

MITTEILUNGEN DER POLLICHIA	III. Reihe 21. Band	135. Vereinsjahr 1974	Pollichia Museum Bad Dürkheim	Seite 19 bis 83
-------------------------------	------------------------	-----------------------	-------------------------------------	-----------------

HANS WALLING

Der Eisenerzbergbau am Donnersberg bei Imsbach seit römischer Zeit

Im Rahmen der vor einigen Jahren begonnenen Erforschung des frühen pfälzischen Bergbaues durch das Staatliche Amt für Vor- und Frühgeschichte Speyer wurden auch im Bereich des bekannten Eisenerzbergbaues bei Imsbach am Donnersberg Untersuchungen angestellt. Sie galten vor allem der Erkundung und Erfassung von älteren Bergbauspuren und deren Altersbestimmung. Die bisherigen Kenntnisse über diesen Bergbau sind, gemessen an seinem Umfang und Alter, nicht sehr groß. Dies gilt insbesondere für seine Frühzeit, für die wir bisher weitgehend auf Vermutungen angewiesen sind.

Die Voraussetzung für den dortigen Eisenerzbergbau bildet ein wahrscheinlich hydrothermal im Gefolge von Gesteinsspalten entstandenes gangartiges Vorkommen von Eisenerzen, das in NNW—SSE-Richtung den südwestlichen Teil des Donnersberger Rhyolith-(Porphyry-)massives durchschneidet. Es fällt zwischen 70 und 80 Grad gegen WSW ein. Seine Erzführung bestand vorwiegend aus einem weichen tonigen Roteisenerz in einer lettigen Gangmasse, daneben aber auch aus festen Erzen wie Rot- und Brauneisenstein, Hämatit, Eisenkiesel und verschiedenen Manganverbindungen (ARNDT, REIS und SCHWAGER, 1920: 119 ff.), die teils knollig innerhalb der Gangmasse, oder als Krusten an den Salbändern des Gangzuges auftraten.

Dieses Vorkommen mit seinen teilweise zu Tage austretenden Erzen erweckte wohl schon frühzeitig bergbauliche Interessen. Zwar ist die Anfangszeit des Bergbaues noch unbekannt, wird aber bereits für die vorchristliche Eisenzeit und die darauf folgende römische Zeit angenommen (SPRATER, 1932: 26 ff.)¹⁾.

Im 9. Jahrhundert sollen durch das Kloster Prüm/Eifel als damaligem Grundherrn von Imsbach und Umgebung Schürfungen im Langental (auf Eisen) und im Katharinental (auf Kupfer und Silber) stattgefunden haben und der Hohenfels zum Schutze der Bergwerke befestigt worden sein²⁾ (ROSENBERGER, 1971: 95).

¹⁾ Diese Annahme ist eine Folgerung aus der Tatsache, daß bei Analysen von eisenzeitlichen und römischen Eisenschlacken aus dem Stumpfwald bei Ramsen bzw. aus Eisenberg und von Erzproben aus dem Langental bei Imsbach jeweils Spuren von Nickel festgestellt wurden. Daneben dürfte aber auch noch der für den Kupfererzbergbau („Aia“-Schächte) bei Imsbach nachgewiesene römische Bergbau irrtümlich auf den Eisenerzbergbau übertragen worden sein, da in der älteren Literatur die Angaben zum Eisenerz- oder Kupferbergbau nicht immer eindeutig auseinander zu halten sind.

²⁾ Leider fehlen zu dieser wichtigen Angabe die Quellen, so daß eine Nachprüfung und die Entnahme weiterer Einzelheiten nicht möglich ist.

Für die Folgezeit wird vermutet, daß unter den Herren von Falkenstein der Eisenerzbergbau weitergeführt wurde (FRETZ, 1914: 88).

Beweise für eine Eisenverhüttung und damit auch für einen Bergbau im 14. Jahrhundert lieferten Grabungen auf Burg Hohenfels und in der Emigsdelle (auch Emmesdelle oder Emesdelle genannt) im Winterhalbjahr 1932/33, die einen Zusammenhang der Burg mit dem Eisenbergbau bestätigten und in der Emigsdelle zur Feststellung einer bis 3 Meter starken Eisenschlackenschicht führten. Die darin gefundene, in das 14. Jahrhundert datierende Keramik gleicht der von Burg Hohenfels und endet wie diese mit der Zerstörung der Burg im Jahre 1354³⁾ (SPRATER, 1934).

Mit den etwa 120 Jahre später einsetzenden, jedoch noch sehr lückenhaften urkundlichen Nennungen des Bergbaues ab dem Jahre 1476 bis in das frühe 17. Jahrhundert ist dieser entsprechend belegt. Er muß, wie man daraus schließen kann, recht erfolgreich gewesen sein (SILBERSCHMIDT, 1913).

In der 2. Hälfte des 15. Jahrhunderts wird bei Hochstein eine „Ysen-schmitte mit den Woogen“ erwähnt (Landkreis Rockenhausen, Monographie einer Landschaft, 103), deren Existenz sicher in erster Linie auf die Erze von Imsbach gegründet war. Von ihr bezogen damals die Schmiede der Burg Landsberg bei Obermoschel das benötigte Eisen.

Aus dem Jahre 1534 gibt eine Grenzbeschreibung von Imsbach einen ersten Hinweis auf die Lage und den Namen des damaligen Bergwerkes, der sogenannten „Roden Grueben“ oberhalb den beiden Eppeler (Appel-) Brunnen (FRETZ, 1914: 88). Im Jahre 1544 bezog der leiningisch-hardenburgische Keller einige Wagen Imsbacher Eisen (Beiträge zur pfälzischen Wirtschaftsgeschichte, 1968: 82).

Die Entwicklung von Winnweiler-Hochstein zu einem Zentrum einheimischer Eisenindustrie um 1600 darf als weiterer Beweis für den weiter geführten ertragreichen Betrieb der Eisengruben gewertet werden. Nach einer längeren Zwangspause durch den 30jährigen Krieg und seine Folgen liegen erst wieder Nachrichten aus der Zeit um Mitte des 18. Jahrhunderts vor. Um 1740 begann Johann Nikolaus Gienanth, der von Wattenheim kommend die Hochsteiner Eisenhütte übernahm und ausbaute, im Langental zu schürfen und die dortigen Eisenerzvorkommen zu untersuchen. Am 10. Februar 1742 wurde ihm die Konzession zum Aufsuchen und zur Gewinnung von Eisensteinen im Umfange der gesamten Grafschaft Falkenstein erteilt. Damit begann ein weiterer erfolgreicher Abschnitt in der Geschichte dieses Bergbaues. In diese Zeit fallen auch die Anlage des heute noch bekannten tiefen Stollens (das Eiserne Tor, 1773) und des Gienanth'schen Erbstollens (1840), dessen Mundloch am Ostrand des Ortes ausmündet. Nach dessen Fertigstellung im Jahre 1865 wurden die Zechengebäude im Langental, der sogenannte Langentaler Hof, aufgegeben und abgebrochen. Bereits 1812 — ergebnislos — und wiederholt 1823 beantragt Ludwig von Gienanth die Verkleinerung der Konzession von 1742 wegen der Höhe der auf Grund ihres

³⁾ Die Erbauungszeit der Burg ist unbekannt, liegt aber vor 1100. Ob die Errichtung allein zum Schutze der Bergwerke erfolgte bleibt fraglich. Es ist noch ein anderer, nicht weniger wichtiger Gesichtspunkt dafür in Betracht zu ziehen, nämlich die Sicherung einer alten Höhenstraße (wie sie die spätere sogenannte Rockenhauser Straße vom Beutelfels — Hohenfels — Kübelberg — Marienthal sicherlich darstellt).

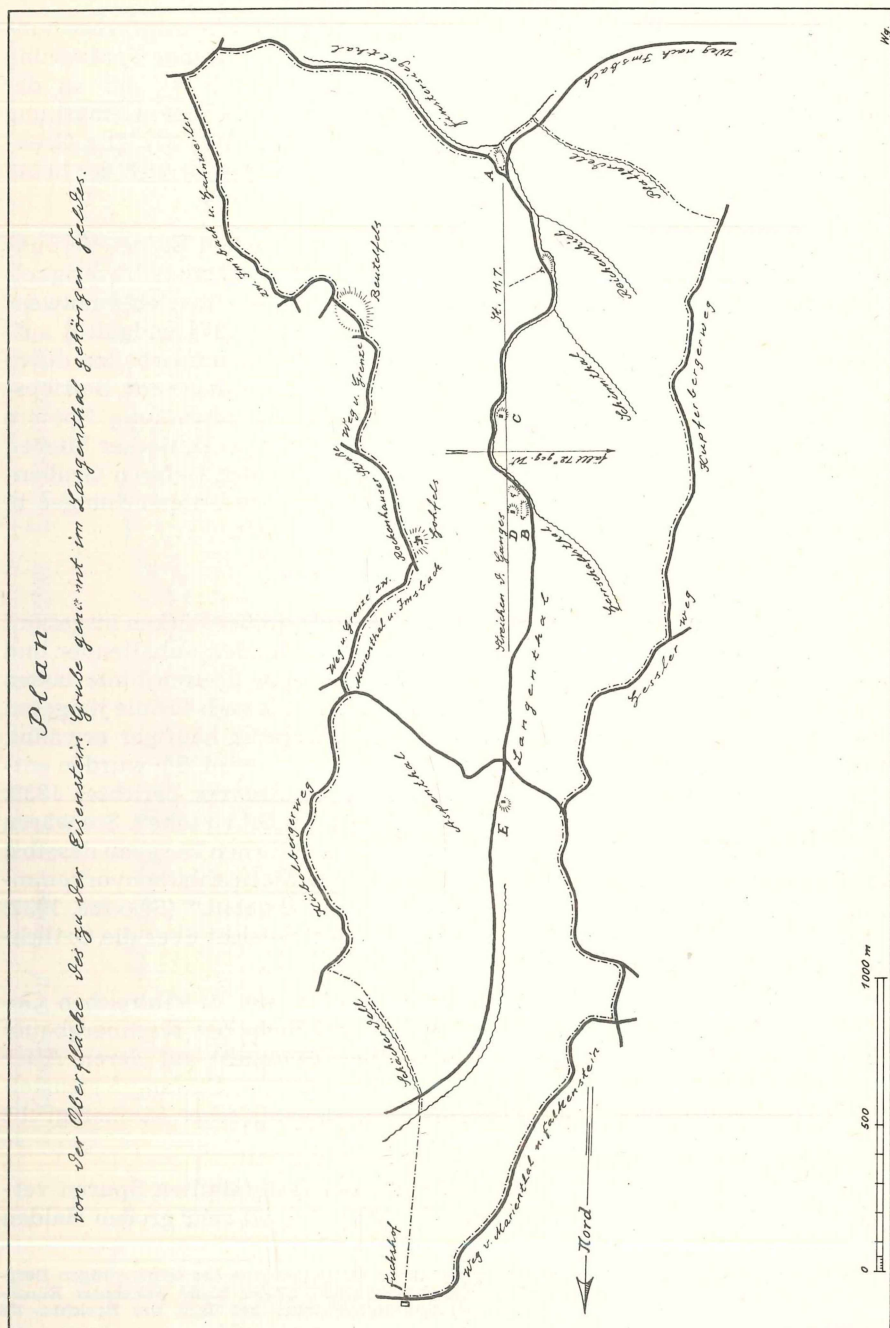


Abb. 1: Grubenfeldplan der Gienanth'schen Eisenerzgrube. Beilage zum Gutachten des Bergamtes Kaiserslautern vom 8. 7. 1823. (Vereinfachte Umzeichnung)

zu großen Umfanges jährlich zu zahlenden Abgaben⁴⁾. Er beanspruchte nunmehr lediglich einen dem Verlauf des Langental's und seiner Fortsetzung nach Norden folgenden länglichen Geländestreifen (Abb. 1), der an der Waldabteilung Finstersichel beginnend bis an den Fuchshof (Gemarkung Falkenstein) reichte (Staatsarchiv Speyer, Bestand N 101, 37). Die Grenzen dieses neuen Grubenfeldes umfaßten damit genau den Bereich der heute noch feststellbaren Bergbaureste.

1868 wird infolge Konkurrenz billigeren ausländischen Eisens, verbunden mit dem Nachlassen der Erzführung und erhöhten Wasserschwierigkeiten beim Tiefergehen in der Grube eine Einstellung des Betriebes notwendig. Anschließend Wiederaufnahmeversuche wurden 1873 endgültig aufgegeben. Um die Jahrhundertwende fanden erneut Versuchsarbeiten durch den bayer. Staat statt. Die folgende, von 1901 bis 1905 dauernde Betriebsperiode unter Salentini diente vorwiegend der Farberzgewinnung. Spätere Versuche in der Zeit von 1921 bis 1923 durch das Stahlwerk Becker blieben erfolglos. Schuld daran waren die Wasserzuflüsse in den tieferen Grubenbauten, denen man nicht Herr werden konnte⁵⁾. Letzte Untersuchungen in der Eisengrube fanden in den Jahren 1936 bis 1940 statt.

Damit enden auch schon die bekannten Tatsachen.

Aus dem vorliegenden Material ergibt sich trotz großer Lücken insgesamt gesehen doch ein anscheinend sehr weit zurückreichender, anhaltender und umfangreicher Bergbaubetrieb, der im Gelände seine Spuren hinterlassen haben muß. Dies gilt gleichermaßen für die älteren als auch für die jüngeren Arbeiten. Letztere werden in Berichten und Literatur häufiger erwähnt, während auf die älteren an keiner Stelle eingegangen wird. Sie wurden entweder übersehen oder als solche nicht erkannt. SPRATER berichtet 1932: „Spuren alter Eisengewinnung sind im Langental nicht zu sehen. Sie wären unter allen Umständen durch den intensiven neuzeitlichen Bergbau daselbst zerstört“ und weiter „Nachforschungen nach alten Eisenschlackenvorkommnissen im ganzen Donnersberggebiet waren ohne Ergebnis“ (SPRATER, 1932: 26 ff.). Außerdem fehlte bisher auch eine Gesamtübersicht über die Örtlichkeit des dortigen Eisenbergbaues.

Trotz dieser negativen Feststellungen wurden nun in zahlreichen Geländebegehungen erstmals eine alle Spuren und Reste des Eisenbergbaues umfassende Aufnahme und Kartierung ohne Rücksicht auf deren Alter durchgeführt, um zunächst einmal den flächenmäßigen Umfang festzustellen. Zwei vorliegende Kopien von Plänen der Gienanth'schen Eisenerzgrube (Abb. 2) leisteten dabei Hilfe⁶⁾.

Schon bald ließen sich an Art und Form der festgestellten Spuren verschiedene Entstehungszeiten ablesen. Die jüngeren, oft sehr großen Halden

⁴⁾ Der Antrag und die daraufhin erfolgte gutachtliche Stellungnahme des seinerzeitigen Bergamtes Kaiserslautern enthalten eine Menge interessanter, bisher kaum bekannter Einzelheiten über den damaligen Grubenbetrieb und sollen daher am Ende des Berichtes als Anhang vorgelegt werden.

⁵⁾ Der Mitteilung eines ehemaligen Bergmannes zufolge sollen damals die in der Grube tätigen Männer und Frauen oft bis hüfthoch im Wasser stehend gearbeitet haben.

⁶⁾ Der Plan Abb. 2 oben ist leider nicht datiert. Nach der Art und dem Vergleich mit ähnlichen Plänen, sowie aus der Tatsache, daß der 1773 angeschlagene Tiefe Stollen bereits darauf dargestellt ist, dürfte er aus der Zeit um Ende des 18./Anfang des 19. Jahrhunderts stammen.

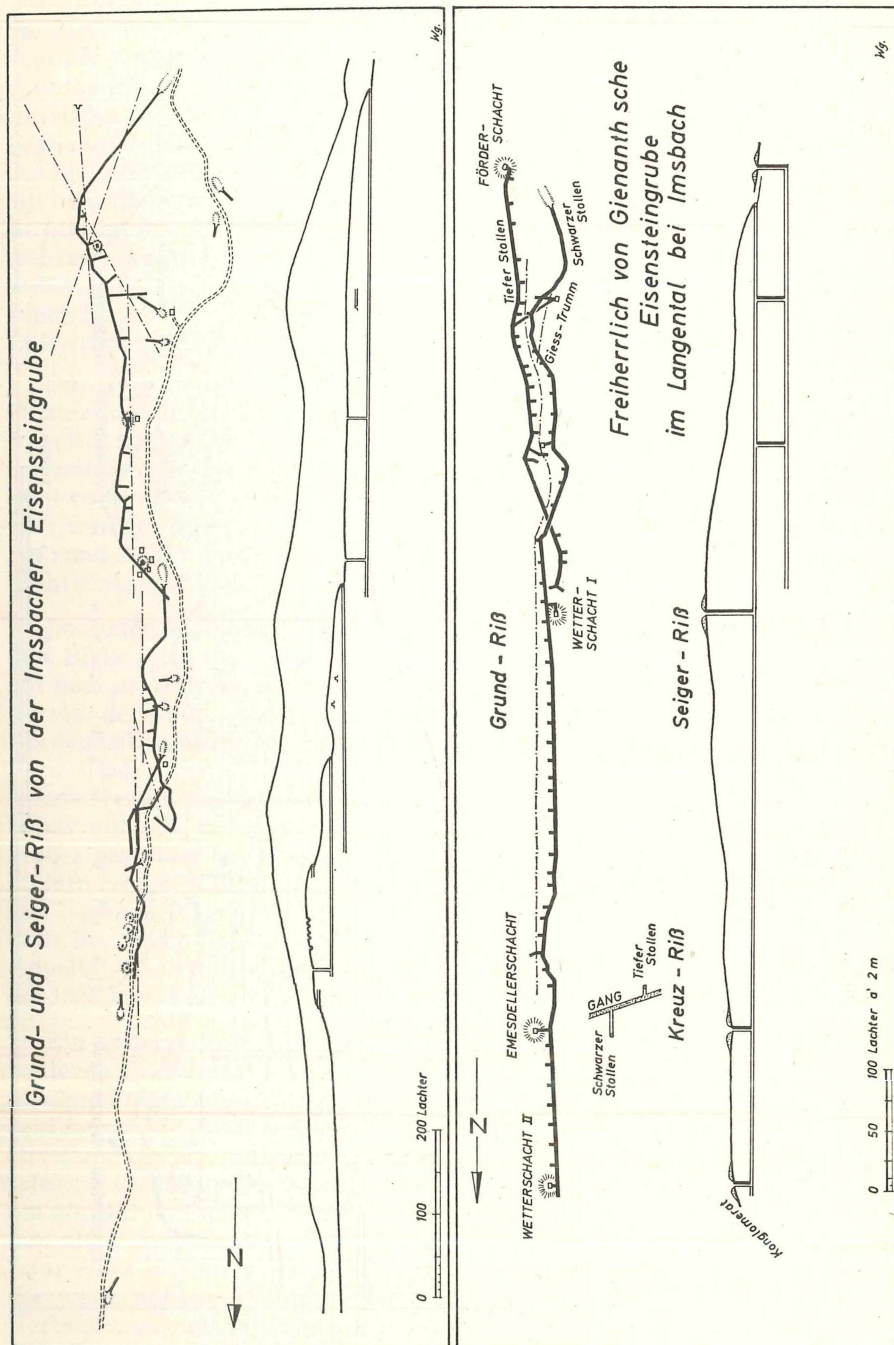


Abb. 2: Grubenpläne der Eisenerzgrube im Langental. Oben: undatierter Plan, vermutlich um die Wende des 18./19. Jahrhunderts. Unten: Plan aus dem Jahre 1854, angefertigt durch den königl. Markscheider Boeckhart.

Der Eisenerzbergbau bei Imsbach

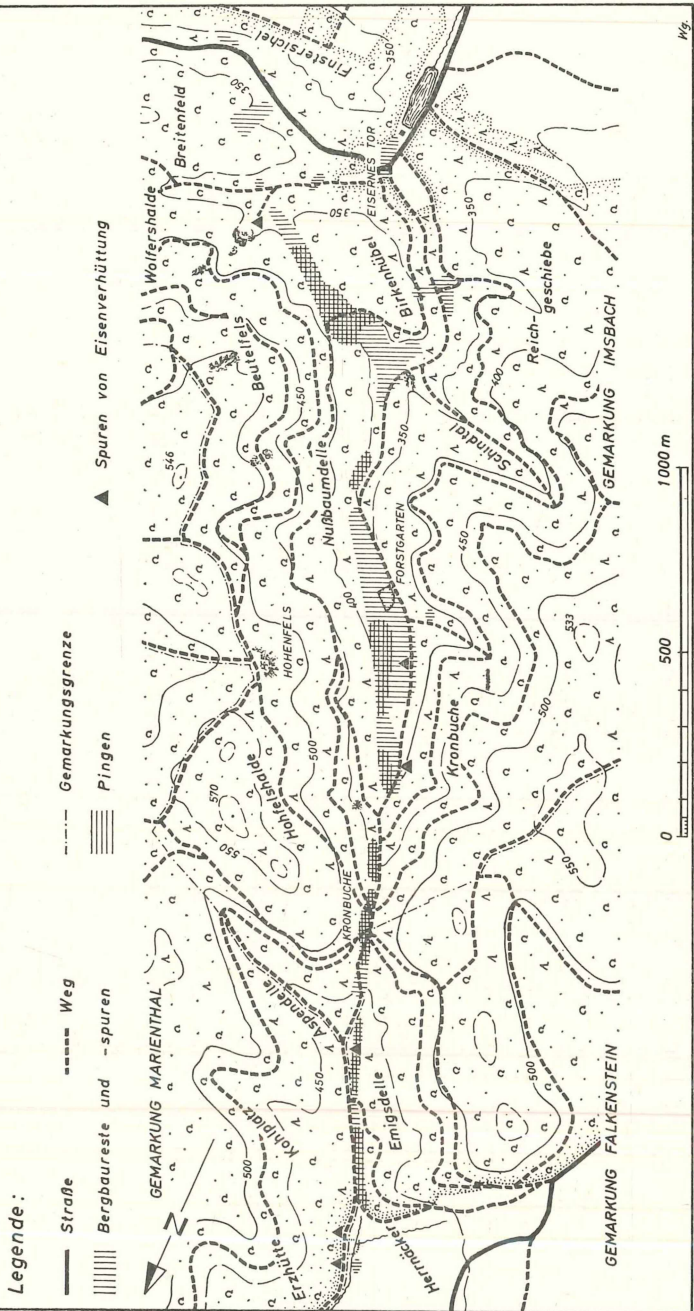


Abb. 3: Übersichtslageplan über den Eisenerzbergbau bei Imsbach.

mit zugestürzten Stollenmundlöchern und Schachtrichtern unterscheiden sich deutlich von den älteren Arbeiten in Form von flachen Mulden, den sogenannten Pingen. Diese treten in sehr unterschiedlichen Formen auf, die von rundlichen über länglich-grabenartige bis völlig unregelmäßige reichen. Sie liegen teils einzeln, meist aber in lockeren Gruppen oder Reihen mehr oder weniger dicht beisammen. Stets bilden sie flache, ausgerundete Vertiefungen mit oder ohne randlichem Haldenwurf. Ihre Größe ist sehr unterschiedlich, sie beträgt bei den rundlichen Typen oft nur einige Meter im Durchmesser, während die grabenartigen bis an 20 Meter Länge aufweisen können. Sie stellen heute die Reste der für die oberflächennahe Erzgewinnung aufgegrabenen Löcher oder Gräben dar, in denen man durch einfaches Umgraben des Erdreiches die Erzknollen aufsuchte und auslas.

Das Gelände des Eisenbergbaues erstreckt sich von der Waldabteilung Finstersichel im Süden (Gemarkung Imsbach) nach Norden bis in das obere Appeltal in der Gemarkung Falkenstein (Abb. 3). Die Gesamtausdehnung des mit Bergbauspuren gekennzeichneten Geländestreifens beträgt insgesamt nahezu 3 000 Meter. Innerhalb dieses Bereiches lassen sich nun, mehr oder weniger dicht und unterbrochen oder überdeckt von jüngeren Halden auf rund 2 500 Meter Erstreckung solche Pingen nachweisen. Sie markieren in ihrer Anordnung sehr genau den Verlauf des Erzvorkommens.

Im Süden beginnen die Pingen im Bereich des kleinen Tälchens zwischen dem Birkenhübel und dem Beutelfels und ziehen nach einer Konzentration auf dem anschließenden Sattel in das Langental, wo — mit Ausnahme im Bereich der Nußbaumdelle — eine größere Lücke feststellbar ist, die bis zum Nordende des heutigen Forstgartens reicht. Möglicherweise sind in diesem Bereich noch weitere Pingen durch die große aus Gienanth'scher Zeit stammende Halde südlich anschließend an den Forstgarten überschüttet. Unmittelbar nördlich dahinter liegt auf einer terrassenartigen Bodenwelle ein großes geschlossenes Pingenfeld von rund 50 Metern Breite und etwa 250 Metern Länge (Abb. 4). Von da an folgen nun weitere, einzeln oder in Gruppen liegende Pingen bis über den Sattel Kronbuche und durch die Emigsdelle bis an die Gewanne Herrnäcker (Gemarkung Falkenstein) im oberen Appeltal. Hier in letzterem Abschnitt, Emigsdelle bis Herrnäcker, ist auch die 1534 erwähnte „Rode Grueben“ zu suchen.

Ein anderes Ergebnis unserer Untersuchungen war der Nachweis von weiteren 5 bis dahin unbekannten Eisenverhüttungsplätzen in Verbindung mit dem Pingenverlauf. Die durch das Auftreten von Eisenschlacken gekennzeichneten Plätze verteilen sich ziemlich gleichmäßig über die gesamte Erstreckung der Pingen. Eine Konzentration wurde im Bereich des Langentales zwischen den Waldabteilungen Hohfelshalde und Kronbuche und ganz am nördlichen Ende des Pingenvorkommens im oberen Appeltal unterhalb den alten Appelquellen festgestellt. Hier ist in den Wiesen auch noch die Spur eines kleinen künstlich angelegten Weihers zu erkennen, der möglicherweise mit dieser Verhüttungsanlage — vielleicht als Erzwäsche — in Verbindung stand. Allem Anschein nach ist hier mit einem größeren Betrieb zu rechnen. Die angrenzende Waldabteilung trägt den Namen Erzhütte.

Auf dem östlich nebenliegenden Rückensporn des Kübelberges befindet sich eine Abschnittsbefestigung, deren Abschnittswall mit vorliegendem

Graben in dieser Form an Anlagen der ottonisch-salischen Zeit erinnert. Angesichts der bisherigen Fundleere steht eine Datierung noch aus. Eine Verbindung dieses Platzes mit dem frühen hochmittelalterlichen Bergbau dieses Bereiches vor Errichtung von Burg Hohenfels erscheint denkbar.

Ausgehend von diesen neueren Feststellungen wurde nun eine erste kleinere Grabung im Langental angesetzt, die zunächst einmal dazu dienen sollte, Möglichkeiten und Aussichten für größere Grabungen zu prüfen. Sie fand in der Zeit vom 12. mit 23. 8. 1974 statt und stand unter Leitung des Verfassers⁷⁾. Als Untersuchungsobjekte waren 2 Pingen innerhalb des großen Pingenfeldes nördlich anschließend an den Forstgarten, eine lange terrassenartige Halde am Fußende dieses Pingenfeldes, der rund 400 Meter weiter talaufwärts, westlich des Talweges liegende Verhüttungsplatz und eine weitere Pinge in dessen unmittelbarer Nachbarschaft, östlich des Weges, vorgesehen (Abb. 4, Stellen 1—4).

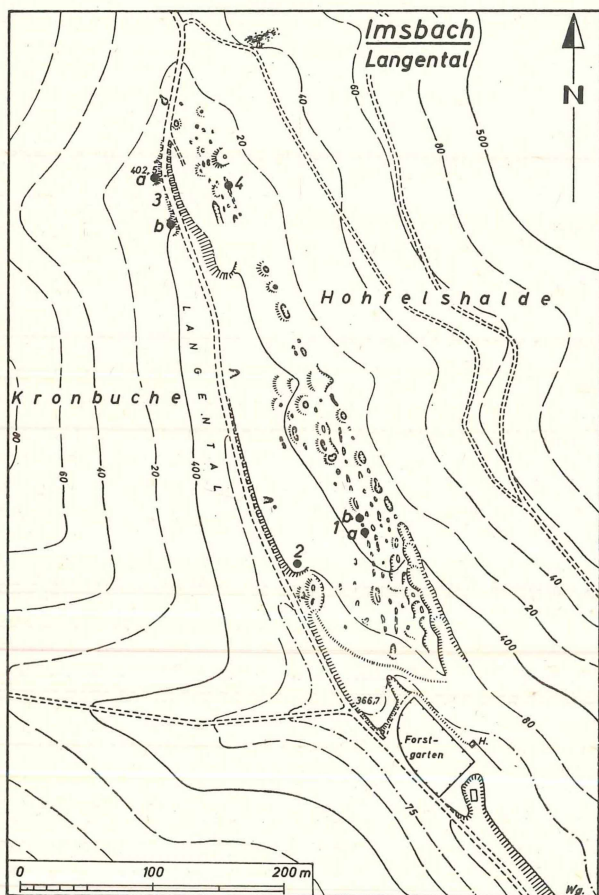


Abb. 4:
Lageplan der
Grabungen im
Langental.

⁷⁾ An dieser Stelle sei nochmals den daran Beteiligten gedankt, vor allem aber auch den zuständigen Beamten der Forstverwaltung und der Verbandsgemeindeverwaltung Winnweiler für die gewährte Unterstützung.

Die Untersuchung begann an einer langen grabenartigen Pinge (Stelle 1 a) als Teil einer längeren, N—S verlaufenden Pingenreihe. Die oberflächlich erkennbare Länge der Pinge beträgt 9,50 m, die Breite um 2,00 m (Abb. 5). Sie tritt als flache, ausgerundete Mulde von 0,30 m Tiefe in Erscheinung. 1,20 m hinter ihrem Südende wurde eine 3 m lange pingenbreite Fläche ausgehoben, wobei sich deren spätere Einfüllung aus lockerem, humosem lehmigem Porphyrschutt sehr deutlich von den festen Pingenwänden absetzte. Die Sohle der Pinge liegt 1,50 m unter der Geländeoberfläche, die Breite schwankt zwischen 1,40 bis 1,70 m. Die Wände sind uneben und fallen unregelmäßig steil nach unten ein und gehen in die flach gerundete Sohle über. Diese besitzt eine Breite zwischen 0,30 bis 0,60 m. Die Pinge steht nach dünnem Waldhumus und Hangschotter ab 0,40 m in der „Erzschicht“. Sie besteht aus rotbraun-violett gefärbtem Lehm mit wenig Porphyrgus. In ihr sind völlig unregelmäßig feste und tonige Erzbrocken oder -knollen von Nuß- bis Kinderkopfgröße eingelagert (Abb. 6). Das feste Erz tritt dabei teils als Hämatit, teils als faseriger Rot- und Brauneisenstein, als toniger Brauneisenstein und Eisenkiesel sowie in Form verschiedener Manganverbindungen auf. Einzelne dazwischen liegende größere Porphyrstücke

Imsbach
Langental

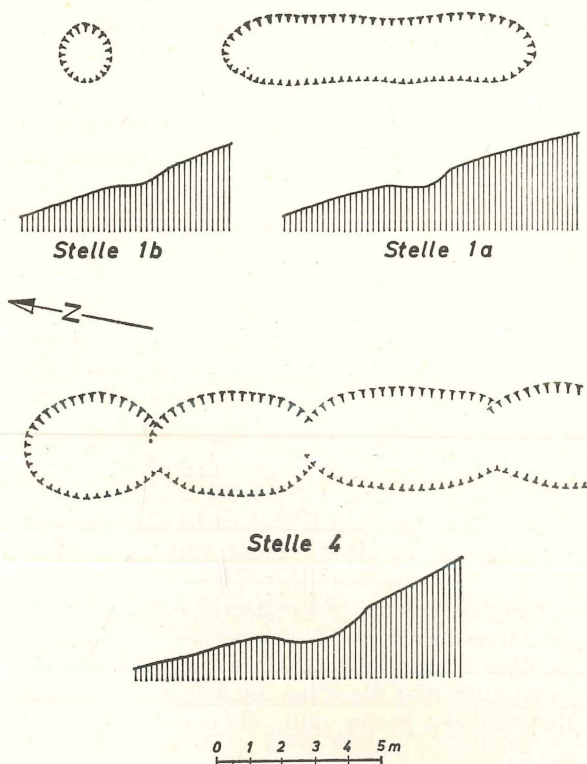


Abb. 5:
Oberflächengrundriß
und -form der Pingen
1 a, b und 4.

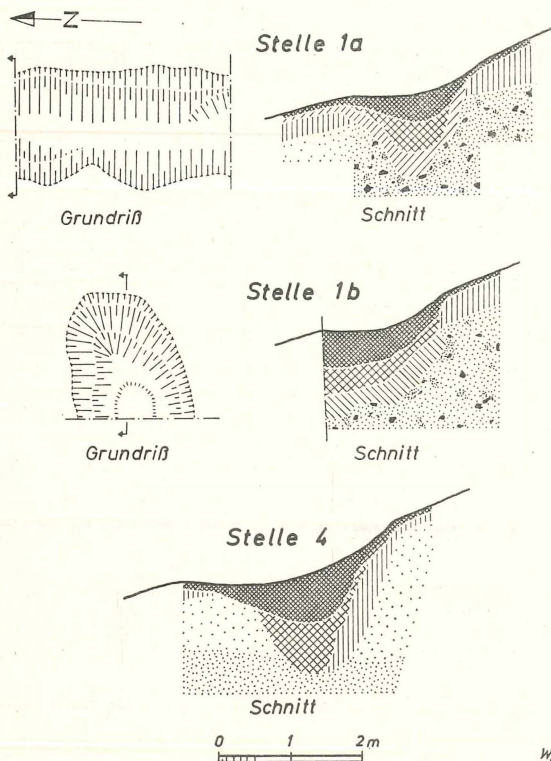
Imsbach
Langental

Abb. 6:

Freigelegte Grund-
risse und Quer-
schnitte der Ping-
en 1 a, b und 4.

sind von den Außenseiten her stark vererzt. Die festen Roteisenerze sind meist oberflächlich in Umwandlung zu tonigem Erz begriffen.

Die erzhaltige Schicht geht gegen Westen, außerhalb der Pinge, allmählich ohne festen Übergang in gelbbraunen Lehm über, wobei mit dem Nachlassen des violettrotten Farbtones auch die Erzführung abnimmt. Das Auslaufen der Schicht bergaufwärts wurde nicht festgestellt. Ihre Breite beträgt mehr als 3 Meter.

Die zweite untersuchte Pinge (Stelle 1 b) gehört dem Typ der Rundpingen an. Sie zeigt sich an der Oberfläche als eine leicht ovale Mulde von 1,50/2,00 m Durchmesser und 0,30 m Tiefe (Abb. 5). Sie liegt in der gleichen Pingereihe rund 3,50 m weiter nördlich. In einer Fläche von 1,80 x 2,10 m Größe wurden etwa 2 Drittel der Pinge ausgehoben. Der freigelegte Teil besaß eine Länge von 1,75 m bei einer Breite von 1,55 m. Die Wände sind völlig uneben, zum Teil auch leicht unterschritten und gehen ohne Übergang in die gleichfalls unebene Sohle über. Diese liegt 1,35 m unter der Geländeoberfläche. Wie bei Stelle 1 a ist auch hier die Pinge ab 0,45 m Tiefe in die „Erzschicht“ eingegraben, die mit ihren Erzen völlig derjenigen der Stelle 1 a entspricht (Abb. 6).

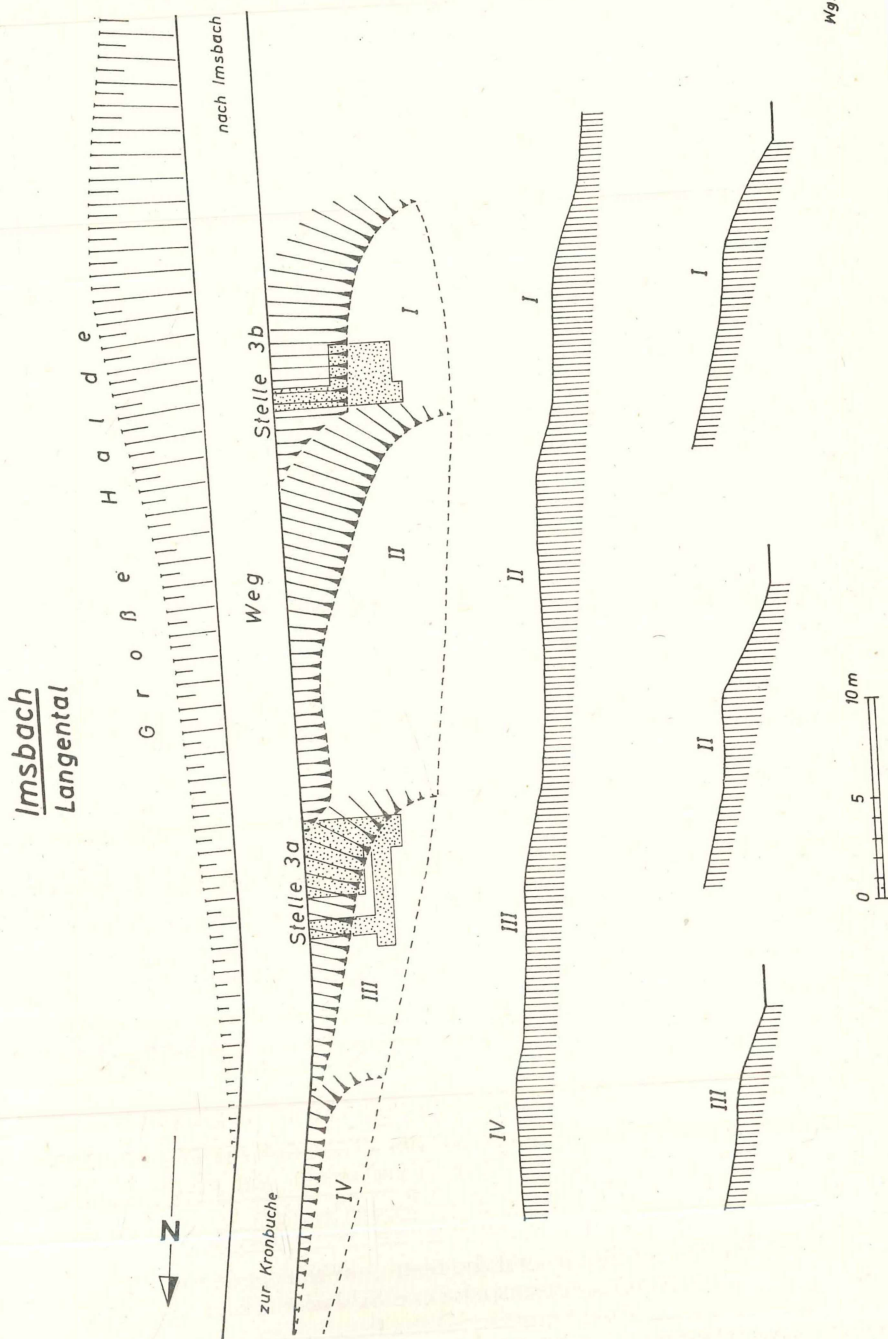


Abb. 7: Oberflächengrundriß und -form der Verhüttungsplätze 3 a und b.

Die hinsichtlich der Erzsicht getroffenen Feststellungen lassen vermuten, daß es sich um die obere, stark verwitterte Füllung eines in die Tiefe setzenden Erzganges handelt. Hierauf weisen auch die in Reihen hintereinanderliegenden Pingen hin⁸⁾.

Datierbare kulturgeschichtliche Funde, die über die Entstehungszeit Auskunft geben könnten, wurden nicht festgestellt.

Mit Stelle 2 wurde die unterhalb des großen Pingenfeldes liegende, lange, hangparallele Halde untersucht. Dazu wurde an ihrem Süden, am Fuße einer vom Pingenfeld herunterführenden flachen rutschenartigen Mulde, ein Schnitt quer über die Halde angelegt. Dieser wurde jedoch bald wieder aufgegeben, als sich herausstellte, daß die Haldenschüttung nur aus ungeschichtetem rotbraunem Lehm mit wenigen tonigen Erzbrocken bestand. Datierbare kulturgeschichtliche Funde fehlen auch hier.

Stelle 3 bezeichnet eine Reihe von vier hintereinanderliegenden flachen und treppenartig gestaffelten Podien, auf deren Oberfläche zahlreiche Eisenschlacken aufgefallen waren. Die Länge der etwa N—S angeordneten Podienreihe beträgt um 56 Meter. Die Einzelgrößen sind unterschiedlich, sie betragen von Süden: 10 x 5 m, 12 x 7 m, 14 x 3 m und 13 x 2,5 m. Zwischen dem zweiten und dritten Podium mündet eine ca. 7 m breite Hangmulde aus. Die Höhe der Podien nimmt von Nord nach Süd — entsprechend dem Talgefälle — zu. Das nördliche beginnt in Höhe des nebenan liegenden Weges, während das südliche eine Höhe von rd. 3 m über der Wegoberkante erreicht (Abb. 7).

Das von Süden gesehene dritte Podium (Stelle 3 a) wurde mit einigen Schnitten und einer kleinen Flächengrabung untersucht und dabei eine auf der ursprünglichen Geländeoberfläche aufliegende Eisenschlackenschicht festgestellt. Diese mit rotbraun-violettem Lehm vermischte kompakte Schlackenschicht weist eine fast runde Form auf, deren Durchmesser annähernd 5 m beträgt (Abb. 8). Ihre größte Stärke im Zentrum erreicht 0,50 m, während sie nach den Rändern zu flach ausläuft. Über der Schlackenschicht liegt eine von Norden her aufgeschüttete, gleichmäßig durchgehende Schicht aus rotbraunem Lehm von 0,20 bis 0,30 m Stärke, in der außer einigen Schlackenstücken eine Randscherbe (Abb. 9 b) und zahlreiche flache, handgestrichene Dachziegelstücke festgestellt wurden. Diese Schicht ist eindeutig später über die Schlacken gebracht worden und wird mit den jüngeren Bergbauspuren in der unmittelbaren Nachbarschaft in Verbindung zu bringen sein.

Aus der ungestörten homogenen Schlackenschicht selbst konnten eine Eisenluppe, weitere Bruchstücke von solchen, Teile des aus Ton oder Lehm bestehenden Ofenmantels, einige Keramikscherben, ein großes Hufeisen ohne Stollen, ein Leistenziegelbruchstück (tegula) sowie ein kleiner Eisenkloben mit mondsichelförmigem Kopf geborgen werden (Abb. 9 a).

Ein Schnitt mit einer kleinen Fläche über dem Nordende des 1. Podiums (Stelle 3 b) ergab hier keine ausgesprochene Schlackenschicht. Der Aufbau

⁸⁾ Auf dem Gienanth'schen Grubenplan Abb. 2 unten ist in diesem Bereich ein westlich vor dem Hauptgang liegender Nebengang, das sogenannte „Gieß-Trumm“ eingezeichnet, der spitzwinklig gegen den Hauptgang streicht. Dies läßt sich auch im Gelände durch den entsprechenden Verlauf der Pingenreihen sehr gut beobachten. Danach liegen die beiden untersuchten Pingen auf diesem Nebengang.

Imsbach
Langental

Stelle 3a

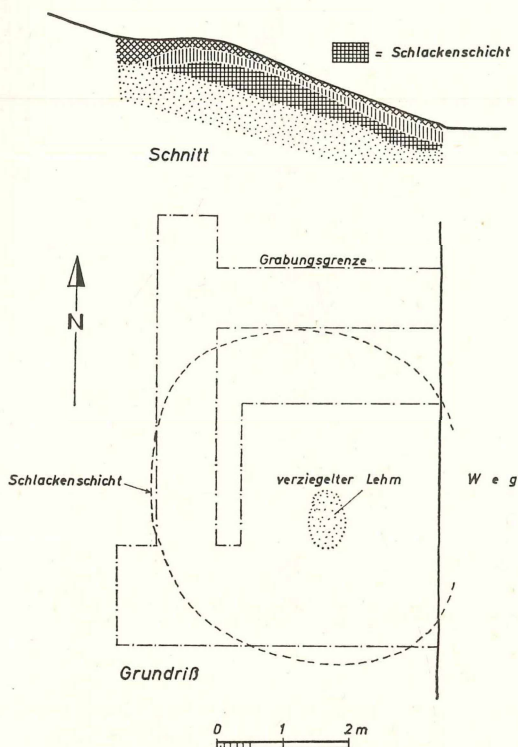


Abb. 8:

Stelle 3 a, Grundriß und
Querschnitt durch die
Schlackenschicht.

des Podiums besteht aus mehr lehmigem Material mit Schlackenanteilen und auffallend vielen tonigen Erzbrocken. Daraus konnte das Bruchstück eines vermutlichen Leistenziegels sichergestellt werden. Auch hier ist die spätere Überschüttung mit eingestreuten Dachziegelstücken feststellbar.

Stelle 3 a stellt nach obigem einen Verhüttungsplatz dar, während bei Stelle 3 b eine solche Bestimmung nicht mit Sicherheit getroffen werden kann. Für das Fehlen jeglicher noch in situ befindlicher Ofenreste im Bereich der Schlackenschicht von Stelle 3 a lassen sich zwei Möglichkeiten der Erklärung anführen. Die eine wäre, daß sich der Standplatz eines Ofens außerhalb der untersuchten Fläche befindet, wofür sich aber keinerlei Spuren oder Hinweise ergaben. Die andere Möglichkeit liegt in der Verwendung von kleinen, freistehenden Öfen, deren Form und Größe in Einzelheiten allerdings unbekannt bleiben. Es sei dabei an einfache Windöfen — vielleicht sogar ohne eine künstliche Luftzufuhr durch eine Düse — gedacht, die nach jedem Schmelzprozeß zur Gewinnung der Luppe zerschlagen werden und stets wieder neu aufgebaut werden mußten. Auf eine geringe Schmelztemperatur weisen auch die dicken, wurmartigen und zähflüssig gelaufenen Schlacken hin.

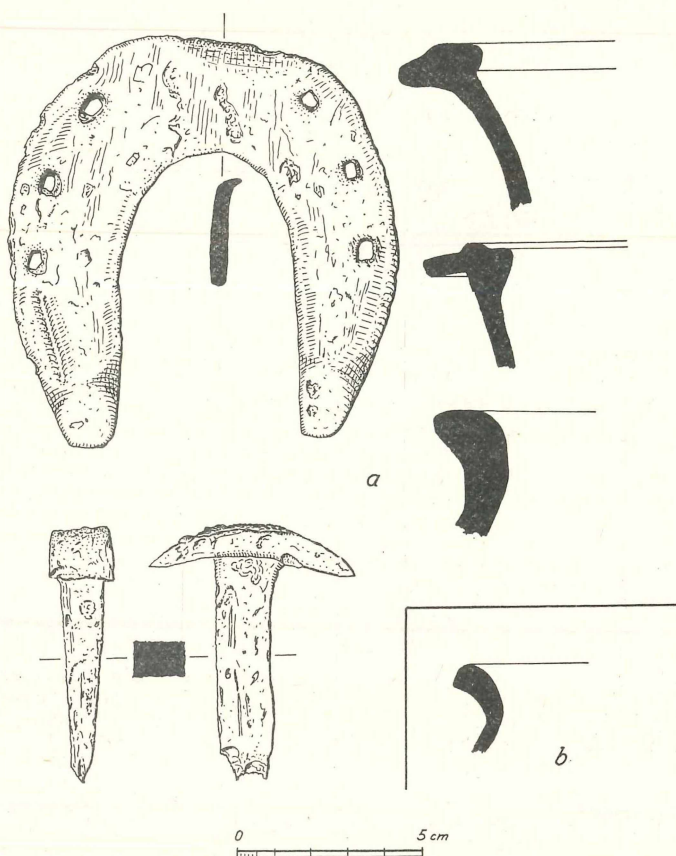


Abb. 9: Fundstücke aus Stelle 3 a.) aus der Schlackenschicht,
b.) aus der Überschüttungsschicht.

Nach der Form der aufgefundenen Luppe, die auf der Oberseite einseitig einen eingeschnittenen Rand von 3 cm Breite und 2 cm Tiefe aufweist, sowie mit den eingeschlossenen feinen Porphyrbrockchen an ihrer flach gewölbten Unterseite läßt sich der Aufbau des Ofens etwa so erklären, daß der konisch-zylindrische und im Unterteil vielleicht kugelige Ofenschacht aus Lehm oder Ton über einer flachen Mulde — nach der Luppe mit einer Tiefe von 10 cm und einem Durchmesser von 20 cm — im anstehenden Boden auf deren Rand in einfacher Weise aufgesetzt wurde. So ließe sich auch der eingedrückte Rand der Luppe erklären. Auch die Stärke der Ofenmantelstücke zwischen 3 und 5 cm weist auf eine kleine Anlage. Ein ähnlicher, allerdings zeitlich nicht näher datierbarer Schmelzofen ist aus dem Saarkohlenwald bei Sulzbach bekannt, er besitzt jedoch einen erheblich größeren Durchmesser (KOLLING, 1973: 51 ff.).

Die aufgefundenene Keramik datiert unsere Schlackenschicht mit Beifunden und Ofenresten in die Zeit von Ende des 1. bis etwa Mitte des 2. Jahrhunderts n. Chr. Die darüber liegende Überschüttung dürfte nach der darin gefundenen Keramikscherbe dem 13./14. Jahrhundert angehören.

Als vierte Stelle wurde noch eine weitere, grabenartig aus ineinandergreifenden Einzelpingen bestehende Pinge untersucht. Sie liegt rund 40 m östlich der Verhüttungspodien (Stelle 3 a und b) und gehört zu einer lockeren Gruppe meist runder Pingen, die verstreut zwischen jüngeren Bergbauresten liegen. Die Pinge ist insgesamt um 23 m lang und 3 m breit. Im Schnitt zeigte sich die Pinge als sackartige Eintiefung mit schräg nach unten einfallenden Wänden und runder Sohle. Die Tiefe beträgt 1,50 m. Die „Erzschicht“ liegt hier sehr tief, sie beginnt erst unter einer 1,20 m starken Hangschotterschicht, so daß die Sohle der Pinge gerade noch um 0,30 m in sie eingreift. Eine Erzführung war nicht festzustellen. Demnach handelt es sich hier um einen vergeblichen Abbauersuch. Datierende Kleinfunde fehlen.

Die aus den hier kurz dargelegten Untersuchungen gewonnenen Erkenntnisse befürworten eine Fortsetzung weiterer Grabungen hauptsächlich in den Verhüttungsplätzen, um durch weiteres datierbares Material ein abgerundetes Bild des frühen Bergbaues zu erhalten.

Bezüglich der Eisenverhüttung sei noch auf eine weitere Feststellung hingewiesen, die bisher kaum Erwähnung fand und im vorliegenden Fall für die zeitliche Eingrenzung von Bedeutung ist. Es ist der Zeitpunkt der Abwanderung der primitiven Eisenverhüttung aus dem unmittelbaren Bereich der Erzgewinnung. Diese erfolgte nach bisherigen Erkenntnissen etwa um die Wende des 14./15. Jahrhunderts. Von da an ist eine Verlagerung der Eisenschmelzen an weiter entfernt gelegene, mit Wasser ausreichend versorgte Plätze festzustellen. Der Grund liegt wohl in der inzwischen verbesserten Verhüttungstechnik mit größeren, leistungsfähigeren Öfen, die künstlich (durch Wasserkraft) angetriebene Gebläse und Pochwerke besitzen und in der zunehmenden Konzentration und Vergrößerung der Hütten- und Bergbaubetriebe. Diese Tatsache ist auch für Imbsbach anzunehmen und setzt somit für die noch nicht datierbaren Verhüttungsplätze eine Zeitgrenze nach oben. Sie trifft ebenso auch für andere Örtlichkeiten des frühen Eisenbergbaues in unserem Raume zu.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die Untersuchungen zur Geschichte des frühen Imbsbacher Eisenerzbergbaues einige neue Tatsachen gebracht haben, deren wichtigste im Nachweis der Eisenverhüttung und damit auch der schon immer vermuteten Gewinnung von Erzen in der ausgehenden frühen bis mittleren römischen Kaiserzeit besteht. Wenn auch die untersuchten Pingen keine datierbaren Funde lieferten, so ist allein ihr Vorhandensein schon als Beweis älteren Bergbaues zu werten. Ihre Entstehungszeit läßt sich von der vorchristlichen Eisenzeit bis in das 16. Jahrhundert annehmen. Mindestens ein Teil von ihnen wird aus der römischen Zeit stammen und mit der festgestellten gleichzeitigen Verhüttung in Verbindung zu bringen sein.

Die Entstehungszeit der übrigen Verhüttungsplätze ist noch ungeklärt, läßt sich aber, wie oben schon angeführt, für die Zeit vor dem 15. Jahrhundert annehmen.

Damit zählt der Eisenerzbergbau bei Imbsbach am Donnersberg zu dem ältesten, umfangreichsten und am längsten betriebenen im weiteren Umkreis. Seine Überreste und hinterlassenen Spuren verdienen es, bewahrt und geschützt zu werden als Zeugen eines wirtschaftlich bedeutenden Abschnittes in der Geschichte unserer Heimat.

Quellen

- ARNDT, H.; REIS, O. M. und SCHWAGER, A. (1920): Übersicht der Mineralien und Gesteine der Rheinpfalz. — Geogn. Jh., 31./32. Jg. f. 1918/19: 119—262, 9 Fig., 1 Taf., München
- Beiträge zur pfälzischen Wirtschaftsgeschichte (1968): 82, Speyer
- FRETZ, L. (1914): Die Kupfer- und Eisenbergwerke bei Imsbach. — Pfälzische Heimatkunde, 10: 88, Kaiserslautern
- KOLLING, A. (1973): Eine frühere Eisenschmelze im Saarkohlenwald. — 20. Bericht der Staatlichen Bodendenkmalpflege im Saarland: 51—59, Saarbrücken
- Landkreis Rockenhausen (o. J.): Monographie einer Landschaft: 103, Darmstadt
- ROSENBERGER, W. (1971): Beschreibung rheinland-pfälzischer Bergamtsbezirke, Bergamtsbezirk Bad Kreuznach, Bd. 3: 95, Bad Marienberg
- SILBERSCHMIDT, W. (1913): Die Regelung des pfälzischen Bergwesens: 1—156, Leipzig
- SPRATER, Fr. (1932): Pfälzische Eisenbarrenfunde und die vor- und frühgeschichtliche Eisenverhüttung in der Pfalz. — Bayerische Vorgeschichtsblätter, H. 10, 1931 und 1932: 26—41, München
- (1934): Burg Hohenfels am Donnersberg. — Zeitbilder, Illustrierte Heimatbeilage der Pfälzischen Presse. Vom 15. 4. 1934, Nr. 16, 38. Jg. Kaiserslautern
- Staatsarchiv Speyer, Bestand N 101, Nr. 37
- Private Unterlagen des Verfassers

A n h a n g

(vgl. Anmerkung 4)

Hochstein, den 2. Januar 1823

Königlich bairische Regierung des Rheinkreißes

Kammer der Finanzen!

Unterthänigstes Gesuch des Eisenhüttenwerks Eigenthümers L. v. Gienanth zu Hochstein um Regulierung resp. Reduction der Conceßion für die Eisensteingrube von Imsbach betreffend.

Dem gehorsamst unterzeichneten war nach der bereits vorgelegten Conceßionsurkunde vom 10ten Februar 1742. Art 8. das ausschließliche Recht verliehen im Umfang der ehemaligen Grafschaft Falkenstein Eisensteine aufzusuchen und zu gewinnen zum Behuf der bey Hochstein errichteten Eisenschmelze und Hammerwerke.

In dieser wie in allen dergleichen ältern Urkunden ist aber kein Oberflächeninhalt angegeben, was nach dem Gesetz v. 21. April 1810 wegen der nach Maaßgabe desselben zu bezahlenden Auflage eine nothwendige Bedingung ist, eben so eine ganz genaue Bezeichnung der Grenzen.

Da nun der gehorsamst unterzeichnete unter solchen Umständen keineswegs gesonnen war und ist, der Oberflächeninhalt der ganzen Grafschaft Falkenstein, der nach einer durch die vormaligen Ingenieurs vom Bergwesen aufgestellten beiläufigen Berechnung selbst weit mehr, als durch das Gesetz bestimmte Maximum beträgt, zum Eisensteingewinnen in Anspruch zu nehmen und auf das ihm früher verliehene ausschließliche Recht dazu umso williger verzichtet, als außer der bey Imsbach im so genannten Langenthal eröffneten Eisensteingrube keine Hoffnung zu neueren Entdeckungen vor-

lag, so reichte derselbe im Monath März 1812 bey der vormaligen Präfektur des Departements Donnersberg eine Reklamation resp. Gesuch um Reducation der Oberfläche der erwähnten älteren Conceßion auf 3 Quadrat Kilometer 71 hectares ein, welches Feld mehr als hinlänglich um die genannte Eisensteingrube im Langenthal regelmäßig zu betreiben.

Dem unerachtet wurde aber durch einen Präfektur Beschluß vom 10. Oktober 1812 und nach einer desfallsigen ebenfalls vorgelegten Mittheilung der vormaligen Unterpräfektur in Kaiserslautern von 15. December 1812 der mehr erwähnten Conceßion ein Oberflächeninhalt von 24 Quadrat Kilometer 61 hectares provisorisch zugetheilt und demnach seither diese Grube mit der ständigen Gebühr belegt, gehorsamst unterzeichneter sieht sich daher veranlaßt auf dem Grund seines früheren Gesuchs um Regulierung resp. Reduction der alten Conceßion für die Eisensteingrube im Langenthal auf dem Banne von Imbach und Falkenstein im Kanton Winnweiler Landkomisariat K.Lautern und auf dem Bann von Marienthal im Kanton Rockenhäuser Landkomisariat Kirchheim nach den bestehenden Gesetzen unterthänigst zu bitten in der art nämlich, daß der Oberflächeninhalt der genannten Grube nach dem in doppelter Ausfertigung anliegenden von dem Königl. Bergamte zu Kaiserslautern verificirten Plan (Abb. 1) auf 3 Quadrat Kilometer 71 hectares reduziert und festgesetzt werden möge.

Die Grenze dieses Grubenfeldes sind gegen **Ost**, von dem Fuchshof eine gerade 700 Meter lange Linie bis zu dem aus dem Langenthal heraufkommen- den Weg und der sogenannten Schäferdell, dieser nach bis zu dem Kübelberger Weg, so fort dieser Weg, der Grenzweg zwischen Marienthal und Imbach bis gegen die sogenannte Hohefels, weiter die Rockenhäuser Straße und der Weg und die Grenze zwischen Imbach und Hahnweiler bis zu dem durch das Finstersiegelthal hinabziehenden Weg. Gegen **Süd** den Weg durch das Finstersiegelthal u. ein kleines Bächlein an dem tiefsten Stollen der Langenthaler Grube vorbey bis zu der Pfaffendell und diese aufwärts bis in den Kupferbergerweg. Gegen **Westen u. NW**, der Kupferberger und Heseler Weg u. der Weg von Falkenstein nach Marienthal bis wieder an den Fuchshof.

Die Erze, thoniger Eisenstein / : Lettenerze / : faserig braun und Rother- eisenstein, und zuweilen grau braun steinerz kommt auf einem Gang mit einigen Nebentrümmern vor, das Streichen des Hauptganges ist St. 11.7 u. das Fallen 72 Grade gegen Westen, die Mächtigkeit desselben wechselt von $\frac{1}{2}$ bis 3 Schuh.

Die hier gewonnenen Erze werden grötentheils auf der Eisenschmelze bey Hochstein zum Theil aber auch auf jener bey Trippstadt u. bey Eisenberg verhüttet.

Der gehorsamst unterzeichnete macht sich verbindlich fernerhin so wie bisher für den Nichtgenuß oder Schaden an der Oberfläche der durch die Grubenanlagen entstehen könnte die Eigenthümer gütlich oder auf billige Erkenntnis zu entschädigen, auch einen regelmäßigen Betriebsplan nach den von Hoher K. Regierung zu erlassenden Vorschriften zu befolgen, die gesetzlichen Abgaben von dem Bergwerke zu entrichten und jederzeit die bestehenden oder noch zu erlassenden Gesetze und Verordnungen über die Bergwerke genau zu befolgen.

Königlich Hoher Regierung unterthänig gehorsamster
L. v. Gienanth.

Kaiserslautern, den 8ten July 1823.

Königlich = Baierische Regierung des Rheinkreises
Kammer der Finanzen.

Concessionsgesuch von
Ludwig v. Gienanth zum
Betrieb der Eisensteingrube
im Langenthal bey Imsbach
betreffend

Dem hohen Auftrage vom 12. v. Mts. zufolge erlaubt sich das ehrerbietigst unterzeichnete Bergamt unter Remission der Anlagen über das von dem Reichsrath L. v. Gienanth am 2. Januar d. J. eingereichte Gesuch um Regulierung der ihm am 10. Februar 1742 erteilten Concession zum Betrieb der Eisensteingrube im Langenthal bey Imsbach folgendes Gutachten gehorsamst zu erstellen.

Durch den unterthänigen Bericht vom 11. Januar l. J. ad Num 3694 P hatte das gehorsamst unterzeichnete Bergamt bereits die Ehre die Gründe vorzutragen, welche die Regulierung resp. Reduction der ältern Concession von 1742 nach den neuern gesetzlichen Bestimmungen nothwendig machten, auch sich unmaasgeblich dahin zu äußern, daß Grenze und Inhalt des Plans von der Oberfläche gut gewählt und vollkommend zureichend seyen zur Anlage und dem fortgesetzten Betrieb eines regelmäßigen Grubenbaues.

Außer dem in dem sogenannten Langenthal bey Imsbach schon über 80 Jahre in Abbau stehenden Eisensteingang mit einigen Nebentrümmern wurde in dem ganzen Umfang der ältern Concession kein Bergbau auf Eisenerz betrieben, und dürfte auch keine Hoffnung dazu seyn, welchen weiters gere zu machen.

Der Eisensteingang, welcher in einem thonigen Porphyrgestein aufsetzt, streicht St. 11.7 und verflächt sich mit 72 Grad gegen West, in einer Mächtigkeit von 1 bis zu 1 ½ Lachter⁹⁾. Die Erze bestehen größtentheils aus einem thonigen Rotheisenstein /: sogenanntes Lettenerz /: zugleich brechen faseriger Braun- und Rotheisenstein und zuweilen grau Braunsteinerz mit ein.

Durch den bey A (Abb. 1) am tiefsten Punkte im Langenthal angesetzten Stollen¹⁰⁾, der bereits eine Länge von 700 Lachter hat, den bey B angesetzten 18 Lachter höher liegenden mittleren oder sogenannten schwarzen Stollen, der an 600 Lachter lang ist, und mittelst verschiedener Tag und Förderschächte, als bey C, D & E, 16, 24 & 19 Lachter tief, wovon beide erstere auf dem tiefsten und letzterer auf dem mittleren Stollen stehen wird der Gang aus der Teufe gegen das Ausgehende durch Firstenarbeit¹¹⁾ abgebaut.

Da die Mächtigkeit des Ganges 1 bis 2 Lachter beträgt, und daher die Förderstrecken auf dem Gang selbst sehr schwerköstig in Zimmerung, ja selbst in Mauerung, die man schon angewendet hat, zu unterhalten seyn würden, so hat man mit Vortheil hier eine Art von Querbau eingeführt, in-

⁹⁾ Lachter, ein altes Bergmaß, entspricht etwa 2 m.

¹⁰⁾ Das Mundloch dieses Stollens ist heute als Eisernes Tor bekannt.

¹¹⁾ Firstenarbeit, Bezeichnung für den Abbau von unten nach oben, wobei die Decke (Firste) der Abbausohle angegriffen wird.

dem nämlich die Stollen und Mittelstrecken 5 bis 6 Lachter im Hangenden des Ganges aufgefahen werden, und aus diesen werden in der Regel von 10 zu 10 Lachter Querschläge bis an den Gang getrieben. Zu jedem Querschlag sind 2 Rollen¹²⁾ angelegt, eine im Hangenden, und eine im Liegenden, wovon erstere zur Erz- und letztere zur Bergförderung¹³⁾ dient. Gewöhnlich wird ein Mittel von 30 Lachtern in Abbau mittelst Querschlägen und 6 Rollen genommen; sobald nun ein solches Mittel von der tiefsten bis zur mittleren Stollensoole oder von dieser bis zu Tag abgebaut ist, sucht man von dem verbauten Holz was möglich ist, wieder herauszunehmen und überläßt hernach das Ganze dem Verfall.

Der Gang wird auf diese Weise rein und durch die zweckmäßigsten Mittel abgebaut, und es dürfte gegen den bisherigen Betrieb nichts einzuwenden seyn, als daß dem tiefsten Stollen ein zu starkes Ansteigen gegeben wurde, indem derselbe auf 700 Lachter an 9 Lachter ansteigt, statt daß man auf diese Länge mit 2 Lachtern ausgereicht hätte, also beynahe 7 Lachter Teufe verloren gingen, worauf der GrubenEigenthümer auch bereits aufmerksam gemacht worden ist.

Die Erze, welche hier gewonnen werden, geben ein vorzüglich gutes Schmideisen, und der mittlere Gehalt derselben ist 33 bis 34 procent Eisen; sie werden in Verbindung mit Bohnerz / von Heppenheim (Gau-Heppenheim) bey Alzey im Großherzogthum Hessen / und mit Erzen aus den Gruben im Reichswald bey Kaiserslautern in den 3 Hoheöfen von Hochstein, Eisenberg & Trippstadt verhüttet, zu deren jährlichen Bedarf an Erzen die fraglichen Gruben ungefähr $\frac{3}{5}$ liefern; und bey der Mächtigkeit und Reichhaltigkeit des Ganges der im Verhältnis mit seiner großen Ausdehnung noch wenig abgebaut ist, läßt sich auch mit Sicherheit darauf zählen, daß selbige noch eine lange Reihe von Jahren mit Vortheil gebaut werden könne.

Gehorsamst unterzeichnetes Bergamt erlaubt sich demnach, folgenden unmaasgeblichen Antrag zu stellen:

- 1) Daß dem EisenhüttenwerksEigenthümer Ludwig v. Gienanth die nachgesuchte erneuerte Concession über die Eisensteingrube im Langenthal bey Imsbach, welche derselbe bisher in Gemäsheit der ihm unterm 10. Februar 1742 ertheilten ältern Concession betrieben hat, nach den Bestimmungen des Gesetzes vom 21. April 1810 mit einem Oberflächen Inhalt von 3 Quadrat Kilometer 71 hectares, welche Oberfläche einen Theil der Gemarkungen von Imsbach und Falkenstein im Canton Winweiler und LandCommißariats Bezirk Kaiserslautern, und einen Theil der Gemarkung von Marienthal im Canton Rockenhausen und LandCommißariats Bezirk Kirchheim begreift, allergnädigst ertheilt werden möge.
- 2) Daß die Grenzen des Feldes dieser Concession nach dem vorliegenden Plan festzusetzen wie folgt:

(es folgt die Anführung der Grubenfeldgrenzen entsprechend und in gleicher Reihenfolge wie im Antrag von L. v. Gienanth)

¹²⁾ Rollen sind Schächte kleineren Umfangs zum Transport von Erzen oder Bergen von den Abbausohlen zu den Förderstrecken oder umgekehrt.

¹³⁾ Berge, Bezeichnung für das beim Abbau anfallende taube Gestein, das entweder auf Halde gestürzt oder in ausgeerzte Teile der Grube verfüllt wird.

- 3) Dem Concessionaire zu bedingen, fort einen regelmäßigen Betriebsplan nach Anleitung und Vorschrift des Kgl. Bergamtes zu befolgen, insbesondere den tiefsten Stollen im Langenthal in gutem Stand zu erhalten und fortzusetzen, jedoch demselben auf 100 Metern nicht mehr als 0,25 m, oder auf 100 Lachter nur $\frac{1}{4}$ Lachter Ansteigen zu geben.
- 4) Daß derselbe die nach gesetzlichen Bestimmungen bestehenden Abgaben von den Bergwerken in den vorgeschriebenen Zeitfristen an die Staats Casse zu entrichten habe.
- 5) demselben zur Bedingung zu machen, die Eigenthümer der concedirten Oberfläche für alle Nachtheile, die ihnen durch den Grubenbau geschehen, gütlich oder auf Aussage von Experten nach Vorschrift des Gesetzes zu entschädigen.
6. Daß der Concessionaire gehalten sey die Gruben in stetem Betrieb zu erhalten, im Fall er jedoch solche auflassen wolle, hiervon 3 Monate vorher die Anzeige bey K. Regierung zu machen, damit eine genaue Aufnahme des Zustandes derselben verfügt werden könne.
- 7) Daß derselbe binnen 3 Monaten Grund- Kreuz- und Seiger Riß von dem ganzen Grubenbau, und im Laufe des 1. Quartals jedes Jahres die Nachträge über die im verflossenen Jahr ausgeführten Arbeiten, sodann vor dem 19. October jeden Jahres eine Berechnung des steuerbaren reinen Ertrags der Grube während dem verflossenen Etatsjahr, an das Bergamt einzusenden habe, nach einer und einem ihm durch diese Behörde zu gebenden Vorschrift und Formular.
- 8) Daß endlich der Concessionaire verbunden sey, sich in jeder Beziehung nach den bestehenden und noch zu erlassenden Gesetzen, Verordnungen u. Instruktionen über das Bergwesen zu richten und solche getreulich zu befolgen.

Königlich Hoher Regierung

unterthänigst gehorsamstes Bergamt

(Unterschrift und Titel unleserlich)

Anschrift des Verfassers:

HANS WALLING, 672 Speyer, St. Germanstraße 12

MITTEILUNGEN DER POLLICHIA	III. Reihe 21. Band	135. Vereinsjahr 1974	Pollichia Museum Bad Dürkheim	Seite 39 bis 45
-------------------------------	------------------------	-----------------------	-------------------------------------	-----------------

WALTER LANG

Solanum nitidibaccatum BITTER
(Argentinischer Nachtschatten),
eine neue Art der Pfälzer Flora

Ende Oktober 1973 fiel mir in einem Spargelfeld in Erpolzheim bei Bad Dürkheim eine Nachtschattenart auf, die sich durch sparrigen Wuchs, starke und drüsige Behaarung und glänzend grüne Beeren, auszeichnete.

Ein Hinweis in OBERDORFER (1970, S. 775) und die gerade erschienene Arbeit von LUDWIG (1973) führten schließlich zur sicheren Ansprache der Spezies¹⁾.

Merkmale

Eine kurze Darstellung der Artmerkmale soll zur leichteren Erkennung beitragen. (HERMANN 1956, MARZELL 1956, MILITZER 1964, SCHMEIL-FITSCHEN 1967, FLORA EUROPAEA 1972, LANG 1974).

- Wuchsform: sparrig mit niederliegenden bis aufsteigenden Ästen.
- Stengel: mit schwach ausgebildeten Kanten, hellgrün, dicht abstehend behaart, Haarlänge bis 2,5 mm, die kürzeren Haare meist drüsig.
- Laubblatt: eiförmig zugespitzt, ganzrandig, dunkelgrün, beidseitig locker behaart, am Blattrand und auf den Nerven etwas dichtere Behaarung, Spreitenlänge bis 6,5 cm, (4-) 5 (-6) Seitenerven, Blattspreite rasch in den Stiel übergehend.
- Blüte: Kronblätter weiß, Staubblätter nicht miteinander verwachsen.
- Kelchblatt: Kelchblätter verwachsen, Zipfel zueinander einen stumpfen Winkel bildend, die unreifen Beeren ganz, die reifen Beeren $\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{3}$ einhüllend.
- Fruchts蒂el: 4 bis 7 mm lang, bei der Fruchtreife mit der Beere abfallend!
- Frucht: selten trüb-weiß, meist hellgrün bis dunkelgrün-glasig, stark glänzend (Name!), (5-) 7 (-9) mm dick (siehe Tab. 1), vier helle, senkrecht zueinander verlaufende Streifen, fleckig, z. T. Samen durchscheinend, 2 apikale Steinkörner.
- Samen: (1-) 1,5 (-2) mm Länge, von gelbweiß bis hellbrauner Farbe, Samenzahl (7-) 19 (-32) (siehe Tab. 2).

¹⁾ Für die Bestätigung danke ich Herrn Dr. W. LUDWIG, Marburg, herzlich.

Verbreitung

Weder bei POLLICH (1777), nach bei KÖNIG (1841), DÖLL (1843), GEORGI (1894), ZIMMERMANN (1907), VOLLMANN (1914) ist *Solanum nitidibaccatum* verzeichnet. SCHULTZ (1846, 1863) führt unter *Solanum nigrum* mehrere Varietäten an, aber keine hat die Merkmalsgarnitur, die für *Solanum nitidibaccatum* zuträfe.

Demnach dürfte LUDWIG (1973) die Art erstmals in der Pfalz bei Deidesheim auf einem Weinbergsweg gefunden und erkannt haben. Trotz aufmerksamen Suchens konnten in der Folgezeit keine weiteren Vorkommen vermerkt werden. Erst anfangs November 1974 fand ich 2 Exemplare an der aufgelaassenen Kreismülldeponie am Feuerberg bei Bad Dürkheim.

Die drei pfälzischen Fundorte (alle auf TK 25, Bl. 6515 Bad Dürkheim Ost) passen gut in das derzeitige Verbreitungsbild (HAEUPLER 1974) und bestätigen das, was HILBIG (1966) über Klima- und Bodenansprüche gesagt hat, nämlich die Bevorzugung warmer, trockener und sandiger Gebiete mit langer Vegetationsperiode.

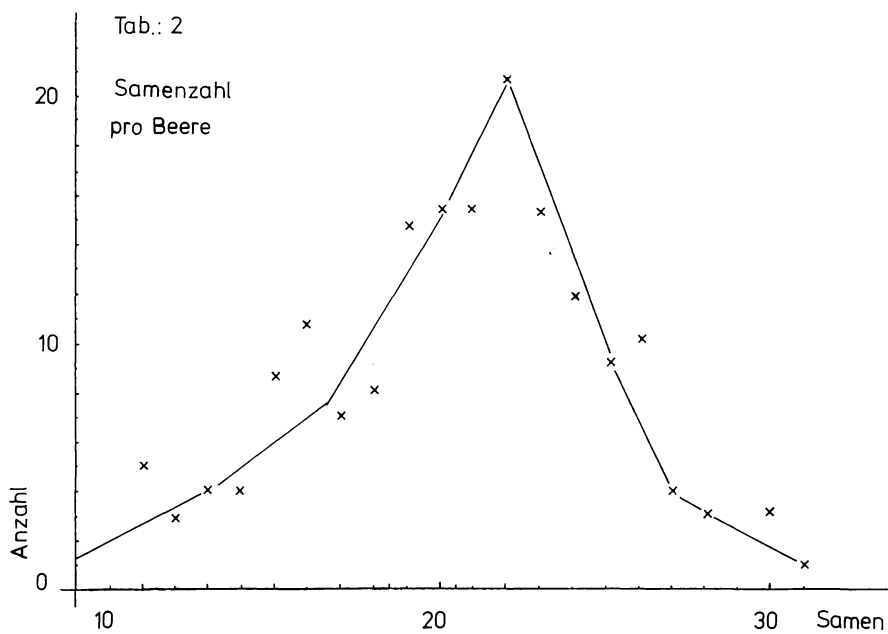
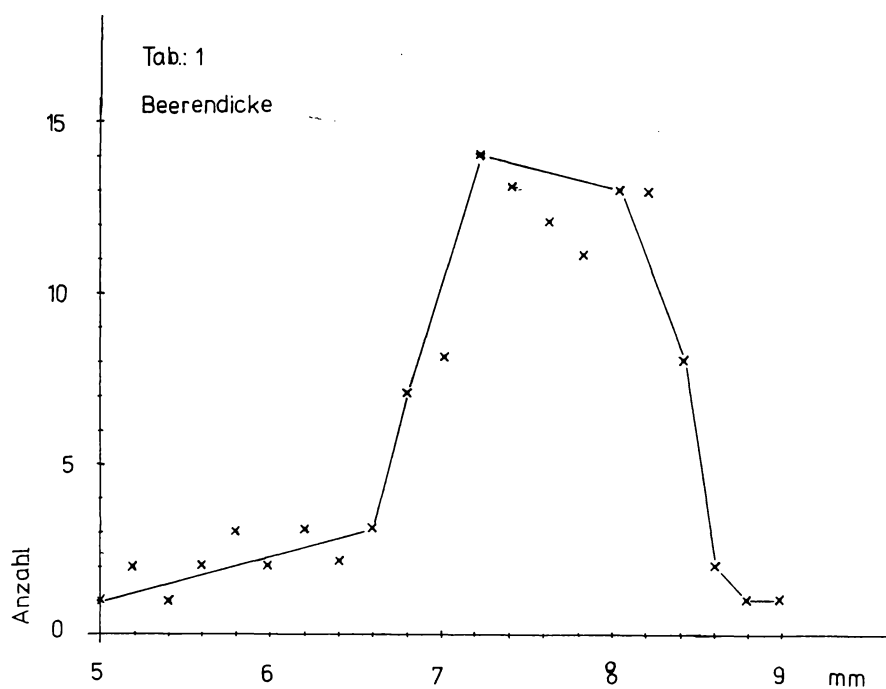
Soziologie

Erst nach der Erntezeit der Spargeln, Ende Juni, wenn die Pflanzen zu 1 bis 2 m hohen Stauden heranwachsen, können sich *Solanum nitidibaccatum* und die anderen Hachfruchtunkräuter entwickeln. In den Lücken zwischen den Spargelstöcken wachsen sie nun auf frischgedüngtem Sandboden heran und erreichen im August — September ihre größte Üppigkeit. Mit den ersten Frösten im Oktober beginnt das Absterben, wobei *Galinsoga parviflora* frostempfindlicher als *Amaranthus retroflexus* und *Solanum nitidibaccatum* zu sein scheint.

In der Unkrautvegetation mitteldeutscher Weinberge (HILBIG 1966) ist *Solanum nitidibaccatum* neben Arten wie *Digitaria sanguinalis*, *Galinsoga parviflora* und *Lamium amplexicaule* mit Artmächtigkeit von + bis 1 vertreten. Die Bestände werden dem Panico-Setario Verband zugeordnet. Unsere Aufnahmen (Tab. 3) entstammen Beständen auf kalkarmen plio- und pleistozänen Sanden in 110 m NN. Sie gehören ebenfalls dem Panico-Setario Verband (OBERDORFER 1957, PHILIPPI 1972, OESAU 1973) an. Kennarten sind nur spärlich vertreten, deshalb wird auf eine weitere Gliederung verzichtet. Wahrscheinlich handelt es sich um ein schwach ausgebildetes Panico sanguinalis - Galinsogaetum BECKER 1941. Das reichliche Vorkommen von *Urtica urens* ist auf die kräftige Düngung zurückzuführen. *Amaranthus retroflexus* zeigt die klimatisch günstige Lage des Gebietes an. *Chenopodium album* gewinnt meist den Wettbewerb um das Licht, überwächst alle anderen Arten und ist dann aspektbildend.

Ein lichter Schleier des Convolvulo-Agropyretums ist immer vorhanden, kann sich aber wegen der intensiven Bearbeitung nicht verdichten.

LANG, Argentinischer Nachtschatten



Tab. 3

Panico-Setarion SISSINGH 1946

Nr. d. Spalte	1	2	3	1—3	4
Fläche (m²)	10	25	9	9—25	20—50
Vegetat. bedeck. (‰)	80	90	100	80—100	10—80
(Mittlere) Artenzahl	9	13	12	11,3	16,4
Angebaute Arten:					
<i>Vitis vinifera</i>	.	.	.	.	v
<i>Asparagus officinalis</i>	3.3	3.3	3.2	5 ³	.
Verbandskennarten:					
<i>Galinsoga parviflora</i>	+1	+1	+1	5+	IV+—3
<i>Digitaria sanguinalis</i>	r	+1	+1	5r—+	II+—3
<i>Lamium amplexicaule</i>	.	+1	.	2+	II ¹
<i>Setaria viridis</i>	.	.	+1	2+	.
<i>Echinochloa crus-galli</i>	.	.	+1	2+	.
Ordnungs- und Klassenkennarten:					
<i>Capsella bursa pastoris</i>	.	.	+1	2+	V+—2
<i>Solanum nitidibaccatum</i>	1.2	1.1	1.2	5 ¹	V+—1
<i>Stellaria media</i>	+2	+2	+2	5+	IV+—4
<i>Senecio vulgaris</i>	.	+1	.	2+	IV+—1
<i>Sonchus oleraceus</i>	.	.	.	.	IV+—1
<i>Malva neglecta</i>	.	.	.	.	IV+—1
<i>Chenopodium album</i>	2.2	1.1	3.3	5 ¹ —3	III+—2
<i>Urtica urens</i>	+1	2.2	1.1	5+—2	III+—2
<i>Euphorbia peplus</i>	.	.	.	.	III+—2
<i>Solanum nigrum</i>	.	.	.	.	III+—1
<i>Bromus sterilis</i>	.	.	.	.	III+
<i>Mercurialis annua</i>	.	+1	+1	4+	II ²
<i>Amaranthus retroflexus</i>	+1	+1	+1	5+	II+—1
<i>Geranium pusillum</i>	.	.	.	.	II+
<i>Fumaria officinalis</i>	.	.	.	.	II+
<i>Veronica polita</i>	.	.	.	.	II+
<i>Setaria verticillata</i>	.	.	.	.	I+
<i>Thlaspi arvense</i>	.	.	.	.	I+
<i>Atriplex nitens</i>	.	.	.	.	I+
<i>Anagallis arvensis</i>	.	.	.	.	I+
<i>Sinapis arvensis</i>	.	.	.	.	I+
<i>Galinsoga ciliata</i>	.	.	.	.	I+
<i>Conyza canadensis</i>	.	+1	.	2+	.
<i>Sonchus arvensis</i>	.	+1	.	2+	.
Convolvulo-Agropyretea-Arten:					
<i>Convolvulus arvensis</i>	+1	.	.	2+	IV+—3
<i>Agropyron repens</i>	+2	+2	+1	5+	I+
<i>Cirsium arvense</i>	+1	.	.	2+	I+
Sedo-Scleranthetea-Arten:					
<i>Erodium cicutarium</i>	.	.	.	.	II+—1
<i>Arenaria serpyllifolia</i>	.	.	.	.	I+
<i>Melica ciliata</i>	.	.	.	.	I+
Weitere Begleiter:					
<i>Silene vulgaris</i>	.	.	.	.	I+
<i>Arthemisia absinthium</i>	.	.	.	.	I+
<i>Daucus carota</i>	.	.	.	.	I+
<i>Taraxacum officinale</i>	.	.	.	.	I+
<i>Chaenarrhinum minus</i>	.	.	.	.	I+

Nr. 1—3: Erpolzheim, Spargelfeld. Nr. 4: 5 Aufnahmen von HILBIG aus Mitteldeutschland, Weinberge.

Bei Einzelaufnahmen bedeutet die 1. Zahl Abundanz-Dominanz nach der kombinierten Skala von 1-5. Die 2. Zahl kennzeichnet die Soziabilität. Die Stetigkeit wird, unter 5 Aufnahmen in arabischen Zahlen, über 5 Aufnahmen in römischen, in der fünfteiligen Skala dargestellt. Die Hochzahlen von 1-5 beziehen sich auf die Artmächtigkeit der Einzelaufnahmen.

Die Nomenklatur richtet sich nach EHRENDORFER (1973).

Literaturverzeichnis

- DÖLL, J. Chr. (1843): Rheinische Flora. 832 S. Frankfurt.
- EHRENDORFER, F. (1973): Liste der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. 2. erw. Aufl., 318 S., Stuttgart.
- FLORA EUROPAEA Vol. 3 (1972): Solanum bearbeitet von J. G. HAWKES und J. M. EDMONDS. S. 197—199, Cambridge.
- GEORGI, A. (1894): Exkursionsflora für die Rheinpfalz. 215 S., Stuttgart.
- HAEUPLER, H. (1974): Solanum nitidibaccatum BITTER und Solanum sarachoides SENDTNER em. BITTER, zwei gut unterscheidbare Nachtschattenarten aus der Sektion Solanum (= Maurella). Gött. Flor. Rundbr. 8. Jg., H. 4, S. 98—105, Göttingen.
- HERMANN, F. (1956): Flora von Nord- und Mitteleuropa. 1154 S., Stuttgart.
- HILBIG, W. (1966): Solanum nitidibaccatum BITTER als Weinbergsunkraut.—Wiss. Zeitschr. Univ. Halle, math.-naturwiss. Reihe 15, 5, S. 779—781, Halle.
- KÖNIG, K. (1841): Der botanische Führer durch die Rheinpfalz. 243 S., Mannheim.
- LANG, W. (1974) mskr.: Vortrag über Solanum nitidibaccatum, gehalten auf der Herbsttagung der Pollichia am 10. 11. 1974 in Bad Dürkheim.
- LUDWIG, W. (1973): Das südamerikanische Solanum nitidibaccatum, ein Neubürger in Hessen. — Jber. wetterau. Ges. ges. Naturkde., 123—124 Jg., S. 67—73, Hanau.
- MARZELL, H. (1956): Solanaceen. — In: HEGI: Illustrierte Flora von Mitteleuropa, S. 2586, München.
- MILITZER, M. (1964): Solanum nitidibaccatum BITTER, der Argentinische Nachtschatten. — Irrgast und Neubürger. — Wiss. Zeitschr. Univ. Halle, math.-naturwiss. Reihe 13, 9, S. 663—664, Halle.
- OERDORFER, E. (1957): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. — Pflanzensoziologie Bd. 10, 564 S., Jena.
- (1970): Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Süddeutschland. 987 S., Stuttgart.
- et al. (1967): Systematische Übersicht der westdeutschen Phanerogamen- und Gefäßkryptogamengesellschaften. — Schriftenreihe Veget.-kde Bd 2, S. 7—62, Bad Godesberg.
- OESAU, A. (1973): Ackerunkrautgesellschaften im Pfälzerwald. — Mitt. d. Pollichia III. Reihe, Bd. 20, S. 5—32, Bad Dürkheim.
- PHILIPPI, G. (1972): Erläuterungen zur vegetationskundlichen Karte 1 : 25 000 Blatt 6617 Schwetzingen. — Herausgegeben von den Landessammlungen für Naturkunde Karlsruhe, 60 S. und 15 Tab., Stuttgart.
- POLLICH, J. A. (1777): Historia plantarum in Palatinatu electorali sponte nascentium. 3 Bde.
- SCHMEL-FITSCHEN (1967): Flora von Deutschland und seinen angrenzenden Gebieten. Herausgegeben von W. RAUH und K. SENHAS. 83. Aufl., 514 S., Heidelberg.
- SCHULTZ, F. (1846): Flora der Pfalz. 575 S., Speyer.
- (1863): Grundzüge zur Phytostatik der Pfalz. — Jber. Pollichia, 20 und 21, S. 99—319, Neustadt.
- VOLLMANN, F. (1914): Flora von Bayern. 840 S., Stuttgart.
- ZIMMERMANN, F. (1907): Die Adventiv- und Ruderalflora von Mannheim, Ludwigshafen und der Pfalz nebst den selteneren einheimischen Blütenpflanzen und den Gefäßkryptogamen. 1. Aufl., 171 S., Mannheim.



Abb. 1:
Jungpflanze von
Solanum
nitidibaccatum
BITTER aus Her-
barium W. LANG.
(Verkleinerung
3,5 x)



Abb. 2: *Solanum nitidibaccatum* voll entwickelt (Natürliche GröÙe.)

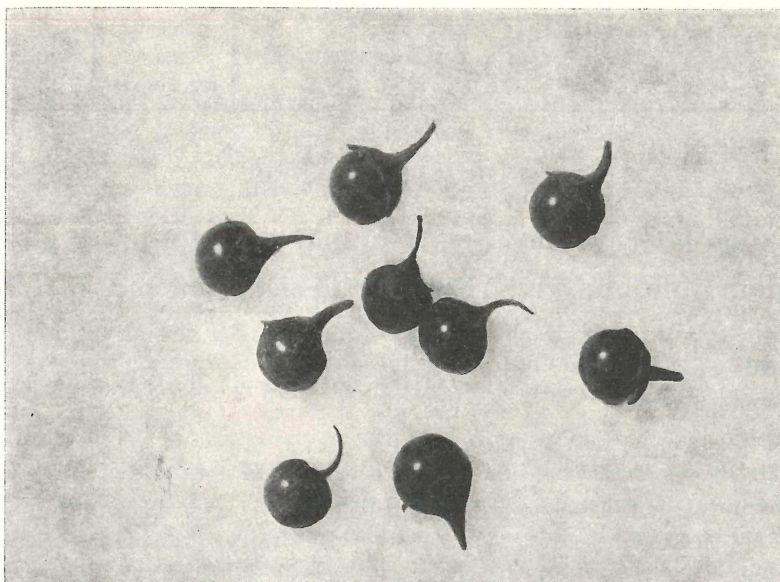


Abb. 3: Reife Beeren von *Solanum nitidibaccatum*.
(Vergrößerung 1,3 x) Aufnahmen vom Verf.

Anschrift des Verfassers:

Dr. WALTER LANG, 6701 Erpolzheim/Pfalz, Bahnhofstraße 2

MITTEILUNGEN DER POLLICHIA	III. Reihe 21. Band	135. Vereinsjahr 1974	Pollichia Museum Bad Dürkheim	Seite 46 bis 67
-------------------------------	------------------------	-----------------------	-------------------------------------	-----------------

INGE WEILBRENNER

Vegetative Vermehrung und Wuchsstoffhaushalt bei dem Rundblättrigen Sonnentau (*Drosera rotundifolia*)*

A	Inhaltsverzeichnis	Seite
B	Zusammenfassung	47
C	Einleitung	48
D	Material und Methoden	48
E	Experimentelle Ergebnisse	50
	I. Vegetative Vermehrung	50
	a) auf Blättern	
	b) in Blattachseln	
	c) auf Blütenständen	
	II. Welche Faktoren beeinflussen die Bildung der Vegetationspunkte auf Blättern?	53
	a) Physiologisches Blattalter	
	b) Feuchtigkeit	
	c) Temperatur	
	III. Die korrelativen IES-Beziehungen der einzelnen Pflanzenteile	55
	a) bei der Vegetationspunktbildung auf Blättern	
	b) bei der Regeneration der Sproßspitze	
	c) zwischen den Blättern der Pflanze	
	IV. Korrelative Hemmung und modifizierende Faktoren zwischen den Zellen	60
	a) Blattfläche	
	b) Blattstiel	
	c) Achselknospe und Blatt	
	d) Blütenstand	
	e) Blütenstandstiel	
	V. Bedeutung des Wundreizes	65
	a) bei der vegetativen Vermehrung des Blattes	
	b) bei der Regeneration der Sproßspitze	
	c) bei der vegetativen Vermehrung durch Blattachselknospen	
	VI. Funktion des Wuchsstoffes IES	66
F	Diskussion der Ergebnisse	66

Verwendete Abkürzungen:

IES: Indolylessigsäure

Stammlösung: 100 mg IES in 10 ml H₂O gelöst

1 µl dieser Lösung = 1/100 mg IES

Vp (nur im Anhang): Vegetationspunkte

* Diese Arbeit wurde im Rahmen des Wettbewerbs „Jugend forscht“ 1974 durchgeführt und mit dem 1. Bundespreis ausgezeichnet.

B. Zusammenfassung

I. Vegetative Vermehrung

Auf Blättern, in den Blattachseln und in den Achseln der Blütenknospen können sich bei *Drosera rotundifolia* unter besonderen Umständen junge Pflanzen entwickeln. 20 Tage nachdem das Blatt von der Pflanze abgetrennt und ausgelegt wurde, bilden sich auf der Blattoberseite Vegetationspunkte. 10 Tage später erscheinen Vegetationspunkte auch auf dem Blattstiel, wiederum nur auf der morphologischen Blattoberseite. Im unteren Teil einer Sonnentaupflanze, der bereits erste Zerfallserscheinungen zeigt, entstehen junge Sonnentaupflanzen auf Blättern und in Blattachseln. Die Vegetationspunktbildung in den Blattachseln kann auch der Regeneration der Sproßspitze dienen. Trennt man einen noch unverblühten Blütenstand ab und legt ihn auf feuchtes Moos, so bilden sich nach einiger Zeit an ganz bestimmten Stellen junge Pflanzen.

II. Welche Faktoren beeinflussen die Bildung der Vegetationspunkte auf den Blättern?

Das physiologische Blattalter beeinflusst in entscheidendem Maße die Entwicklungszeit und die Anzahl der Vegetationspunkte. Durch maximale Boden- und Luftfeuchtigkeit läßt sich die Anzahl der jungen Pflanzen bis zu einer bestimmten Grenze erhöhen. Die Temperatur beeinflusst die Entwicklungsgeschwindigkeit der Vegetationspunkte.

III. Über die korrelativen IES-Beziehungen der einzelnen Pflanzenteile

In der Sproßspitze wird ständig IES gebildet, das abtransportiert werden muß. Eine hohe IES-Konzentration im Blatt verhindert die vegetative Vermehrung. Der Schwellenwert liegt hier nach meinen Ergebnissen bei 4 Hundertstel mg IES innerhalb von 3 Wochen. In der Sproßspitze müssen täglich mindestens 2 Hundertstel mg IES gebildet, durch den Sproß nach unten abgegeben und durch den Blattstiel ins Blatt transportiert werden, um dieses an der vegetativen Vermehrung zu hindern. Die Transportgeschwindigkeit von IES im Blattstiel liegt bei 0,16 mm pro Minute. Der IES-Transport ist bei *Drosera rotundifolia* im Blattstiel und in der Sproßachse in beiden Richtungen möglich. Wird die Sproßspitze abgetrennt, so bildet innerhalb von kurzer Zeit die erste Blattachsel unter der Abtrennstelle einen neuen Sproß. Es ist anzunehmen, daß jedes Blatt über einer Achselknospe durch die eigene IES-Produktion mithilft diese am Austreiben zu hindern.

IV. Korrelative Hemmung und modifizierende Faktoren zwischen den Zellen

Durch die wechselseitigen Beziehungen zwischen den Zellen, die nicht auf Wuchsstoffbeziehungen beruhen müssen, wird verhindert, daß sich zum Beispiel an jedem Tentakelfluß ein Vegetationspunkt bildet. Diese stoffliche Beziehung wirkt hemmend auf die Zellen, die dadurch in einer bestimmten Modifikation gehalten werden. Die wechselseitige Hemmung wird gestört, wenn man z. B. die Blattfläche, den Blattstiel oder den Blütenstand in winzige Teile zerschneidet. Bei diesem Experiment bildet, wie erwartet, jedes Teilchen einen Vegetationspunkt.

V. Bedeutung des Wundreizes

Der Wundreiz beeinflusst die Anzahl der gebildeten Vegetationspunkte und deren Entwicklungsgeschwindigkeit. Eine vegetative Vermehrung ist nur dann möglich, wenn folgende 2 Faktoren zusammentreffen:

1. keine IES-Zufuhr mehr (Aufhebung der Apikaldominanz)
2. Wundreiz oder Reize durch Ausscheidungen von Pilzen oder Bakterien

C. Einleitung

In dieser Arbeit habe ich mir die Aufgabe gestellt, die vegetative Vermehrung des rundblättrigen Sonnentaus (*Drosera rotundifolia*), einer einheimischen, fleischfressenden Moorpflanze, zu untersuchen. Da ich mich im vorigen Jahr bereits mit einer Arbeit über den Beutefang dieser Pflanze am Wettbewerb „Jugend forscht“ beteiligt habe, hatte ich mit der Anzucht der Versuchspflanzen schon einige Erfahrung gesammelt. In dieser Arbeit ermittelte ich die Wuchsstoffmengen, die beim Beutefang im Blatt aktiviert werden und die differenzierten Fangbewegungen der Tentakeln auslösen. Meine Überlegungen und Versuche, die ich damals durchführte, waren nicht ohne Einfluß auf die neue Fragestellung. Hier wollte ich nun die Bedeutung dieses Wuchsstoffes, insbesondere bei der vegetativen Vermehrung des Sonnentaus untersuchen. Außer einer Arbeit von K. BEHRE (1929) über die vegetative Vermehrung von *Drosera* habe ich keine weitere neuere Literatur gefunden. Über den Wuchsstoffhaushalt des rundblättrigen Sonnentaus wurde wahrscheinlich noch nicht gearbeitet.

D. Material und Methoden

Material: Der rundblättrige Sonnentau, der in unseren Mooren zu finden ist, ist ein ausgesprochener Ernährungsspezialist. Seine kleinen runden Blätter sind mit ungefähr 200 krümmungsfähigen Tentakeln besetzt, deren rötlich schimmernde Köpfchen ein klebriges Sekret ausscheiden, an dem die Beutetiere festkleben (Abb. 1 u. 2). Läßt sich zum Beispiel eine Fliege auf ein Blatt nieder, so wird sie von den Klebetröpfchen festgehalten, die Tentakeln krümmen sich und umschließen die Beute. Die Fliege wird dann von einem Sekret, das die Blattfläche ausscheidet, „verdaut“.

Methoden: a) Kultivierung der Versuchspflanzen:

Bei der Kultivierung der Sonnentaupflanzen muß man bestimmte Regeln beachten, um geeignete Versuchsblätter zu erhalten. Gelingt es, den Pflanzen die gleichen Lebensbedingungen zu bieten wie im Moor, so ist der Erfolg gesichert. Kennzeichen des Moores:

1. konstant hohe Boden- und Luftfeuchtigkeit
2. saure Bodenreaktion (ph Bereich: 4—5)
3. viel Licht und ausgeglichene Temperaturen

Von mir wurden rund 250 Pflanzen in Holzkästen (80 x 50 x 10 cm), die mit Plastikfolie ausgelegt waren, auf Sphagnummoos kultiviert. Um eine konstant hohe Luft- und Bodenfeuchtigkeit zu erhalten, waren die Kästen mit dünner Plastikfolie überspannt. Selbstverständlich mußte täglich der

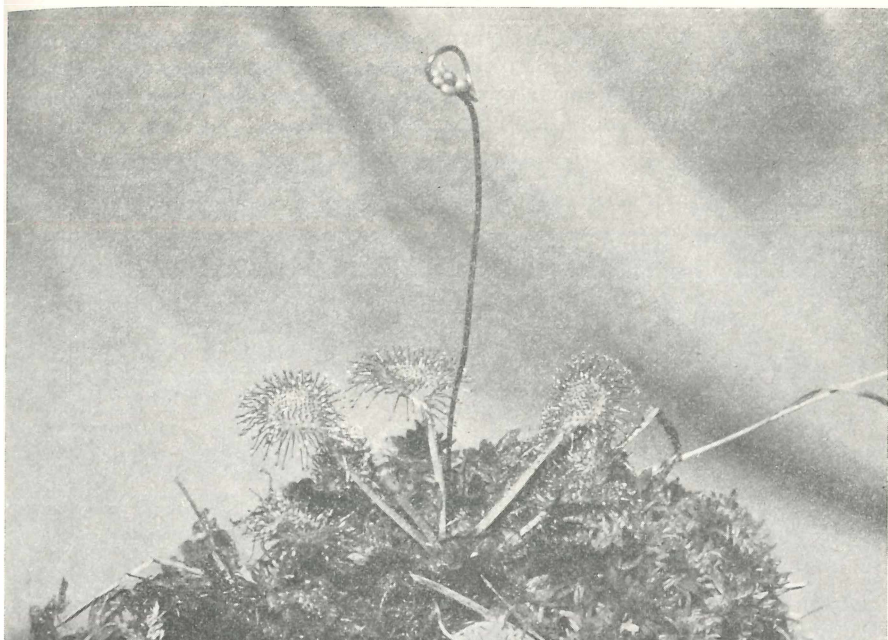


Abb. 1: Der rundblättrige Sonnentau wächst in unseren Mooren. Seine kleinen Blätter sind in einer Rosette angeordnet.

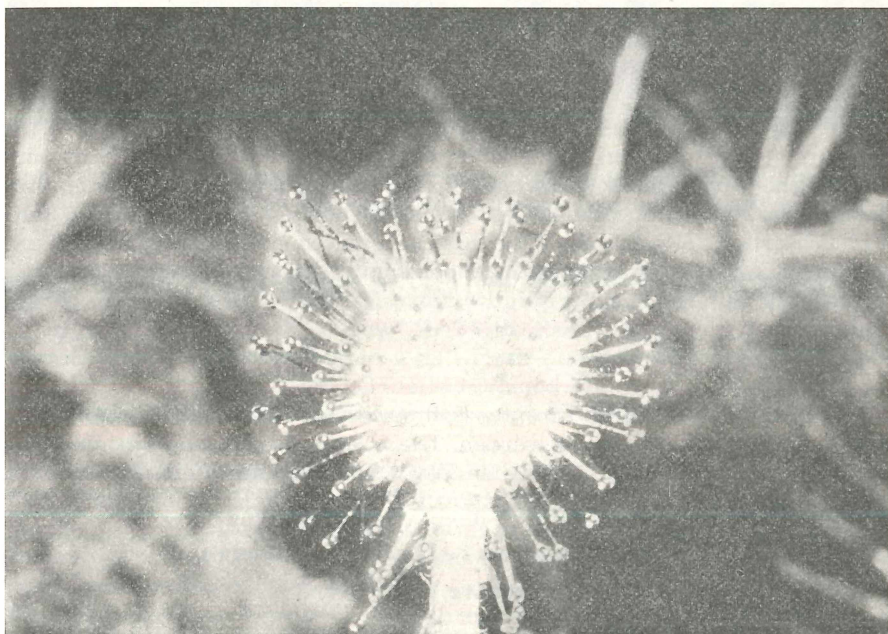


Abb. 2: Die Blattfläche ist mit ca. 200 gestielten Tentakeln besetzt. Das rötlich schimmernde Tentakelköpfchen scheidet ein klebriges Sekret aus, an dem die Beutetiere festkleben.

Wasserstand kontrolliert werden. Zum Gießen verwendete ich nur Regenwasser, um den pH-Wert des Bodens nicht zu verändern. Ungefähr 40 Pflanzen wurden in Plastiktöpfen kultiviert, die in einem Glaskasten standen (Abb. 3). Um recht früh im Jahr mit den Versuchen beginnen zu können, hatte ich einige Pflanzen im Treibhaus vorgetrieben.

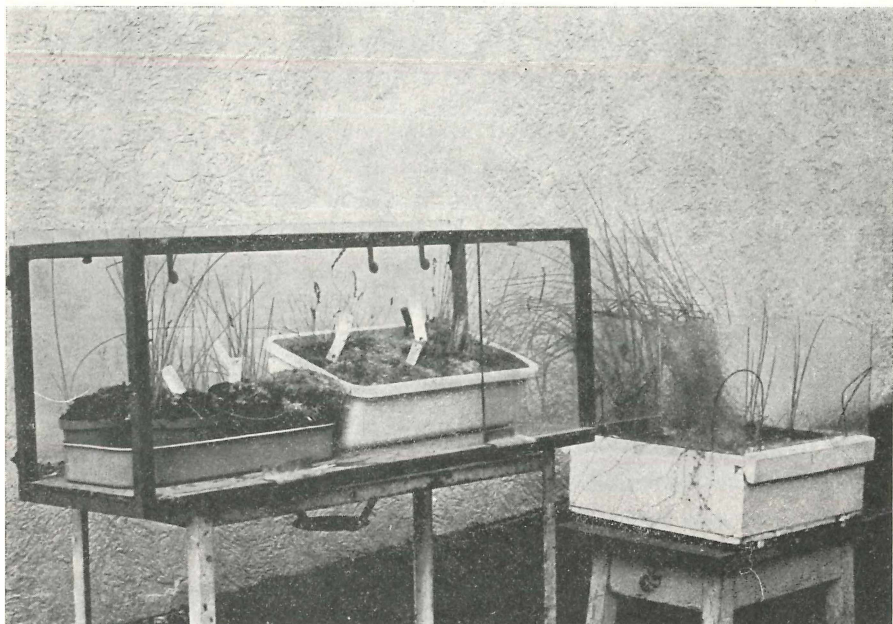


Abb. 3: Zwei Kulturgefäße zur Anzucht der Versuchspflanzen.

b) Vegetative Vermehrung: Bietet man abgetrennten Blättern des Sonnentaus bestimmte Wachstumsbedingungen, so bilden sich aus Stiel und Blattfläche junge Pflanzen. Bis man die Ansprüche, die diese Blätter an ihre Umwelt stellen, kennt, braucht man einige Erfahrung. Erst nach einem Jahr Versuchsarbeit gelang es mir ohne Schwierigkeiten eine große Anzahl Pflanzen aus Sonnentaublättern anzuziehen. Die abgetrennten Blätter wurden in eine, mit Sphagnummoos gefüllte, Porzellanschale (18 x 24 x 4 cm gelegt, wobei das Stielende mit Moos abgedeckt wurde. Über die Schale legte ich eine Glasscheibe. Es war nun darauf zu achten, daß die Luft- und Bodenfeuchtigkeit recht hoch und konstant blieb. Da die Blätter zur Vermehrung viel Licht brauchen, ihnen direktes Sonnenlicht jedoch schadet, mußten die Schalen zeitweise schattiert werden. Die Kleinheit der Objekte, und vor allem die große Zeitspanne zwischen Versuchsbeginn und Versuchsergebnis, erschwerten mein Arbeiten.

E. Experimentelle Ergebnisse

I. Vegetative Vermehrung

a) auf Blättern

Trennt man ein Sonnentaublatt von der Pflanze ab, und legt es auf feuchtes Moos, so bilden sich nach ungefähr 3 Wochen Vegetationspunkte,

jedoch nur auf der morphologischen Blattoberseite. Das zeigt sich dadurch, daß der untere Teil eines Tentakelstieles dick anschwillt. Aus dieser Verdickung entwickelt sich nach 1—2 Tagen ein kräftiger Knoten, der die umstehenden Tentakeln auseinander drängt. Eine solche Verdickung entsteht immer an der, dem Blattstielansatz zugewandten Seite des Tentakels und breitet sich auch in Richtung des Blattstielansatzes, längs einer Blattader

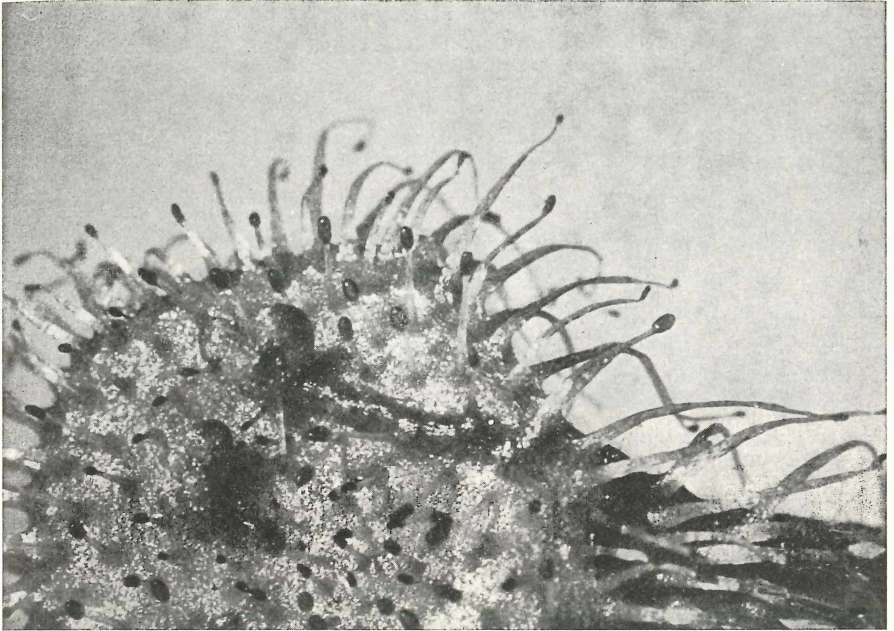


Abb. 4: Der Vegetationspunkt bildet sich auf der dem Blattstielansatz abgewandten Seite des Tentakels. Auf der entgegengesetzten Seite des Tentakels bildet sich ein länglicher Wulst längs einer Blattader.

aus (Abb. 4). Aus dem verdickten Fuße des Tentakels, auf der dem Blattstielansatz abgewandten Seite entsteht die junge Sonnentau-pflanze. Bei der Bildung der Vegetationspunkte wird die Blattmitte bevorzugt. Auf einem Blatt können maximal 5 junge Pflanzen entstehen, wobei sie sich jedoch nicht alle zur gleichen Zeit entwickeln, so daß man ältere und jüngere Pflanzen gleichzeitig auf einem Blatt finden kann. Das erste Blatt des Vegetationspunktes, das sich entfaltet, trägt bereits schon Tentakeln. Die Form und Größe dieses Blattes und die Anzahl seiner Tentakeln ist von Pflanze zu Pflanze verschieden. Demnach ist die Form der Erstlingsblätter und die Anzahl ihrer Tentakeln morphologisch nicht vorbestimmt, wie das bei Pflanzen, die sich aus Samen entwickeln der Fall ist. Besonders auffällig sind die Doppelblätter. Auch die Erstlingsblätter sind schon zum Beutefang und zur vegetativen Vermehrung fähig. Nachdem sich das zweite Blatt entfaltet hat, bildet sich manchmal aus dem länglichen Wulst, direkt am Vegetationspunkt, oder etwas weiter davon entfernt, eine kleine, weiße, stark behaarte Wurzel mit hellrot leuchtender Wurzelhaube, die über die Oberseite der Blätter und

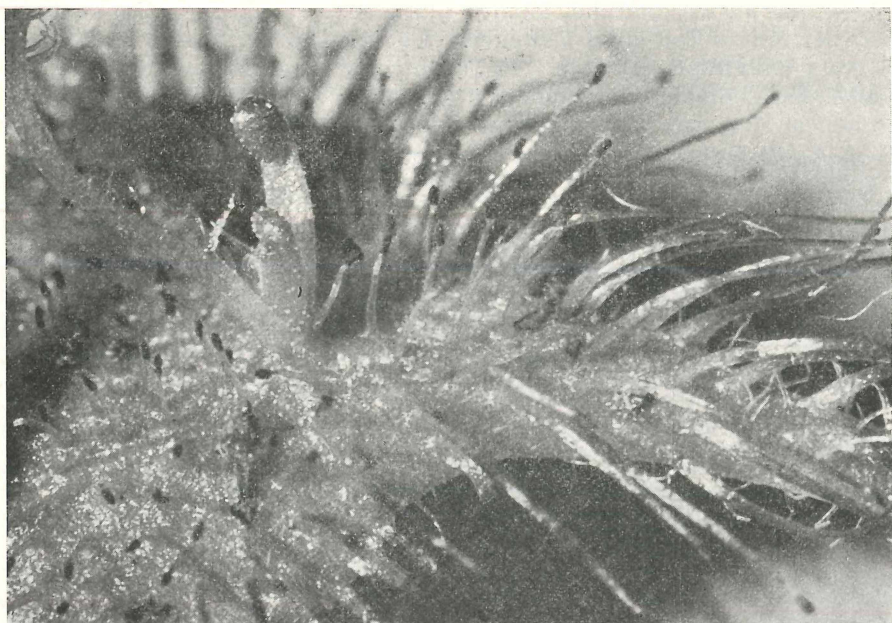
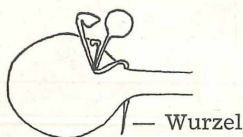


Abb. 5a u. b Aus dem länglichen Wulst bildet sich eine Wurzel, die über die Blattoberseite und dann in den Boden wächst.



dann in den Boden wächst (Abb. 5). Aber genau so häufig bildet sich aus der Blattunterseite eine Wurzel, wobei das Erscheinen dieser Wurzel zeitlich nicht festgelegt ist. Oftmals erscheint diese erst, wenn sich bereits das 4. oder 5. Blatt der jungen Pflanze entfaltet hat. Diese beiden Wurzeltypen sind keineswegs durch die Vererbung vorbestimmt, da man auf einem Blatt durchaus beide Typen vorfinden kann. Es ist sogar möglich, daß sich bei einer Pflanze eine Wurzel aus der Oberseite des Mutterblattes und eine andere aus der Unterseite entwickelt, wobei die Wurzelbildung der Blattoberseite jedoch zeitlich beschränkt ist. Die Wurzel bildet sich endogen, die Sproßbildung geht von Epidermiszellen aus (nach BEHRE). Haben sich bereits 6 oder mehr Blätter der jungen Pflanze entfaltet und noch keine Wurzel gebildet, so entstehen aus den Blattachsen dieser Pflanze die Wurzeln (Abb. 6). Es gibt also 3 Möglichkeiten der Bewurzelung bei einer jungen Pflanze:

1. Wurzel aus der Blattunterseite des Mutterblattes
2. Wurzel aus der Blattoberseite des Mutterblattes
3. Wurzeln aus den Blattachsen der jungen Pflanze

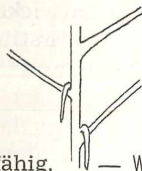


Abb. 6: Jede Blattachsel einer Pflanze ist zur Wurzelbildung fähig.

Es ist anzunehmen, daß der Sproßvegetationspunkt die Bildung eines Wurzelvegetationspunktes induziert, da keine Wurzeln gebildet werden, wenn man den Sproß abtrennt.

Ungefähr 10—14 Tage nachdem sich auf der Blattfläche Vegetationspunkte gebildet haben, entstehen auch solche auf dem Blattstiel, wiederum nur auf der morphologischen Oberseite. Hier bildet sich kein länglicher Wulst, und es entsteht auch nur ein Wurzeltyp. Aus dem Vegetationspunkt erscheint oft die Wurzel, noch bevor sich das erste Blatt entfaltet hat. Auch bei Jungpflanzen, die sich auf dem Blattstiel bilden, ist das Aussehen der Erstlingsblätter sehr verschieden.

b) in Blattachsen

Im unteren Teil einer Pflanze, der durch Fäulnis oder Pilzbefall stark geschädigt ist, bilden sich in den Blattachsen junge Pflanzen. Die Vegetationspunktbildung in den Blattachsen dient häufig auch der Regeneration der Sproßspitze. Wird der Kopf der Pflanze durch pilzliche Krankheiten (z. B. Botrytis) oder durch Tierfraß in irgend einer Weise geschädigt, so bildet sich aus der obersten, noch unbeschädigten Blattachse ein neuer Sproß.

c) auf Blütenständen

Trennt man einen noch unverblühten Blütenstand einer Pflanze ab und legt ihn auf feuchtes Moos, so bilden sich nach ca. fünf Wochen an bestimmten Stellen des Blütenstandes, junge Pflanzen. Zuerst entstehen die Vegetationspunkte in der Achsel der endständigen Blütenknospe. Bei einem doppelährigen Blütenstand bildet sich dann, in der Verzweigungsstelle der beiden Ähren, der nächste Vegetationspunkt. Nun ist es die Regel, daß sich aus der Achsel jeder dritten Knospe des Blütenstandes eine Sonnentau-pflanze bildet. Die Bildung von Vegetationspunkten auf Blütenständen ist jedoch nur dann möglich, wenn die Knospen vor dem Auslegen noch nicht aufgeblüht waren.

II. Welche Faktoren beeinflussen die Bildung der Vegetationspunkte auf den Blättern?

a) Physiologisches Blattalter

Beobachtet man verschieden alte Sonnentaublätter bei der vegetativen Vermehrung, so erkennt man, daß das physiologische Alter des Blattes zum Zeitpunkt des Abtrennens in entscheidendem Maße die Entwicklungszeit, und die Anzahl der gebildeten Vegetationspunkte beeinflusst (Tab. 1). Blätter, die sich beim Auslegen noch nicht entfaltet hatten, sind zur Wurzelbildung aus dem Mutterblatt nicht fähig.

b) Feuchtigkeit

Legt man ein Blatt so aus, daß der Blattstiel auf feuchtem Sand, die Blattfläche auf Moos liegt, so bilden sich die Vegetationspunkte nur auf der Blattfläche. Legt man ein ganzes Blatt auf Moos und deckt das Stielende mit Moos ab, so bilden sich auf dem abgedeckten Teil des Stieles die meisten Vegetationspunkte. Auf dem Blattstiel und der Blattfläche entwickeln sich jedoch weitere Pflänzchen. Diese Versuche zeigen, daß sich an den Blattstellen der maximalen Feuchtigkeit die Vegetationspunkte häufen. Man kann jedoch durch gleichmäßig hohe Boden- und Luftfeuchtigkeit die Anzahl der Vegetationspunkte nur bis zu einer bestimmten Grenze erhöhen.

Tabelle 1

Einfluß des Blattalters auf die Anzahl der gebildeten Vp. und deren Entwicklungs-

Blattalter beim Auslegen in Tagen	Anzahl der Vp. auf der Blattfläche	Entwicklungszeit in Tagen (b)	Besonderheiten der Vegetationspunkte
-2 (a)	3	22	keine Wurzelbildung aus dem Mutterblatt
0	5	19	
7	4	21	
14	3	22—23	Die verschiedenen Vp. des Blattes befinden sich in verschiedenen Entwicklungsphasen
21	3	24—34	

(a) Dieses Blatt wurde 2 Tage bevor es sich entfaltet hätte ausgelegt.

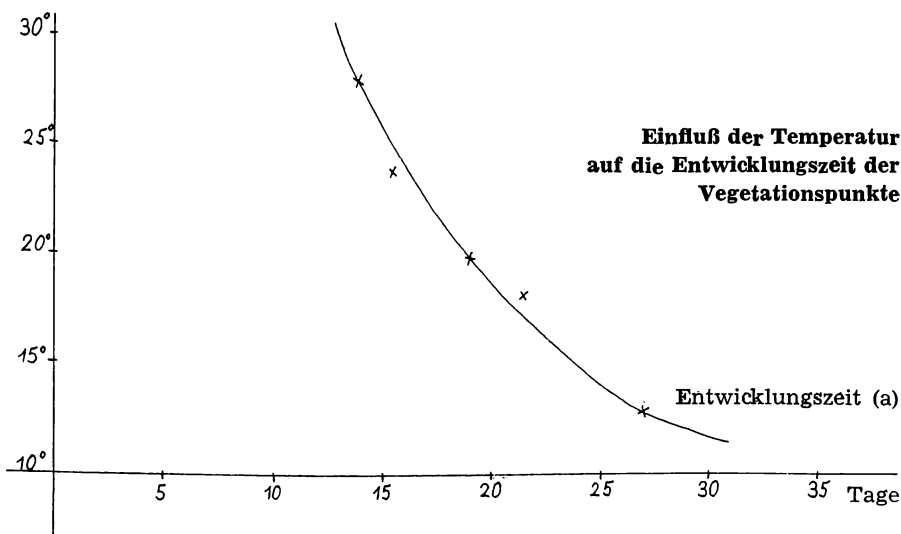
(b) Die Entwicklungszeit wurde gerechnet vom Auslegen des Blattes bis zum ersten deutlichen Erkennen des Vegetationspunktes.

c) Temperatur

Die Temperatur beeinflusst die Entwicklungsgeschwindigkeit der Vegetationspunkte. Bei einer Temperatur von 19°C dauert es 20 Tage, bis die Vegetationspunkte deutlich zu erkennen sind. Bei 28°C entwickeln sie sich bis zum gleichen Stadium oft schon innerhalb von 14 Tagen (Tab. 2). Die angegebenen Temperaturen sind Tagesmittel; die Temperaturschwankungen betrugen ungefähr 5°C .

Temperatur in C

Tabelle 2



(a) Die Entwicklungszeit wurde gerechnet vom Auslegen des Blattes bis zum ersten deutlichen Erkennen des Vegetationspunktes

III. Die korrelativen IES-Beziehungen der einzelnen Pflanzenteile

a) bei der Vegetationspunktbildung auf Blättern

Um nachzuprüfen, in wie weit die Unterbrechung des Stofftransportes, zwischen Blatt und Pflanze, die Bildung von Vegetationspunkten ermöglicht, trennte ich den Stiel eines Blattes, das noch mit der Pflanze verbunden war, zu $\frac{3}{4}$ durch. Daraufhin bildeten sich auf dem Blatt besonders kräftige Sonnentaupflanzen. Mithin muß die Konzentration eines bestimmten Stoffes im Blatt dafür ausschlaggebend sein, ob Vegetationspunkte gebildet werden oder nicht. Wenn ein Blatt einer Pflanze seitlich zweimal quer zu den Blattadern eingeschnitten wurde, so bildeten die beiden oberen Blatteile, die nur noch durch einen kleinen Blattstreifen mit der Pflanze verbunden waren, Sonnentaupflanzen aus (Abb. 7). Auf dem unteren Teil, der direkt

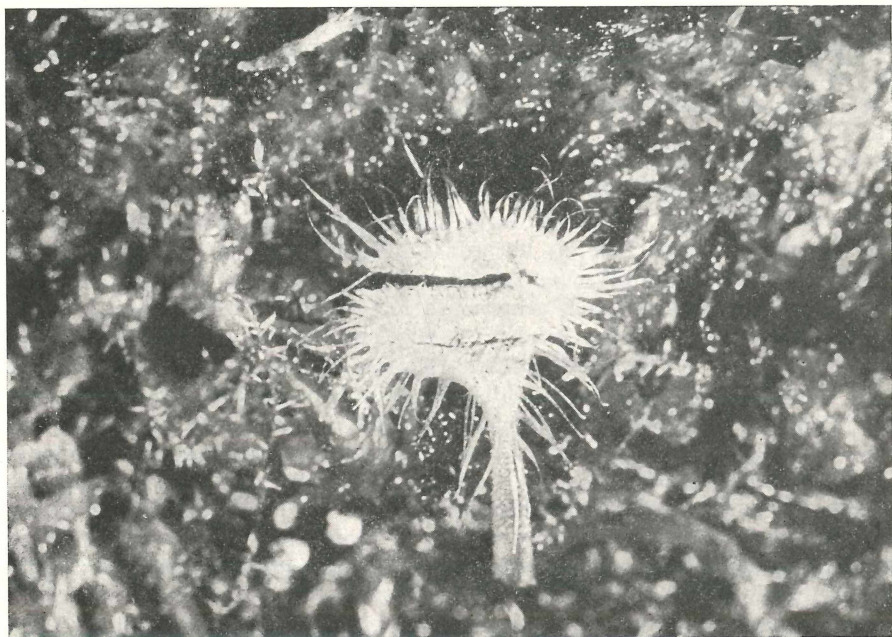


Abb. 7: Schneidet man ein Blatt, das sich noch an der Pflanze befindet, so wie auf diesem Photo ein, so bilden sich nur auf den beiden oberen Blattstreifchen Vegetationspunkte.

mit der Pflanze verbunden blieb, bildeten sich nie Vegetationspunkte. Dieser Versuch zeigte deutlich, daß eine von der Pflanze an einem bestimmten Ort gebildete und in die Blätter geleitete Substanz die vegetative Vermehrung auf dem Blatt verhindert. Schneidet man nämlich ein Blatt einer Pflanze längs den Adern ein, so kann diese Substanz alle Blatteile erreichen, und es werden keine Vegetationspunkte gebildet (Abb. 8). Es drängte sich nun die Frage auf, welche Substanz die vegetative Vermehrung auf den Blättern hemmt. Diese Frage ist in Bezug auf andere Objekte in der Wissenschaft bereits beantwortet. Man fand in Untersuchungen heraus, daß der in der

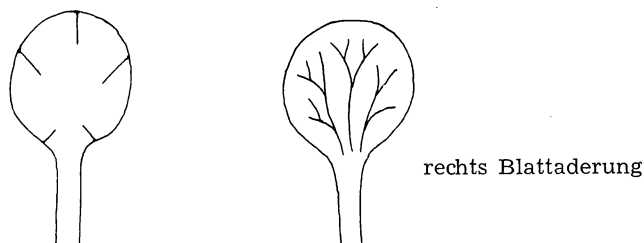


Abb. 8: Schneidet man ein Blatt, das sich noch an der Pflanze befindet, so wie auf der linken Zeichnung ein, so bilden sich keine Vegetationspunkte.

Sproßspitze gebildete Wuchsstoff IES (β -Indolylessigsäure) basalwärts transportiert wird und dort das Austreiben von Seitenknospen verhindert. Dieses Phänomen bezeichnet man allgemein als Apikaldominanz (B. HUSFELD). Daß IES die Substanz ist, die die Fangbewegungen der Tentakeln auslöst, hatte ich bereits in meiner Arbeit vom letzten Jahr nachgewiesen. Dort konnte ich bereits zeigen, daß die Tentakeln nach 6 Tagen Dunkelheit keine Bewegung mehr ausführen können, da ihnen IES fehlt, welches nur bei Einwirken von Licht gebildet werden kann. Der Versuch, Blätter, die sich noch an der Pflanze befanden, durch Dunkelstellen der ganzen Pflanze zur vegetativen Vermehrung zu veranlassen, mißlang. Den Blättern wurde zwar kein IES zugeführt, was zur vegetativen Vermehrung geführt hätte, wenn nicht durch die lange Dunkelpase von 4 Wochen (IES braucht 1 Woche zum Abbau und 3 Wochen sind nötig zur Bildung der Vegetationspunkte) Assimilate zum Aufbau der jungen Pflanze gefehlt hätten. Dies ist eine Deutungsmöglichkeit des Versuches. Es wäre aber auch möglich, daß erst ein Wundreiz die vegetative Vermehrung veranlaßt, doch darauf soll später eingegangen werden. Daß der fehlende Wundreiz und der Assimilatemangel die vegetative Vermehrung bei diesem Experiment verhinderte, zeigt folgender Versuch: Legt man abgetrennte Blätter 3 Wochen dunkel, so bilden nur 20 von 100 der Blätter Sprosse aus, die jedoch sehr klein sind und auch keine Wurzeln besitzen. Bei 20 % der Versuchsblätter reichten die Stoffwechselprodukte noch aus um einen Sproß zu entwickeln. Die jungen Pflanzen konnten keine Wurzeln ausbilden, da der junge Sproß im Dunkeln nicht die nötige Menge IES bilden konnte auch Assimilate fehlten. Es lag nun nahe, die Möglichkeiten des IES-Transportes und die transportierten und produzierten IES-Mengen zu untersuchen. Zunächst wollte ich jedoch prüfen, ob IES in einer bestimmten Konzentration beim Sonnentau die vegetative Vermehrung hemmt. Ich stellte folgende Versuchsreihe an: Auf je 10, kurz zuvor abgetrennte Blätter, applizierte ich 2, 4, 6, 8 und 10 hundertstel mg IES, so daß ich im ganzen 100 Versuchsblätter hatte. Nach 8 Tagen applizierte ich nochmals die gleiche Menge. Es kommt bei diesem Versuch entscheidend auf den physiologischen Zustand und die Größe des Blattes an. Deswegen wählte ich als Versuchsblätter ungefähr gleichalte und gleichgroße Blätter von gleichstarken Pflanzen aus. Dieses Experiment brachte mir nach 3 Wochen folgendes Ergebnis (Tab. 3): Während sich auf den nicht mit IES behandelten Kontrollblättern bereits Vegetationspunkte gebildet hatten, waren

Tabelle 3

IES als Hemmstoff der vegetativen Vermehrung

Anzahl der Versuchsblätter	10	10	10	10	10
applizierte IES-Menge auf jedes Versuchsblatt	$4/_{100}$ mg	$8/_{100}$ mg	$12/_{100}$ mg	$16/_{100}$ mg	$20/_{100}$ mg
Anzahl der Vp. auf den 10 Blättern 25 Tage nach der Applikation	2	0	0	0	0
Anzahl der Vp. auf den 10 Blättern 60 Tage nach der Applikation	10	6	5	3	2

Alle diese Vegetationspunkte sind sehr kümmerlich.

Erklärung: Nach 60 Tagen war das applizierte IES weitgehend abgebaut. Die Blätter waren nun nicht mehr gehemmt und hatten Vp. bilden können, jedoch fehlten ihnen weitgehend die Aufbaustoffe dazu. Daß bei allen Blättern das IES noch nicht ganz abgebaut war, sieht man daran, daß auf den 10 Blättern, auf die ich $20/_{100}$ mg IES appliziert hatte, sich nur 2 Vp. bildeten, wobei sich auf den Blättern, auf die nur $4/_{100}$ mg IES appliziert wurden, 10 Vp. bildeten.

Tabelle 4

Einfluß von Stielänge und Blattalter auf die Transportgeschwindigkeit von IES

Blattstiellänge	Blattalter (a)	Temperatur während des Versuches	applizierte IES-Menge (b)	Reaktionszeit (c)	Transportgeschwindigkeit
2 cm	1	18° C	$1/_{100}$ mg	115 min	0,173 mm/min
2 cm	7	18° C	$1/_{100}$ mg	132 min	0,151 mm/min
2 cm	14	18° C	$1/_{100}$ mg	145 min	0,137 mm/min
2,3 cm	3	18° C	$1/_{100}$ mg	126 min	0,182 mm/min
2,0 cm	3	18° C	$1/_{100}$ mg	120 min	0,166 mm/min
1,7 cm	3	18° C	$1/_{100}$ mg	115 min	0,148 mm/min

(a) in Tagen nach dem Entfallen.

(b) die IES-Menge wurde am Stielende des Blattes appliziert.

(c) Zeit von der Applikation bis zum Einsetzen der Tentakelkrümmung auf der Blattfläche.

auf den Blättern, auf die ich zweimal 4, 6, 8 und 10 hundertstel mg IES appliziert hatte, keine Vegetationspunkte zu finden. Nur 2 der 10 Blätter, auf die ich zweimal 2 hundertstel mg (also im ganzen 4 hundertstel mg) IES appliziert hatte, vermehrten sich vegetativ.

Daraus schloß ich, daß die Sproßspitze jedem Blatt, innerhalb von 3 Wochen, mindestens 4 hundertstel mg IES zukommen lassen muß, um es an der Vegetationspunktbildung zu hindern. Geht man davon aus, daß eine Sonnentaupflanze im Durchschnitt 10 vermehrungsfähige Blätter besitzt, so müssen in der Sproßspitze täglich mindestens 2 hundertstel mg IES produziert werden und in die Blätter abgegeben werden, um diese an der vegetativen Vermehrung zu hindern. Dieses IES muß 1. in der Sproßspitze gebildet werden, 2. durch den Sproß nach unten abgegeben werden, und 3. durch den Blattstiel ins Blatt transportiert werden. Um diese Feststellung zu untermauern, wurden folgende Versuche durchgeführt: Ich trennte ein Blatt mit einem Sproßachsenstückchen von der Pflanze ab und applizierte auf die obere Abtrennstelle dieses Sproßstückchens dreimal 2 hundertstel mg IES jeweils in Abständen von 3 Tagen (Abb. 9). Jegliche Vegetationspunkt-

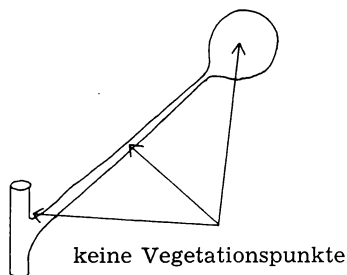


Abb. 9: Da sich weder in der Blattachsel noch auf dem Blatt Vegetationspunkte bilden, muß das IES in der Sproßachse nach unten und in das Blatt geleitet worden sein.

bildung auf der Blattfläche, dem Blattstiel und in der Blattachsel wurde dadurch verhindert. Demnach wird IES in der Sproßachse nach unten und durch den Blattstiel ins Blatt transportiert. Daß auch der Transport in umgekehrter Richtung durch den Blattstiel möglich ist, zeigte die vorausgegangene Versuchsreihe, wobei auf dem Blattstiel keine Vegetationspunkte gebildet wurden, obwohl IES nur auf die Blattfläche appliziert worden war. Nun wußte ich bereits, daß IES im Stiel in beiden Richtungen transportiert werden kann, was sehr erstaunlich ist, da IES bei anderen Pflanzen nur polar von der Sproßspitze aus basalwärts transportiert wird. Auch waren mir die transportierten IES-Mengen teilweise bekannt. Es blieb nun noch die Frage offen, wie schnell dieses IES transportiert wird. Zu diesem Versuch eignet sich der Sonnentau vorzüglich, da sich die Tentakeln, bei einer bestimmten IES-Konzentration im Blatt, krümmen. Ich brachte nun 1 hundertstel mg IES an das Stielende eines abgetrennten Blattes. Nach 2 Stunden setzte die Krümmung der Tentakeln auf der Blattfläche ein, also mußte der Wuchsstoff nach 2 Stunden die Tentakeln erreicht haben. Da die Stiellänge 2 cm betrug, wurde IES mit einer Geschwindigkeit von 0,16 mm/min transportiert. Während und vor dem Versuch herrschte eine konstante Tempera-

tur von 18° C. Bei einigen Wiederholungsversuchen habe ich festgestellt, daß sich die Länge des Blattstieles weniger als das Alter des Blattes auf die Transportgeschwindigkeit von IES auswirkt (Tab. 4). Aus den Versuchen, wobei IES auf die Blattfläche appliziert wurde, ist zu erkennen, daß ein IES-Transport vom Blatt ausgehend, beim Sonnentau möglich ist. Dies läßt vermuten, daß sich die Blätter auch untereinander durch ihre eigene IES-Produktion beeinflussen. (Daß IES auch in den Blättern produziert wird, habe ich in meiner Arbeit vom letzten Jahr gezeigt.) Das heißt, daß zum Beispiel ein physiologisch sehr aktives Blatt seinen Überschuß an IES an andere Blätter abgibt. Dieses, in den Blättern gebildete IES reicht jedoch nicht aus, die vegetative Vermehrung zu verhindern, denn abgetrennte Blätter bilden zwar noch IES, vermehren sich jedoch trotzdem vegetativ. Daß das in den Blattflächen gebildete IES an Blätter abgegeben wird, die weiter unterhalb an der Sproßachse sitzen ist verständlich, denn ich habe bereits nachgewiesen, daß ein Transport in basipetaler Richtung stattfinden kann. Doch ob der entgegengesetzte Transport in der Sproßachse in akropetaler Richtung möglich ist, ist sehr fraglich, und dies würde auch den Erfahrungen über den IES-Transport bei vielen anderen Pflanzen widersprechen. Auf Grund meiner nachfolgenden Versuchsergebnisse scheint der Sonnentau hier eine Ausnahme zu machen: Trennt man ein Sproßachsenstückchen mit einem Blatt ab und appliziert an der unteren Abtrennstelle dreimal 2 hundertstel mg IES in Abständen von 3 Tagen, so wird das ganze Blatt an der vegetativen Vermehrung gehemmt (Abb. 10). Dieses Ergebnis zeigt, daß

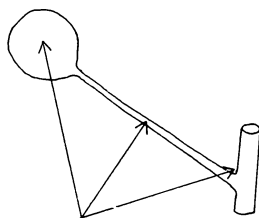


Abb. 10: Da sich keine jungen Pflanzen bilden, ist ein IES-Transport in akropetaler Richtung möglich.

ein Transport von IES in der Sproßachse von unten nach oben stattfinden kann, daß also ein Blatt überschüssiges IES an Blätter abgeben kann, die sich über und unter ihm an der Sproßachse befinden. Ich vermute, daß bei der Kleinheit der Objekte hier im wesentlichen die Leitung von IES durch Diffusion stattfindet.

b) bei der Regeneration der Sproßspitze

Trennt man bei einer Pflanze die Sproßspitze ab, so bildet sich innerhalb von ca. 14 Tagen, aus der Blattachsel, direkt unter der Abtrennstelle ein neuer Sproß, weil die Apikaldominanz aufgehoben wurde. (Regeneration der Sproßspitze). Auf den Blättern der Pflanze können während dieser Zeit keine Vegetationspunkte gebildet werden, da die Regeneration der Sproßspitze verhältnismäßig schnell vor sich geht, und spätestens nach 14 Tagen die Blätter durch die Wuchsstoffproduktion der regenerierten Sproßspitze

an der Vegetationspunktbildung gehemmt werden, die erst nach 20 Tagen deutlich erkennbar wäre. Es war nun interessant, festzustellen welche IES-Menge eine Blattachsel am Austreiben hindert. Trennt man die Sproßspitze einer Pflanze ab und gibt auf die Abtrennstelle fünfmal 2 hundertstel mg IES, jeweils im Abstand von 3 Tagen, so treibt an der ganzen Pflanze keine Knospe aus.

c) zwischen den Blättern der Pflanze

Nach diesen Experimenten blieb nun noch die Frage offen, warum immer nur die Blattachsel direkt unter der Schnittstelle die Sproßregeneration übernimmt. Man könnte vermuten, daß hier der Wundreiz, der von den, beim Abtrennen der Sproßspitze beeinträchtigten Zellen ausgeht, die Blattachsel unter der Schnittstelle zur Sproßbildung veranlaßt. Jedoch müßte dann die obere und untere Blattachsel eines Sproßstückchens austreiben, welches aus der Sproßachse herausgetrennt wurde. Ein entsprechendes Experiment zeigt, daß in diesem Fall nur die oberste Blattachsel austreibt (Abb. 11). Ich nehme deswegen an, daß jeweils das nächste Blatt über der

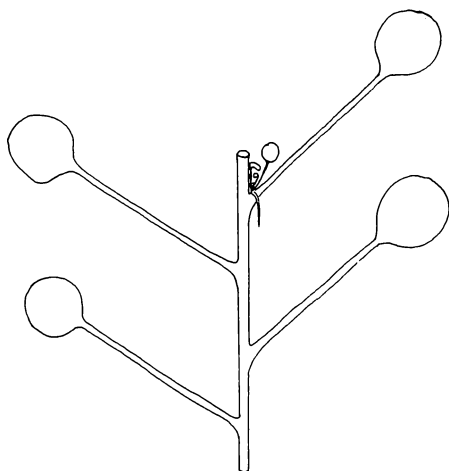


Abb. 11: Trennt man ein Sproßstückchen ab, so übernimmt immer die oberste Blattachsel die Regeneration der Sproßspitze. Dieses Experiment zeigt, daß dafür nicht der Wundreiz entscheidend ist, sondern, daß immer das Blatt über einer Blattachsel mithilft, diese am Austreiben zu hindern.

Achselknospe durch Wachstoffsabgabe mithilft diese am Austreiben zu hindern. Da nun die Achselknospe direkt unter der Schnittstelle kein Blatt mehr über sich hat, also durch dieses auch nicht mehr gehemmt werden kann, treibt sie aus. Tabelle 5 zeigt das Modell der Auxinbildung und des Auxintransportes, das ich nach meinen Versuchen entwickelt habe.

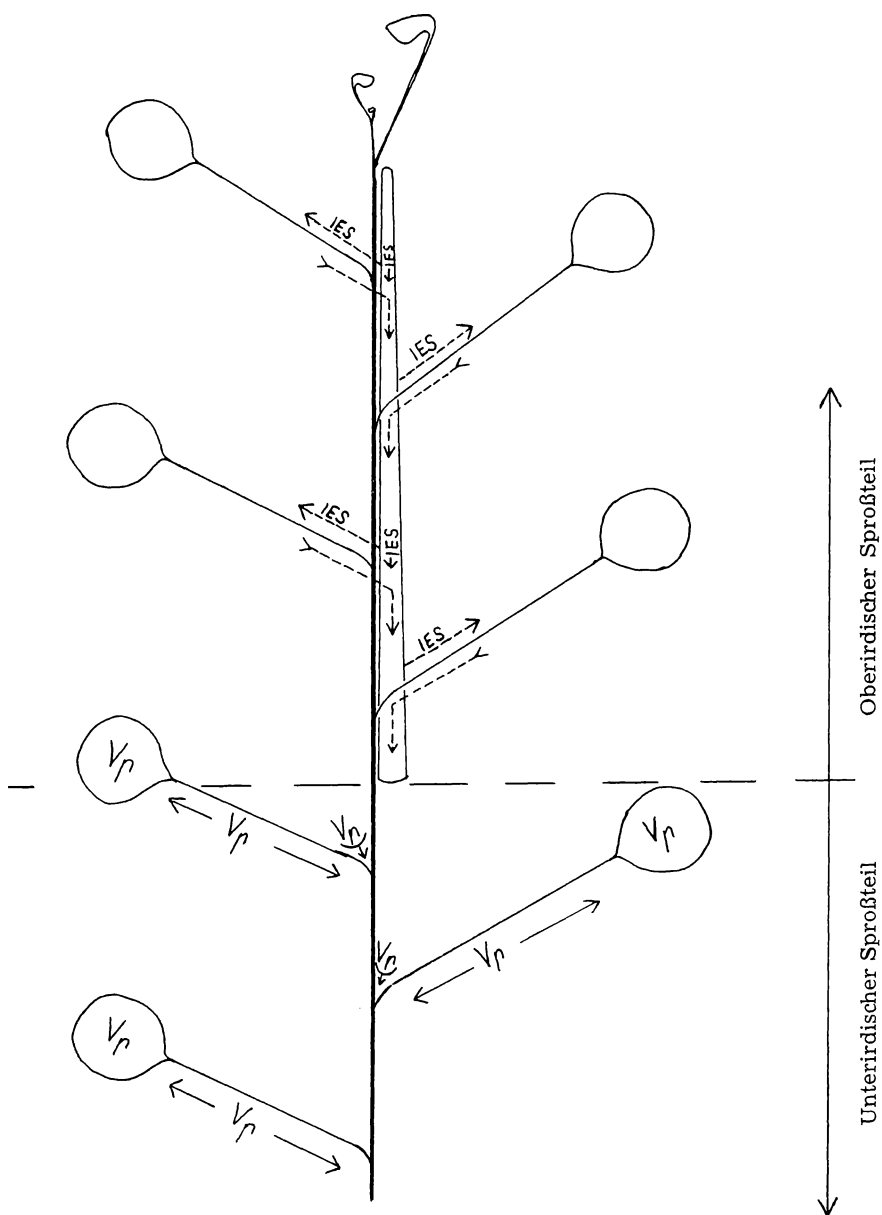
IV. Korrelative Hemmung und modifizierende Faktoren zwischen den Zellen

a) Blattfläche

Zerschneidet man ein Blatt in Stückchen, mit einem, zwei und mehreren Tentakeln, so bildet jedes Blattstückchen mindestens einen Vege-

IES Haushalt einer Sonnentaupflanze

stark schematisiert



tationspunkt. Bei Streifen mit mehr als 7 Tentakeln, bildeten sich mindestens zwei Vegetationspunkte, wobei um einen Vegetationspunkt im Umkreis von mindestens 5 Tentakeln kein zweiter zu finden war (Abb. 12).

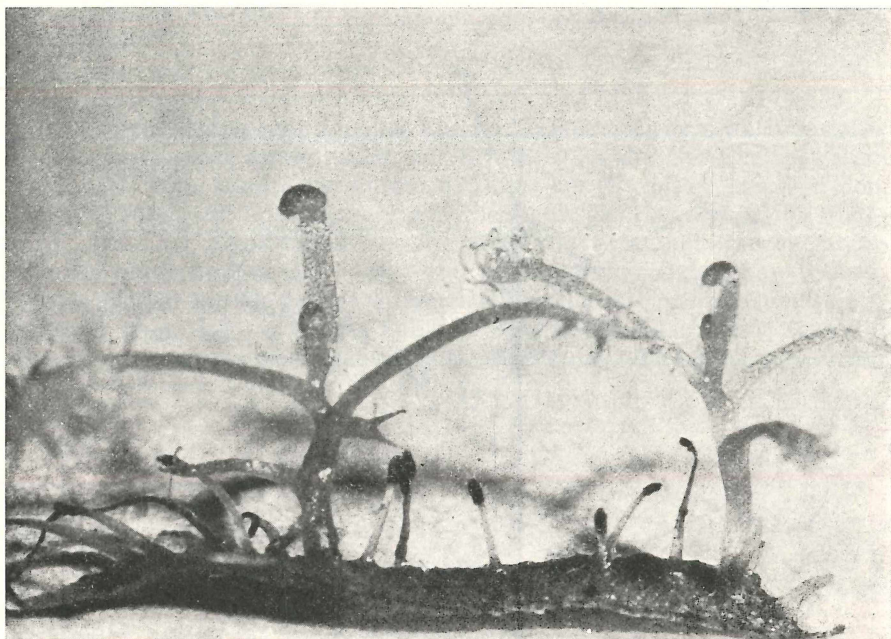


Abb. 12: Zerschneidet man ein Blatt in Stückchen mit mehr als 7 Tentakeln, so bilden sich mindestens zwei Vegetationspunkte, wobei um einen Vegetationspunkt im Umkreis von 5 Tentakeln kein zweiter zu finden ist.

Demnach wäre jeder Tentakel eigentlich fähig eine junge Sonnentaupflanze zu bilden, was die Omnipotenz der Zellen zeigt, jedoch kann nicht jede Zelle Ausgangsort für einen Vegetationspunkt sein. Dies verhindern die korrelativen Beziehungen zwischen den einzelnen Zellen, die sich hier als korrelative Hemmung auswirken. Durch organismuseigene Stoffe halten die Zellen gegenseitig ihre genetische Information teilweise in einer inaktiven Form. Diese modifizierenden Stoffe können Phytohormone sein. Sobald nun die korrelativen Beziehungen wegfallen (z. B. durch Zerschneiden des Blattes) wird die Modifikation aufgehoben, die zuvor inaktivierten Gene werden nun aktiv, die Zellen beginnen sich zu teilen und werden zum Ausgangsort der vegetativen Vermehrung. Dies ist ein bereits bekanntes Modell, mit dem sich viele Beobachtungen an anderen Pflanzen und auch meine Versuche am Sonnentau erklären lassen.

b) Blattstiel

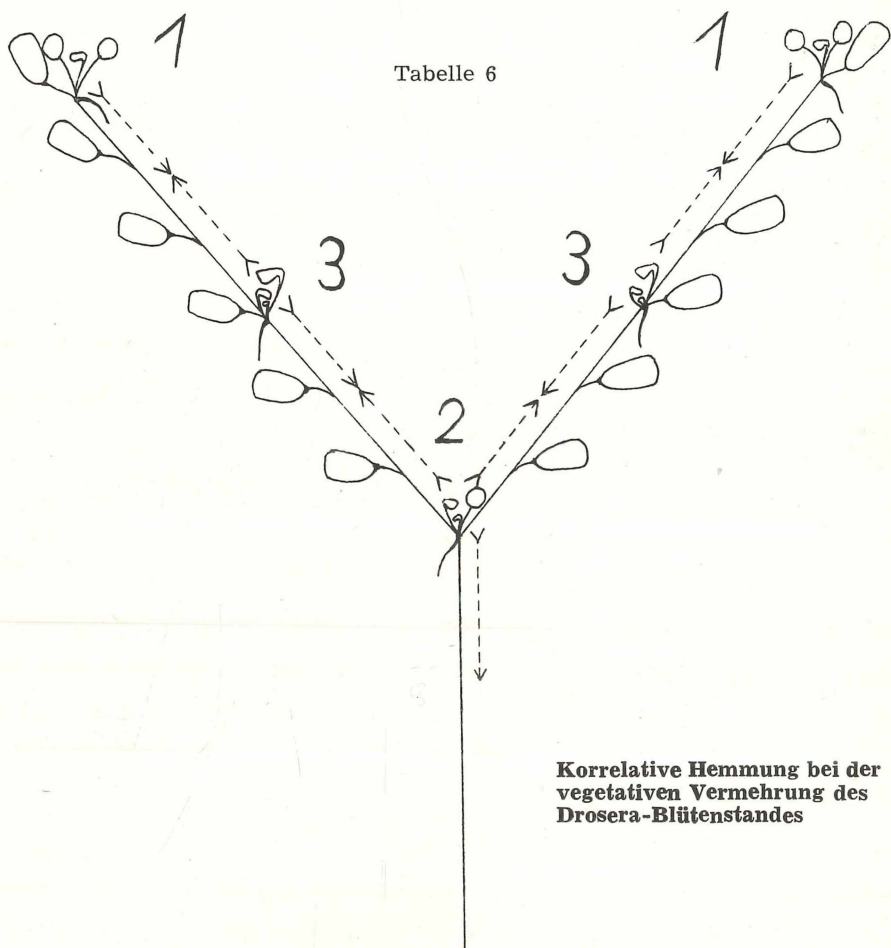
Zerschneidet man den Blattstiel in kleine Stücke, so bildet sich auch auf jedem von ihnen mindestens ein Vegetationspunkt und zwar später, als auf den Blattstückchen, was beweist, daß das spätere Erscheinen der Vegetationspunkte auf dem Blatt physiologisch bedingt ist.

c) Achselknospe und Blatt

Trennt man ein Blatt mit einem Sproßachsenstückchen von der Pflanze ab, so bildet sich schon nach verhältnismäßig kurzer Zeit ein Vegetationspunkt in der Blattachsel. Der Blattstiel und die Blattfläche vermehren sich nicht vegetativ (Abb. 13). Sie werden durch die früh einsetzende Wuchsstoffproduktion des Achselvegetationspunktes daran gehindert.

d) Blütenstand

Zerschneidet man den Blütenstand in Teile mit je einer Knospe, so bildet jeder Teil eine Pflanze aus (Abb. 14). Wie und wo Vegetationspunkte am ungeteilten Blütenstand gebildet werden, habe ich bereits beschrieben. Dies läßt vermuten, daß am ungeteilten Blütenstand die Vegetationspunkte einen Bereich hoher Wuchsstoffkonzentration um sich aufbauen und dieser hemmend auf die nächsten zwei Knospen einwirkt (Tab. 6). Es ist anzunehmen, daß hier der modifizierende Faktor ein Phytohormon ist.



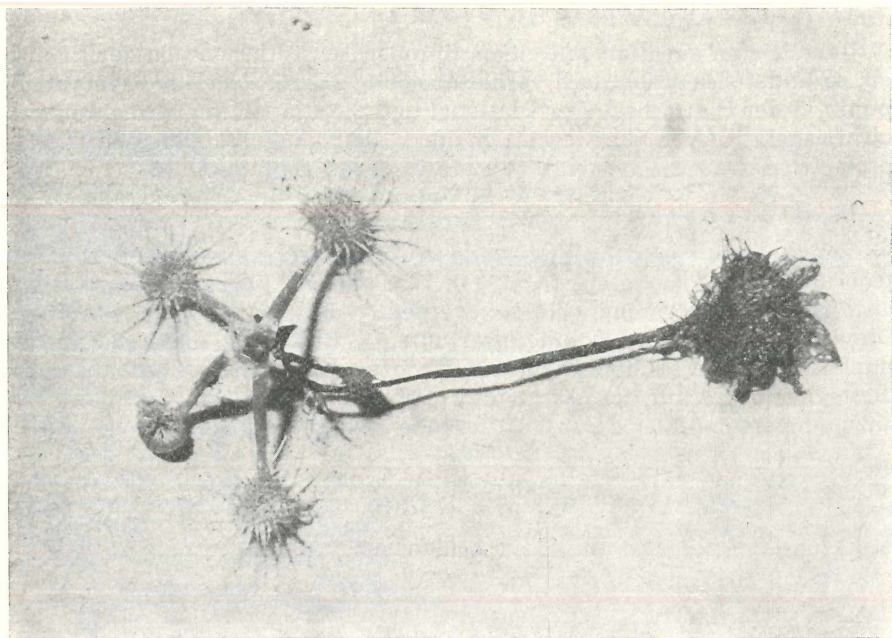


Abb. 13: Trennt man ein Blatt mit einem Sproßachsenstückchen von der Pflanze ab, so bildet sich nur in der Blattachsel ein Vegetationspunkt. Das Blatt selbst vermehrt sich nicht vegetativ.

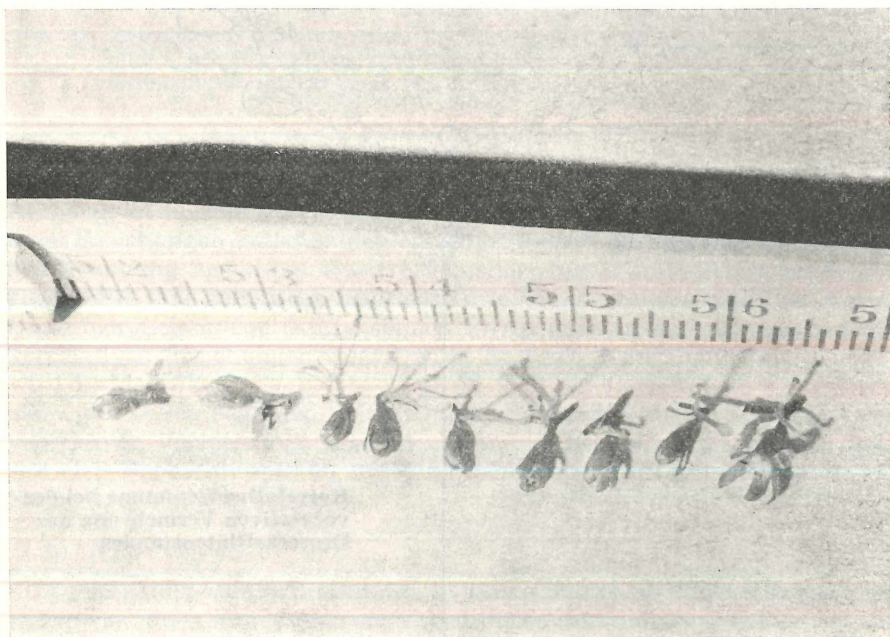


Abb. 14: Zerschneidet man einen noch unverblühten Blütenstand in Teile mit einer Knospe, so bildet jeder Teil eine Pflanze.

e) Blütenstandstiel

Wenn man den Stiel eines jungen Blütenstandes in 0,5 cm lange Stücke zerschneidet, so bildet jedes dieser Stücke einen Vegetationspunkt. Normalerweise vermehrt sich der unzerteilte Stiel nicht vegetativ. Aus diesem Versuch ist zu vermuten, daß der Wundreiz, durch das Zerteilen des Stieles verursacht, in diesem Falle den Anstoß zur Vegetationspunktbildung gab. Die Überlegung, daß durch den Wundreiz bestimmte Stoffe frei werden, die die IES-Produktion verhindern und beeinflussen oder das freigesetzte IES neutralisieren oder abbauen, war im Folgenden zu beweisen.

V. Bedeutung des Wundreizes

a) bei der vegetativen Vermehrung des Blattes

Schneidet man ein von der Pflanze abgetrenntes Blatt seitlich ein, so bilden sich die Vegetationspunkte in der Nähe der Schnittstellen. Diese jungen Pflanzen sind in ihrer Entwicklung den Sprossen auf nicht zerschnittenen Blättern um mindestens 7 Tage voraus, auch ist ihre Anzahl beträchtlich höher, als auf nicht zerschnittenen Blättern. Diese Beobachtung zeigt, daß der Wundreiz die hemmende Wirkung des IES mindert. Man kann beobachten, daß noch auf alten braunen Blättern, die bereits Zerfallerscheinungen zeigen, Vegetationspunkte gebildet werden. Hierfür ist wahrscheinlich der Reiz durch Ausscheidungen von Pilzen oder Bakterien, die sich auf dem Blatt oder um das Blatt ansiedeln, verantwortlich.

b) bei der Regeneration der Sproßspitze

Um zu untersuchen, ob allein die unterbrochene IES-Zufuhr der Sproßspitze Anlaß für das Austreiben der Achselknospe ist, dunkelte ich die Sproßspitze einer Sonnentaupflanze durch Umwickeln mit Aluminiumfolie ab, so daß nach einer bestimmten Zeit die Achselknospen durch IES von der Sproßspitze nicht mehr gehemmt werden konnten. Die Achselknospen trieben jedoch vorerst nicht aus, was beweist, daß der Wundreiz ein unerläßlicher Faktor bei der Sproßregeneration ist. Sobald jedoch die Sonnentaupflanze Zerfallerscheinungen und Anzeichen von Pilzbefall zeigte, bildete sich in irgendeiner Blattachsel (nicht immer in der ersten nicht abgedunkelten Blattachsel) ein Vegetationspunkt.

c) bei der vegetativen Vermehrung durch
Blattachselknospen

Die Sonnentaupflanze streckt sich ständig mit dem Sphagnummoos dem Licht zu, und dadurch stirbt der untere Teil der Pflanze ab. In den Blattachseln dieses Teiles, dessen Blätter bereits braun sind und Vegetationspunkte bilden, entwickeln sich Sprosse und Wurzeln. Dies kann in fast jeder Blattachsel geschehen, da diese untereinander nur noch mechanisch verbunden sind und in der Sproßachse kein IES-Transport mehr stattfinden kann. Die Sproßbildung in den Blattachseln setzt jedoch erst ein, wenn die Blattachseln und das dazugehörige Blatt bereits Zerfallerscheinungen aufweisen. In diesem Falle bilden sicherlich von Pilzen oder Bakterien ausgeschiedene Stoffe den Anstoß zur Sproßbildung, da ein Wundreiz ausgeschlossen ist. Daraus folgt allgemein:

Faktoren, die die vegetative Vermehrung veranlassen, sind:

1. Unterbrochene IES-Zufuhr von der Sproßspitze
2. Wundreiz oder Reize durch Ausscheidungen von Pilzen oder Bakterien.

Nur wenn beide Faktoren zusammentreffen ist die vegetative Vermehrung und die Regeneration der Sproßspitze möglich.

VI. Funktion des Wuchsstoffes IES

IES ist ein Wuchsstoff, der in der Spitze der Pflanze produziert und basalwärts transportiert wird. In einer bestimmten Konzentration verhindert er das Austreiben der Blattachseln und die Vegetationspunktbildung auf den Blättern. In dieser Konzentration ist IES ein Hemmstoff für die vegetative Vermehrung. Gleichzeitig regt eine hohe IES-Konzentration im Sproß die Wurzelbildung an. Trennt man die Sproßspitze einer Pflanze ab und gibt auf die Abtrennstelle 2 hundertstel mg IES in Abständen von 3 Tagen, so zeigen sich schon 8 Tage nach Versuchsbeginn sehr viele Wurzeln an dem Sproß, jedoch bilden die Blattachseln und die Blätter keine Vegetationspunkte. Während IES in einer bestimmten Konzentration für die vegetative Vermehrung ein Hemmstoff ist, ist IES in der gleichen Konzentration für die Wurzeln ein Wuchsstoff. Dieses Beispiel zeigt sehr deutlich, daß nur die Konzentration von IES ausschlaggebend ist, für seine spezifische Wirkung. Welche Funktion diese spezifische Wirkung erfüllt, ist nicht schwer zu erklären: Die Sproßspitze produziert IES und muß es ständig abtransportieren, um sich nicht selbst zu hemmen. Befindet sich die Pflanze in einer Wachstumsperiode (z. B. im Frühjahr), so wird viel IES produziert, die IES-Konzentration steigt, und die Wurzelbildung wird angeregt. Wenn die Sproßspitze wächst, werden automatisch mehr Wurzeln gebildet. Gleichzeitig werden die oberirdischen Sproßteile an der vegetativen Vermehrung gehindert, denn die generative Vermehrung ist immer vorrangig. Nur die stärksten Pflanzen bilden die meisten Samen. Starke Pflanzen können sich jedoch nur bilden, wenn möglichst viele Blätter ihre Aufgabe als Lieferanten von Assimilaten erfüllen und nicht durch die vegetative Vermehrung ausfallen und ihre Assimilate zum Aufbau der Sprosse auf Stiel und Blatt selbst verbrauchen.

Abschließend kann man sagen, daß IES je nach Konzentration für bestimmte Pflanzenteile die Aufgabe eines Hemm- oder Wuchsstoffes erfüllt, und daß IES auf den einen Teil der Pflanze wachstumsfördernd, auf den anderen wachstumshemmend wirkt.

F. Diskussion der Ergebnisse

In meiner Arbeit habe ich unter anderem die Möglichkeiten des IES-Transportes untersucht und bin dabei zu dem Ergebnis gekommen, daß ein Transport nicht nur polar möglich ist. Dies widerspricht zwar den Literaturangaben über den IES-Transport, jedoch bildet *Drosera rotundifolia* hier eine Ausnahme. Für besonders interessant halte ich das Kapitel über die korrelativen IES-Beziehungen der einzelnen Pflanzenteile. Darin wurde die

IES-Menge ermittelt, die den Blättern zugeführt werden muß, um sie an der Vegetationspunktbildung zu hindern und die die Sproßspitze täglich bilden muß, um die Apikaldominanz aufrecht zu erhalten. Bei der Auswertung der Versuchsergebnisse ist darauf zu achten, daß ich immer die Transportmöglichkeiten von IES untersucht habe. Ob die intakte (unzerschnittene) Pflanze alle von mir aufgezeigten Transportmöglichkeiten ausnutzt bleibt dahingestellt. Sicher ist, daß bei der vegetativen Vermehrung nicht nur allein der Wuchsstoff IES verantwortlich ist, sondern daß noch weitere Phytohormone eine Rolle spielen. Ob und inwieweit die Ausscheidungen von Pilzen oder Bakterien die Bildung von Vegetationspunkten beeinflussen, konnte ich nicht eindeutig feststellen, da mir hierfür die nötigen Laboreinrichtungen fehlen.

An dieser Stelle möchte ich mich auch bei allen bedanken, die mich bei meiner Arbeit freundlich beraten und unterstützt haben. Ganz besonders danke ich Herrn Dr. Eichhorn und Herrn Dr. Beran von der Landes-Lehr- und Forschungsanstalt in Neustadt an der Weinstraße, meinem Biologielehrer Herrn Studienrat Mittmann, Herrn Dr. Bauer von der Landesanstalt für Rebenzüchtung in Alzey, Herrn Biologen Thate und Herrn Dr. Krövenagel von der Firma Spiess und Sohn.

Literaturverzeichnis

- BEHRE, K. (1929): „Physiologische und zytologische Untersuchungen über Drosera“. — Planta, 12, Berlin.
- BERGFELD, R. (1972): „Herder Lexikon — Biologie“. Freiburg (Herder)
- BUDDINGTON, C. L. (1972): „Baupläne der Pflanzen“. (Suhrkamp)
- BÜNNING, E. (1948): „Entwicklungs- und Bewegungsphysiologie der Pflanze“. — Berlin (Springer)
- ENGLER, A. (1906): „Das Pflanzenreich — Droseraceae“.
- GIESENHAGEN, K.: „Lehrbuch der Botanik“ (Fr. Grub)
- HEGI, G. (1961): „Illustrierte Flora von Mitteleuropa“ — Band 4, München (Hanser)
- HESS, D. (1970): „Pflanzenphysiologie“. — (E. Ulmer)
- HUSFELD, B. (1969): „Vitus“ Berichte über Rebenforschung. Band 8, Geilweilerhof.
- LUNDEGRADH, H. (1960): „Pflanzenphysiologie“. — Jena (Fischer)
- MOHR, H. (1969): „Lehrbuch der Pflanzenphysiologie“. (Springer)
- RENSCH, B. (1963): „Das Fischer Lexikon“ Biologie 1, 2.
- STEHLE, G.: „Pflanzen auf Insektenfang“ — (Kosmos)

Anschrift des Verfassers:

INGE WEILBRENNER, Freinsheim, Bahnhofstraße 32.

WULFARD WINTERHOFF

**Mannstreu-Seitling (*Pleurotus eryngii*)
und Steppentrüffel (*Gastrosporium simplex*) —
zwei seltene Trockenrasenpilze in der Pfalz**

Der Westrand der nördlichen Oberrheinebene ist durch ein besonders warmes und stellenweise auch sehr trockenes Klima ausgezeichnet (mittlere jährliche Lufttemperatur bis über 9° C, mittlerer jährlicher Niederschlag bis unter 500 mm). Es ist nicht verwunderlich, daß hier neben zahlreichen submediterranen und kontinentalen Phanerogamen auch seltene wärmeliebende Pilze vorkommen. So entdeckte BÄSSLER (1965) in Hangwäldern der Haardt u. a. den Ölbaumpilz (*Omphalotus olearius*) und den Kaiserling (*Amanita caesarea*). Aber nicht nur in Wäldern sondern auch in den von Mykologen meist vernachlässigten Trockenrasen sind bemerkenswerte Pilze zu erwarten, wie z. B. die Entdeckung mehrerer Steppenpilze im mitteldeutschen Trockengebiet durch RAUSCHERT (1958, 1962, 1964, 1965) und auf der Garchinger Heide bei München durch EINHELLINGER (1969) zeigt.



Der Mannstreu-Seitling (*Pleurotus eryngii*) neben Feld-Mannstreu im Pfriemengras-Steppenrasen am Hohfels bei Grünstadt-Asselheim.

Besonders schöne Steppenrasen mit *Festuca vallesiaca*, *Stipa capillata* und *Stipa joannis* tragen in der Pfalz die 230 m über NN gelegenen Tertiärkalkhänge am Hohfels bei Grünstadt-Asselheim (vgl. KAHNE 1967, KORNECK 1974). Im Pfriemengras-Steppenrasen (*Allio-Stipetum*) des 20—30° geneigten Südosthangs fand ich hier u. a. folgende Pilze:

Conocybe sienophylla (BK & BR.) SING. — Ockerbraunes Sammethäubchen

Crinipellis stipitarius (FR.) PAT. — Behaarter Schwindling

Cyathus olla BATSCH trans PERS. — Topf-Teuerling

Galerina laevis (PERS.) SING. — Gras-Häubling

Gastrosporium simplex MATT. — Steppentrüffel

Hemimycena cf. *pseudogracilis* (KÜHN.) SING. — Scheinhelmling

Lycoperdon lividum PERS. (= *L. spadiceum* PERS.) — Kastanienbrauner Stäubling

Melanoleuca cf. *rasilis* (FR.) SING. — Weichritterling

Mycena avenacea (FR.) QUÉL. — Gras-Helmling

Mycena flavoalba (FR.) QUÉL. — Gelbweißer Helmling

Mycena pseudopicta (LGE.) KÜHN. — Falscher Bunter Helmling

Pleurotus eryngii (DC. ex FR.) QUÉL. — Mannstreu-Seitling

Psathyrella spec. — Zärtling

Pseudoclitocybe expallens (PERS. ex FR.) MOSER — Ausblassender Gabeltrichterling

Rhodocybe popinalis (FR.) SING. — Küchen-Bitterling

Während die meisten dieser Arten in unseren Trockenrasen weiter verbreitet sind und z. B. auch auf den Flugsanddünen der nördlichen Oberrheinebene wachsen (WINTERHOFF 1975), verdienen *Gastrosporium simplex* und *Pleurotus eryngii* besondere Beachtung.

Der Mannstreu-Seitling (*Pleurotus eryngii*) fruchtete am 2. 11. 1974 an etwa 10 Stellen. Die Fruchtkörper standen stets zu mehreren in der Nähe von kümmernden sterilen Exemplaren des Feld-Mannstreu (*Eryngium campestre* L.). Der Pilz erschien ausschließlich im Pfriemengras-Steppenrasen, er fehlte im benachbarten weniger exponierten dichteren Fiederzwenkenrasen, obgleich auch in diesem viel *Eryngium campestre* wächst.

Beschreibung der Fruchtkörper:

Hüte: 4,5—8,0 cm breit, in der Mitte etwas niedergedrückt, am Rand etwas eingerollt, braun, fleckenweise ausblassend, zentral oder exzentrisch gestielt.

Stiele: 1,5—2,5 cm lang, 7—12 mm dick, weißlich.

Lamellen: cremefarben, $\pm$ weit am Stiel herablaufend, mit 3—7 Lamellen zwischen den großen Lamellen, etwas entfernt.

Sporen: Zylindrisch, 9,5—14 x 4,5 μ , weiß, Lamellentrama irregulär.

Hyphen mit Schnallen an den Querwänden.

Pleurotus eryngii hat nach BRESADOLA (1927—1933) und KÜHNER und ROMAGNESI (1953) zwei Varietäten, die sich durch folgende Merkmale unterscheiden:

var. *eryngii*

Hut flach-konvex bis niedergedrückt, rotbraun oder grau-lederfarben, 4—7 cm breit; Stiel 8—14 mm dick; Lamellen etwas entfernt, graulich-weiß; auf Wurzeln von *Eryngium campestre* wachsend.

var. *ferulae* LANZI

Hut lange konvex bis fast gebuckelt, graubraun bis blaßbraun oder rußbraun bleibend, 4—15 cm breit; Stiel 10—20 mm dick; Lamellen fast gedrängt, weiß, später strohfarben; auf Wurzeln verschiedener anderer Doldenblütler (*Laserpitium*, *Ferula*, *Elaeoselinum*, *Opopanax*, *Prangon* u. a.) wachsend. Einige Autoren, z. B. KONRAD und MAUBLANC (1924—1937), unterscheiden den in höheren Lagen besonders auf *Laserpitium latifolium* wachsenden Pilz von der var. *ferulae* als var. *nebrodensis* (INZENZA) SACCARDO.

Bei unserem Pilz handelt es sich zweifellos um die var. *eryngii*.

Die Verbreitung von *Pleurotus eryngii* reicht nach KREISEL (1961) von den Wüstengebieten Mittelasiens über das Mittelmeergebiet bis nach Westeuropa. Die nächsten Fundorte liegen in der ČSSR (PILÁT 1969), in den Südalpen (BRESADOLA), im Engadin (FAVRE 1960), in den Westalpen, im Jura (KONRAD und MAUBLANC), bei Paris und in den Niederlanden (KREISEL). In Deutschland wurde *Pleurotus eryngii* anscheinend bisher nur im Isar-Mündungsgebiet (Niederbayern) von DREHER an *Peucedanum oreoselinum* gefunden (EINHELLINGER 1969). Wie Herr Dr. Dreher mir freundlicherweise mitteilte, handelt es sich bei seinem Fund wohl um die var. *ferulae*. Der Fundort bei Grünstadt ist demnach vorläufig der einzige der var. *eryngii* in Deutschland.

Von der Steppentrüffel (*Gastrosporium simplex*) fand ich nur einen abgerissenen beschädigten Fruchtkörper am 20. 4. 1975. Der zu den Gastromyceten gehörige Pilz lebt an der Basis von Steppengräsern. Seine kugligen, etwa haselnußgroßen weißen Fruchtkörper entwickeln sich unterirdisch im Spätherbst oder Winter und werden im Frühjahr freigespült.

Gastrosporium simplex hat Fundorte in Pakistan (AHMAD 1950), in Italien bei Pisa, in Polen (SMARDA 1957), in den Trockengebieten der ČSSR (PILÁT 1958), im mitteldeutschen Trockengebiet (RAUSCHERT, 1956, 1958, 1962), in der Schweiz in den Kantonen Bern, Graubünden, Wallis und Genf (FAVRE und RUHLÉ 1950, FAVRE 1952) und in Frankreich bei Dijon (FAVRE 1950). Der Pilz wächst in Mitteleuropa meist in Pfriemengras-Steppenrasen und Xerobrometen, seltener auch in Wiesensteppen, Blaugrasrasen oder trockenen Mesobrometen. Unser Fund dürfte bisher der einzige in Westdeutschland sein. Er liegt auf der von Dijon nach Mitteleuropa verlaufenden Nordwestgrenze des bisher bekannten Areals.

Unsere Trockenrasen-Pilzfunde ergänzen die Entdeckungen BÄSSLER's. Es zeigt sich jetzt deutlicher, daß nicht nur unter den Phanerogamen und Moosen (vgl. DÜLL 1968), sondern auch unter den Pilzen manche submediterranen und kontinentalen Arten am Westrand der nördlichen Oberrheinebene isolierte Vorkommen besitzen, die dem Hauptareal weit nach Nordwesten vorgelagert sind. Es ist zu vermuten, daß *Pleurotus eryngii* und *Gastrosporium simplex* hier noch an anderen Orten vorkommen und daß hier vielleicht noch weitere Steppenpilze zu finden sind.

Literaturverzeichnis

- AHMAD, S. (1950): Studies in Gasteromycetes V. — Sydowia 4, S. 124—129 (zitiert nach PILÁT 1958).
- BÄSSLER, K. (1965): Pfälzer Pilzarten II. Teil. — Mitt. Pollichia III. R. 12, S. 304—327.
- BRESADOLA, J. (1927—1933) Iconographia Mycologica. — Mailand 1927—1933, 1941.
- DÜLL, R. (1968): Beobachtungen zur Moosflora der Tertiärkalkhügel nördlich Bad Dürkheim/Pfalz. — Herzogia 1, S. 13—18.
- EINHELLINGER, A. (1969): Die Pilze der Garchinger Heide. — Ber. bayer. bot. Ges. 41, S. 79—130.
- FAVRE, J. (1952): Gastrosporium simplex Mattiolo. — Schweiz. Z. Pilzkde. 30, S. 44.
— (1960): Catalogue descriptif des Champignons supérieurs de la zone sub-alpine du Parc National Suisse. — Ergebnisse der wissenschaftlichen Untersuchungen des schweizerischen Nationalparks Bd. VI N. F. S. 221—610. Liestal.
- FAVRE, J. und RUHLÉ S. (1950): Un Gasteromycète nouveau pour la Suisse. — Schweiz. Z. Pilzkde. 28, S. 58—62.
- KAHNE, A. (1967): Die Steppenheiden der Vorderpfalz. — Mitt. Pollichia III. R. 14, S. 94—120.
- KONRAD, P. und MAUBLANC, A. (1924—1937): Icones selectae fungorum. — Paris.
- KORNECK, D. (1974): Xerothermvegetation in Rheinland-Pfalz und Nachbargebieten. — Schr. Reihe Vegetationskde. 7.
- KREISEL, H. (1961): Die Phytopathogenen Großpilze Deutschlands. — 284 S. Jena.
- KÜHNER, R. und ROMAGNESI, H. (1953): Flore analytique des Champignons supérieurs. — 557 S. Paris.
- PILÁT, A. (1958): Gastrosporiales — Prašnatkotvaré. — Flora ČSR, Rada B, 1 Gasteromycetes S. 226—233, 747—748.
— (1969): Houby Československa. — Praha.
- RAUSCHERT, S. (1956): Die Steppentrüffel Gastrosporium simplex Matt. in Mitteldeutschland. — Z. Pilzkde. 22, S. 80—82.
— (1958): Bemerkenswerte Pilzvorkommen in den Trockenrasen Mitteldeutschlands. — Z. Pilzkde. 24, S. 68—72.
— (1962): Polyporus rhizophilus Pat., ein für Deutschland neuer Steppenpilz. — Westf. Pilzbriefe 3, S. 53—59.
— (1964): Montagnea arenaria (DC. ex FRIES) ZELLER, ein für Deutschland neuer Steppenpilz. — Westf. Pilzbr. 5, S. 1—13.
— (1965): Mycenastrum corium (GUERS. in DC.) Desv. in Mitteldeutschland gefunden. — Westf. Pilzbr. 5, S. 105—113.
- SMARDA, J. (1957): in Acta Soc. Bot. Polon. 26 (2) (zitiert nach RAUSCHERT 1958).
- WINTERHOFF, W. (1975): Die Pilzvegetation der Dünenrasen bei Sandhausen (nördliche Oberrheinebene). — Beitr. naturk. Forschung Südwest. 34, S. 445—462.

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. W. WINTERHOFF, 6902 Sandhausen, Bunsenstraße 24.

MITTEILUNGEN DER POLLICHIA	III. Reihe 21. Band	135. Vereinsjahr 1974	Pollichia Museum Bad Dürkheim	Seite 72 bis 83
-------------------------------	------------------------	-----------------------	-------------------------------------	-----------------

P. MANGELSDORF*)

Morphologische Studien an Planktonpopulationen der Pfalz

Einleitung

Planktonuntersuchungen an unseren Binnengewässern wurden bereits sehr zahlreich durchgeführt. Hydrographische Bedingungen in Kleingewässern periodischer Art sind Gegenstand vieler Arbeiten gewesen (z. B. PESTA 1973; THIENEMANN 1936, 1938; LUNDBECK 1932; GESSNER 1932; WAGLER 1923). Morphologische Studien an *Daphnia cucullata* SARS führte z. B. WAGLER (1923) durch mit Hinblick auf die physikalischen und chemischen Milieueinflüsse. Dabei wurden Gewässer in ganz Deutschland, jedoch nicht speziell im Pfälzer Raum untersucht.

Für die Kleingewässer der Pfalz liegen derartige Untersuchungen nicht vor, allerdings sind zahlreiche beschreibende Einzeldarstellungen des Planktons hiesiger Gewässer bekannt (z. B. SCHNEIDER 1973). Deshalb wurden für diese Arbeit ausschließlich perennierende Gewässer, z. T. sehr kleine Teiche, untersucht, welche den verschiedensten Gewässertypen zugeordnet werden können. Sie als Tümpel zu bezeichnen wäre falsch. Tümpel gehören zu jenen Gewässern, die im Jahreszyklus mindestens mehrere Monate trockenfallen. Nach KREUZER (1940) muß „die Tatsache der regelmäßigen Periodität des Trockenfallens als entscheidendes limnologisches Moment“ für einen Tümpel angesehen werden, jedoch nicht die Dauer der Wasserführung.

Aus der später folgenden Beschreibung der Gewässertypen gehen die Größenordnungen hervor, die von wenigen Metern bis zu einigen hundert Metern reichen.

Material und Methode

Im Rahmen dieser vorliegenden Arbeit werden drei Vertreter des Zooplanktons vorgestellt: *Daphnia pulex pulex* DE GEER, *Cyclops strenuus strenuus* FISHER 1851, KOZMINSKI 1933 und *Brachionus urceolatus* (B. Urceus). Bedingungen zu ihrer Auswahl als Teil der insgesamt vorgesehenen Plankton-Leitformen war das nachgewiesene Vorkommen in allen Gewässern, zumindest über einen Zeitraum, in dem ein Dutzend Proben genommen wurden.

*) Teil einer Zulassungsarbeit zum Staatsexamen am Naturwissenschaftlichen Technikum Landau/Pfalz.

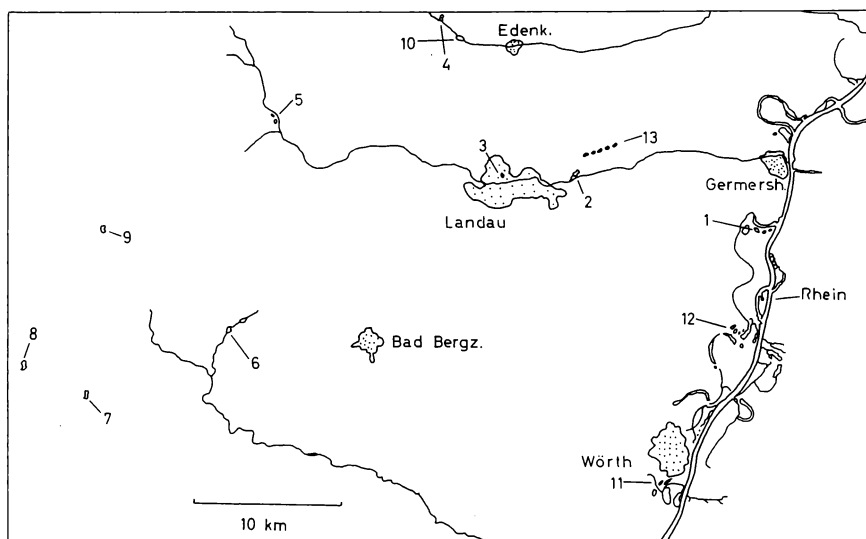


Abb. 1 **Skizze des Untersuchungsgebietes**

- 1: Gewässer A bei Sondernheim im Altrheingebiet
- 2: Gewässer B Offenbach/Queich bei Landau
- 3: Gewässer C im Schulgelände des Technikums Landau
- 4: Gewässer D Hüttenbrunnen im Edenkobener Tal
- 5: Gewässer E Wellbach im Wellbachtal am Göckelberg, nördlich von Wilgarts-
wiesen
- 6: Gewässer F im Seehoftal zwischen Reisdorf und Burg Berwartstein
Aus nachfolgenden Gewässern wurden monatliche Vergleichsproben entnom-
men. Ihre Ergebnisse wurden in dieser Arbeit nicht berücksichtigt, gaben aber
wertvolle Hinweise über Ausbreitungen von Planktonorganismen.
- 7: Weiher bei Schönau
- 8: Saarbacher Hammer, Weiher südlich von Fischbach
- 9: Dahnweiher in der Nähe des Campingplatzes
- 10: Hilchweiher im Edenkobener Tal
- 11: Baggerseen, Kiesgruben und Altrheinarme bei Wörth
- 12: Altrheingebiet bei Rheinzabern und Jockgrim
- 13: Bombentrichter im Niedergehölz bei Hochstadt

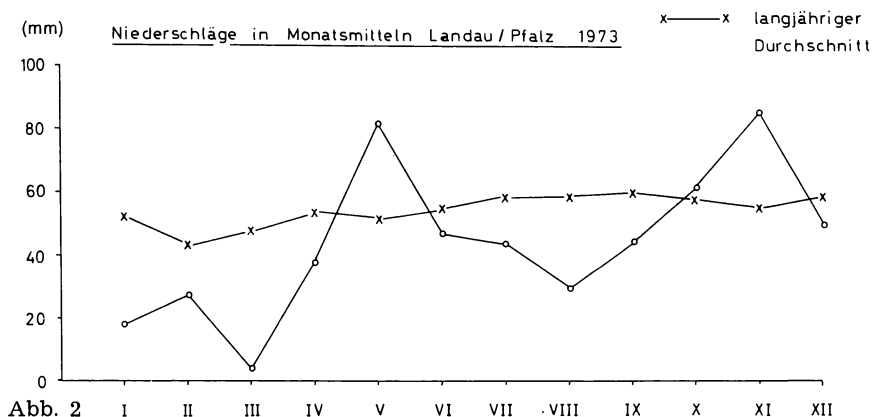


Abb. 2 **Niederschläge in Monatsmitteln Landau/Pfalz 1973**

Die Planktonproben wurden meist an der gleichen Stelle eines Gewässers genommen und nach der Probennahme sogleich in 4⁰/igem Formol fixiert. Es traten keine die späteren Messungen störende Schrumpfung der Körperformen auf. Der kleine Schulteich in Landau erlaubte keine Netzfänge im üblichen Sinne. Schöpfproben durch das Netz filtriert erfüllten den gleichen Zweck.

Beschreibung der Gewässer und ihrer näheren Umgebung

Das Untersuchungsgebiet (Abb. 1) gehört als Teil der Oberrheinischen Tiefebene der gemäßigten mitteleuropäischen Klimazone an. Die klimatischen Einflüsse des Atlantischen Ozeans stehen im Wechsel mit dem kontinentalen Wetter und es ergibt sich ein charakteristisches Übergangsklima. Die wasserreichen Südwestwinde treffen am Pfälzer Wald auf ein entscheidendes Hindernis und werden zum Aufsteigen gezwungen. Hierbei kühlen sie sich ab, wobei die Luftfeuchtigkeit kondensiert, und regnen ab. Die trockene Luft fällt nun auf der Ostseite hinab in die Ebene, was eine weitere Erwärmung der Luft, ein Auflockern der Bewölkung und ein Nachlassen der Niederschläge zur Folge hat. Für die im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Gewässerstandorte bzw. für deren nähere Umgebung ergeben sich etwa folgende durchschnittliche Jahres-Niederschlagsmengen (in Klammern die bei den Gewässernamen im weiteren benutzten Abkürzungen): Altrheingebiet (A) bei Gernersheim 690 mm, Offenbach (B) und Landau (C) 760 mm, Hüttenbrunnen (D) im Edenkobener Tal des Pfälzer Waldes 900 mm, Wellbachtal (E) 870 mm, Seehof (F) 790 mm. In Ab. 2 sind am Beispiel von Landau die Niederschlagsmengen für das Untersuchungsjahr 1973 aufgetragen.

Die Tabelle 1 gibt einen Eindruck von der versuchten Einordnung der behandelten Gewässer in das Saprobien-system. Die Übergänge von einer Stufe zur nächsten sind fließend und deshalb schwer zu trennen. Diese Beurteilung richtet sich neben den Ergebnissen der Wasseranalysen auch nach den gefundenen, für manche Verunreinigung typischen Organismen sowie der äußerlichen Beschaffenheit der Teiche bzw. Weiher. Die Ergebnisse der chemischen Untersuchungen sollen hier nicht weiter ausgeführt werden. Als Beispiel gilt Abb. 3 (Calcium und Magnesium in mg/l sowie pH-Wert von Gewässer E im Jahre 1973).

Tab. 1: Einordnung der Gewässer in das Saprobien-system

Gewässer	I	II	III	IV
A			X	bis X
B		X	bis X	
C		X		
D		X		
E	X	bis X		
F		X		

I bis IV entsprechen den Wassergüteklassen bzw. Saprobienstufen:

I=Oligosaprob II=beta-mesosaprob III=alpha-mesosaprob IV=polysaprob

MANGELSDORF, Planktonpopulationen

Dekadenmittel von Calcium und Magnesium in mg/l sowie pH-Werte des Gewässers E 1973

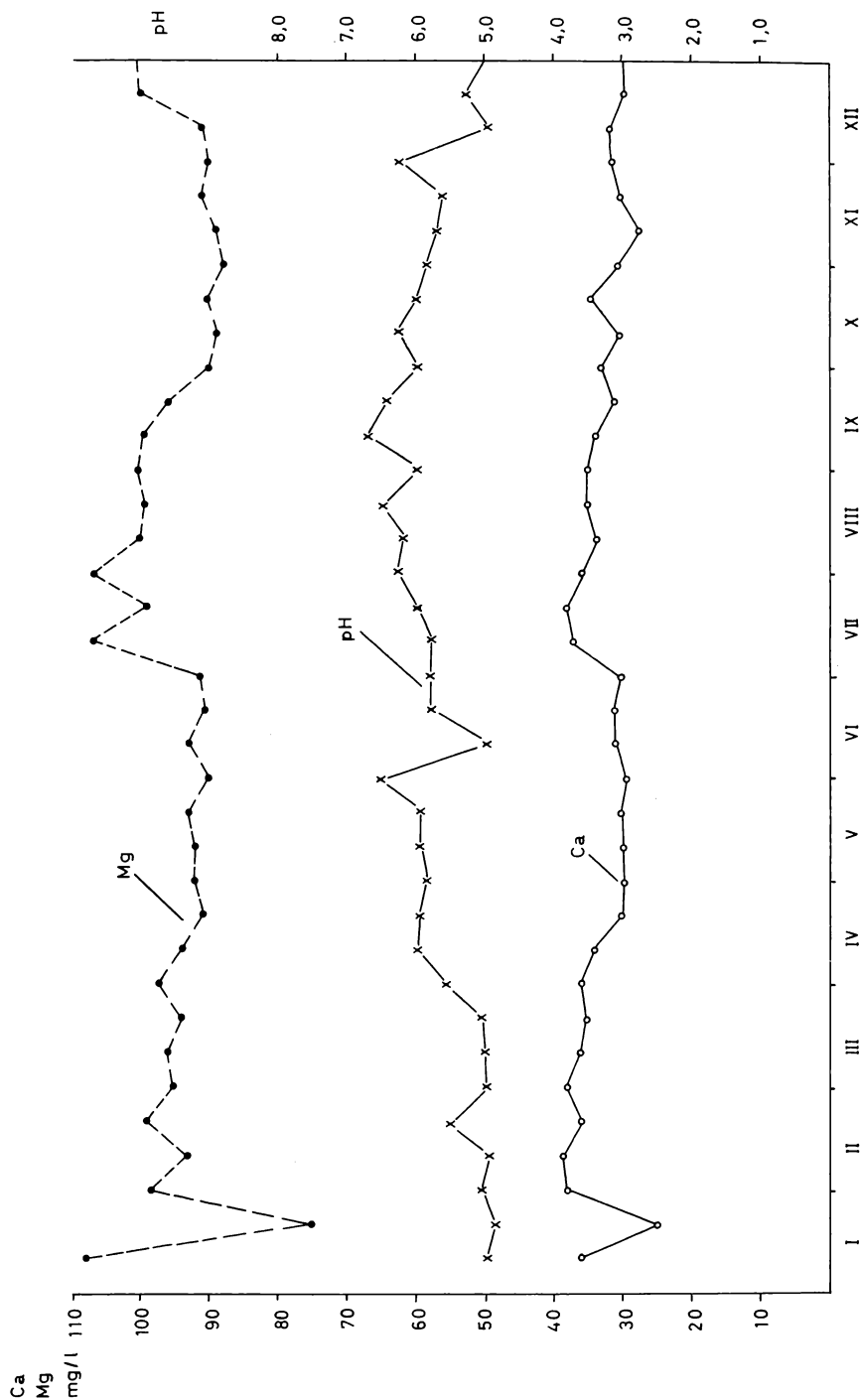


Abb. 3

Das Gewässer A ist ein Teil des Altrheingebietes und liegt südlich von Sondernheim zwischen Germersheim und Wörth im Naturschutzgebiet Hoerdt. Auf der topographischen Karte Nr. 6818 ist es deutlich als ehemaliger Rheinverlauf zu erkennen. Während der Hauptteil dieses Altrheinarmes über eine Schleuse noch mit dem heutigen Rhein verbunden ist, haben sich im westlichen Teil Seitenarme abgetrennt, ohne Verbindung zum Rhein, mit zunehmendem Verlandungscharakter und einem breiten Schilfgürtel. Die Tiefe dieser Gewässer reicht bis etwa 1,5 m und verringert sich in langen flach auslaufenden Uferpartien zu wenigen Zentimetern. Die unberührte Wald- und Sumpflandschaft mit ihrem hohen Anteil an verwesender organischer Substanz des Unterholzes sorgt für hohe Schlammablagerungen im Gewässerboden, der teilweise von einer dicken Laubschicht bedeckt ist. Schwimmpflanzen sind nicht allzu häufig vertreten. Ein lichter Laubwaldgürtel grenzt das Gebiet ab.

Ganz anders liegen die Verhältnisse am Gewässer B, einem etwa 8 m langen und 4 m breiten Teich, gespeist von einem Seitenarm der Queich im Offenbacher Wald bei Offenbach/Landau. Die Tiefe schwankt zwischen 80 cm und etwa 1,10 m. Der sehr schwache Zulauf erfolgt durch einen meist stark verkrauteten, vielerseits gewundenen Graben. Eine reichhaltige Wasserpflanzengesellschaft ist hier vertreten. Der Teich verjüngt sich zum Abfluß hin zu einem flachen Graben mit ebenfalls reichlichem Pflanzenwuchs.

Der dritte Gewässertyp C befindet sich in Landau, im Schulgelände des Naturwissenschaftlichen Technikums Dr. F. Künkele. Der Umfang dieses sehr kleinen Teiches mißt knapp 2 x 1,5 m und stellt damit den kleinsten untersuchten Biotop dar. Er liegt witterungsmäßig geschützt an der Südwestseite eines Gebäudes und friert trotz seiner geringen Tiefe von kaum 40 cm selbst in starken Wintern nicht bis zum Grunde aus. An Pflanzen sind hier neben submersen Ceratophyllum besonders die Weiße Seerose *Nymphaea* sowie das Schilfrohr *Phragmites* zu nennen. Der schlammige Boden ist mit abgestorbenen Pflanzenteilen bedeckt.

Das Gewässer D ist unter dem Namen „Hüttenbrunnen“ im Edenkobener Tal des Pfälzer Waldes zu finden. Gespeist wird dieser kleine Teich von etwa 15 m Durchmesser von dem munteren Haselbach. Die Höhe über NN beträgt ca. 360 m. Es wurden auch Proben aus der direkten Umgebung genommen, wo aus dem Waldboden mehrere Quellen hervortreten, deren Wasser sich zunächst in flachen, humusreichen, mit Quellmoos besetzten und von Wasserlinsen bedeckten Pfützen ansammeln, um dann z. T. unterirdisch abzufließen. Das Teichufer zeigt eine üppige Flora und submers findet man *Ceratophyllum* stellenweise in dichten Beständen. Der Abfluß erfolgt durch ein kurzes Rohrsystem und findet seinen Fortgang in einem schmalen Bach, welcher sich später mit einem weiteren vereinigend in den talwärts gelegenen Hilchweiher ergießt.

Der Wellbach (E) im nach ihm benannten Tal des Pfälzer Waldes ist ein teils schnell fließender Wiesenbach (nach Messungen im Juli 1973 z. B. 1,8 m/sek.), der mit seinen Strudeln, aber auch den strömungsgeschützten Seitenbuchten, den in das Wasser hineinragenden Moosbüscheln und Weidenwurzeln, keinen einheitlichen Biotop darstellt. Die Tierwelt der Bäche

wird oft eingeteilt in Bewohner der Steine sowie der Pflanzenbüschel und Moosrasen. Im vorliegenden Fall lassen sich keine Grenzen ziehen. Die Untersuchungen zeigten, daß auch in den geschützten Seitenbuchten Formen des normalen Teich- und Seenplanktons vorkamen. Insgesamt läßt sich ein artenarmes aber individuenreiches Phyto- und Zooplankton feststellen.

Der Bodengrund im bearbeiteten Bereich des 2 bis 4 m breiten Wellbaches besteht teilweise aus grobem Kies und größeren Steinen, meist aus feinem Sand vermischt mit Kies.

Ebenfalls im Pfälzer Wald liegt das Seehoftal bei der Burg Berwartstein. In diesem Tal liegen drei langgezogene Weiher, wobei hier derjenige hinter der Burgabfahrt als Gewässer F bezeichnet wurde. Der Weiher ist über 100 m breit und etwa 300 m lang. Ein von bewaldeten steilen Hängen umgebener See mit einer anfangs steil abfallenden Uferkante, einem Schilfgürtel im Hintergrund und einem starken Ablauf in einen nicht zu schmalen, geröllhaltigen Bach. Das abfallende Ufer geht sogleich in größere Tiefen von mehreren Metern über. Diese relativ große Wassermenge stellt einen wesentlich stabileren Biotop dar als z. B. der kleine Teich in Landau.

Der Begriff „Altrheingebiet“ muß als größeres Areal aufgefaßt werden. Es zieht sich im Rahmen der Untersuchungen von Sondernheim bei Gernersheim bis nach Wörth bei Karlsruhe über eine Strecke von ca. 15 km hin.

Die ermittelten Durchschnittswerte für die Körperlänge der Leitformen z. B. sind also zumindest nicht für das Altrheingebiet auf nur ein Gewässer zu beziehen.

Biometrische Untersuchungen an drei Planktonorganismen

An den Tieren wurden bestimmte Messungen durchgeführt (Tab. 2). Dieses Zahlenmaterial sollte Aufschluß darüber geben, ob überhaupt und in wieweit eventuell gerichtete und nicht zufällige Zusammenhänge der Körpermaße mit den unterschiedlichen Gewässertypen des relativ kleinen Untersuchungsgebietes gegeben sind. In diesem Zusammenhang beruhen alle Darstellungen auf Mittelwerten von 50 Einzelmessungen. Pro Gewässer wurden insgesamt acht Leitformen vermessen, hier werden jedoch nur die bereits genannten drei typischen Planktonvertreter behandelt. Diese Messungen zogen sich über das Jahr 1973 hin, können also nicht als repräsentativ für eine bestimmte Jahreszeit angesehen werden.

Aus Gründen der Kontinuität wurden von *Daphnia p.* und *Cyclops str.* nur Weibchen zu den Messungen herangezogen. Es wurde darauf geachtet, ob bei *Daphnia p.* eventuelle Sommerformen, wie sie z. B. von *Daphnia cucullata* bekannt sind, die Messungen beeinflussen würden. Ausgeprägte sommercyklische morphologische Variationen der Körperformen waren bei *Daphnia p.* jedoch während der Untersuchungszeit nicht festzustellen.

Die Häufigkeitsverteilungen wurden nach der Methode von KLOTTER (1955) ermittelt. Die gezeichneten Jahresentwicklungskurven richten sich nach relativen Häufigkeitsangaben. Darunter waren vier Angaben zu verstehen: fehlend (1), vereinzelt (2), häufig (3), massenhaft (4).

Diese relativen Angaben sind aufgrund subjektiver Ansichten natürlich nicht fehlerfrei, aber bei stets gleichbleibenden Untersuchungsbedingungen am Mikroskop doch anwendbar. Sie führten im Laufe der Zeit zu brauchbaren Ergebnissen.

Übersicht der Messungen

- 1) *Daphnia pulex*. a) Gesamtkörperlänge, b) Anzahl Stacheln der Nebenkämme der Furkalklauen, c) Länge des apikalen Stachels (Spina), d) Häufigkeitsverteilungen.
- 2) *Cyclops strenuus*. a) Gesamtkörperlänge Kopf — Furka, b) Länge Furka, c) Länge Cephalothorax, d) Häufigkeitsverteilungen.
- 3) *Brachionus urceolatus*. a) Länge des Panzers, b) Häufigkeitsverteilungen.

Tab. 2: **Gesamtübersicht der Messungen an den Leitformen,**
alle Angaben in μ

Art der Messung	Altrhein	Offenbach	NTL	H.-br.	W.-b	Seehof
Länge Kopf-Abd.	3406	3156	2688	2659	1944	2265
Stachelzahl d. Nebenkämme prox./dist.	7/6	7/5	6/5	7/5	7/6	7/5
Länge Spina	34	32	27	22	19	24
<i>Daphnia pulex</i>						
Länge Kopf-Furka	1759	1675	1550	1417	1385	1654
Länge Furka	228	226	215	203	198	223
Länge Cephalothorax	1223	1100	1062	1019	927	1127
<i>Cyclops strenuus</i>						
Länge Panzer	271	263	238	227	201	235
<i>Brachionus urceolatus</i>						

Ergebnisse

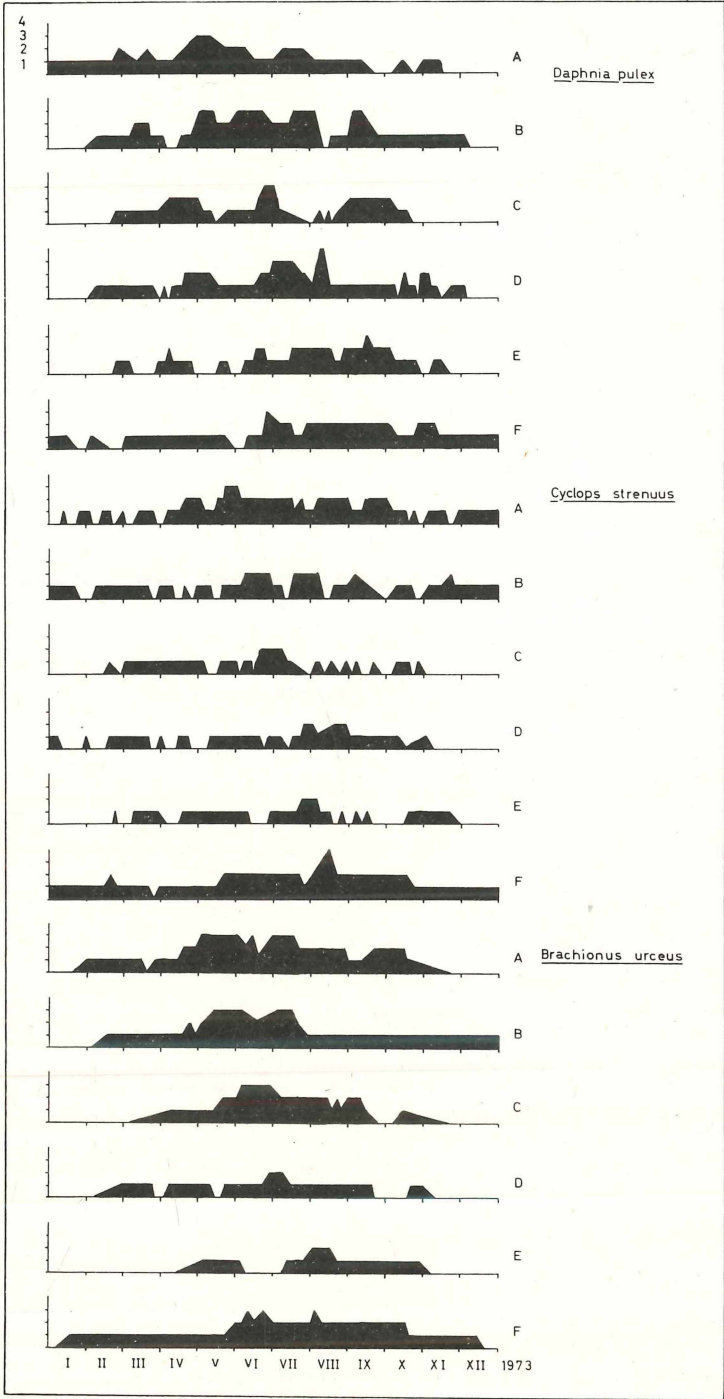
Das anfallende Zahlenmaterial wurde weitgehend in graphischen Darstellungen ausgedrückt.

1. Häufigkeitsverteilungen

Auf der Tafel 1 sind die Jahreshäufigkeitsverteilungen von *Cyclops str.*, *Daphnia p.* sowie *Brachionus urc.* in den Gewässern A bis F dargestellt. Dazu folgende Erläuterungen:

Daphnia pulex: Aus dem oberen Teil der Tafel ist zu ersehen, daß *Daphnia p.* relativ kontinuierlich fast das ganze Jahr hinweg in den Gewässern zu finden war. Lediglich in den Monaten Dezember/Januar fehlten die Kleinkrebse. Nur im Altrheingebiet waren sie auch im Januar zu finden, wenn auch nur vereinzelt. Im Gewässer F traten Daphniden auch im Dezember auf, was durch den Gewässertyp als größerer See und damit stets vorhandenen Winterformen erklärt werden kann. Vergleicht man die jeweiligen erstmals aufgetretenen Maxima der Häufigkeitsverteilungen pro Gewässer, so ist eine jahreszeitliche Verschiebung zu erkennen, die sich bei allen Graphiken, die Häufigkeit betreffend, mehr oder weniger deutlich wiederfindet. Diese zeitliche Verschiebung steht zweifellos im Zusammen-

MANGELSDORF, Planktonpopulationen



Tafel 1

hang mit den geographischen und damit klimatologischen Unterschieden der sechs Biotope A bis F. Natürlich spielen auch Wasserbeschaffenheit, Nahrungskonkurrenten usw. eine Rolle. Tafel 1 zeigt, daß lediglich im Gewässer F die Maximalentwicklung früher auftritt. In diesem Gewässer (Seehof) sind die populationsdynamischen Prozesse wesentlich stabiler und ausgeglichener, was durch die großen Wassermassen gegenüber den kleinen Teichen B bis E verständlich erscheint.

Vergleicht man B mit F, so kommt hier die sprunghafte Massenentwicklung mit unregelmäßigen Häufigkeiten zum Ausdruck (B) gegenüber der gleichmäßigeren Verteilung aufgrund polyzyklischer Generationen bei den Phyllopoden (Gewässer F).

Cyclops strenuus: Gegenüber *Daphnia p.* erschien *Cyclops str.* in den Gewässern mit Ausnahme von F unregelmäßiger. Deutlich ist von A bis E ein Abnehmen in der Häufigkeit festzustellen. Die relative Häufigkeitsstufe 4 (massenhaft) tritt nur bei A und F für kurze Zeit auf. In Seitenarmen des Wellbaches E wurden die Copepoden nur für wenige Tage (Juli—August) häufig gefunden.

Brachionus urceolatus: Hier fällt die ziemlich gleichmäßige Abnahme der Häufigkeit von A bis E auf. Im Altrheingebiet liegt ein ausgedehntes Maximum im Mai. Dieses Maximum verschiebt sich von Gewässer zu Gewässer wieder zeitlich, wobei bei F das Maximum direkt anschließt. Bei *Brachionus* fallen folgende Maxima auf: Im Altrheingebiet Anfang Mai, Offenbach Mitte Mai, Landau Mitte Juni. Beim Hüttenbrunnen tritt Br. überhaupt nur kurz in der Stufe 3 (häufig) auf. Dagegen bestätigt sich in der Graphik auch für den Weiher am Seehof, daß ein konstantes Vorkommen an konstante Milieufaktoren gebunden sein muß. In F wurde *Brachionus* fast immer kontinuierlich gefunden, ohne größere, länger anhaltende Maxima.

2. Wachstums- und Größengradienten

Die Untersuchungen wurden bei bis zu 30facher Vergrößerung im Hellfeld unter dem Mikroskop durchgeführt.

Größengradienten von *Cyclops strenuus* (Abb. 4, Abb. 5) und *Brachionus urceolatus* (Abb. 5): Hier fallen die abnehmenden Tendenzen der Meßreihen auf. Während bei Gewässer E der Tiefpunkt erreicht ist, sind die Werte für das Gewässer F wieder erheblich gestiegen. Ein Zeichen für die zunehmende Körpergröße bei besseren Lebensbedingungen. Bekanntlich ist *Cyclops* ein Planktonvertreter und bevorzugt ruhiges, stehendes Wasser. Mit steigender Strömungsgeschwindigkeit, die im Wellbach E ihren Höhepunkt findet, reduzieren sich die aufgetragenen Maße im Sinne einer verbesserten Anheftungsmöglichkeit des Krebses.

Auch *Brachionus* zeigt eine abnehmende Tendenz in der Größe der Körpergehäuse.

Wachstumskurve von *Daphnia pulex*, Länge Kopf-Abdomen (Abb. 6): Die abnehmende Tendenz ist unverkennbar. Die kleinsten Durchschnittswerte wurden im Wellbach gefunden. Im Altrheingebiet findet *Daphnia p.* offenbar die besten Lebensbedingungen. Die Mittelwerte für das Seehofgewäs-

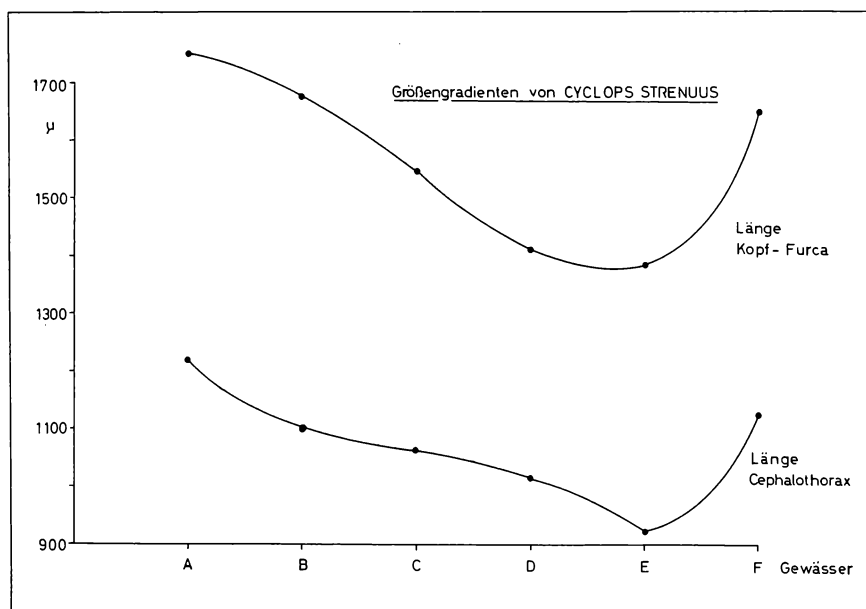


Abb. 4

ser (F) liegen hier zwar um rund 200 μ höher als im Wellbach, erreichen jedoch nicht diejenigen des Hüttenbrunnens.

Größengradienten von *Daphnia pulex*, Länge der Spina und Stachelzahl der Nebenkämme (Abb. 7): Die fallende Tendenz in Richtung Pfälzer Wald

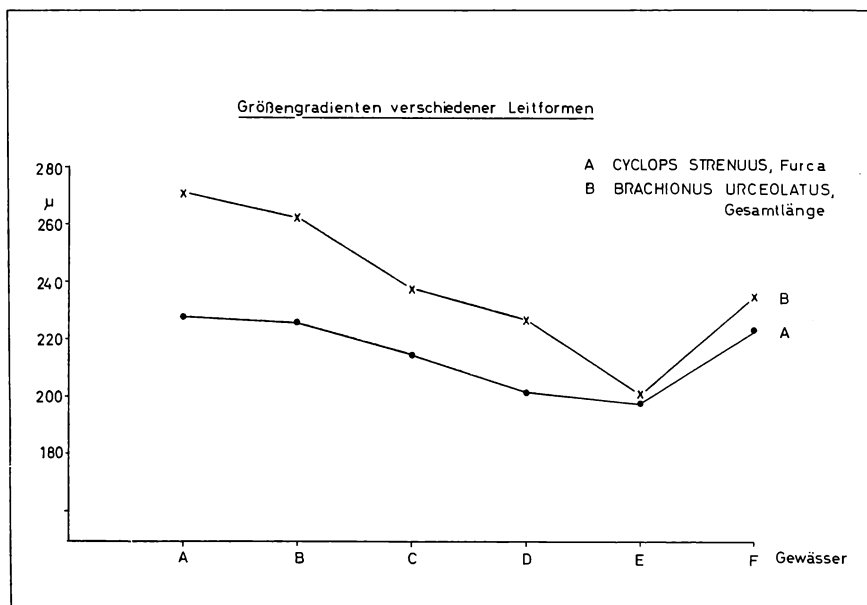


Abb. 5

MANGELSDORF, Planktonpopulationen

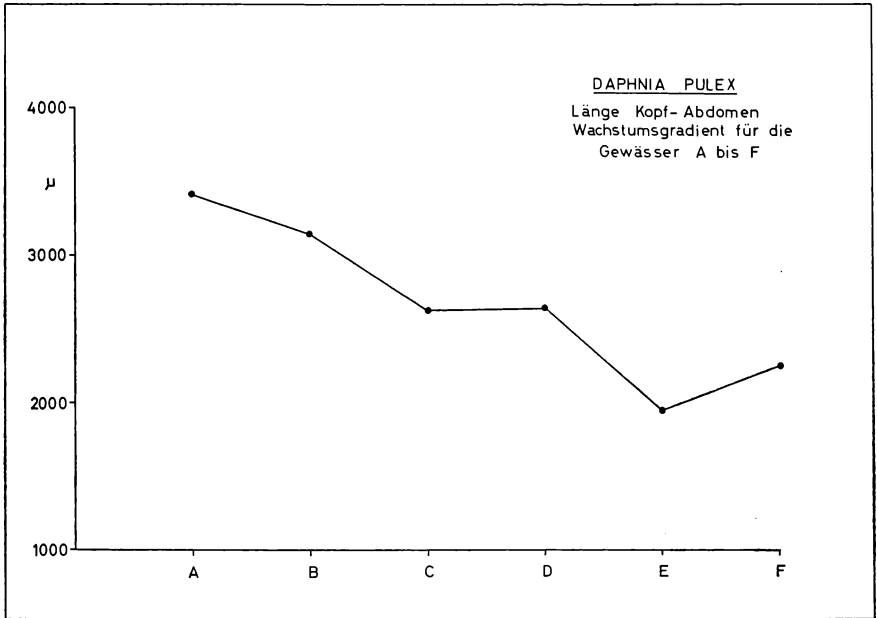


Abb. 6

setzt sich bei den Werten für die Längenmessung der Spina bei *Daphnia pulex* fort. Minimalwerte zeigt das Gewässer E. Dagegen scheint die Bildung der Nebenkämme sowohl proximal als auch distal nicht sehr unterschiedlich. Diese beiden Gradienten verlaufen relativ gleichmäßig.

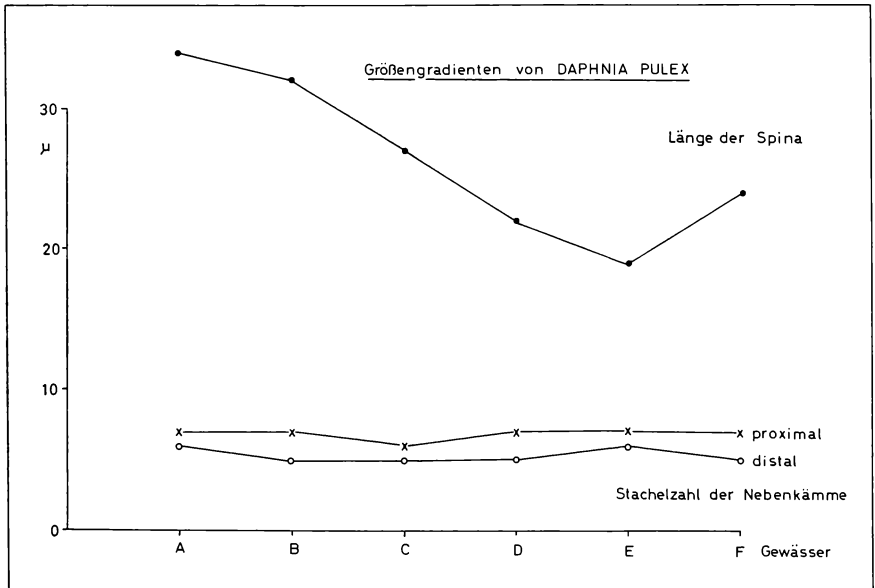


Abb. 7

Zusammenfassung

1. Es wurden in den Jahren 1973—1974 sechs Gewässer im Gebiet der Südpfalz zwischen der Rheinebene und dem Rande des Pfälzer Waldes auf ihr Plankton hin untersucht. Gewisse, in allen Gewässern gefundene Organismen wurden als Leitformen untereinander verglichen. Aussagen über ihr zeitlich differierendes Auftreten liegen in Form von Jahreshäufigkeitsverteilungen vor. Sie zeigen ökologisch bedingte, jahreszeitlich verschobene Maxima.

2. An den Leitformen wurden Messungen durchgeführt, die Ergebnisse verglichen und dargestellt.

3. In fast allen Meßreihen zeigte sich eine abnehmende Tendenz bezüglich der Zahlenwerte in der Reihenfolge Altrheingebiet — Offenbach/Queich — Landau — Edenkobener Tal — Wellbachtal — Seehof. Die Werte des Gewässers im Seehof untereinander ähnelten jedoch mehr denen des Altrheingebietes. Hier ist ein Zusammenhang zwischen den relativ größeren Wassermassen und den damit konstanteren hydrographischen und ökologischen Bedingungen zu sehen.

Literatur

- DONNER, J. (1967): Rädertiere (Rotatorien). Kosmos Verlag Franckh Stuttgart.
- FRAYER, G. (1957): The feeding mechanism of some freshwater Cyclopoid Copepods. Proc. Zool. Soc. London. 129, Part 1, 1—25.
- GESSNER, F. (1932): Schwankungen im Chemismus kleiner Gewässer und Beziehungen zur Pflanzenassimilation. Arch. f. Hydrob. 24.
- KIEFER, F. (1960): Ruderfußkrebse (Copepoden). Kosmos Verlag Franckh Stuttgart.
- KLOTTER, H. E. (1955): Die Milieukarte. Eine Möglichkeit zur graphischen Darstellung von Milieufaktoren bei Algen. Verh. intern. Ver. Limnol. 12, 268—274.
- KOLKWITZ, R. (1950): Ökologie der Saprobien. Stuttgart. 1—64.
- KREUZER, R. (1940): Limnologisch-ökologische Untersuchungen an holsteinischen Kleingewässern. Arch. f. Hydrob. 10, H. 3/4.
- LUNDBECK, J. (1932): Beobachtungen über die Tierwelt austrocknender Salzwiesentümpel an der holsteinischen Ostseeküste. Arch. f. Hydrob. 24.
- NAUMANN, E. (1929): Grundlinien der experimentellen Planktonforschung. In: Thienemann, Die Binnengewässer.
- PESTA, O. (1973): Studien über Tümpelgewässer der Ostalpen. S. B. Akad. d. Wiss. Wien. Mathem. Naturw. Kl. Abt. I. 146, H. 1 u. 2.
- SCHNEIDER, H. (1973): Der „Aufwuchs“. Lebensgemeinschaften im Aufwuchs einer alten Kiesgrube. Mikrokosmos 62, 43—46.
- STROBEL, H. (1959): Die pflanzengeographische Gliederung der Vorderpfalz. Mitt. d. Pollichia. Nr. III Bd. 6, 5—84.
- THIENEMANN, A. (1938): Frostboden und Sonnenstrahlung als limnologische Faktoren. Ein Beitrag zum Problem der Stechmückenplage in Lappland. Arch. f. Hydrob. 34, H. 2.

Anschrift des Verfassers:

P. MANGELSDORF, Biotechniker, 2192 Helgoland, Postfach 851