

Zeitschrift:	Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft = Bulletin de la Société Entomologique Suisse = Journal of the Swiss Entomological Society
Herausgeber:	Schweizerische Entomologische Gesellschaft
Band:	51 (1978)
Heft:	2-3
Artikel:	Ein abgeänderter Macfadyen-Apparat für die dynamische Extraktion von Bodenarthropoden
Autor:	Bieri, M. / Delucchi, V. / Lienhard, C.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-401875

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 20.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Ein abgeänderter Macfadyen-Apparat für die dynamische Extraktion von Bodenarthropoden

M. BIERI, V. DELUCCHI & C. LIENHARD

Entomologisches Institut der ETH, ETH-Zentrum, 8092 Zürich

A high gradient extractor to obtain soil arthropods – The modified MACFADYEN extractor described in this paper has been constructed following plans of a prototype which was seen for the first time in 1976 at the Rothamsted Experimental Station, Harpenden, U.K. (Dr. C.A. EDWARDS). The main modifications which have been made concern the materials used, the cooling system in the lower section (below soil samples) and the drying system in the upper section (above soil samples). The first tests carried out on soil samples from the Swiss National Park show that the extractor has more than 90% efficiency for most of the arthropod families represented in the samples. The extractor is described in detail.

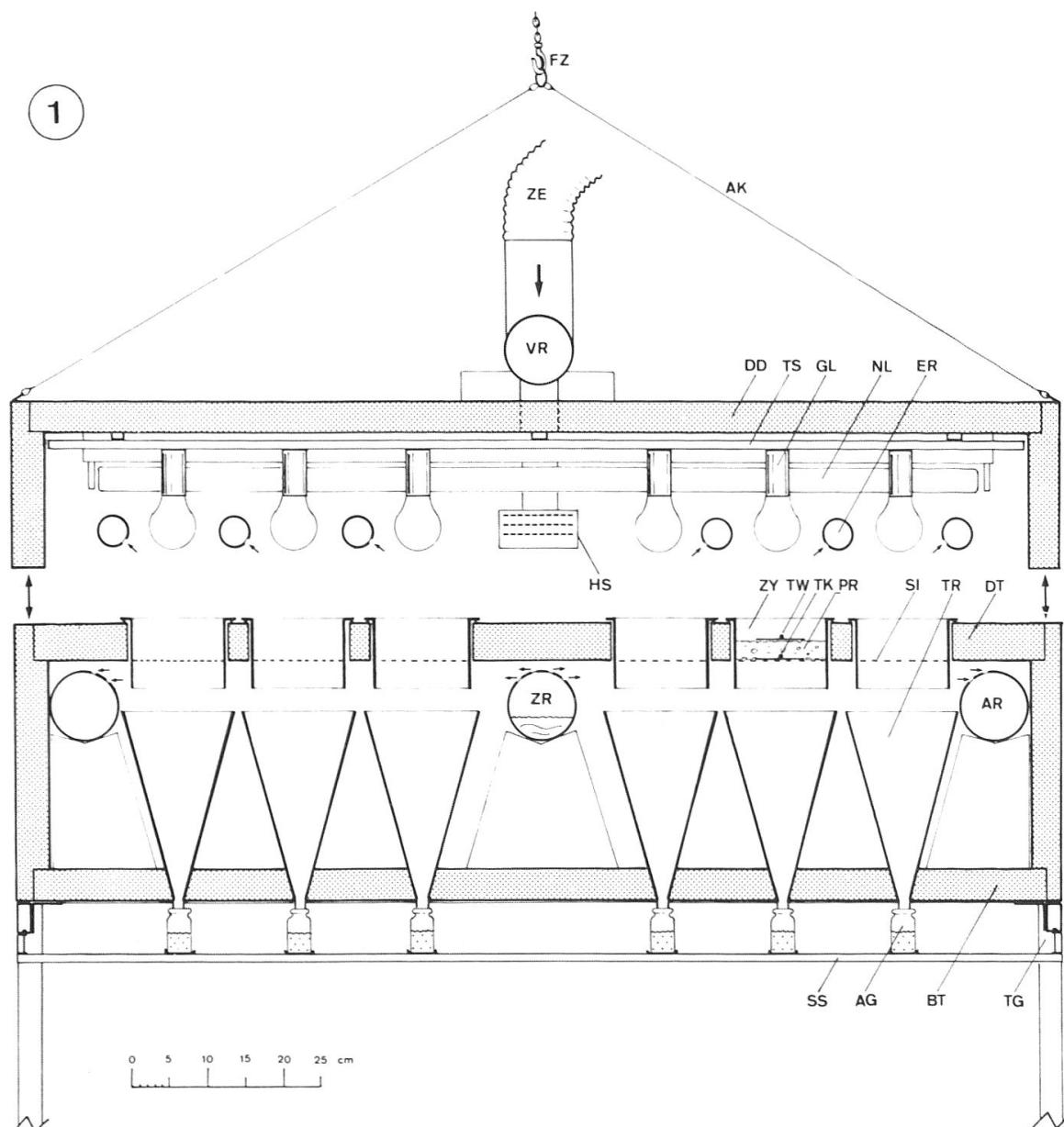
Bei der Gewinnung von Tieren, insbesondere Arthropoden, aus Bodenproben stösst man häufig auf technische Schwierigkeiten. Aus der Literatur (VANNIER, 1970; PHILLIPSON, 1971) sind zwar viele Extraktionsverfahren bekannt, doch scheint keines alle Ansprüche befriedigen zu können. Der Bodenbiologe versucht nun, aus der Vielfalt der Extraktionsverfahren dasjenige auszuwählen, das für die Zielsetzung seines Projektes am geeignetsten ist, wobei der zu untersuchende Anteil der Fauna möglichst vollständig erfasst werden sollte.

Für unsere relativ schweren Böden des schweizerischen Mittellandes würde uns wahrscheinlich ein sog. mechanisches Extraktionsverfahren (auswaschen) eine bessere Ausbeute liefern als ein dynamisches. Ein mechanisches Verfahren ist aber bekanntlich sehr zeitraubend und verlangt bei der Verarbeitung von vielen Proben den Einsatz von oft schwer zu rekrutierendem Personal, der die ganze Operation wesentlich verteuert. Um diese Schwierigkeiten zu umgehen, wurde die Möglichkeit geprüft, ob die Mängel der dynamischen Verfahren durch einen veränderten Macfadyen-Apparat (MACFADYEN, 1961) aufzuheben wären. Anlässlich eines Besuches der Rothamsted Experimental Station, Harpenden (GB) (Dr. C.A. EDWARDS) wurde uns der Prototyp eines abgeänderten Macfadyen-Apparates vorgeführt. Für den Bau des Apparates wurden uns später freundlicherweise die Pläne dieses Prototyps zur Verfügung gestellt. Es wurde dabei darauf hingewiesen, dass die beste Kühlung des unteren Teils des Apparates indirekt über Luftumwälzung zu erzielen wäre. Bei der Realisierung unseres Apparates liessen sich dann aber noch andere Teile modifizieren. Die Modifikationen betreffen vor allem die verwendeten Materialien und das ganze Kühlsystem. In der Schweiz existieren zur Zeit bereits drei solcher Apparate, die nach den in diesem Artikel beschriebenen Prinzipien und aus denselben Materialien konstruiert worden sind. Die Absicht wäre, im Raum Bern-Basel-Zürich über mindestens fünf solcher Apparate zu verfügen, um ca. 500 Stichproben wöchentlich simultan verarbeiten zu können.

Die Entwicklung und Erprobung unseres Apparates ist ein Ergebnis der Zusammenarbeit zwischen der von Dr. C.A. EDWARDS geleiteten Entomologischen Abteilung der Rothamsted Experimental Station, der bodenbiologischen Arbeits-

gruppe am Entomologischen Institut der ETH Zürich, einer Arbeitsgruppe unter der Leitung von Prof. W. MATTHEY (Institut de Zoologie, Université de Neuchâtel), die sich mit der ökologischen Erforschung alpiner Rasen im Schweiz. Nationalpark befasst¹, und der acarologischen Abteilung des Naturhist. Museums Basel. Allen Mitgliedern dieser Arbeitsgruppen, insbesondere den Herren A. BÜHLMANN, N. ROHRER und TH. SCHIESS, dem technischen Personal der ETH und allen andern, die mit ihrer Arbeit einen Beitrag zum Gelingen unseres Vorhabens leisten, sei hier herzlich gedankt. Speziell erwähnt seien hier auch die Herren H. GSCHWEND und R. MORF vom Institut für Mess- und Regeltechnik der ETH Zürich, die uns den Prototyp des elektronischen Reglers bauten und uns auch sonst sehr nützliche Hinweise gaben. Das Kühlgerät wurde uns freundlicherweise durch den Kältetechniker Herrn C. THOMA gebaut. Diesen Mitarbeitern möchten wir für ihren selbstlosen Einsatz und ihr Verständnis für unsere speziellen Wünsche herzlich danken.

¹ Nationalfonds-Projekt No. 3.628-0.75



KONSTRUKTION UND MATERIAL

Der Apparat wurde auf die folgenden Ziele hin konzipiert:

- möglichst vollständige Extraktion aller Bodenarthropoden, ohne sie zu beschädigen;

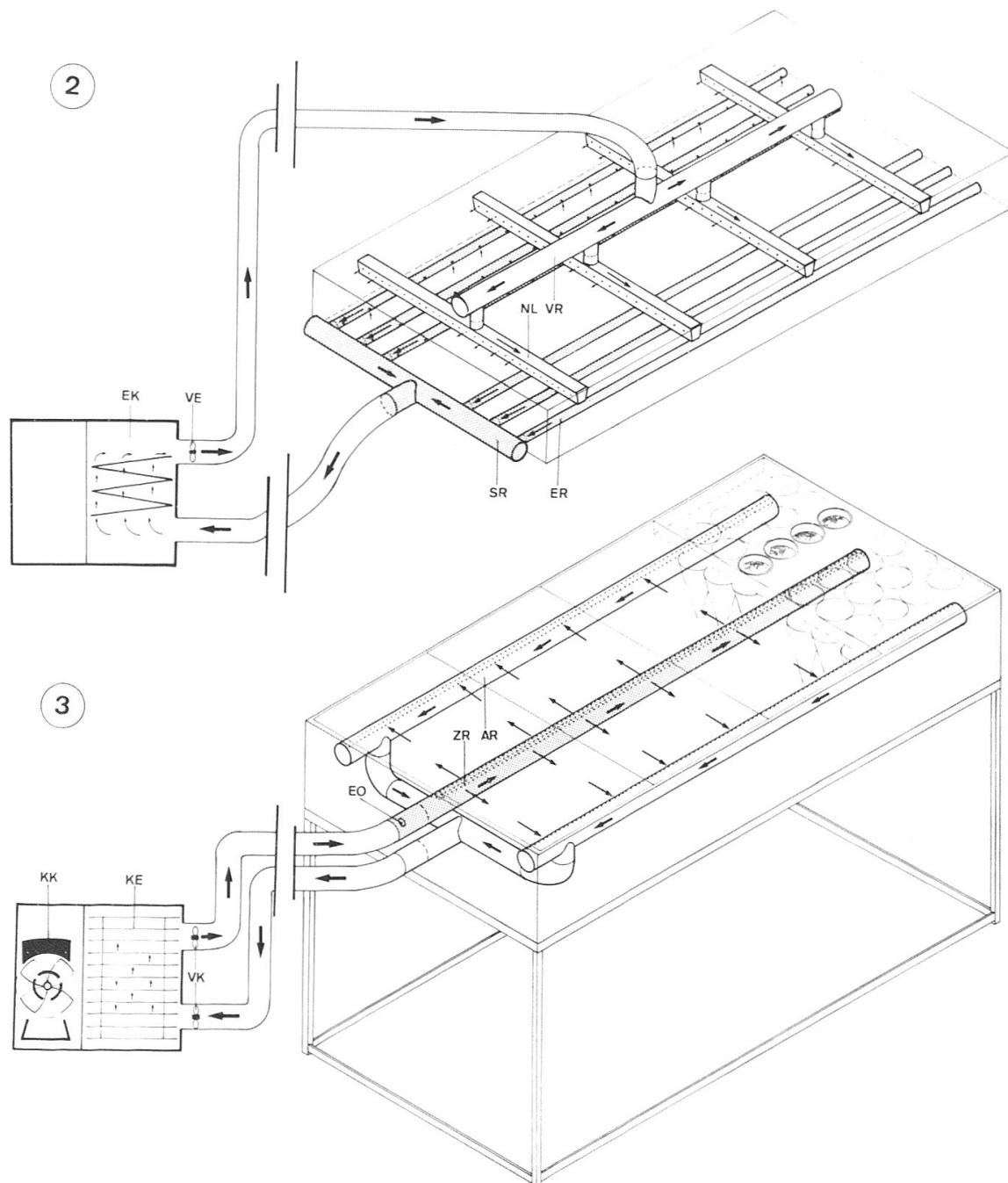


Fig. 1-3: Medianquerschnitt durch den Apparat (1), Entfeuchtungssystem (2) und Kühlungssystem (3) (AG, Auffangglas; AK, Aufhängekabel; AR, Absaugrohr; BT, Bodenplatte des Tisches; DD, Deckplatte des Deckels; DT Deckplatte des Tisches; EK, Entfeuchtungskammer; EO, Einfüll- und Kontrollöffnung; ER, Entfeuchtungsrohr; FZ, Flaschenzug; GL, Glühlampe; HS, Hygrostat; KE, Kühlelement; KK, Kältekomppressor; NL, Neonlampe; PR, Bodenprobe; SI, Sieb; SR, Sammelrohr; SS, Stützschiene; TG, Tragegestell; TK, Thermistor für Kühlungsregulation; TR, Trichter; TS, Tragschiene; TW, Thermistor für Wärmeregulation; VE, Ventilator des Luftentfeuchtungssystems; VK, Ventilator des Kühlungssystems; VR, Verteilrohr; ZE, Zufuhrschorlach für die entfeuchtete Luft; ZR, Zuführrohr für die gekühlte Luft; ZY, Zylinder) (Schematische Darstellung ohne Berücksichtigung der Perspektive).

- in jeder Hinsicht minimaler Arbeitsaufwand: einfache Manipulation und saubere Extraktion (d.h. möglichst wenig Erdpartikel im Auffanggläschen, welche das Aussortieren der Tiere stets erheblich erschweren);
- gleichzeitige Bewältigung einer grossen Anzahl Proben;
- von den Aussenbedingungen unabhängige Regulierung der Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen im Apparat;
- Unabhängigkeit von aufwendigen festen Installationen (z.B. Klimaraum oder spezielle Wasseranschlüsse);
- einfache Konstruktion und leichte Zerlegbarkeit zum Transport.

Der Apparat besteht aus drei Hauptteilen:

- a) Tisch (Fig. 1, 3, 4, 5, 7 und 8)
- b) Deckel (Fig. 1, 2, 4, 5, 9 und 10)
- c) Kühlungs- und Entfeuchtungseinheit (Fig. 2, 3, 6, 10 und 11).

In seinen Dimensionen, insbesondere was die Trichter und Zylinder betrifft, entspricht er dem Prototyp in Rothamsted.

Tisch

Die als Tisch bezeichnete Einheit ist ein Kasten von 36,5 cm Höhe aus ineinandergefügten Alucopan®-Platten² und wird durch ein speziell angepasstes KIM®-Patent-Gestell (Fig. 1, 3 und 8, TG) zusammengehalten und getragen (Unterkante 80 cm über dem Boden). Dieses ist leicht in seine Einzelteile zerlegbar und hat montiert eine hohe Stabilität.

Unter- und Oberseite des Tisches sind in je vier Boden- bzw. Deckplatten gegliedert.

Jede Deckplatte (Dicke 5 cm) ist mit 24 kreisrunden Öffnungen (\varnothing 12,5 cm) versehen, wo die Aluminiumzylinder (Fig. 1 und 9, ZY), welche die Erdproben enthalten, eingeschoben werden können. Die Unterhälfte dieser Zylinder ragt in den Trichterraum hinein. Unter jedem Zylinder steht auf der Bodenplatte ein Aluminiumtrichter (Fig. 1 und 9, TR), dessen oberer Rand (\varnothing 15 cm) etwa 3 cm vom Unterrand des Zylinders entfernt ist. Mit seiner Spitze steht der Trichter in einer konischen Öffnung der Bodenplatte (Dicke 4 cm), so dass sein kurzes Mündungsstück unten etwa 1 cm herausragt. Hier mündet der Trichter in das Auffanggläschen (Fig. 1, AG), das durch eine Aluminiumschiene (U-Profil) getragen wird. Diese quer zum Tisch verlaufene Schiene (Fig. 1, SS) ist beidseitig an den Längsträgern des Gestelles befestigt und unter jeder Trichteröffnung mit einem quadratischen Tragplättchen für das Auffanggläschen versehen.

Der Zylinder enthält zwei aufeinanderliegende Drahtgitter (Fig. 1, SI) unterschiedlicher Maschenweite. Diese werden durch ein aus gespanntem Draht bestehendes Stützdreieck gehalten. Das untere, weitmaschigere Gitter (5 mm) ist rund und hat den gleichen Durchmesser wie die Zylinderöffnung. Das obere, feinmaschigere Gitter (1,5 mm) ist quadratisch (10 x 10 cm) und bedeckt somit das untere nur teilweise. Feine Erdkrumen werden somit weitgehend zurückgehalten, ohne dass vereinzelt auftretende grössere Arthropoden am Verlassen der Proben gehindert werden.

² Alucopan-Platten sind Sandwich-Platten mit einem Poly-Urethan-Kern, der beidseits mit 1 mm dicken Aluminium-Blechen beschichtet ist. Sie sind leicht, äusserst tragfähig und haben einen sehr hohen Wärmeisolationswert.

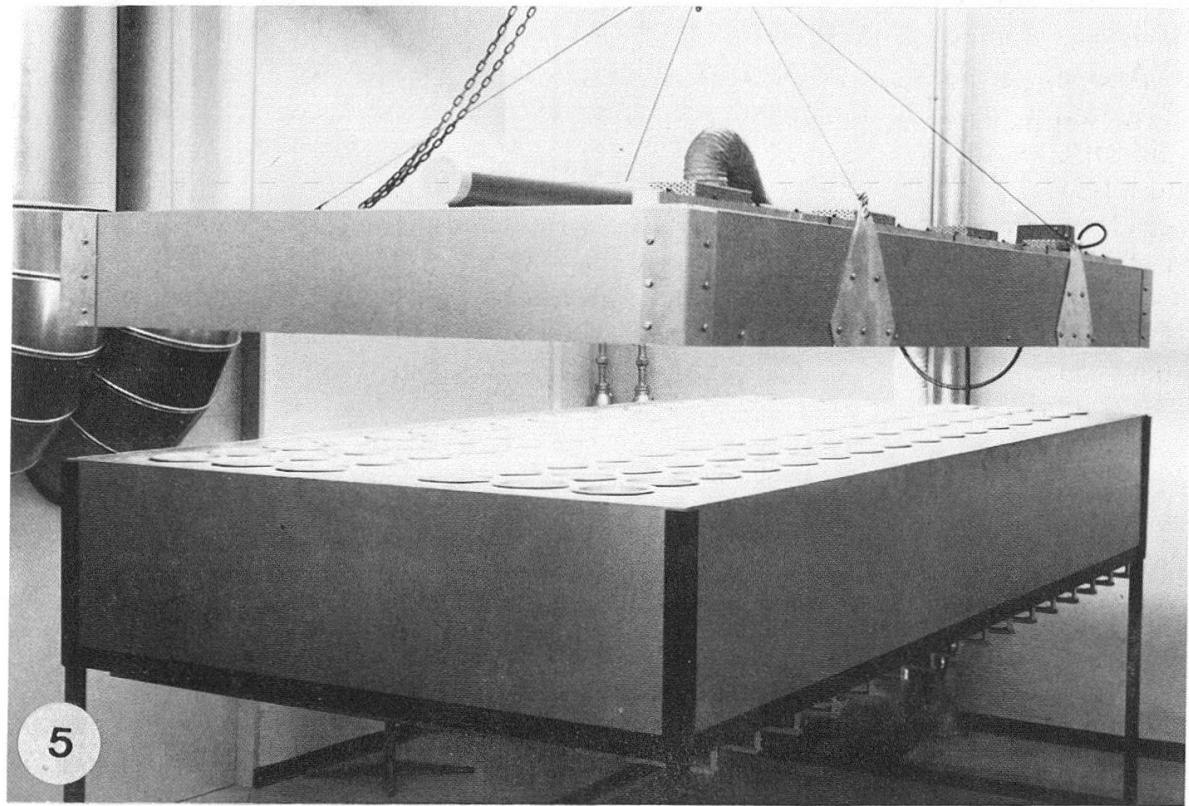
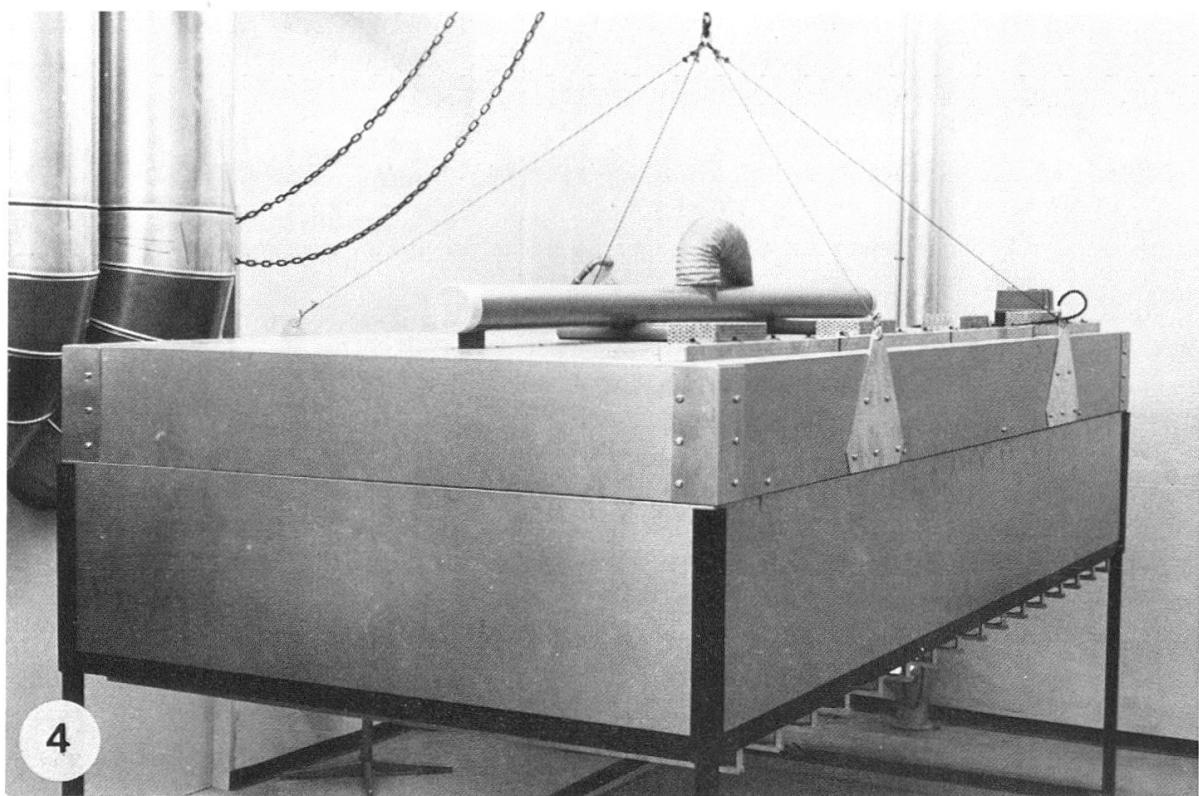
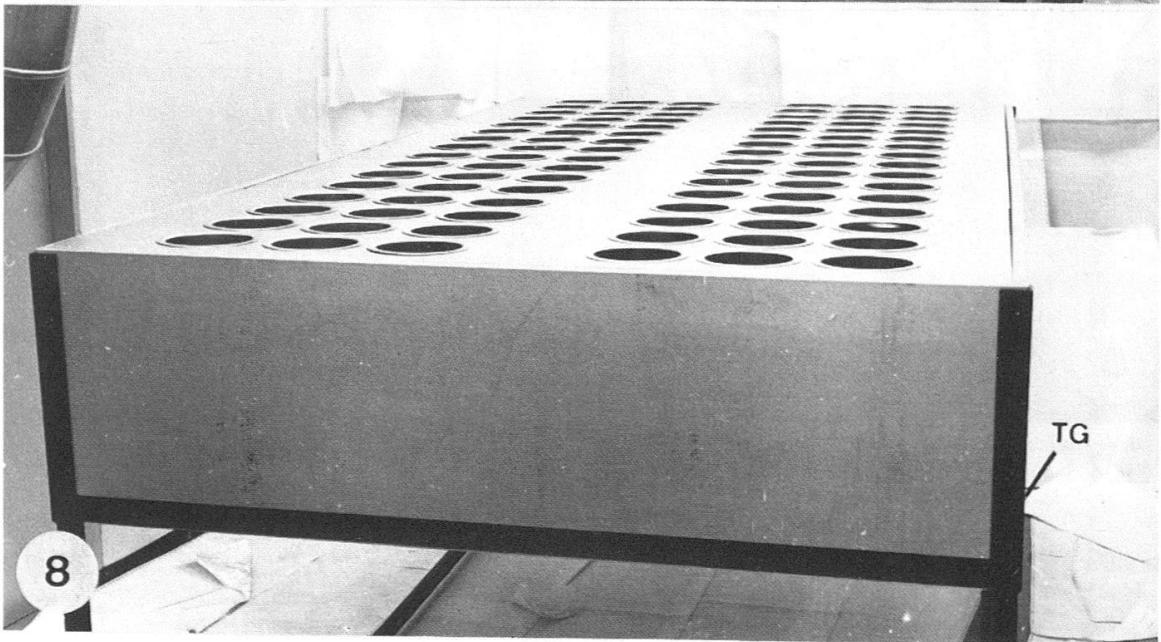
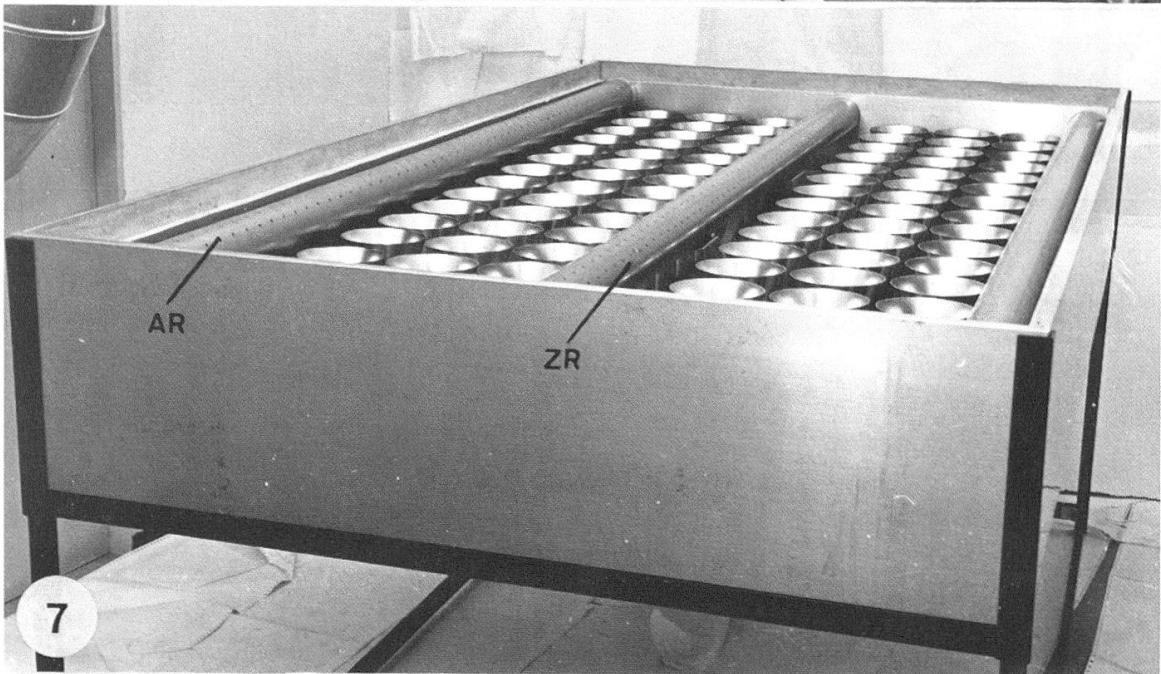
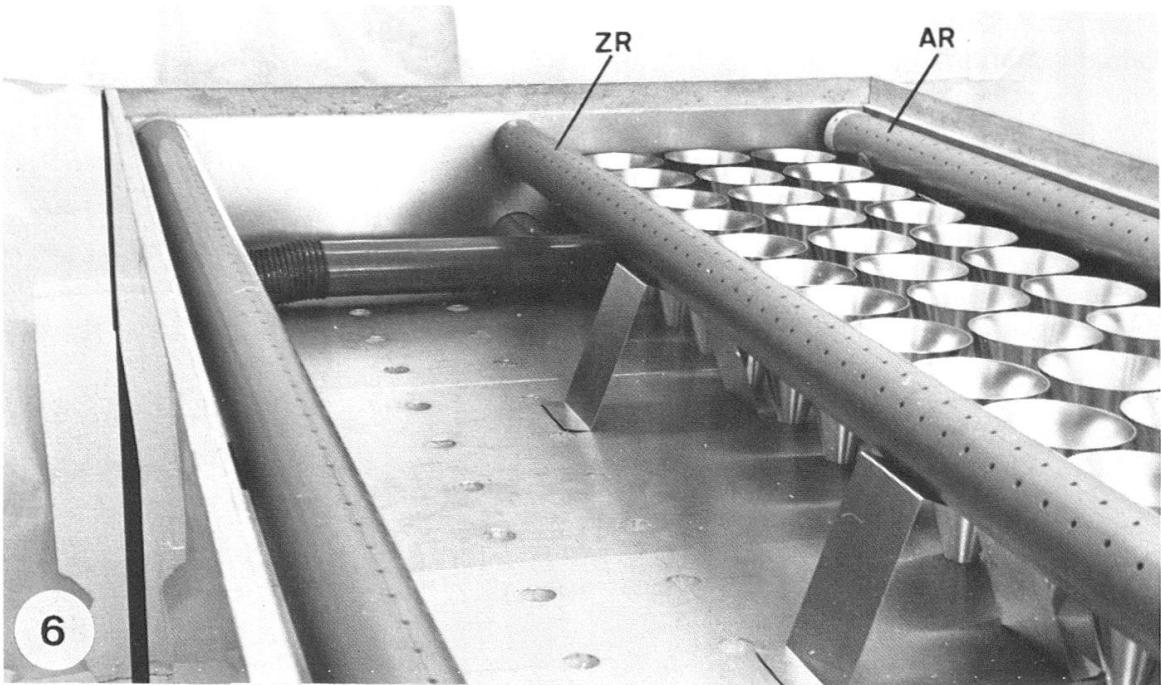


Fig. 4-5: Gesamtansicht des Apparates, geschlossen (4) bzw. offen (5).



Deckel

Der Deckel, ein nach unten geöffneter Kasten aus Alucopan®-Platten (Höhe 22 cm), stimmt in Länge und Breite genau mit dem Tisch überein. Während der Extraktion bleibt er auf dem Tisch aufgesetzt, so dass über dessen Deckplatten ein geschlossener Hohlraum entsteht. Entsprechend den Elementen des Tisches besteht die Oberseite des Deckels aus vier Platten, die je 24 Glühlampen (Fig. 1 und 11, GL) und in der Mitte quer zum Apparat eine Neonlampe (Fig. 1 und 11, NL) tragen. Jede Glühbirne kommt genau über das Zentrum des entsprechenden Zylinders mit der Bodenprobe (Fig. 1, PR) zu liegen.

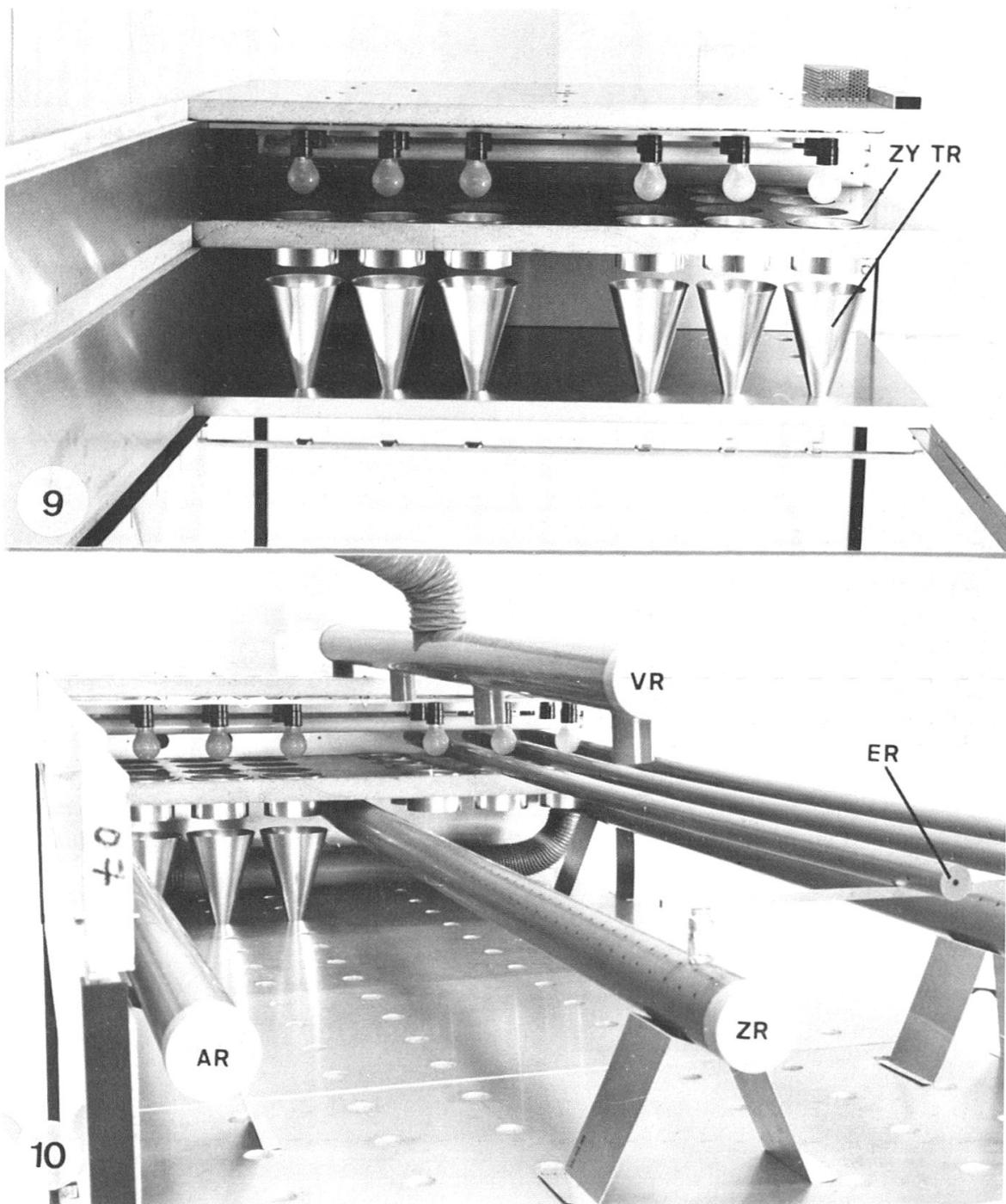


Fig. 6-10: Aufbau des Tisches (6-8), Querschnitt-Montage (9) und Details des Kühlungs- bzw. Entfeuchtungssystems (10) (Abkürzungen siehe Fig. 1-3).

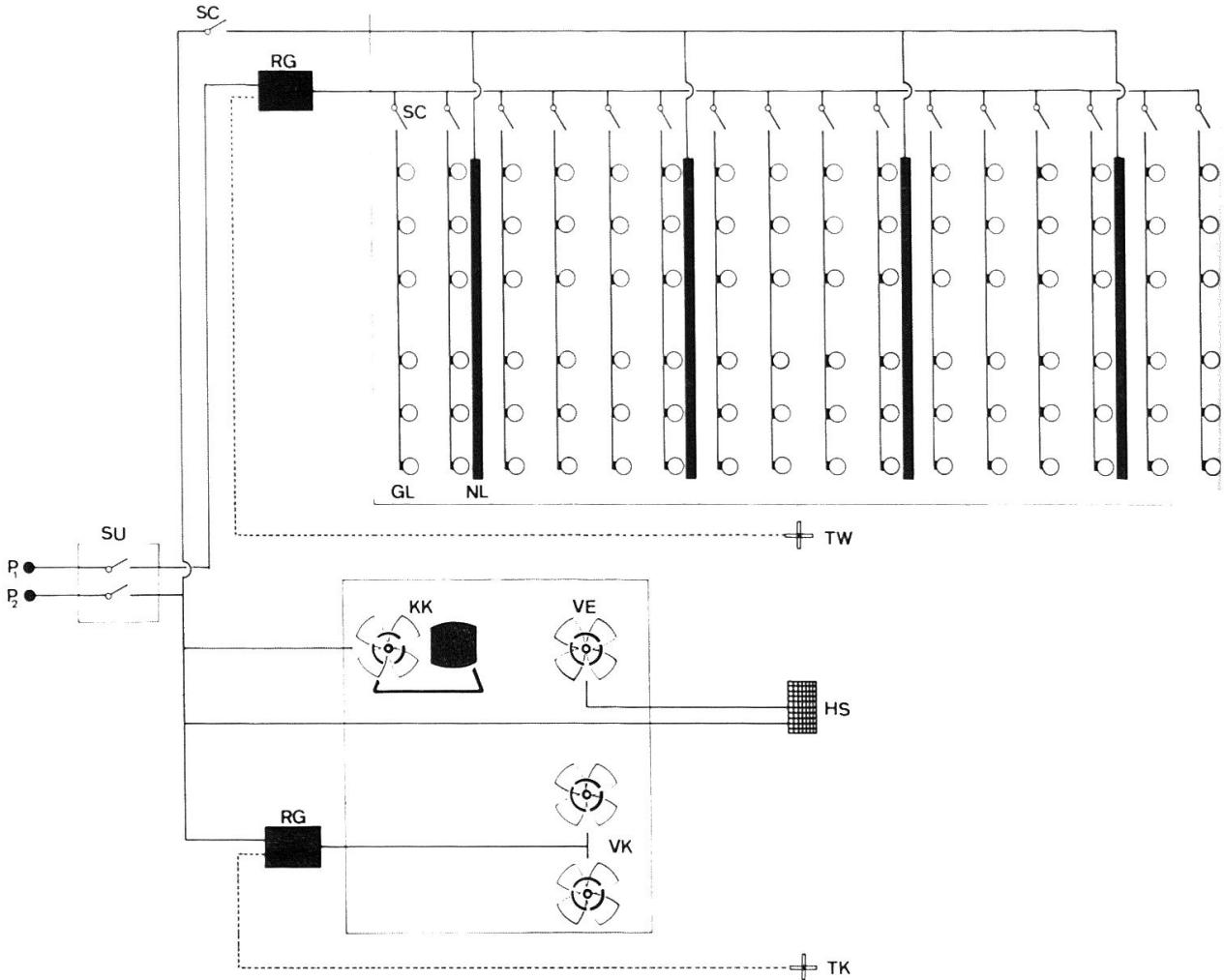


Fig. 11: Elektroplan (P_1 und P_2 , Phase 1 und 2; RG, Regler; SC, Schalter; SU, Schütz).

Die Wärmeabgabe wird über einen Spannungsregler aufgrund der von einem Thermistor (Fig. 1 und 11, TW) an der Oberfläche einer der Erdproben gemessenen Temperatur gesteuert. Der gewünschte Sollwert kann am elektronischen Regler, der sich ausserhalb des Apparates befindet, eingestellt werden (Fig. 11).

Je 6 Glühbirnen sind an einer Aluminiumschiene quer zum Apparat montiert. Sie bilden eine elektrische Untereinheit und können durch einen Schalter auf der Deckeloberseite bedient werden (Fig. 11). So müssen bei unvollständiger Belebung des Apparates nicht alle Glühlampen eingeschaltet bleiben. Für das Einfüllen der Bodenproben kann der an einem Flaschenzug (Fig. 1, FZ) befestigte Deckel abgehoben werden.

Kühlungs- und Luftentfeuchtungseinheit

Die Kühlungs- und Entfeuchtungseinheit umfasst den Kältekompressor (Fig. 3 und 11, KK), das Kühlelement mit den beiden Ventilatoren für die Kühlumsetzung, den Luftentfeuchter mit seinem Ventilator sowie die zur Verbindung mit dem Apparat notwendigen Rohrsysteme³. Um eine Übertragung von Vibratio-

³ sämtliche starren Rohre sind aus grauem PVC

nen auf den Apparat zu vermeiden, sind sämtliche Elektromotoren ausserhalb des Apparates in einem separaten Kasten untergebracht, welcher nur über flexible Plastik-Schläuche mit dem Apparat verbunden ist.

Kühlung: Die Aufgabe der Küheinheit besteht darin, den Trichterraum zu kühlen. Die am Kühlelement abgekühlte Luft wird durch das oberseits perforierte (Lochdurchmesser 5 mm) zentrale Zuführrohr (Fig. 1, 3, 6, 7 und 10, ZR) in den Trichterraum eingeblasen. Sie strömt zwischen den Trichtern hindurch zu den ebenfalls perforierten Absaugrohren (Fig. 1, 3, 6, 7 und 10, AR), die sie wieder dem Kühlelement zuführen. An der Unterseite einer der Erdproben wird die Temperatur durch einen Thermistor (Fig. 1 und 11, TK) gemessen. Der an diesen Thermistor angeschlossene elektronische Regler steuert entsprechend dem gewählten Sollwert durch Ein- oder Ausschalten der Ventilatoren den Umsatz an Kühlung. Das Zuführrohr ist zu einem Drittel mit Wasser gefüllt, um eine konstante hohe Luftfeuchtigkeit im Trichterraum zu gewährleisten. Eine Austrocknung der Proben von unten her wird dadurch vermieden.

Entfeuchtung: Im Deckel nimmt die Luft laufend Feuchtigkeit aus den erwärmeden Proben auf. Um eine kontinuierliche Austrocknung der Proben von oben her zu erhalten, muss diese Luft ständig entfeuchtet werden. Die feuchte Luft wird von 6 dünneren Rohren (\varnothing 4 cm) (Fig. 1, 2 und 10, ER) abgesaugt. Von feinen querlaufenden Aluminiumschienen gestützt, liegen sie längs im Deckel zwischen den Zylinderreihen. Auf jeden Zylinder ist ein Absaugloch (\varnothing 5 mm) gerichtet. Die so abgesaugte Luft gelangt ins Sammelrohr (Fig. 2, SR, \varnothing 9 cm) ausserhalb des Deckels, wird von dort ins Kühlgerät geleitet und in einer vom Kühlungssystem abgetrennten Kammer leicht abgekühlt, so dass die aus den Proben aufgenommene Feuchtigkeit auskondensiert. Die so entfeuchtete Luft gelangt über das Verteilrohr (Fig. 1, 2 und 10, VR, \varnothing 9 cm) auf dem Deckel durch die perforierten Fassungen der Neonlampen wieder in den Deckelraum. Ein Hygrostat (Fig. 1 und 11, HS) in der Mitte des Deckels steuert durch Ein- oder Ausschalten des Ventilators diese Luftzirkulation im Deckel.

FUNKTION UND EFFIZIENZ

Wir möchten mit unserem Apparat eine möglichst vollständige Extraktion der Bodenarthropoden unter möglichst weitgehend kontrollierten und daher reproduzierbaren Bedingungen erreichen. Wenn es vielleicht überhaupt unmöglich ist, völlig fehlerfreie Aussagen über die absolute Populationsdichte bestimmter Bodenarthropoden in einer Probe zu erhalten, so dürfte es mit der hier beschriebenen Methode immerhin möglich sein, unvermeidliche Fehler bei der Extraktion praktisch konstant zu halten und so sehr zuverlässige Aussagen über relative Dichten zu erhalten.

Die Extraktion soll in unserem Apparat dadurch erreicht werden, dass die Tiere einem sinkenden Temperatur- und einem steigenden Luftfeuchtigkeitsgradienten folgend die langsam von oben her austrocknende Probe nach unten verlassen. Für negativ phototaktische Tiere kann zusätzlich auch die Beleuchtung der Probe von oben eine Wanderung nach unten verstärken.

Im folgenden seien die Ergebnisse der ersten Testläufe mit dem Prototyp des Apparates kurz dargestellt. Dieser war hierfür in einem Zimmer aufgestellt worden, wo im Durchschnitt eine Temperatur von etwa 20 °C und eine relative Luftfeuchtigkeit von etwa 40% herrschten. Die verwendeten Bodenproben stammten aus

einem alpinen Rasen (*Caricetum firmae*, 2500 m ü.M.) aus dem Schweiz-Nationalpark im Engadin (Kt. Graubünden). Zwischen Entnahme im Feld und Extraktion waren die Proben luftdicht verschlossen etwa während 18 Stunden bei Zimmertemperatur aufbewahrt worden. Eine Bodenprobe bestand aus einem Zylinder von 5 cm Durchmesser und etwa 5–8 cm Höhe (je nach Tiefgründigkeit des Bodens). Bei tiefgründigeren Böden wurden die ausgestochenen Zylinder möglichst entsprechend der zu beobachtenden Bodenhorizonte in zwei bis drei Einzelproben von durchschnittlich etwa 5 cm Höhe zerlegt. Die Bodenproben wurden sorgfältig von Hand auseinandergebrochen, bevor sie zur Extraktion auf die Drahtgitter in den Aluminiumzylindern gelegt wurden. Als Auffangflüssigkeit diente das Fixiergemisch von TOERNE (1965), das den grossen Vorteil hat, auch die Collembolen sofort untersinken zu lassen.

Feuchtigkeitsverhältnisse: Durch Test-Messungen konnte gezeigt werden, dass im beschriebenen Apparat eine schonende Austrocknung der Proben von oben nach unten erreicht werden kann. An Test-Proben aus zerknülltem angefeuchtetem Papier kann diese Wirkung nach etwa einem Tag Extraktionsdauer sogar durch Befühlen mit der Hand eindeutig nachgewiesen werden. Zwanzig Stunden nach Beginn einer Extraktion von normalfeuchten Bodenproben wurden mit einem Rotronic-Hygroskop zusätzlich Messungen der relativen Luftfeuchtigkeit (rF) an verschiedenen Stellen des Apparates gemacht. Unter Berücksichtigung der jeweiligen Temperatur konnte die absolute Luftfeuchtigkeit (aF) bestimmt werden.

Im Trichterraum bleibt der absolute Feuchtigkeitsgehalt der Kühlluft praktisch konstant. Im getesteten Fall enthielt die Kühlluft beim Austritt aus dem teilweise mit Wasser gefüllten Zuführrohr (Fig. 1, 3, 6, 7 und 10, ZR) 7,5 g Wasser/m³ bei einer Temperatur von 15 °C, was einer rF von etwa 60% entspricht. Derselbe Wassergehalt konnte auch bei Messungen im Absaugrohr (Fig. 1, 3, 6, 7 und 10, AR) festgestellt werden. Die Luft nimmt also im Trichterraum praktisch keine Feuchtigkeit aus den Proben auf. Eine Abscheidung von Kondenswasser an den Trichterwänden konnte nie beobachtet werden.

Im Deckel hingegen nimmt die Luft Feuchtigkeit aus den Proben auf. Durch die laufende Entfeuchtung wird erreicht, dass die Wasseraufnahmekapazität der Luft im Deckel immer grösser ist als im Trichterraum. Bei zu niedrigen rF-Werten im Deckel (unter 40%) wird die Luftpumpe eingestellt; für die Regelung ist der in der Mitte des Deckels aufgehängte Hygrostat verantwortlich. Eine kontinuierliche aber nicht allzu schnelle Austrocknung der Proben kann somit gewährleistet werden. Bei der Test-Messung im Deckel enthielt die eintretende Luft von 19 °C 9,3 g Wasser/m³ (rF = 58%), die Luft im Sammelrohr (Fig. 2, SR) hingegen 11,5 g Wasser/m³, was bei der hier herrschenden Temperatur von 28 °C einer rF von 40% entsprach.

Temperaturverhältnisse: Der zwischen oberem und unterem Teil des Apparates sich einstellende Temperaturgradient wurde während eines Tages vom Beginn des Testlaufs an regelmässig überprüft und zeigte nur vernachlässigbar kleine Schwankungen (Fig. 12). Das Sieb, welches die Bodenprobe trägt, liegt so im Zylinder, dass diese nicht in den Trichterraum hinunterragt. Innerhalb der Probe herrscht somit ein vertikaler Temperaturgradient. Als Messfühler zur Regelung dieses Gradienten dienen zwei Termistoren, die an der Ober- bzw. an der Unterseite einer Probe angebracht werden. Aufgrund der Messungen an dieser Regelprobe werden die Temperaturverhältnisse über eine elektronische Regelung den Sollwerten laufend angepasst; dies erfolgt durch stärkeres oder schwächeres Eglühen der Lampen bzw. durch Ein- oder Ausschalten der für die Kühlluftzufuhr verantwort-

lichen Ventilatoren im Kühlgerät. Es wird also hiermit genau der Temperaturgradient innerhalb einer Probe geregelt und nicht derjenige zwischen zwei beliebigen Punkten im Deckel beziehungsweise im Trichterraum. Da die Messungen an der Regelprobe für die Regelung der Temperaturverhältnisse im ganzen Apparat massgebend sind, soll hierfür eine Probe gewählt werden, die in ihrer Grösse und Struktur möglichst etwa einem Durchschnitt aller gleichzeitig zu extrahierenden Proben entspricht. Messungen an verschiedenen Stellen im Apparat zeigten, dass zwischen vergleichbaren Punkten, die horizontal in der gleichen Ebene liegen, nur geringe Temperaturschwankungen zu beobachten sind (normalerweise höchstens 1 bis 2 °C). Es herrschen also für alle Proben, ob sie nun nahe der Mitte oder nahe dem Rand des Apparates liegen, praktisch gleiche Bedingungen (Fig. 12).

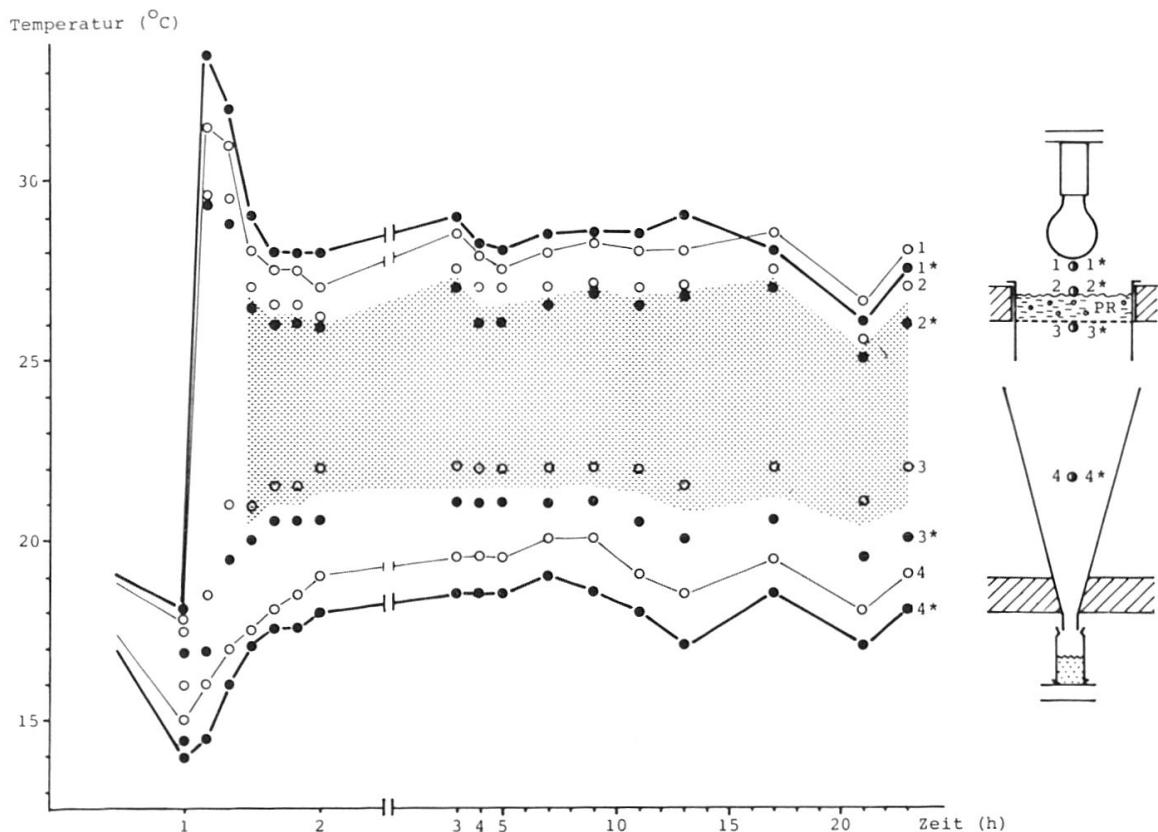


Fig. 12: Temperaturgradient im Apparat während eines Tages ab Beginn eines Testlaufs. Anfänglich war nur die Kühlung in Betrieb, nach einer Stunde wurden auch die Glühlampen eingeschaltet. 1-4: Mess-Stellen an einer Probe der Aussenreihe (nahe dem Absaugrohr für Kühlluft, AR); 1*-4*: Mess-Stellen an einer Probe der Innenreihe (nahe dem Zuführrohr für Kühlluft, ZR). Der dem mittleren Gradient innerhalb der Proben entsprechende Bereich ist punktiert dargestellt (PR = Bodenprobe).

Extraktionsverlauf: Der für die bisherigen Extraktionen verwendete, auch mit nicht sehr leistungsfähigem Kühlaggregat ($\frac{1}{3}$ PS beim Prototyp⁴) leicht zu erreichende vertikale Temperaturgradient von etwa 5 °C innerhalb einer Probe genügte vollauf, um eine sehr zufriedenstellende Extraktion zu erreichen. Um einen Einblick in den Verlauf der Extraktion zu erhalten und um ihre Mindestdauer festlegen zu können, wurden während zweier Testläufen bei einigen Proben täglich die Auffangglässchen gewechselt. Die Ergebnisse, die sich hierbei ergaben, sind für einen Testlauf in Fig. 13-20 dargestellt. Wie gewünscht scheint die Austrocknung

⁴ bei den beiden weiteren bisher gebauten Apparaten wurden Kühlaggregate von $\frac{3}{4}$ PS verwendet.

der Proben sehr schonend zu erfolgen, denn meist verlässt der Grossteil der Tiere die Proben erst am zweiten oder dritten Tag der Extraktion, die erst nach etwa 5 Tagen als praktisch beendet betrachtet werden kann. Nur in ganz seltenen Ausnahmefällen waren auch am 6. Tag zusätzlich noch vereinzelte Milben zu finden; diese gehörten aber, soweit sich das bis jetzt beurteilen lässt, stets zu bereits in der Ausbeute der vorangegangenen Tage zahlreich vertretenen Arten.

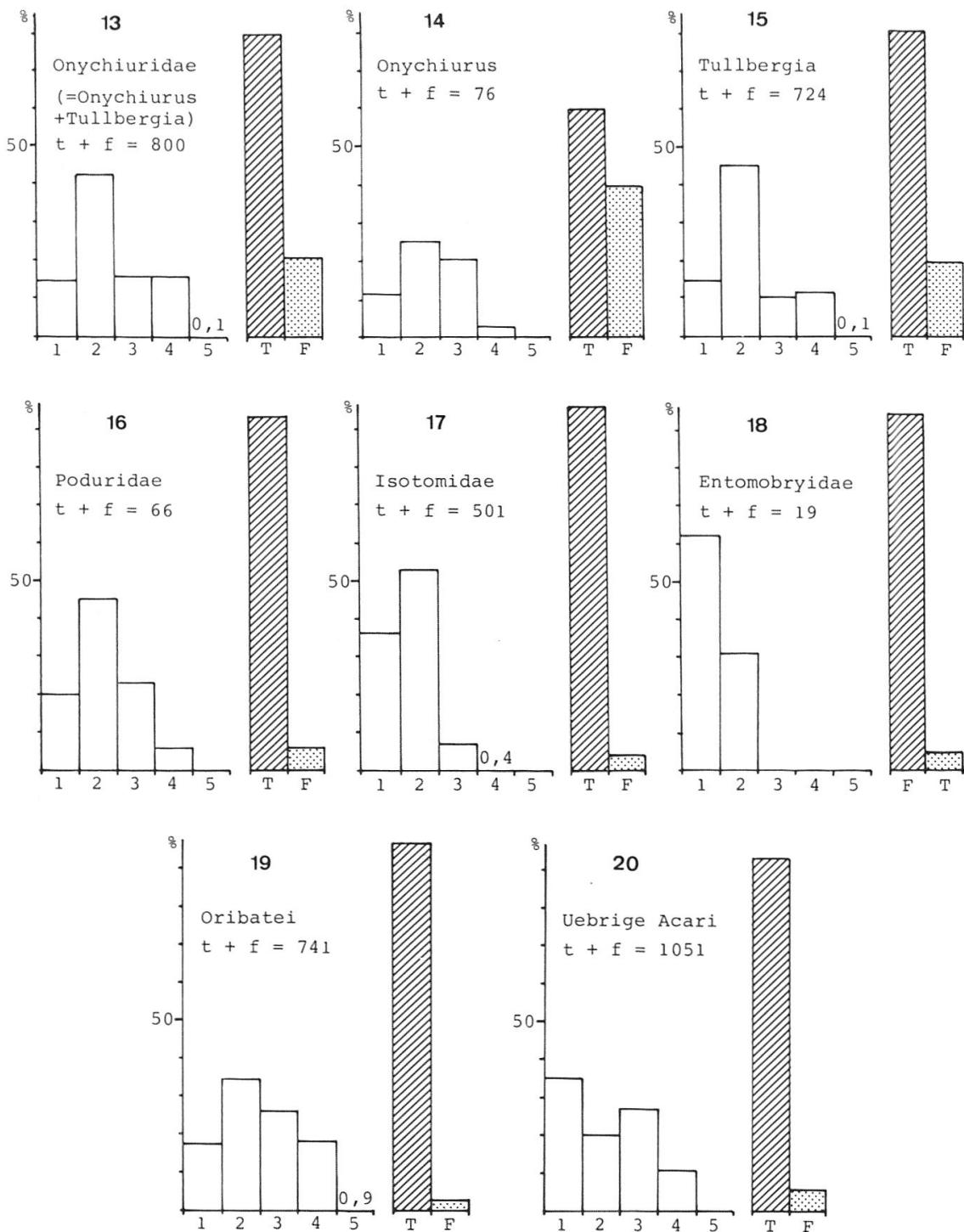


Fig. 13-20: Extraktionsverlauf und Wirkungsgrad. Collembola (13-18) und Acari (19-20). T = Prozentsatz der total mit dem Apparat extrahierten Tiere. F = Prozentsatz der nachträglich durch Flottation extrahierten Tiere. 1-5 = Tage der Extraktion im Apparat.

Effizienz: Die Effizienz der Extraktionsmethode wurde dadurch getestet, dass die erwähnten täglich beobachteten Testproben nach 6 Tagen Extraktion mittels Flottation ausgewaschen wurden (Methode in Anlehnung an SALT & HOLLICK, 1944). Bei so ausgewaschenen Arthropoden, die noch keine Zerfallserscheinungen zeigten, wurde angenommen, sie hätten sich bei der Probenahme lebend im Boden aufgehalten, hätten aber die Probe während der Extraktion aus nicht weiter geklärten Gründen nicht verlassen. Die Summe der total im Apparat extrahierten Tiere (t) und der nachträglich ausgewaschenen Tiere (f) einer Gruppe wird in Fig. 13-20 jeweils als 100% (= t + f) betrachtet. Im Idealfall entspricht dieser Wert dem absoluten Gehalt der Probe an Individuen der betreffenden Gruppe. Die Collembolen wurden normalerweise bis zur Familie aufgeteilt (System nach GISIN, 1960), die Onychiuriden weiter bis zur Gattung; bei den Milben wurden nur zwei Gruppen unterschieden. Aufgrund der analysierten Testproben liegt der Wirkungsgrad ($= \frac{t \cdot 100}{t + f}$) der Extraktionsapparatur für die meisten dieser Gruppen zwischen 93% und 97% und darf als sehr gut betrachtet werden (für die erste Serie von 24 Testproben dargestellt in Fig. 13-20, wobei die *Sminthuridae* nicht berücksichtigt wurden, da insgesamt nur 6 Exemplare extrahiert wurden). Nur bei den Onychiuriden, insbesondere bei der Gattung *Onychiurus* (in den Proben vor allem durch eine Art der *armatus*-Gruppe vertreten) liegt der Wirkungsgrad deutlich tiefer. Bei *Tullbergia* (in den Proben fast nur durch *T. krausbaueri* (BOERNER) vertreten) liegt er durchschnittlich bei 80% und darf durchaus noch als gut betrachtet werden. Die relativ niedrigen Werte bei *Onychiurus* (60%) können vorläufig noch nicht erklärt werden. Vielleicht ist dafür ein spezielles Verhalten der Tiere verantwortlich, das sie bei ungünstigen Umweltbedingungen zur Inaktivität und Abkapselung treibt, wie dies von MASSOUD *et al.* (1968) bei *Onychiurus fimatus* GISIN beobachtet wurde. Vielleicht war es den an ungünstigen Stellen in der Bodenprobe eingeschlossenen, oft relativ grossen und wenig beweglichen *Onychiurus*-Exemplaren aber ganz einfach nicht möglich, die Probe vor dem völligen Austrocknen zu verlassen. Nach mündlicher Mitteilung von Dr. K.E. FLETCHER (Rothamsted) darf ein Wirkungsgrad von etwa 60% für die stets problematische Extraktion von *Onychiurus* noch als durchaus zufriedenstellend betrachtet werden. Bei populationsökologischen Untersuchungen wird aber diesem methodischen Fehler Rechnung zu tragen sein. Um einen Eindruck über die Variation des Wirkungsgrades bei Einzelproben zu erhalten, sind in Tab. 1 für die wichtigsten untersuchten Gruppen einige Werte zusammengestellt, die aus zwei Testläufen stammen, wobei jedesmal die ersten 6 Rasenproben aus dem *Caricetum firmae* berücksichtigt wurden.

Tab. 1: Wirkungsgrade für Einzelproben von zwei Testläufen. In Klammern t + f (es wurden nur diejenigen Gruppen berücksichtigt, die durchschnittlich mit mehr als 5 Individuen in einer Probe vertreten waren).

Probe Nr.	1. Testlauf (Proben vom 14. VII. 1977)						2. Testlauf (Proben vom 9. VIII. 1977)					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Onychiuridae	81 (243)	82 (40)	83 (23)	61 (59)	57 (35)	82 (28)	67 (12)	92 (39)	75 (36)	91 (44)	87 (23)	70 (34)
Isotomidae	95 (77)	100 (40)	100 (102)	89 (62)	93 (29)	100 (44)	96 (57)	100 (59)	75 (8)	95 (45)	100 (14)	100 (98)
Oribatei	100 (110)	100 (107)	100 (66)	98 (49)	95 (58)	100 (30)	90 (40)	98 (63)	98 (84)	95 (59)	85 (13)	100 (82)
Uebrige Acari	64 (28)	100 (180)	97 (32)	94 (118)	91 (87)	96 (47)	94 (51)	100 (45)	84 (25)	98 (132)	97 (77)	95 (146)

SCHLUSSBEMERKUNGEN

Abschliessend dürfen wir sagen, dass wir mit dem hier beschriebenen Apparat in kurzer Zeit mit wenig Arbeitsaufwand eine wirksame und saubere Extraktion der Arthropoden einer grossen Anzahl von Bodenproben durchführen können. Eine unabdingbare Voraussetzung für breit angelegte populationsökologische Untersuchungen mit Bodenarthropoden kann damit als erfüllt betrachtet werden. Weitere Versuchsextraktionen mit den drei zurzeit in der Schweiz in Betrieb stehenden Apparaten werden zeigen, inwiefern sich die Wirkungsgrade für verschiedene Bodentypen unterscheiden. Die Möglichkeit, den Temperaturgradienten je nach Wunsch zu erweitern oder einzuengen, wird es erlauben, in jedem Fall optimale Bedingungen zu schaffen.

LITERATUR

- GISIN, H. 1960. *Collembolenfauna Europas*. Mus. Hist. Nat., Genève, 312 pp.
- MACFADYEN, A. 1961. *Improved funnel-type extractors for soil arthropods*. J. anim. Ecol. 30: 171-184.
- MASSOUD, Z., POINSOT, N. & POIVRE, CL. 1968. *Contribution à l'étude du comportement constructeur chez les Collemboles*. Rev. Ecol. Biol. Sol 5: 283-286.
- PHILLIPSON, J. (ed.) 1971. *Methods of study in quantitative soil ecology: population, production and energy flow*. IBP Handbook No 18, Blackwell Scientific Publications, Oxford and Edinburgh, 297 pp.
- SALT, G. & HOLICK, F.S.J. 1944. *Studies of wireworm populations. I. A census of wireworms in pasture*. Ann. appl. Biol. 31: 52-64.
- VANNIER, G. 1970. *Techniques relatives à l'extraction des arthropodes du sol*. Editions CNRS, Rech. coop. sur Prog. du CNRS No 40, Paris, 259-319.
- VON TOERNE, E. 1965. *Erfahrungen bei der Fixierung und Konservierung von kleinen terricolen Arthropoden*. Mitt. Deutsch. Ent. Ges. 24: 67-69.