

# Der oberrheinische Sanddornbusch.

Von Dr. Ing. OTTO ECKMÜLLNER, Graz.

(Fortsetzung).

Aus Zeitmangel war ein eingehendes Studium der Wurzel Ausbildung von Hippophaë in den oberrheinischen Sanddornbüschen leider nicht möglich. An einigen Aufschlüssen (Kiesgruben) konnte aber beobachtet werden, daß die Wurzeln wohl 70—80 cm tief in den Kies eindringen, von einem Vorstoßen bis zum Grundwasser, das dort noch 2,5—3 m tiefer liegt, aber keine Rede sein kann. Auch ein kapillarer Wasseranstieg kommt bei der vorliegenden Mischung von Kies und Sand in diesem Ausmaß gar nicht in Frage, betragen doch die optimalsten Steighöhen (bei Löß) höchstens 1,5 m. Der Sanddorn erreicht hier also ganz gewiß das Grundwasser nicht. Daß er auch sonst scheinbar mit recht wenig Wasser auszukommen weiß, zeigt folgende Beobachtung: Es begannen nämlich während einer längeren Trockenperiode, über die noch berichtet wird, der Reihe nach folgende Arten zu welken: 1. *Potentilla verna*, 2. *Euphorbia Cyparissias*, 3. *Brachypodium pinnatum*, 4. *Ligustrum vulgare*, 5. Fremdlinge wie *Glechoma hederacea* sterben ab, *Valeriana officinalis* wird gelb; *Potentilla verna* ist ganz verwelkt, *Euphorbia Cyparissias* liegt matt am Boden oder im Gras. 6. *Ligustrum vulgare* läßt die Blätter ganz schlaff hängen.

*Hippophaë*, *Rhamnus cathartica*, *Populus nigra* und *Tilia cordata* zeigten dagegen noch nicht die geringsten Welkungserscheinungen. Es ist anzunehmen, daß diese Arten sich mit Hilfe ihres doch ziemlich tief-, wenn auch keinesfalls bis zum Grundwasser reichenden Wurzelsystems ausreichend aus der Kiesschicht mit Wasser versorgen, die zwar keinen hohen, aber doch einigermaßen beständigen Wasservorrat aufweist, wie noch gezeigt werden soll.

Im Oberrheingebiet ist *Hippophaë* als feste Charakterart der beschriebenen Gesellschaft anzusprechen. In den Flußalluvionen kommt er außerhalb nur noch ab und zu in soziologischen Gemischen vor, die den Übergang zu anderen Gesellschaften darstellen, sowie als Vorläufer im Alluvialtrockenrasen und als Relikt in Eichen- und Kiefernbeständen. Oltmanns (25) erwähnt den Sanddorn außerdem von der Limburg, vom Kaiserstuhl und Isteiner Klotz, immer in Begleitung von wärmeliebenden Arten wie *Quercus pubescens*, *Sorbus Torminalis*, *Coronilla Emerus*, *Chrysanthemum corymbosum*, *Achillea nobilis*, *Medicago minima*, *Asperula glauca*, *Geranium sanguineum* usw.

*Salix incana* Schrank. ist nur als holde Charakterart zu werten, da sie eine größere Verbreitungsamplitude hat; sie bevorzugt aber doch den Sanddornbusch deutlich. Nach Siegrist-Gefßner ist sie ein Flachwurzler und streckt ihre Wurzeln bis 6 m im Umkreis aus. Sie schreiben ihr höhere Ansprüche an die Wasserversorgung zu als dem Sanddorn. Gleichfalls nach Siegrist (36) tritt sie nur bei Kiesboden stärker hervor, während bei Sand *Salix purpurea* häufiger ist. Eine solche Gesetzmäßigkeit konnte für unser Gebiet nicht festgestellt werden.

Ißler (18) stellt sie ebenfalls hinsichtlich ihrer Ansprüche über *Hippophaë*. Sie nimmt im Elsaß gemeinsam mit *Salix purpurea* und *Populus nigra* die tieferen Stellen der Kiesbänke ein und wird, wo es trockener wird, vom Sanddorn abgelöst.

*Arabis hirsuta* (L.) Scop. ist hier fast ausschließlich auf unsere Gesellschaft beschränkt und muß daher als gute, mindestens feste, wenn nicht treue lokale Charakterart gelten. Sie wurde außerhalb nur sehr selten gefunden.

Tüxen (40) gibt sie als Ordnungscharakterart der Brometalia an, Sleumer (38) als Bromionverbandscharakterart. Oltmanns (25) nennt sie zwar auch mehrmals als Art der Trockenrasen des Kaiserstuhls, bezeichnet sie aber auch als charakteristisch für die Gariden (d. h. die halboffenen, lockeren Gebüsche) des Kaiserstuhls, der Limburg usw.

*Arenaria serpyllifolia* L. ist ebenfalls deutlich auf unsere Gesellschaft beschränkt. Ihr Treuegrad ist daher mit fest-hold anzusetzen. Tüxen (40) nennt sie als Ordnungscharakterart der Brometalia. Oltmanns (25) gibt sie für unser engeres Gebiet als thermophile Art an und nennt sie unter den Bewohnern der heißen, trockenen Hänge und Schutthalden im Kaiserstuhl, Isteiner Klotz usw. Braun-Blanquet (3) führt sie als Charakterart des Mesobrometum der Mittelschweiz an.

*Reseda lutea* L. hat den gleichen Treuegrad. Sie kommt außer in den Sanddornbüschen nur noch auf Dämmen und Böschungen und an künstlichen Hecken ab und zu vor. Ihr Optimum scheint sie aber ganz klar im Sanddornbusch zu haben.

Oltmanns (25) nennt sie mehrfach als Bestandteil in trockenen Triften, Gariden und Buschwäldern des Kaiserstuhls und des östlichen Schwarzwaldvorlandes.

*Isatis tinctoria* L. Auf den Alluvionen des Oberrheines zeigt *Isatis* eine deutliche Vorliebe für den lichtdurchlässigen Sanddornbusch. Sie wächst aber außerdem auch an Wegrändern, im Alluvialtrockenrasen und in verschiedenen Übergangsstadien.

Somit kann sie nur als holde Charakterart gelten. Häufig ist sie auf den Felsen um Breisach zu finden, ebenso häufig aber in den lichten Gebüschchen des Kaiserstuhls und der Limburg. Oltmanns (25) sagt von ihr, daß sie sich gern an Büsche anlehnt, aber häufig auch ganz frei steht; er nennt sie unter den charakteristischen Arten der Gariden.

*Echium vulgare* L. tritt im Gebiet nicht allzu häufig auf und bevorzugt lokal den Sanddornbusch. Der Natterkopf hätte als feste Charakterart zu gelten. Nach Oltmanns besiedelt er trockene Wiesen und Triften, sowie Fels- und Geröllfluren im Kaiserstuhl, am Isteiner Klotz und an der Limburg. Aichinger (1), Braun-Blanquet (5), Faber (11, 12) und Sleumer (38) geben *Echium vulgare* als Charakterart des Bromionverbandes an.

*Asparagus officinalis* L. ist im Gebiet ebenfalls nicht häufig, am ehesten noch im Sanddornbusch zu finden. Der Spargel kommt aber auch noch in anderen Gebüschstadien vor und ist somit nur eine holde Charakterart. Nach Oltmanns findet er sich in den Gariden des Bodenseegebietes gemeinsam mit *Cytisus nigricans*, *Coronilla Emerus*, *Phleum Böhmeri*, *Geranium sanguineum* usw.

*Stachys rectus* L. hat ebenfalls eine größere Amplitude und kommt u. a. auch im Alluvialtrockenrasen vereinzelt vor. Wir wollen ihm daher auch nur den Treuegrad hold geben; dieser gebührt ihm aber zweifellos, denn er ist im Sanddornbusch am häufigsten und dort auch am besten entwickelt. Faber (11, 12) gibt ihn als Charakterart des Bromionverbandes an, Isler (18) als charakteristische Art der „association á bromus erectus“, Tüxen (40) als Ordnungscharakterart der Brometalia. Oltmanns (25) führt ihn als charakteristischen Bestandteil der Gariden des östlichen und westlichen Schwarzwaldvorlandes mehrfach an.

*Salvia pratensis* L. ist am Oberrhein gar nicht häufig und scheint auch den Sanddornbusch zu bevorzugen (hold). Sie wird von Aichinger (1), Braun-Blanquet (4, 5), Faber (11, 12) und Sleumer (38) als Bromioncharakterart, von Tüxen (40) als Brometalia-Charakterart angegeben. Oltmanns (25) nennt den Wiesensalbei wiederholt als Bestandteil von trockenen Wiesen, lichten Wäldern und Gariden im Kaiserstuhl usw.

*Thlaspi perfoliatum* L. wurde nur im Sanddornbusch gefunden und scheint somit mindestens den gleichen Treuegrad zu besitzen wie *Arabis hirsuta* (fest); das Hellerkraut ist aber weniger häufig. Braun-Blanquet (5), Faber (12) und Sleumer geben *Thlaspi* als Charakterart des Bromionverbandes an. Oltmanns (25) erwähnt es von Trockenwiesen, sagt aber, daß es sich mehr an die Büsche der Gariden anlehnt; er zählt *Thlaspi* daher zu den charakteristischen Arten der Gariden des Kaiserstuhls, des Randens und der Molassegebiete am Bodensee.

*Valerianella carinata* L. bevorzugt deutlich den lichten Schatten des Sanddornbusches und muß als mindestens holde Charakterart desselben gelten.

*Festuca ovina vulgaris* Koch. Von Schinz-Keller (32) als Art der lichten Buschwälder, sowie sonniger, trockener Wiesen angegeben, ist sie hier als holde Charakterart des Sanddornbusches zu werten. Sie löst die im Alluvialbrometum stark verbreitete, derbe *Festuca ovina duriuscula* ab, sobald die Sträucher aufkommen, reicht aber auch noch weit in die Eichenwälder hinüber.

*Saponaria officinalis* L. scheint eine deutliche Vorliebe für den Sanddornbusch zu haben, so daß wir ihr ebenfalls den Rang einer holden Charakterart einräumen wollen. Sie wächst sonst noch vereinzelt an Hecken und Dämmen. Oltmanns erwähnt *Saponaria* aus den Gariden des Molasselandes, wo sie in Gesellschaft von *Stachys rectus*, *Teucrium montanum* und *chamaedrys* auftritt.

*Trifolium procumbens* L. zeigt ebenfalls eine klare Vorliebe für den Sanddornbusch (hold).

*Erigeron acer* L., von Faber (12) als Bromionverbandscharakterart genannt, gehört ebenfalls zu den bezeichnenden Arten unserer Gesellschaft. (hold).

*Viola hirta* L. findet sich schon vereinzelt im Alluvialtrockenrasen, sowie ziemlich reichlich in den ökologisch viel höher stehenden Eichenwäldern. Weitaus am besten entwickelt und weitaus am häufigsten ist das rauhaarige Veilchen aber im Sanddornbusch, als dessen holde Charakterart es daher zu werten ist.

*Brachypodium pinnatum* (L.) Pal. ist ein absolut steter Begleiter, der genau so häufig und gut entwickelt schon im Trockenrasen, aber auch in den lichten Eichenwäldern gedeiht. Aichinger (1) und Schwickerath (35) geben die Fiederzwenke als Bromion-Verbandscharakterart an, Tüxen (40) als Brometalia-Art.

*Poa pratensis angustifolia* L. hat hier etwa dieselbe Amplitude wie die Fiederzwenke und tritt ebenfalls sehr stetig, aber nie in Massen auf. Faber (11) rechnet sie zu den Bromion-Verbandscharakterarten.

*Euphorbia Cyparissias* L. ist absolut stetig; sie fehlt in keiner Aufnahme, unter gewissen Verhältnissen tritt sie sogar sehr hervor und begründet damit eine eigene Fazies. Von Tüxen (40) wird die Zypressenwolfsmilch als Charakterart der Brometalia, von Faber (11, 12) als Charakterart des Bromion genannt.

*Sanguisorba minor* L. kommt im Trockenrasen und im Sanddornbusch gleich häufig vor. Sie ist hier von hoher Stetigkeit. Aichinger (1), Faber (11, 12) und Schwickerath (35) geben *Sanguisorba* als Bromion-, Tüxen als Brometalia-Art an.

*Origanum vulgare* L. ist noch als steter Begleiter zu bezeichnen. Der gemeine Dost ist in den Rasengesellschaften, an Waldrändern und in Lücken auch häufig zu finden. Von Schwickerath (35) wird er als Bromion-Verbandscharakterart gewertet.

*Potentilla verna* L. em. Koch. hat etwa die gleiche Amplitude wie *Sanguisorba minor*, ist aber im Sanddornbusch etwas weniger stetig. Ähnlich wie *Euphorbia Cyparissias* tritt sie unter gewissen Verhältnissen stark hervor. Sie wird als Bromion-Verbandscharakterart angegeben von Aichinger (1), Braun-Blanquet (4, 5), Faber (11, 12), Schwickerath (35) und Tüxen (40).

*Thymus Serpyllum* L. coll. ist noch von guter Stetigkeit, kommt aber im Trockenrasen häufiger und öfter vor. Nach Faber (11, 12) ist der Thymian eine Charakterart des Bromionverbandes.

*Helianthemum nummularium* (L.) Miller ssp. *ovatum* (Viv.). Diese Art, die im Sanddornbusch hochstetig ist, gehört auch zu seiner charakteristischen Artenkombination. Sie kommt außerdem noch im Trockenrasen vor. Als Bromion-Verbandscharakterart geben diese Art an: Aichinger (1), Braun-Blanquet (5), Faber (12), Schwickerath (35), Sleumer (38), als Brometalia-Art: Tüxen (40).

*Hypericum perforatum* L., *Dactylis glomerata* L. *Galium Mollugo* L. ssp., *Rhamnus cathartica* L. und *Ligustrum vulgare* L. sind Begleiter von ausgezeichneter Stetigkeit, so daß sie zur charakteristischen Artenkombination zu zählen sind. Über diese Arten ist an dieser Stelle nichts wesentliches zu sagen.

**Fazielle Ausbildungen:** Häufig ist eine in der mengenmäßigen Zusammensetzung vom Typus abweichende *Potentilla verna*- oder *Euphorbia Cyparissias*-Fazies. Diese Bestände sind meist auffallend grasarm und zeigen dafür größere Flecken mit vorherrschend Frühlingsfingerkraut oder Zypressenwolfsmilch. Die Aufnahmen 5 und 8 der Tabelle 1 zeigen diese Verhältnisse bereits andeutungsweise. Beide Bestände sind vor kurzem stark menschlich beeinflusst worden, d. h. es hat eine Brennholznutzung in Form einer Durchlichtung der Strauchschicht stattgefunden. Die Entstehung der *Potentilla*- oder *Euphorbia*-Horste ist so zu erklären, daß unmittelbar unter den Büschen, die jetzt ausgehackt wurden, keine Krautschicht mehr vorhanden war, sondern hauptsächlich nur mehr Moose (*Scleropodium purum*) wuchsen; durch den Aushieb der Büsche kamen die Moose nun ins volle Licht, starben dort bald ab und den freigewordenen Platz eroberten *Potentilla verna* und *Euphorbia Cyparissias*. Ähnliche Folgen hat die Streunutzung, die im Sanddornbusch auch nicht selten ist. (!). Folgende Aufnahme zeigt diese Verhältnisse gut:

Strauchschicht: 35 % deckend, frisch gelichtet.

Hippophaë 2.2, Ligustrum 1.2, Rhamnus cathartica +2.

Krautschicht: 40 % deckend, Rest leerer Boden (Schlick).

Potentilla verna 2.2, Thymus 1.2, Sanguisorba minor +2, Helianthemum numm. ovatum +2, Globularia Willkommii +, Asparagus officinalis +, Sedum acre 1.2, Tortella inclinata 2.2.

Manchmal treten auch Onopordum Acanthium und Verbascum nigrum in solchen, durch Lichtung oder Streunutzung gestörten Beständen stärker hervor.

Die systematische Stellung des Sanddornbusches. Hier ist die Frage zu behandeln, ob der Sanddornbusch überhaupt als selbständige Gesellschaft aufgefaßt werden kann oder ob er nur als Stadium zu werten ist. Abgesehen davon, daß man ihn auch als Stadium irgendwie in die soziologische Systematik einbauen müßte, glauben wir, daß dem Sanddornbusch doch Gesellschaftswert zukommt. Aichinger (2) versteht unter Stadien niedrige Einheiten, die entweder zeitlich vor den Assoziationen stehen und diese gewissermaßen einleiten (Teucriumstadium, Sedumstadium vor dem Trockenrasen) oder die verschiedene Assoziationen genetisch verbinden, ohne ihnen anzugehören (Übergangsstadien, z. B. Buchstadien zwischen Trockenrasen und Flaumeichenwald) oder die in einer regressiven Sukzession stehen (z. B. Verwüstungsstadien). Auch Faber, der viele Stadien beschrieben hat, verstand darunter offenbar soziologische Gemische ohne selbständigen, charakteristischen Aufbau, ohne klare eigene Individualität im Sinne einer Assoziation. Stadien im Sinne dieser beiden Forscher sind also nicht Varianten von Assoziationen, wie dies die Subassoziationen und Fazies sind, sondern sie stehen im Rang unter der Assoziation, haben keine ausreichende soziologische Selbstständigkeit, keine eigene charakteristische Artenkombination, ja sie können z. B. überhaupt nur aus einer einzigen Art bestehen.\*

Für den Oberrhein mußten wir aber feststellen, daß der Sanddornbusch sogar reichlich eigene Arten aufweist, die nur in ihm oder doch vorwiegend in ihm vorkommen. Damit ist seine soziologische Selbstständigkeit wenigstens lokal klar und einwandfrei gegeben. Die Gesellschaft hat auch von Braun-Blanquet (3) bereits 1928 ihren Namen erhalten: Hippophaë-Salix incana-Assoziation oder Hippophaëto-Salicetum incanae. Eine nähere Beschreibung lag für diese Gesellschaft aber nicht vor.

Wie wir bei Besprechung der charakteristischen Artenkombination sahen, haben viele Arten, die sonst für die Trocken- und Halbtrockenrasen als charakteristisch angegeben werden, hier ihr Optimum im Sanddornbusch und müssen daher lokal als Charakterarten desselben gelten. Mit andern Worten: Viele sogenannte Bromionarten sind hier

---

\* Im Sinne Braun-Blanquet's (3) ist Stadium dagegen überhaupt kein Begriff der soziologischen Systematik, sondern ein Begriff der Syngenetik (so daß selbst die Klimaxgesellschaft ein Stadium ist und zwar eben das Endstadium).

mehr minder eng auf den Sanddornbusch beschränkt und reichen gar nicht oder nur wenig in die wirklichen Trockenrasen hinüber. Nur die in Tabelle 1 unter den Begleitern angegebenen ersten 11 Arten, die von den übrigen Begleitern durch einen Absatz getrennt wurden, sind tatsächlich für Sanddornbusch und Trockenrasen gemeinsame „Bromion“-Arten. Die Verbindung zum Bromionverband ist also zweifellos außerordentlich eng. Daß die meisten lokalen Charakterarten des Sanddornbusches anderweitig auf den Trockenrasenverband beschränkt scheinen, berührt seine Selbständigkeit als Gesellschaft nicht. Es könnte dies nur ein Grund sein, den Sanddornbusch zum Bromionverband zu stellen. An sich wäre es aber vielleicht nicht ganz undenkbar, daß sich eine Anzahl dieser Arten bei näherem Studium der „Gebüschstadien“ doch als für diese charakteristischer herausstellt als für die reinen Trockenrasen und man dann diese Stadien gemeinsam mit dem Hippophaëto-Salicetum incanae zu einer höheren Einheit zusammenfassen könnte, die zwischen Bromion und Quercion pubescentis einzuschieben wäre oder doch als Unterverband im Bromionverband gefaßt werden könnte. Oltmanns Beobachtungen zeigen immer wieder, daß viele dieser Arten in den Gariden daheim sind, und es wäre nicht ausgeschlossen, daß sie im Trockenrasen, der ja bei uns überwiegend sekundär ist, als Relikte der früheren oder Vorläufer der kommenden Strauchgesellschaft zu werten sind. Ein eingehendes Studium der genannten Gebüschstadien müßte hier bald Klarheit bringen. Kuhn (20), der sich mit einer ähnlichen Frage, nämlich mit der soziologischen Stellung der Gradmann'schen Steppenheide ziemlich eingehend befaßt hat, kommt allerdings zur Ansicht, daß diese Buschwälder oder Gariden nur als Gemenge von Felsengesellschaften, Bromiongesellschaften und dem Quercetum sessiliflorae zu werten sind. Der Charakter einer floristisch selbständigen Assoziation komme ihnen aber nicht zu. Er weist andererseits aber selbst darauf hin, daß eine Anzahl von Arten, die allgemein als Charakterarten des Quercetum sessiliflorae oder des Quercion pubescentis angegeben werden, in diesen Übergangsbeständen viel häufiger sind als im eigentlichen Quercuswald. Diese Arten haben also ihr Optimum tatsächlich nicht in der Gesellschaft, für die sie als charakteristisch angegeben werden.

Es dürfte also vielleicht doch nicht ganz unmöglich sein, diese Bestände, die „nicht mehr“ als richtige Bromiongesellschaften und „noch nicht“ als richtige Quercion pubescentis-Gesellschaften gelten können, durch eigene Arten genügend zu charakterisieren und damit den großen floristischen und besonders ökologischen Sprung zwischen Bromion und Quercion pubescentis zu überbrücken. Besonders für die praktische Forstwirtschaft könnte dies von Vorteil sein.

Vergleich mit anderen Sanddorngesellschaften. Braun-Blanquet und de Leeuw (8) beschreiben ein Hippophaëto-Salicetum arenariae von der westfriesischen Insel Ameland. Es zeigt keine Verwandtschaft mit dem oberrheinischen Sanddornbusch. Nur Hippophaë selbst und Asparagus officinalis sind beiden Gesellschaften gemeinsam, sowie das Moos *Scleropodium purum*. Die Charakterarten des amelandschen Sanddornbusches sind daher ganz andere:

*Pirola rotundifolia* ssp. *arenaria*, *Epipactis latifolia*, *Pirola minor* und *Asparagus officinalis*. Die Verbandscharakterarten, die die Gesellschaft dem Quercion *Roboris* zuweisen, sind *Hieracium umbellatum*, *Polypodium vulgare*, *Veronica officinalis* und *Lonicera periclymenum*, also azidiphile Arten, die dem oberrheinischen Sanddornbusch gänzlich fremd sind.

Tüxen (40) beschreibt dieselbe Gesellschaft und stellt sie ebenfalls zum Quercion *Roboris*. Als lokale Charakterarten nennt er *Polypodium vulgare*, *Pyrola rotundifolia* ssp. *arenaria*, *Veronica officinalis* und *Pyrola minor*, als Verbandscharakterarten *Hieracium umbellatum* und *levigatum*.

Ißler (18) nennt als Bestandteile eines im Rahmen der genannten Arbeit nur erwähnten Hippophaëtum bei Markolsheim (Elsaß): *Euphorbia Gerardiana*, *Artemisia campestris*, *Sedum album*, mite, acre, *Thymus*, *Helianthemum*, *Potentilla verna*, *Centaurea rhenana*, *Scrophularia canina*, *Festuca duriuscula*, *Draba*, *Cerastium*, *Arenaria* usw. Wenn auch die Übereinstimmung nicht in allen Punkten vorhanden ist, so handelt es sich doch zweifellos um dieselbe Gesellschaft wie auf der badischen Seite des Oberrheines.

Siegrist-Geßner (37) schildern aus dem Tessin ein Hippophaëtum, das große Ähnlichkeit mit unserer oberrheinischen Gesellschaft hat. Es kommen darin an gemeinsamen Arten vor: *Brachypodium pinnatum*, *Sedum album*, *Potentilla verna*, *Euphorbia Cyparissias*, *Helianthemum nummularium*, *Thymus Serpyllum*, *Galium Mollugo*, *Trifolium procumbens*; statt *Festuca ovina vulgaris* tritt dort die ssp. *capillata* stark auf.

Eine ähnliche Zusammensetzung haben die Sanddornbestände an der unteren Aare, die Siegrist (36) beschreibt.

Palmgren (26) schildert uns Sanddornbestände von den Ålandsinseln, die mit unseren wieder gar nichts zu tun haben (im Unterwuchs *Sanguisorba officinalis* usw.).

### 3. Der Gesellschaftshaushalt des Sanddornbusches.

Daß unsere Sanddorngesellschaft besonders durch einen gering entwickelten Wasserhaushalt charakterisiert ist, geht sowohl aus der allgemeinen Standortsschilderung vorne, wie auch aus dem floristischen Aufbau deutlich hervor. Der Nährstoffhaushalt ist bei den jungen, kalkreichen Böden von geringerem Interesse; er ist offensichtlich ausreichend gewährleistet und tritt an Bedeutung hier zurück. Es ist auch hinreichend bekannt, daß der Nährstoffbedarf des Waldes bei glattem Umlauf, d. h. bei guter Streuzersetzung und selbstverständlich reiner Holznutzung recht gering ist. Schreiben doch Kraus und Härtel (19) sogar vom unerhört produktiven tropischen Urwald, daß das Geheimnis seiner Fruchtbarkeit nicht in großen Nährstoffvorräten des Bodens, sondern im überaus lebhaften Umsatz des verfügbaren, oft nur geringen Nährstoffkapitales liegt. Der „lebhaft Umlauf“ ist aber ebenso sehr eine Frage des Wasserhaushaltes wie der Bodenbiologie.

Aus diesen Erwägungen heraus wurde auf Untersuchungen des Nährstoffhaushaltes von vornherein verzichtet und lediglich der Wasserhaushalt näher ins Auge gefaßt.

Da im ganzen Gebiet die Sanddornbestände keinen Zuschuß aus dem Grundwasser oder von der Seite her haben, gehören die Standorte sämtlich der Wasserhaushaltsgruppe „trocken“ nach Deines (9) an.

Über die Niederschläge, die daher für die Wasserversorgung allein in Frage kommen, wurde vorne schon berichtet. Um den Wasserhaushalt des Sanddornbusches mit dem anderer Gesellschaften des Gebietes vergleichen zu können und so statt nüchterner absoluter Ziffern auch einen relativen, anschaulichen Vergleich zu ermöglichen, wurde der Wasserhaushalt nicht nur im Sanddornbusch, sondern auch im Trockenrasen und im Eichenwald untersucht. Es konnte für jede Gesellschaft nur ein Beispiel herausgegriffen werden; wünschenswert wären natürlich Paralleluntersuchungen in mehreren Beständen gewesen.

Von den drei ausgewählten Beständen (Trockenrasen, Sanddornbusch, Eichenwald) liegen die Trockenrasenfläche und die Sanddornfläche etwa 50 m auseinander, der Eichenwald rund 300 m von beiden entfernt, alle drei bei Griesßheim am Rhein. Sie haben also wohl während des Untersuchungszeitraumes gleiche Niederschläge erhalten, wenn man auch lokale Gewitter berücksichtigt.

Die Trockenrasenfläche weist folgende Verhältnisse auf:

Boden: 0—6 cm Kies mit Schlick (73% Kies, 27% Feinerde), gut durchwurzelt.

6—27 cm Kies mit Sand (90% Kies, 10% Sand), nach unten abnehmend durchwurzelt.

Nach 27 cm Kies mit wenig Sand, ohne lebende Wurzeln.

Vegetation: 70% deckend, Rest Steine, 30 qm.

Globularia Willkommii	1.2,	Potentilla verna	2.2
Scrophularia canina	1.1,	Sedum acre	1.2
Euphorbia Cyparissias	2.2,	Festuca duriuscula	1.2
Sanguisorba minor	1.2,	Thymus spec.	+2
Brachypodium pinnatum	3.2,	Hypericum perforatum	1.2
Poa angustifolia	+2,	Hieracium Pilosella	1.2
Helianthemum numm. ovat.	1.2,	Arabis hirsuta	+
Carex caryophyllea	+,	Arenaria serpyllifolia	+
Dactylis glomerata	+2,	Origanum vulgare	+2
Koeleria gracilis	+2,	Galium Mollugo	+2
Isatis tinctoria	+,	Stachys rectus	+
Hippophaë Rhamnoides	+,	Ligustrum vulgare	+
Lonicera Xylosteum	+,	Prunus spinosa	+
Berberis vulgaris	+,	Scleropodium purum	+2
Thuidium abietinum	1.3,	Tortella inclinata	+2

Die Sanddornfläche zeigte folgende Beschaffenheit:

Boden: 0—7 cm Schlick mit geringer Kiesbeimischung (93% Feinerde, 7% Kies), humos, stark durchwurzelt.

7—16 cm Kies mit Schlick gemischt (66% Kies, 34% Feinerde) gut durchwurzelt.

16—34 cm gröberer Kies mit Sand (83% Kies, 17% Sand), schwach durchwurzelt.

Nach 34 cm feinerer Kies mit Grobsand, ohne Wurzeln.

Vegetation: 30 qm.

Strauchschicht, 75% deckend.

Hippophaë	4.3,	Ligustrum	1.2
Rhamnus cath.	1.2,		

Krautschicht, 70 % deckend.

Brachypodium pinnatum	4.4,	Sanguisorba minor	1.2
Euphorbia Cyparissias	1.2,	Arabis hirsuta	1.1
Potentilla verna	+2,	Thymus spec.	+2
Galium Mollugo	+2,	Poa angustifolia	1.2
Dactylis glomerata	+2,	Arenaria serpyllifolia	+2
Glechoma hederacea	+0,	Rubus spec.	+
Origanum vulgare	+	Plantago lanceolata	+
Reseda lutea	+	Rosa spec.	+
Erodium cicutarium	+	Tortella inclinata	+2
Scleropodium purum	2.3.		

Der Eichenwald hatte wesentlich andere Verhältnisse.

Boden: 0—27 cm humoser, krümeliger Schlick, gut durchwurzelt.

27—63 cm schwach humoser Schlick, mäßig, unten kaum mehr durchwurzelt.

63—117 cm dichter heller Schlick, praktisch nicht mehr durchwurzelt, nur ganz vereinzelt noch wenige Wurzeln des Oberholzes.

Nach 117 cm Kies mit Sand.

Der Boden ist also ein ganz und gar anderer und ist in der Leistungsfähigkeit, das können wir schon jetzt sagen, den beiden anderen turmhoch überlegen.

Vegetation: 30 qm (Ausschnitt).

Baumschicht, 80 % deckend.

Quercus Robur.

Strauchschicht, 80 % deckend.

Ligustrum	2.3,	Crataegus spec.	3.3
Rhamnus cath.	2.2,	Corylus avellana	+
Prunus spin.	2.2,	Cornus sanguinea	+

Krautschicht, 60 % deckend, Rest Laub.

Carex alba	4.4,	Brachypodium pinnatum	1.1
Melica nutans	1.1,	Ligustrum vulgare	+
Viola silvestris	+2,	Euphorbia dulcis	+
Epipactis latifolia	+	Rhamnus cathartica	+
Viburnum lantana	+	Viola hirta	+

Nach dem Vorbild Deines wurde davon abgesehen, einige Einzel-faktoren zu untersuchen, die auf den Wasserhaushalt von Einfluß sind, und aus diesen Faktoren dann die Eigenart des Wasserhaushaltes abzuleiten und zu erklären. Es wurde vielmehr der Wasserhaushalt direkt und zwar quantitativ durch einen gewissen, aus den vorne genannten Gründen leider nur kurzen Zeitraum bestimmt, d. h. die Frage wurde in der Form gestellt: Wieviel Wasser steht der Vegetation im Trocken-rasen, im Sanddornbusch und im Eichenwald tatsächlich zur Verfügung und zwar in m<sup>3</sup> je ha.

Diese Art der Fragestellung verlangt zwar fortlaufende, ziemlich zeitraubende Untersuchungen, gibt aber einen einwandfreien Einblick in die Verhältnisse, wie sie wirklich sind, und nicht, wie sie auf Grund der Bestimmung einiger Teilfaktoren vermutlich sein dürften. Der Wasserhaushalt ist ja tatsächlich von einer ganzen Unzahl von Fak-toren abhängig; Exposition, Neigung, Niederschlagshöhe, Art der Niederschläge, Überschirmung, Bodendecke, Korngrößen, Krümelung, Steighöhen, Humusgehalt, Sicker-geschwindigkeit, Profilausformung und -tiefe, Verdunstungskraft der Luft und Verdunstungsschutz des Bodens usw. usw. sind maßgebend, von all diesen Faktoren wird die Wasserführung beeinflusst. Durch Bestimmung dieser oder einiger die-ser Teilfaktoren kann man oft sehr wohl die Eigenart der vorliegenden

Wasserführung erklären, kann also z. B. nach Bestimmung der Korngrößen sagen, daß ein bestimmter Boden eine sehr schlechte Wasserführung hat, weil er aus groben Korngrößen aufgebaut ist; er ist daher durchlässig, kann das Wasser nicht festhalten und ist deshalb trocken. Welche Durchschnittswerte der Wasserhaushalt aber tatsächlich hat, welche wirklichen oder voraussichtlichen Maxima und Minima er aufweist, d. h. wie der Wasserhaushalt wirklich ziffernmäßig aussieht, weiß man daraus aber noch lange nicht. Darauf kommt es aber gerade an.

In den drei Untersuchungsflächen wurde also der Feuchtigkeitsgehalt des Bodens in Abständen von einigen Tagen bestimmt. Das Ergebnis ist folgendes:

Vorrat an freiem Wasser (m<sup>3</sup>/ha).

Datum	Juni				Juli		
	9.	18.	22.	28.	6.	9.	11.
Trockenrasen	69	120	35	7	187	181	147
Sanddornbusch	186	284	179	26	316	329	325
Eichenwald*	1662	1758	1501	1352	1748	1934	1716

Über die Ermittlung dieser Ziffern ist nicht viel zu sagen. Es wurden an den oben angegebenen Tagen Proben aus den verschiedenen Bodentiefen (siehe vorne, S. 191-192) entnommen. Im Wald war dies mit Hilfe eines Bohrstockes möglich, im Sanddornbusch und im Trockenrasen mußten immer kleine Löcher gegraben werden, die aber so weit auseinander gelegt wurden, daß eine gegenseitige Beeinflussung ausgeschlossen sein dürfte, zumal die Löcher sofort wieder geschlossen wurden. Auf die übliche Art wurde dann der Wassergehalt bestimmt, bezogen auf 100 g absolut trockene Feinerde (unter 2 mm).

Diese Ziffern lauten:

Wassergehalt in g in je 100 g abs. trockener Feinerde.

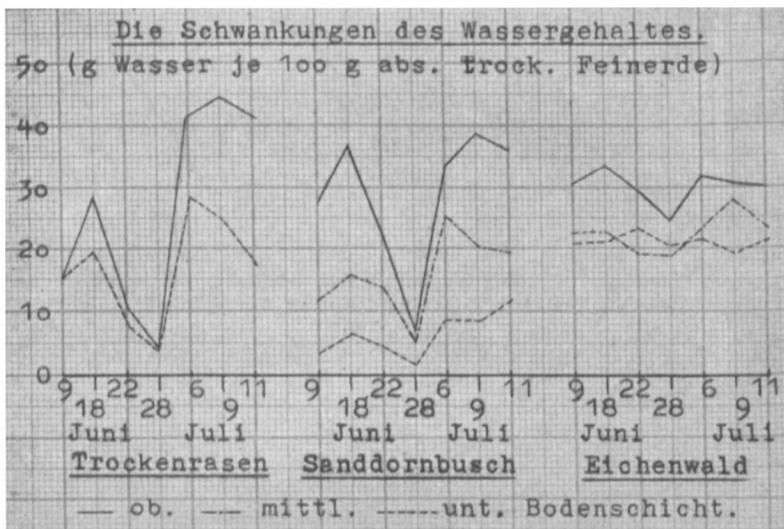
Datum	Juni				Juli		
	9.	18.	22.	28.	6.	9.	11.
Trockenrasen							
obere Schicht	14,1	28,2	10,7	4,7	41,4	44,3	41,4
untere Schicht	15,0	19,3	8,0	3,7	28,6	25,0	17,7
Sanddornbusch							
obere Schicht	27,1	37,0	22,7	6,6	33,4	38,9	36,2
mittlere Schicht	11,5	15,5	13,9	4,9	25,2	20,5	19,1
untere Schicht	3,1	6,4	4,6	1,6	8,8	8,6	11,4
Eichenwald							
obere Schicht	30,4	33,6	29,7	24,3	31,8	30,2	30,0
mittlere Schicht	22,1	22,4	19,1	18,9	23,2	28,0	23,5
untere Schicht	20,7	21,0	23,1	20,2	21,6	19,1	21,0

Wir sehen, daß eigentlich wider Erwarten der Wassergehalt je 100 g abs. trockener Feinerde bei allen drei Flächen im Oberboden immer größer ist als im Mittel- oder Unterboden. Dies liegt natürlich daran, daß der Oberboden dank seiner hier

\* Hierzu noch 1300 bis 1500 m<sup>3</sup> Wasser in der Bodenschicht von 63 bis 117 cm, das heute infolge fehlender Durchwurzelung praktisch unausgenützt ist.

meist feineren Korngrößen und seines höheren Humusgehaltes auch die beste Fähigkeit Wasser festzuhalten besitzt.\* Eben wegen des höheren Humusgehaltes und der feineren Korngrößen im Oberboden ist aber auch die dort hygroskopisch gebundene Wassermenge viel größer, so daß in dieser Schicht also der Vegetation trotz des höheren Wassergehaltes oft weniger Wasser zur Verfügung steht als in den tieferen, an sich wasserärmeren Schichten.

Die Schwankung im Wassergehalt je 100 g absolut trockener Feinerde wird mit zunehmender Bodentiefe stark abgeschwächt. Schon im Trockenrasen wird dies sichtbar, im Sanddornbusch ist es aber schon außerordentlich deutlich. Im Eichenwald verläuft die Kurve für die untere Bodenschicht überhaupt nur mehr nach einer schwachen Wellenlinie.



Interessant ist, daß die Wassermenge je 100 g absolut trockener Feinerde zeitweise in verschiedenen Schichten über der minimalen Wasserkapazität liegt. Dies ist dann der Fall, wenn außer dem angelagerten Schwarmwasser noch Kapillarwasser vorhanden ist, das unter dem Einfluß der Schwerkraft nur langsam abwärts wandert. Es

\* Aus den Ziffern für die minimale Wasserkapazität, die ja dieses Wasserfesthaltungsvermögen angeben, geht dies deutlich hervor:

Minimale Wasserkapazität.				
Bodenschicht	Oben	Mitte	Unten	
Trockenrasen	39.25	—.—	20.—	g je 100 g
Sanddornbusch	47.50	27.50	5.25	abs. trock.
Eichenwald	35.30	24.40	21.10	Feinerde

Die Ziffern für den Eichenwald sind zum Teil niedriger als für die anderen Flächen. Dies ist nur wieder ein Beweis dafür, wie recht Deines hat, wenn er nach Möglichkeit eine quantitative Auswertung der Ergebnisse anstrebt. Der Oberboden im Sanddorn mißt ja nur 7 cm, der im Eichenwald aber 27 cm und es ist daher nicht verwunderlich, daß die mächtige Oberbodenschicht im Eichenwald relativ weniger Humus und daher auch eine geringere relative minimale Wasserkapazität (d. h. je 100 g abs. trock. Feinerde) hat als die des Sanddorns, während ihr absoluter Humusvorrat und ihr absolutes Wasserfangvermögen aber ungeheuer viel größer ist.

ist dies gewissermaßen ein nicht ständiger, nur nach längeren Regen vorhandener Wasservorrat, ein Überschuß, den der Boden nicht dauernd festhalten kann.\* (Bezgl. dieser Fragen sei auf die ausgezeichnete Darstellung von Laatsch (21) verwiesen).

Nun handelte es sich noch darum, die je ein Hektar vorhandene Feinerdemenge festzustellen. Einfach war dies beim Schlick, also im Eichenwald und beim Oberboden des Sanddornbusches. Dort wurde mittels der Siegrist'schen Stahlzylinder (250 cm<sup>3</sup>) Bodenproben entnommen und der Anteil der Feinerde an diesen Proben festgestellt. Bei den stark kieshaltigen Bodenschichten wurde ebenfalls mit den Stahlzylindern die gleiche Bestimmung durchgeführt, die bei der Schwierigkeit, die Zylinder ohne zu große Störungen hineinzubringen, oftmaliges Versuchen erforderte. Es wurde dort aber auch jeweils  $\frac{1}{4}$  m<sup>2</sup> auf die Tiefe der betreffenden Schicht ausgehoben und der Feinerdeanteil hieraus ermittelt. Bei nicht zu grobem Kies lagen die Ergebnisse nicht sehr weit auseinander; z. B. ergaben drei Stahlzylindermessungen im Mittel 9,4% Feinerde, die  $\frac{1}{4}$  m<sup>2</sup>-Untersuchung dagegen 10,7%. Bei grobem Kies lieferten die Stahlzylinderuntersuchungen aber natürlich unbrauchbare Ergebnisse.

Der Feinerdegehalt auf 1 ha wurde demnach erhoben mit:

Feinerdegehalt in t/ha.

Bodenschicht	Oben	Mitte	Unten	Summe	
Trockenrasen	247	—	370	617	
Sanddornbusch	605	404	641	1650	
Eichenwald	2560	4766	(7000)	7326	(14326)

Aus dem Gehalt an absolut trockener Feinerde und dem Wassergehalt je 100 g absolut trockener Feinerde an den verschiedenen Tagen läßt sich der jeweilige Gesamtwasservorrat leicht errechnen.

Dieses Wasser steht der Vegetation nun allerdings nicht restlos zur Verfügung; ein Teil davon ist an die innere Oberfläche des Bodens so fest angelagert, daß es den Pflanzen nicht mehr zugänglich ist. Es ist dies das hygroskopisch gebundene Wasser. Es wurde für die drei Untersuchungsflächen nach Mitscherlich bestimmt und errechnete sich mit:

Hygroskopisch gebundenes Wasser.

Bodenschicht	Oben	Mitte	Unten	Summe	
Trockenrasen	14	—	7	21	m <sup>3</sup> /ha
Sanddornbusch	29	10	5	44	
Eichenwald	76	95	(110)	171	(281)

Diese Menge vom jeweiligen Gesamtwasservorrat abgezogen ergibt die freie Wassermenge, die der Vegetation ohne weiteres zur Verfügung steht, so wie sie Seite 193 dargestellt ist. Allerdings ist bei der Berechnung nach Mitscherlich unterstellt, daß der für die Vegetation nicht mehr aufnehmbare, hygroskopisch gebundene Wassergehalt für alle Pflanzen derselbe ist, d. h. daß alle Pflanzen den festhaltenden Kräften des Bodens nur ein und dieselbe Kraft (Saugkraft) entgegensetzen können. Diese Frage ist freilich noch durchaus offen; sie kann mit den bis heute entwickelten Methoden aber noch nicht befriedigend gelöst werden (siehe 14, 17, 42).

\* Damit wird uns nun aber auch erklärlich, daß manche hygrophilen Arten zeitweise im Sanddornbusch auftreten können, wenn nämlich ein feuchtes Frühjahr für ständige derartige Wasserüberschüsse sorgt und diese Arten durch reichliche Samenproduktion in der näheren Umgebung (an toten Rheinarman usw.) das Gebiet immer wieder mit Samen überschwemmen. Die an sich hohe Wasserkapazität der oberen Bodenschichten und das Vorhandensein von nur langsam versickerndem Kapillarwasser ermöglichen es daher, Arten wie *Valeriana* off., *Glechoma hederacea*, *Humulus* usw. aufzukommen und eine Weile ihr Dasein zu fristen, bis eine Trockenperiode sie vernichtet. Es entscheiden hier eben wie so oft die Extreme und nicht die Mittel. Erst wenn die Extreme wirklich in aller Schärfe auftreten, findet die radikale Auslese statt.

Mit der Tabelle des Vorrates an freiem Wasser (Seite 193) müssen wir nun die während des Untersuchungszeitraumes gefallenen Niederschläge vergleichen. Sie betragen am

2. Juni	9,0 mm,	3. Juni	5,1 mm
10. Juni	2,5 mm,	11. Juni	24,0 mm
13. Juni	14,1 mm,	14. Juni	12,6 mm
23. Juni	1,7 mm,	1. Juli	2,6 mm
2. Juli	25,3 mm,	3. Juli	8,4 mm
4. Juli	5,6 mm,	5. Juli	29,6 mm
6. Juli	7,6 mm,	8. Juli	6,0 mm
9. Juli	22,9 mm,	12. Juli	3,8 mm

Die Niederschlagsverteilung war also keineswegs gleichmäßig. Nach einem im allgemeinen viel zu nassen und kühlen Frühjahr setzte nach ausgiebigen Regen (11., 13., 14. Juni) eine 14-tägige Schönwetterperiode ein, mit insgesamt nur 1,7 mm Niederschlag und großer Hitze. Darauf folgte dann wieder eine kühle, regenreiche Zeit.

Die Wasservorräte spiegeln diese Verhältnisse mit aller Deutlichkeit wider. Nach einem ziemlich bedeutenden Ansteigen infolge der Regenfälle um Mitte Juni beginnt ein rapider Abfall, der den Wassergehalt beim Trockenrasen bis sehr nahe an die Grenze der Hygroskopizität herabsetzt und beim Sanddornbusch ebenfalls ein sehr niedriges Minimum bewirkt. Danach steigt der Wassergehalt durch die Juliregen wieder sehr steil an und beginnt erst gegen den letzten Beobachtungstag etwas zu sinken.

Von großem Interesse ist es nun, zu verfolgen, wie sich die Wasservorräte jeweils im Boden verteilen.

#### a. im Trockenrasen.

	Datum	Juni				Juli			
		9.	18.	22.	28.	6.	9.	11.	
obere Bodenschicht	Wasser insg.	35	70	27	12	102	109	102	m <sup>3</sup> /ha
	hygr. Wasser	14	14	14	14	14	14	14	„
	freies Wasser	21	56	13	—	88	95	88	„
untere Bodenschicht	Wasser insg.	55	71	30	14	106	93	66	„
	hygr. Wasser	7	7	7	7	7	7	7	„
	freies Wasser	48	64	23	7	99	86	59	„

Wir sehen, daß die Schwankungen in der oberen Bodenschicht besonders groß sind. Am 28. Juni ist der Oberboden bis unter die Grenze der Hygroskopizität ausgetrocknet, d. h. er enthält nicht einmal mehr die 14 m<sup>3</sup>/ha die als seine Hygroskopizität bestimmt wurden. Die vorne beschriebenen Welkungserscheinungen werden da leicht verständlich. Die untere Bodenschicht kann sich eine geringe Menge von Feuchtigkeit bewahren, doch unterliegt auch hier der Wassergehalt sehr großen Schwankungen.

## b. im Sanddornbusch.

	Datum	Juni				Juli			
		9.	18.	22.	28.	6.	9.	11.	
obere Bodenschicht	Wasser insg.	164	224	137	40	202	235	219	m <sup>3</sup> /ha
	hydr. Wasser	29	29	29	29	29	29	29	„
	freies Wasser	135	195	108	11	173	206	190	„
mittlere Bodenschicht	Wasser insg.	46	62	56	19	101	83	77	„
	hydr. Wasser	10	10	10	10	10	10	10	„
	freies Wasser	36	52	46	9	91	73	67	„
untere Bodenschicht	Wasser insg.	20	41	30	10	57	55	73	„
	hydr. Wasser	5	5	5	5	5	5	5	„
	freies Wasser	15	36	25	5	52	50	68	„

Dank des besseren Verdunstungsschutzes, des größeren Anfangsvorrates an Feuchtigkeit und der größeren Profiltiefe erreicht die Wasserversorgung hier nicht mehr so extreme Minimalwerte wie im Trockenrasen. Wie schon aus der graphischen Darstellung für die Feuchtigkeitswerte je 100 g absolut trockener Feinerde hervorgeht, sind die Schwankungen in den tieferen Bodenschichten nur mehr abgeschwächt spürbar. Während der Wassergehalt im Oberboden eine sehr rasche Verringerung auf rund 10 v. H. seines Anfangswertes erfährt, sinkt er in den tieferen Bodenschichten langsamer und doch nur auf etwa 20 v. H. Diese Schichten enthalten also Wasservorräte, die erst später angegriffen und nicht so rapid aufgezehrt werden.

## c. im Eichenwald.

	Datum	Juni				Juli			
		9.	18.	22.	28.	6.	9.	11.	
obere Bodenschicht	Wasser insg.	779	861	760	623	814	772	767	m <sup>3</sup> /ha
	hydr. Wasser	76	76	76	76	76	76	76	„
	freies Wasser	703	785	684	547	738	696	691	„
mittlere Bodenschicht	Wasser insg.	1054	1068	912	900	1105	1333	1120	„
	hydr. Wasser	95	95	95	95	95	95	95	„
	freies Wasser	959	973	817	805	1010	1238	1025	„
untere Bodenschicht*	Wasser insg.	1450	1740	1616	1413	1509	1340	1471	„
	hydr. Wasser	110	110	110	110	110	110	110	„
	freies Wasser	1340	1360	1506	1303	1399	1230	1361	„

\* Der Wasservorrat dieser Schicht ist aber so gut wie nicht ausgenutzt.

Die absoluten Schwankungen sind hier weitaus am größten; so beträgt der Unterschied zwischen Maximum und Minimum (also die Schwankung) beim Oberboden 238 m<sup>3</sup> (beim Sanddorn dagegen 195 m<sup>3</sup>), in der mittleren Schicht 433 m<sup>3</sup> (beim Sanddorn 82 m<sup>3</sup>), in der unteren Bodenschicht 203 m<sup>3</sup> (beim Sanddorn 63 m<sup>3</sup>); insgesamt also beim Eichenwald 874 m<sup>3</sup>, beim Sanddorn dagegen nur 340 m<sup>3</sup>. Dies ist durch den großen Verbrauch der viel dichteren und anspruchsvolleren Vegetation leicht zu erklären.

Ein Vergleich des Wasserhaushaltes der drei Untersuchungsflächen zeigt uns also ganz enorme Verschiedenheiten. Das beobachtete Minimum an freiem Wasser betrug beim

Trockenrasen	Sanddornbusch	Eichenwald	
7	26	1325*	m <sup>3</sup> /ha.

Der Sanddornbusch hatte also die 3,5-fache Wassermenge des Trockenrasens, der Eichenwald gar die etwa 50-fache des Sanddornbusches in der kritischen Zeit zur Verfügung.

Worin liegt nun dieser Unterschied begründet? Alle drei Flächen bekamen die gleichen Niederschläge und haben keinen Wasserzuschuß von unten oder von der Seite; sie sind also in dieser Hinsicht vollkommen gleichgestellt.

Damit der Standort die an sich ohnehin nicht sehr reichlichen Niederschläge voll auswerten kann, ist aber erforderlich:

1. eine genügende Speicherkapazität des Bodens,
2. eine möglichst geringe unproduktive Verdunstung.

In diesen beiden Faktoren müssen also die Unterschiede unserer Standorte begründet liegen.

Die Speicherkapazität des Bodens wird ausgedrückt durch die minimale Wasserkapazität. Darunter ist, wie schon gesagt, die Fähigkeit des Bodens zu verstehen, eine bestimmte Wassermenge in Form von Wasserhäuten um die einzelnen Körnchen und Humusteilchen anzulagern. Dieses Wasser unterliegt nicht der Schwerkraft. Die minimale Wasserkapazität eines Bodens ist u. a. abhängig von seiner inneren Oberfläche, d. h. von seinem Gehalt an Feinerde überhaupt, wobei es innerhalb der Feinerde vor allem wieder auf den Schluff und Rohton ankommt, sowie vom Gehalt an Humus; letzterer wird umso wichtiger, je mehr es an mineralischem Feinmaterial fehlt.

Über die minimale Wasserkapazität unserer drei Flächen wurde im Einzelnen schon berichtet. Hier sei sie zum Vergleich noch einmal, nun in quantitativer Auswertung zusammengestellt.

Die minimale Wasserkapazität beträgt im

Trockenrasen	Sanddornbusch	Eichenwald	
171	432	2027	m <sup>3</sup> /ha.

\* Dazu noch rund 1300 m<sup>3</sup> nicht ausgenützten Wassers im Unterboden.

Zieht man nun von der minimalen Wasserkapazität die hygroskopisch gebundene Wassermenge ab:

Trockenrasen	Sanddornbusch	Eichenwald	
—21	—44	—171	m <sup>3</sup> /ha,

so erhält man die Maximalmenge an freiem Wasser, die der Boden praktisch festzuhalten vermag:

Trockenrasen	Sanddornbusch	Eichenwald	
150	388	1856	m <sup>3</sup> /ha.

Deutlicher kann uns wohl nicht mehr vor Augen geführt werden, wie außerordentlich verschieden unsere Standorte hinsichtlich des Wasserhaushaltes sind und worauf es bei der ganzen Wirtschaft, besonders aber bei allen Verbesserungsabsichten ankommen muß; diese Ziffern sind ja keineswegs unabänderlich, sondern können, abgesehen von ihrer natürlichen Entwicklung, auch durch wirtschaftliche Maßnahmen sehr wohl beeinflusst werden.

Die unproduktive Verdunstung, die zu verhindern wir alles Interesse haben, hängt nun ihrerseits im Wesentlichen von folgenden zwei Faktoren ab: a) von der Verdunstungskraft der Luft, d. h. welche Kraft die Luft an der Bodenoberfläche ansetzt, b) vom Verdunstungswiderstand des Bodens, wenn man es so nennen will.

Um die Unterschiede in der Verdunstungskraft festzustellen, wurden vergleichende Verdunstungsmessungen durchgeführt und zwar unmittelbar über dem Boden, denn es kam ja darauf an, diejenige Verdunstungskraft zu messen, die unmittelbar auf die Bodenoberfläche einwirkt. Zu den Messungen wurden einfache Piche-Evaporimeter mit grüner 3 cm-Scheibe verwendet. Das erste Evaporimeter wurde im Trockenrasen aufgestellt und zwar mit der Scheibe über Tortella inclinata. Im Sanddornbusch wurden zwei Verdunstungsmesser angebracht, einer unter Sanddorn mit Sedum acre-Unterwuchs, der andere unter Rhamnus cathartica mit Brachypodium pinnatum-Unterwuchs. Ein vierter Piche war im Eichenwald im Carex alba-Rasen aufgestellt. Beobachtungsdauer war für alle vier Geräte die Zeit vom 18. Juni bis 12. Juli.

Die Gesamtverdunstung war in diesem Zeitraum im

Trockenrasen	Sanddorn	Kreuzdorn	Eichenwald	
137	65	43	30	cm <sup>3</sup> ,

d. h. die verdunsteten Wassermengen verhielten sich wie

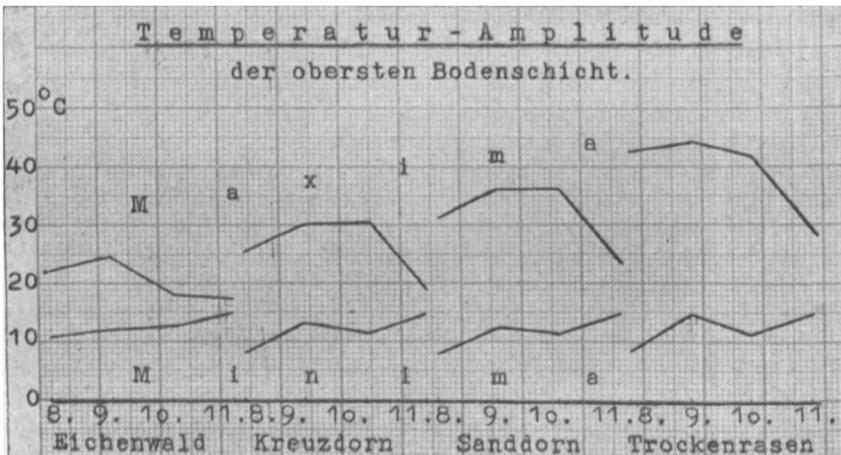
Trockenrasen	Sanddorn	Kreuzdorn	Eichenwald
100	: 47	: 31	: 22

Der lichte Schirm des Sanddornbusches verminderte die Verdunstung also schon um mehr als die Hälfte gegenüber der durch keine Strauchschicht geschützten Tortella-Meßstelle; im dichteren Kreuzdorngebüsch sank sie auf weniger als ein Drittel und im Eichenwald gar auf

etwa ein Fünftel. An trübten Tagen oder bei Regen waren die Verdunstungsunterschiede natürlich ziemlich gering, an heißen, schönen Tagen aber sehr groß. So verdunsteten z. B. die vier Geräte am

	30. Juni (heiß, trocken, windig)	11. Juli (kühl, regnerisch)
Trockenrasen	10,2 cm <sup>3</sup>	1,9 cm <sup>3</sup>
Sanddorn	5,2 „	—,8 „
Kreuzdorn	4,3 „	—,4 „
Eichenwald	3,1 „	—,3 „

Aus den oben genannten Ziffern geht nun die starke isolierende Wirkung einer möglichst mehrschichtigen Vegetationsdecke schlagend hervor. Die Verdunstungskraft ist im Eichenwald um 80 % geringer als im Trockenrasen! Dabei ist noch zu bedenken, daß der Eichenwald noch lange keine idealen Verhältnisse aufwies, da seine Baum- und Strauchschicht immerhin noch so lichtdurchlässig war, daß *Carex alba* darunter gedeihen konnte.



Diese Milderung des Kleinklimas, die in den Verdunstungswerten so deutlich zum Ausdruck kommt, wirkt sich natürlich auch in der Temperatur genau so stark aus. In den vier Vergleichsflächen (wie bei den Pichemessungen) wurden Extremthermometer ausgelegt und leicht mit Erde bedeckt. Der hier dargestellte Ausschnitt zeigt deutlich, wie sehr die Schwankungen vom Trockenrasen gegen den Eichenwald hin abnehmen. Im Bromionrasen liegen die äußersten Extreme tatsächlich noch viel weiter auseinander als hier dargestellt; an heißen Tagen reichte die Skala, die nur bis 55° C ging, nie aus. Die höchsten Bodentemperaturen überschritten also 55° C und zwar vermutlich sehr beträchtlich. Leider nahm die Beschaffung von Thermometern mit grö-

ößerer Amplitude so viel Zeit in Anspruch, daß nur mehr die dargestellten vier Tage gemessen werden konnten, die in keiner Weise mehr irgendwelche Extremwerte erreichten. Es geht aber auch aus diesen kurzen Kurvenstücken deutlich hervor, wie die Schwankungen in den Bodentemperaturen geringer werden, wie also das Kleinklima auch hinsichtlich der Temperatur immer mehr von kontinental zu atlantisch hin verschoben wird.

Es ist also zweifellos möglich, durch eine besondere Beachtung aller dieser Belange die unproduktive Verdunstung auf einen Bruchteil der bisherigen herabzudrücken, d. h. aber, den vorzeitigen Verlust der so wichtigen Wasserreserven zu verhindern.

Was nun den „Verdunstungswiderstand“ des Bodens betrifft, so ist klar, daß darunter nur eine möglichst geringe Wasseranlieferung von unten zur Bodenoberfläche zu verstehen sein kann. Es kommt hier also einerseits darauf an, daß der Boden durch eine vollendet gekrümelte oberste Schicht den Wasseraufstieg bis zur Oberfläche möglichst verhindert. Außerordentlich wertvoll ist es, wenn der Boden überdies noch von lockerer Laubstreu bedeckt ist. Als Maß für die Lockerheit des Bodens können wir am ehesten wohl noch die Luftkapazität benutzen. Sie ergab folgende Werte für die oberste Schicht:

Trockenrasen	Sanddornbusch	Eichenwald
2,1 %	5,9 %	8,3 %

Auch hier sehen wir deutlich die Besserung gegen den Eichenwald hin, wenn auch dieser noch lange keine idealen Verhältnisse aufweist, denn eine Luftkapazität von 8,3 % ist noch immer recht wenig.

Andererseits ist es von größter Wichtigkeit, daß die Wasservorräte des Bodens in eine nicht zu geringe Tiefe verlegt werden.

Im Sanddornbusch, dessen Oberboden nur 7 cm mißt und aus feinem Schlick besteht, ist auch bei bester Krümelung eine rasche Austrocknung nicht zu verhindern, weil eben die Hauptwasservorräte so unmittelbar an der Oberfläche liegen. Walter (42) begründet z. B. die Tatsache, daß in ariden Gebieten Felsen vielfach bevorzugte Standorte einer höheren Vegetation sind, ausdrücklich damit, daß dort die Wasservorräte in den Spalten und Klüften tief liegen und daher vor unproduktiver Verdunstung ausgezeichnet geschützt sind. Lehmböden würden in diesen Gebieten überhaupt nur ganz oberflächlich naß, weil schon die oberste Schicht die geringen Niederschläge aufnehmen kann, und trocknen deshalb sehr rasch wieder vollständig aus.

Es kommt also außerordentlich auf die Profiltiefe und auf die Verteilung des Wassers innerhalb des Profiles an und es wird ebenfalls unsere Aufgabe sein, alle Mittel anzuwenden, durch die eine möglichst rasche Vergrößerung der Profiltiefe erreicht werden kann. Vor allem aber — und dies ist wohl selbstverständlich, — müssen alle Maßnahmen unterlassen werden, welche die natürliche Entwicklung hemmen oder gar schon Erreichtes wieder vernichten. Über diese Fragen wird aber erst im Abschnitt „Wirtschaftliche Auswertung“ näher zu sprechen sein.

#### 4. Die Gesellschaftsentwicklung des Sanddornbusches.

Es ist heute nicht mehr möglich, die Entwicklung der Vegetation von der Erstbesiedlung an zu studieren, weil der Rhein seit der Korrektion im Gebiet kein Neuland mehr schafft und somit keine Möglichkeiten für Erstbesiedlungen vorhanden sind. In ganz geringem Umfang entstehen heute höchstens durch den Menschen solche Möglichkeiten, indem er Kiesgruben anlegt, Wege baut usw. und auf diese Weise der Vegetation kleine, unbesiedelte Flächen zur Verfügung stellt, auf denen sich nun eine Erstbesiedlung abspielen kann, wenn auch vermutlich in etwas anderen Formen; es fehlen ja z. B. schon die ganzen Samen und Sproßstücke, die ein natürliches, vom Hochwasser geschaffenes Neuland aufweisen würde und die der ersten Vegetationsdecke eine besondere Note geben. Scherrer (31) und Siegrist (36) nennen als Erstbesiedler unter natürlichen Verhältnissen daher immer wieder auch herabgeschwemmte Alpenpflanzen wie z. B. *Gypsophila repens*, *Thesium alpinum* usw., die am Oberrhein heute wohl auch noch vorkommen, aber nicht mehr als Erstbesiedler auftreten.

Die heutige Erstbesiedlung auf vom Menschen geschaffenen Neuland möge durch folgende zwei Beispiele dargestellt werden, die nächst Jägerhof bei Breisach auf einem frischen Wegaushub gefunden wurden:

a) auf Kies mit Sand. 8 m<sup>2</sup> groß, 10 % vegetationsbedeckt.

<i>Scrophularia canina</i>	+2,	<i>Thymus spec.</i>	+2
<i>Centaurea rhenana</i>	+	<i>Sanguisorba minor</i>	+
<i>Euphorbia Cyparissias</i>	+	<i>Festuca duriuscula</i>	+
<i>Potentilla verna</i>	+	<i>Plantago lanceolata</i>	+
<i>Hippophaë Rhamnoides</i>	+		

b) auf 5 cm Schlick über Kies mit Sand. 8 m<sup>2</sup> groß, 60 % vegetationsbedeckt.

<i>Brachypodium pinnatum</i>	2.2,	<i>Thymus spec.</i>	2.2
<i>Centaurea rhenana</i>	2.1,	<i>Festuca duriuscula</i>	1.2
<i>Potentilla verna</i>	1.2,	<i>Hypericum perforatum</i>	1.2
<i>Agropyrum repens gl.</i>	+2,	<i>Avenastrum pubescens</i>	+2
<i>Euphorbia Cyparissias</i>	+	<i>Sanguisorba minor</i>	+
<i>Daucus carota</i>	+	<i>Rubus spec.</i>	+
<i>Dactylis glomerata</i>	+	<i>Plantago lanceolata</i>	+
<i>Scrophularia canina</i>	+ <sup>0</sup> .		

Es können dies natürlich nur Beispiele sein. Die Erstbesiedlung ist ja naturgemäß allen möglichen Zufälligkeiten unterworfen, so daß Siegrist (18) sicherlich mit Recht auf ihre außerordentliche Vielgestaltigkeit hinweist.

Wichtig ist aber, daß die beiden obigen Flächen vollkommen gleich alt sind. In derselben Zeit erreichte also die Schotterfläche 10 %, die Schlickfläche aber 60 % Vegetationsbedeckung bei nur 5 cm Schlickauflage! Diese Tatsache ist für die Weiterentwicklung nun insofern von großer Bedeutung, als die Ausbildung klarer, deutlicher Gesellschaften naturgemäß stark vom Faktor Zeit abhängig sein muß. Ist der Standort günstig, so verläuft die Entwicklung, wie wir schon bei der Erstbesiedlung sehen, so rasch, daß sich höchstens die Stadien, aber nicht

mehr die einzelnen Gesellschaften unterscheiden lassen. Wir finden dann in ein und demselben Stadium nicht nur die Reste des vorhergehenden und Vorläufer des nachfolgenden, sondern auch schon Glieder der noch früheren und viel späteren Entwicklungsstufen; d. h. die Verzahnung der einzelnen Gesellschaften ist so tief, daß sie sich überhaupt nicht mehr trennen lassen. Ist der Standort aber umgekehrt sehr arm und ungünstig, so geht die Entwicklung langsam vor sich und die Gesellschaften haben Zeit, sich voll auszubilden. Dazu brauchen sie ja naturgemäß eine gewisse Stabilität der Verhältnisse.

Daraus geht nun schon hervor, daß sich für die Entwicklung des Sanddornbusches kein starres Schema angeben läßt, sondern daß diese vor allem von den gegebenen Standortverhältnissen abhängt. Bei sehr ungünstigen Verhältnissen bedarf es einer sehr langen Vorarbeit der niedrigen Vegetation, bevor der Sanddornbusch überhaupt aufkommen kann. Bei günstigen Voraussetzungen dagegen kann er fast unmittelbar mit der Erstbesiedlung Fuß fassen. Natürlich hängt dies in erster Linie vom Wasserhaushalt ab; ist dieser durch die natürlichen Gegebenheiten (ausreichende Schlickdecke oder Schlickeinlagerung in den Kies) schon relativ gut, so geht die Entwicklung sehr rasch von statten; handelt es sich dagegen um Kies mit Sand, aber ohne Schlick (reiner Kies kommt nicht vor), so ist der Wasserhaushalt sehr gering und muß erst von der Vegetation selbst in zäher Arbeit durch Humusanreicherung usw. verbessert werden.

Je nach den Verhältnissen muß die Entwicklung dann unter Umständen mit den genügsamsten, dürre-unempfindlichen Flechten beginnen, auf die dann ebenso dürrefeste Moose folgen (vor allem *Tortella inclinata*). Sobald sich dann durch die Tätigkeit dieser Pflanzen zwischen den Steinen etwas Humus ansammelt und dort auch etwaiger Flugstaub aufgefangen und festgehalten wird, können sich höhere Pflanzen ansiedeln. Auf Kies sind dies insbesondere *Scrophularia canina*, *Globularia Willkommii* und die derbe *Festuca ovina duriuscula*. Diese dringen nun mit ihren Wurzeln schon tiefer in den Boden vor und bringen damit Humus (Wurzelhumus) hinein, wodurch das Wasserhaltungsvermögen des Bodens verbessert wird. Es entsteht nun allmählich ein noch ziemlich lückiger Trockenrasen, der durch Humuserzeugung und Wurzelarbeit den Standort weiter entwickelt.

Erst im Zuge dieser Entwicklung können dann die Sträucher aufkommen, die durch ihr viel größeres und tiefer reichendes Wurzelsystem, ihren größeren Laubabfall und nicht selten durch Stickstoffsammlung (*Hippophaë*) den Boden weiter aufschließen und bereichern und durch die Beschattung das Kleinklima sehr verbessern.

Die Entwicklung geht dann also von Flechten- und Moos-Stadien aus und verläuft unter diesen ungünstigen Verhältnissen über einen Trockenrasen zum Sanddornbusch. Unter besseren Verhältnissen kommen aber die Sträucher sogleich auf und die Entwicklung geht viel viel rascher vor sich.

Um einen flüchtigen Einblick in den Aufbau dieser Alluvial-Bromionrasen zu geben, aus denen der Sanddornbusch häufig hervorgeht, seien hier 6 Aufnahmen zusammengestellt.

Tabelle 2.  
Alluvial-Trockenrasen.

Aufnahme Nr.		1	2	3	4	5	6
<b>Krautschicht</b>	deckt %	70	75	60	100	100	100
<b>Lokale Charakterarten</b>							
<i>Festuca ovina duriuscula</i>		1.2	1.2	1.2	3.2	1.2	+2
<i>Scrophularia canina</i>		1.1	2.2	+ <sup>0</sup>	.	.	.
<i>Globularia Willkommii</i>		1.2	+2	.	.	.	.
<i>Koeleria gracilis</i>		+2	1.2	.	.	.	.
<i>Centaurea rhenana</i>		.	+	2.1	1.1	+	+
<i>Sedum acre</i>		1.2	1.2	.	.	.	.
<i>Medicago minima</i>		.	+	+	.	+	+
<b>Verbandscharakterarten</b>							
<i>Brachypodium pinnatum</i>		3.2	1.2	2.2	+	3.4	4.4
<i>Poa prat. angustifolia</i>		+2	+2	+	+2	1.2	1.2
<i>Euphorbia Cyparissias</i>		2.2	2.2	+	.	1.1	2.1
<i>Sanguisorba minor</i>		1.2	1.2	+	+	+2	+2
<i>Potentilla verna</i>		2.2	2.2	1.2	1.2	.	.
<i>Thymus spec.</i>		+2	+2	2.2	.	1.2	+2
<i>Helianthemum ovatum</i>		1.2	.	.	.	2.2	.
<i>Agropyrum repens glaucum</i>		.	.	+2	+2	.	1.2
<i>Avenastrum pubescens</i>		.	.	.	2.2	+2	.
<i>Bromus erectus</i>		.	.	.	+	.	.
<i>Veronica Teucrium</i>		.	.	.	.	+	.
<b>Begleiter</b>							
<i>Hieracium Pilosella</i>		1.2	+2	.	.	+2	.
<i>Hypericum perforatum</i>		1.2	+	1.2	1.2	1.1	1.1
<i>Dactylis glomerata</i>		+2	.	+2	+	+2	+2
<i>Galium Mollugo</i>		+	.	.	+2	+	+
<i>Coronilla varia</i>		.	1.2	.	.	+	.
<i>Lotus corniculatus</i>		.	+2	.	.	+	.
<i>Briza media</i>		.	+	.	.	1.1	.
<i>Arrhenatherum elatius</i>		.	.	+2	+	+2	+
<i>Plantago lanceolata</i>		.	.	+	.	+2	.
<i>Vicia Cracca</i>		.	.	.	.	+	1.1
<i>Latyrus pratensis</i>		.	.	.	.	+	+
<i>Arabis hirsuta</i>		+	.	.	.	.	.
<i>Arenaria serpyllifolia</i>		+2	.	.	.	.	.
<i>Isatis tinctoria</i>		+	.	.	+	.	.
<i>Stachys rectus</i>		+	.	.	.	+	.
<i>Viola hirta</i>		.	+	.	.	.	+
<i>Bromus mollis</i>		.	+2	.	.	.	.
<i>Linum catharticum</i>		.	+	+	.	.	.
<i>Rubus spec.</i>		.	.	+ <sup>0</sup>	+ <sup>0</sup>	.	.
<i>Saponaria officinalis</i>		.	.	.	.	.	+

Tabelle 2 (Fortsetzung).

Aufnahme Nr.	1	2	3	4	5	6
<i>Calamagrostis Epigeios</i>	.	.	.	+	.	.
<i>Carex caryophyllea</i>	+	.	.	.	.	.
<i>Poa annua</i>	+2	.	.	.	.	.
<i>Silene inflata</i>	+	.	.	.	.	.
<i>Daucus Carota</i>	.	.	.	+	.	.
<i>Veronica opaca</i>	.	.	.	.	.	+
<i>Solidago serotina</i>	.	.	.	.	.	+ <sup>0</sup>
<i>Thlaspi arvense</i>	.	.	.	.	.	+
<i>Orchis militaris</i>	.	.	.	.	.	+
<i>Rubus caesius</i>	.	.	.	.	.	+ <sup>0</sup>
<i>Reseda lutea</i>	.	+	.	.	.	.
<b>Aufkommende Sträucher des Sanddornbusches</b>						
<i>Hippophaë Rhamnoides</i>	+	+2	+	.	+	+
<i>Ligustrum vulgare</i>	+	.	+	.	.	+
<i>Prunus spinosa</i>	+	.	.	.	.	.
<i>Berberis vulgaris</i>	+	.	.	.	.	.
<i>Lonicera Xylosteum</i>	+	.	.	.	.	.
<i>Quercus Robur</i>	.	.	.	.	+	.
<b>Moosschicht</b>	deckt %					
	15	—	—	60	—	—
<i>Tortella inclinata</i>	+2	+2	.	.	.	.
<i>Scleropodium purum</i>	+2	.	.	3.3	.	+
<i>Thuidium abietinum</i>	1.3	.	.	2.3	.	.

Natürliche Trockenrasen gibt es am Oberrhein wohl kaum mehr. Sie hätten sich längst zu Sanddornbüschen entwickelt, wurden aber durch menschliche Eingriffe zurückgeworfen. Von den 6 Aufnahmen der Tabelle sind höchstens die Nr. 1 und 2 als einigermaßen natürliche Trockenrasen anzusprechen, die wohl noch mehr zum Xerobrometum zu rechnen sind. Die übrigen 4 Aufnahmen sind aber typisch menschlich bedingte Rückfallstadien, wie auch aus ihrem abweichenden Aufbau zu ersehen ist; sie müssen wohl schon zum Mesobrometum gerechnet werden.

Als Besonderheit dieser Alluvialtrockenrasen des Oberrheins müssen die Charakterarten *Scrophularia canina* und *Centaurea rhenana* gelten, von denen die erste deutlich auf Kies beschränkt ist, während die Flokkenblume Schlick bevorzugt. Die Charakterarten des Sanddornbusches (siehe vorne) kommen in den Bromiongesellschaften gar nicht oder nur sehr spärlich vor und sind, wie dies z. B. für *Hippophaë* selbst ganz klar ist, als Vorläufer desselben, bzw. bei den sekundären Gesellschaften als Relikte anzusprechen. Im allgemeinen sind die Alluvialtrockenrasen hier sehr artenarm.

(Schluß folgt)

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen des Badischen Landesvereins für Naturkunde und Naturschutz e.V. Freiburg i. Br.](#)

Jahr/Year: 1939-1944

Band/Volume: [NF\\_4](#)

Autor(en)/Author(s): Eckmüller Otto

Artikel/Article: [Der oberrheinische Sanddornbusch. \(1940\) 185-205](#)