Springer-Verlag, New York, Heidelberg
- SANDROCK, K., BIENICK, D., KLEIN, W., KORTE, F. (1974): Beiträge zur ökologischen Chemie: Isolierung und Strukturaufklärung von Kelevan ^{14}C -Metaboliten und Bilanz in Kartoffeln und Boden. Chemosphere 5, 199-204
- SAUERBECK, D., FÜHR, F. (1966): The interference of carbon-14 labelled carbon dioxide in studies on the uptake of organic substances by plant roots. Pergamon Press, Oxford, 61-72
- SCHÄRER, E. (1983): Entwicklung und Erprobung eines terrestrischen Modell-Ökosystems bestehend aus einer Vegetationskammer und einem Agrar-Ökosystem-Modellausschnitt für quantitative Ökochemische Verhaltensstudien von Umweltchemikalien. Dis. Fachbereich Biologie der Freien Univ. Berlin
- SCHACHTSCHABEL, P., BLUME, H. P., BRÜMMER, G., HARTGE, K. H., RENGGER, M., SCHWERTMANN, U. (1982): Scheffer/Schachtschabel: Lehrbuch der Bodenkunde. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart

- SCHEUNERT, I., VOCKEL, D., SCHMITZER, J., VISWANATHAN, R., KLEIN, W., KORTE, F. (1983): Fate of chemicals in plant-soil systems: comparison of laboratory test data with results of open air long-term experiments. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 7, 390-400
- SCHINDLER, F. (1920): Handbuch des Getreidebaus auf wissenschaftlicher und praktischer Grundlage. Verlag Paul Parey, Berlin
- SCHMIDT, B. (1978): Einfluß von Pflanzenwurzeln und Umweltfaktoren auf die Festlegung, Verlagerung und Aufnahme von (benzthiazolyl-2-¹⁴C) Methabenzthiazuron. Dis. Univ. Bonn
- SCHMIDT, R. R. (1972): Einfluß des C-Gehaltes und der Ionenaustauschkapazität des Bodens auf die Wirksamkeit von Herbiziden. *Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz* SH 7, 59-64
- SCHMIDT, R. R. (1973): Calculations on the herbicidal activity of Metribuzin to various soil properties. *Proc. Eur. Weed Res. Coun. Symp. Herbicides-Soil.*
- SCHMIDT, R. R. (1975): Influence of soil parameters on the herbicidal activity of certain triazinones. In: 8th Int. Plant Protection Congr. Rep. and Inf. Sect. III, Chemical Control, Moscow, 640-641
- SCHMIDT, R. R. (1976): Einfluß von Licht auf die biologische Aktivität von Metamitron. *Meddel. Fac. Landbouwwet., Rijksuniv. Gent* 41, 1229-1242
- SCHMIDT, R. R. (1977): Einfluß einer mehrjährigen Anwendung von Tribunil auf Fruchtfolgen, Unkrautflora und Abbauverhalten bei drei Bodenarten. *Pflanzenschutz-Nachr. Bayer* 30, 304-324
- SCHMIDT, R. R., EUE, L., DRABER, W. (1975): Metamitron - Ein neues Rübenherbizid auf der Basis eines Triazinons. 3. Int. Tag. über selektive Unkrautbekämpfung im Rübenbau, Paris, Bd. 1, 455-467

- SCHMIDT, R. R., FEDTKE, C. (1977): Metamitron activity in tolerant and susceptible plants. Pestic. Sci. 8, 611-617
- SCHMIDT, R. R., PESTEMER, W. (1980): Plant availability and uptake of herbicides from the soil. In: Interactions between herbicides and the soil, 179-201. Academic Press, London, 1980. Hrsg.: HANCE, R. J. .
- SCHUPHAN, I. (1984): Testsysteme zur Beurteilung des ökochemischen und ökotoxikologischen Verhaltens von organischen Umweltchemikalien, insbesondere Pflanzenschutzmitteln. Habilitationsschrift Univ. Mainz, Fachbereich Biologie
- SEIBERT, K. (1981): Der Einfluß der Pflanzenwurzel auf den Abbau der Herbizide Atrazin und 2,4-D im Boden. Dis. Univ. Bonn
- SEIBERT, K., FÜHR, F. (1982): Ein Verfahren zur Messung der Verlagerungsrichtung von gelösten Pflanzenschutzmitteln im bewachsenen Boden. Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 145, 506-509
- SEIFERT, J. (1970): The influence of temperature on the number of bacteria in soil. Acta Univ. Carol., Biol., Vol. 1970, 471-473
- SMIES, M. (1983): On the relevance of microecosystems for risk assesment: some considerations for environmental toxicology. Ecotoxicol. Environmen. Saf. 7, 355-366
- SMITH, E. (1980): Persistence studies with (¹⁴C) 2,4-D in soils previously treated with herbicides and pesticides. Weed Res. 20 , 355-359
- SOTIRIOU, N., WEISGERBER, I., KLEIN, W., KORTE, F. (1976): Beiträge zur ökologischen Chemie: Verteilung und Umwandlung von Imugan-¹⁴C in Boden und höheren Pflanzen unter Freilandbedingungen. Chemosphere 1, 53-60
- STEFFENS, W., WIENEKE, J. (1974): Eine Spritztechnik zur Applikation kleiner Lösungsmengen auf Pflanzenorgane. Landw. Forsch. 27, 38-45

- STEFFENS, W., FÜHR, F. (1986): Eine Lysimeteranlage zum Einsatz von Radioisotopen in Agrarökosystemen. In Vorbereitung.
- STEFFENS, W., WIENEKE, J. (1981): Verhalten und Verbleib des ^{14}C -markierten Mehлтаufungizids Fluotrimazol in Pflanze und Boden. I. Radioaktivitätsverteilung in der behandelten Sommergerste und im Boden von Freilandlysimetern sowie Aufnahme durch nicht behandelte Fruchtfolgepflanzen. Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz 88, 343-354
- STEVENSON, D. S. (1967): Effective soil volume and its importance to root and top growth of plants. Can. J. Soil Sci. 47, 163-174
- STOY, V. (1965): Photosynthesis, respiration and carbohydrate accumulation in spring wheat in relation to yield. Physiol. Plant. Suppl. IV., 1-125
- STOY, V. (1973): Assimilatebildung und -verteilung als Komponenten der Ertragsbildung bei Getreide. Angew. Bot. 47, 17-26
- SÜSS, A., EBEN, G., SIEGMUND, H. (1972): Verhalten von adsorbierten Herbiziden im Boden und deren Verfügbarkeit für die Pflanze. Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz SH 6, 65-74
- SÜSS, A., FUCHSBICHLER, G., SIEGMUND, H., EBEN, G. (1979): Sorption, Abbau und Pflanzenverfügbarkeit von Herbiziden. In: Verhalten und Nebenwirkungen von Herbiziden in Boden und Kulturpflanzen. DFG-Abschlußbericht, Harald Boldt Verlag, Boppard, 88-95
- TEASDALE, J. R. (1984): Factors affecting Bentazon toxicity to cucumber. Weed Sci. 32, 33-36
- THIELERT, W. (1984): Aufnahme und Nachlieferung von [benzolring- ^{14}C]Triadimenol über die Karyopse und aus den Beizhöfen nach Saatgutbeizung von Wintergerste und Winterweizen mit einer Trockenbeizformulierung. Dis. Univ. Bonn

- TOLLE, D. A., ARTHUR, M. F., VAN VORIS, P. (1983): Microcosm/field comparison of trace element uptake grown in fly ash-amended soil. *Sci. Total Environ.* 31, 243-261
- TOLLE, D. A., ARTHUR, M. F., CHESSON, J. (1985): Comparison of pots versus microcosms for predicting agroecosystem effects due to waste amendment. *Environ. Toxicol. Chemistry* 4, 501-509
- TREBST, A., HARTH, E. (1974): Herbicidal N-alkylated-ureas and ringclosed N-acylamides as inhibitor of photosystem II. *Z. Naturforsch.* 29, 232-235
- UPCHURCH, R. P., MASON, D. D. (1962): The influence of soil organic matter on the phytotoxicity of herbicides. *Weeds* 10, 9-14
- UPCHURCH, R. P., SELMAN, F. L., MASON, D. D., KAMPRATH, E. J. (1966): The correlation of herbicidal activity with soil and climatic factors. *Weeds* 14, 42-49
- VETTER, H., SCHARAFAT, S. (1964): Die Wurzelverbreitung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen im Unterboden. *Z. Acker-Pflanzenbau* 120, 275-298
- VIRTANEN, M., HATTULA, M. L., ARSTILA, A. U. (1979): Behaviour and fate of 4-chloro-2-methylphenoxyacetic acid (MCPA) and 4,6-dichloro-o-cresol as studied in an aquatic-terrestrial model ecosystem. *Chemosphere* 7, 431-442
- WALKER, A. (1976): Effect of varying weather conditions on the persistence of three herbicides. *Proc. Br. Crop Protection Conf., Weeds*, 635-642
- WALKER, A. (1978): Simulation of the persistence of Metamitron activity in soil. 14th Br. Weed Control Conf. 1978, 565-572
- WALKER, A. (1983): The fate and significance of herbicide residues in soil. *Sci. Hortic.* 34, 35-48

- WALLNÖFER, P., TILLMANNS, G., THOMAS, R., WÜNSCHE, C., KURZ, J., JARCZYK, H. J. (1976): Mikrobieller Abbau des Herbizids Methabenzthiazuron und Identifizierung der Metaboliten. Chemosphere 5, 377-382
- WEINMANN, W., SCHINKEL, K. (1976): Unterlagen zum Verhalten von Pflanzenbehandlungsmitteln im Boden im Rahmen des Zulassungsverfahrens. Merkblatt Nr. 36 der Biologischen Bundesanstalt, Braunschweig
- WIENEKE, J., STEFFENS, W. (1981): Verhalten und Verbleib des ^{14}C -markierten Mehлтаufungizids Fluotrimazol in Pflanze und Boden. II. Extraktion und Auftrennung der radioaktiven Substanzen sowie Identifizierung des Hauptmetaboliten. Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz 88, 385-399
- WINNER, C. (1976): Zuckerrübenbau. DLG-Verlag, Frankfurt/Main, S. 33
- WOLF, E. (1983): Die Prüfung und Zulassung von Pflanzenschutzmitteln. Mitteilungen aus der BBA für Land- und Forstwirtschaft, Heft 216, Berlin
- WOLF, E., HURLE, K. (1977): Einfluß von Mineralstoffen auf die Phytotoxizität von Herbiziden. Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz SH 8, 301-310
- ZANDVOORT, R., REISLER, A. (1975): Mögliche Konsequenzen der Verteilung verfügbarer Herbizidrückstände im Boden für die Folgefrucht. Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz SH 7, 135-140

8. Tabellenanhang

Anhangtabelle I: Varianzanalyse der MAT-Äquivalente der Blattfraktionen des 1. Probenahme-termins des Lysimeter-, Gefäß- und Mikroökosystemgefäßversuchs 1983 (Aufwandmengen 5 und 10 kg/ha)

Varianzursache	FG	SQ	MQ	F-Wert
Versuchseinheit	2	749,30	374,65	61,27***
Aufwandmenge	1	149,56	149,56	24,46***
V x A	2	144,73	72,36	11,83**
Restfehler	9	55,03	6,11	-
Total	14	1098,61	-	-

<u>Anhangtabelle II: Varianzanalyse der Desamino-Metamitrongehalte der Blattfraktionen des 1. Probenahmetermins des Feld-, Lysimeter-, Gefäß- und Mikroökosystemgefäßversuchs 1983 (Aufwandmengen 5 und 10 kg/ha)</u>				
Varianzursache	FG	SQ	MQ	F-Wert
Versuchseinheit	3	0,1736	0,0579	18,59***
Aufwandmenge	1	0,0290	0,0290	9,32**
V x A	3	0,0234	0,0078	2,50
Restfehler	13	0,0405	0,0031	-
Total	20	0,2666	-	-

<u>Anhangtabelle III: Varianzanalyse der MAT-Äquivalente der Blattfraktionen des 3. Probenahmeter-</u> <u>mins des Lysimeter- und Gefäßversuchs 1983 (Aufwandmengen 5 und 10 kg/ha)</u>				
Varianzursache	FG	SQ	MQ	F-Wert
Versuchseinheit	1	0,0338	0,0338	18,43**
Aufwandmenge	1	0,0060	0,0060	3,29
V x A	1	0,0004	0,0004	0,23
Restfehler	8	0,0147	0,0018	-
Total	11	0,0548	-	-

Anhangtabelle IV: Varianzanalyse der MAT-Äquivalente der Rübenfraktionen des 3. Probenahmeter- mins des Lysimeter- und Gefäßversuchs 1983 (Aufwandmengen 5 und 10 kg/ha)				
Varianzursache	FG	SQ	MQ	F-Wert
Versuchseinheit	1	0,0011	0,0011	4,16
Aufwandmenge	1	0,0088	0,0088	34,41***
V x A	1	0,00002	0,00002	0,07
Restfehler	8	0,0028	0,0003	-
Total	11	0,0128	-	-

<u>Anhangtabelle V: Varianzanalyse der MAT-Äquivalente der Blattfraktionen des 1. und 3. Probenahmetermins des Lysimeter- und Gefäßversuchs 1983 (Aufwandmen- gen 5 und 10 kg/ha)</u>				
Varianzursache	FG	SQ	MQ	F-Wert
Versuchseinheit	1	10,83	10,83	6,79*
Aufwandmenge	1	4,50	4,50	2,82
Termin	1	22,07	22,07	13,83**
V x A	1	2,00	2,00	1,26
V x T	1	9,21	9,21	5,77*
A x T	1	4,05	4,05	2,54
V x A x T	1	1,92	1,92	1,21
Restfehler	15	23,93	1,60	-
Total	22	78,53	-	-

<u>Anhangtabelle VI: Varianzanalyse der MBT-Äquivalente der Kornfraktionen des Lysimeter- und Gefäßversuchs 1984 (Aufwandmengen 2 und 4 kg/ha)</u>				
Varianzursache	FG	SQ	MQ	F-Wert
Versuchseinheit	1	0,00044	0,00044	13,52**
Aufwandmenge	1	0,01559	0,01559	481,00***
V x A	1	0,00028	0,00028	8,50*
Restfehler	9	0,00029	0,00003	-
Total	12	0,01659	-	-

<u>Anhangtabelle VII: Varianzanalyse der MBT-Äquivalente der Ährenspindel/Spreufractionen des</u> <u>Lysimeter- und Gefäßversuchs 1984 (Aufwandmengen 2 und 4 kg/ha)</u>				
Varianzursache	FG	SQ	MQ	F-Wert
Versuchseinheit	1	0,0067	0,0067	1,45
Aufwandmenge	1	0,6972	0,6972	152,15***
V x A	1	0,0268	0,0268	5,86*
Restfehler	9	0,0412	0,0046	-
Total	12	0,7719	-	-

<u>Anhangtabelle VIII: Varianzanalyse der MBT-Äquivalente der Strohfraktionen des Lysimeter-</u> <u>und Gefäßversuchs 1984 (Aufwandmengen 2 und 4 kg/ha)</u>				
Varianzursache	FG	SQ	MQ	F-Wert
Versuchseinheit	1	1,79	1,79	3,86
Aufwandmenge	1	57,89	57,89	124,72***
V x A	1	1,17	1,17	2,53
Restfehler	9	4,18	0,46	-
Total	12	65,04	-	-

Anhangtabelle IX: Varianzanalyse der MBT-Äquivalente der Kornfraktionen des Lysimeter- und Gefäßversuchs beim Nachbau 1985 (Aufwandmengen 2 und 4 kg/ha)

Varianzursache	FG	SQ	MQ	F-Wert
Versuchseinheit	1	0,00104	0,00104	29,30 ^{***}
Aufwandmenge	1	0,00217	0,00217	61,01 ^{***}
V x A	1	0,00032	0,00032	9,09 ^{**}
Restfehler	8	0,00028	0,00004	-
Total	11	0,00381	-	-

<u>Anhangtabelle X: Varianzanalyse der MBT-Äquivalente der Ährenspindel/Spreufaktionen des Ly-</u> <u>simeter- und Gefäßversuchs beim Nachbau 1985 (Aufwandsmengen 2 und 4 kg/ha)</u>				
Varianzursache	FG	SQ	MQ	F-Wert
Versuchseinheit	1	0,0097	0,0097	43,78***
Aufwandsmenge	1	0,0163	0,0163	73,24***
V x A	1	0,0011	0,0011	4,90
Restfehler	8	0,0018	0,0002	-
Total	11	0,0290	-	-

<u>Anhangtabelle XI: Varianzanalyse der MBT-Äquivalente der Strohfraktionen des Lysimeter- und Gefäßversuchs beim Nachbau 1985 (Aufwandmengen 2 und 4 kg/ha)</u>				
Varianzursache	FG	SQ	MQ	F-Wert
Versuchseinheit	1	0,0081	0,0081	6,18*
Aufwandmenge	1	0,0519	0,0519	39,78***
V x A	1	0,0024	0,0024	1,84
Restfehler	8	0,0104	0,0013	-
Total	11	0,0728	-	-

Danksagung

Herrn Prof. Dr. F. Führ danke ich für die Überlassung des Themas der vorliegenden Dissertation sowie für die stets gewährte Unterstützung und für die zahlreichen Anregungen und Diskussionen während der Versuchsdurchführung.

Herrn Prof. Dr. K. Sommer danke ich für die Übernahme des Korreferates.

Mein besonderer Dank gilt auch Herrn Dr. H. J. Jarczyk, Pflanzenschutzzentrum Monheim der Bayer AG, für die hilfreichen Diskussionen und Anregungen bezüglich der gaschromatographischen Nachweisverfahren.

Für zahlreiche Anregungen bei der Aufarbeitung der Probenmaterialien und den wertvollen Diskussionen im chemisch-analytischen Bereich danke ich Herrn Ing. W. Mittelstaedt.

Mein Dank geht auch an Herrn Ing. Weitz für die Möglichkeit zur Durchführung der Feldversuche, der Bodenentnahme und der engen Kooperation während des gesamten Versuchszeitraums.

Weiterhin gebührt mein Dank Herrn H. J. Reuter für seine Mitarbeit und seine zahlreichen Anregungen bei der Erhebung der umfangreichen Klimadaten.

Herrn P. Henke sei für die Anregungen bezüglich der praktischen Durchführung der gaschromatographischen Analysen, Frä. B. Hintz für die Erstellung von Datenverarbeitungsprogrammen und Herrn J. Klaes für die Unterstützung bei der Nutzung eines Textverarbeitungsprogrammes sowie Frä. J. Koepchen für die punktuelle Mithilfe bei Pflanzenernten und Pflanzenanalysen gedankt.

Die radioaktiv markierten Wirkstoffe, Leerformulierungen und die normalen Handelspräparate zur Durchführung der Versuche wurden freundlicher Weise von der Bayer AG zur Verfügung gestellt.

