



Angaben über die Humusazidität der Pflanzenunionen estländischer Wälder.

Von Arthur Rühl.

Im Jahre 1929 veröffentlichte ich eine kurzgefasste Mitteilung über die Humusazidität einiger süd-estländischer Wälder. Während ich in der genannten Abhandlung Angaben über die Humusazidität der wichtigsten Waldtypen brachte, will ich hier versuchen ähnliches für die Pflanzenunionen¹⁾ der Wälder festzustellen.

An dieser Stelle erlaube ich mir Herrn Professor A. Nõmmik, der mir das Arbeiten in der von ihm geleiteten agrikulturchemischen Versuchsstation der Universität Tartu ermöglicht hat, meinen verbindlichsten Dank auszudrücken, ebenso seinen Assistenten, Herrn Mag. chem. L. Pääsuke und Herrn Mag. chem. A. Wilpert, die einen Teil der Aziditätsbestimmungen ausgeführt haben. Herrn Professor Dr. T. Lippmaa bin ich für viele wertvolle Ratschläge in pflanzensoziologischen und ökologischen Fragen zu grossem Dank verpflichtet.

Das Material zu dieser Abhandlung wurde im Sommer 1928 (400 Proben) und 1935 (100 Proben) von Mitte Juni bis Mitte August eingesammelt. Es wurden möglichst gleichmässige, normal geschlossene Waldbestände, die von der Kultur wenig beeinflusst waren, ausgesucht und auf einer Fläche von etwa 200 m² der Waldbestand und die Bodenvegetation beschrieben. Daraufhin wurde auf mehreren (3—25) Stellen der Probefläche die sich in den Grenzen eines 30 cm × 30 cm grossen Rahmens befindenden Pflanzenarten notiert und der Deckungsgrad in Zehnteln der Quadratfläche bestimmt. Bei der Entnahme der Humusproben wurde in der untersuchten Kleinfläche die noch unzersetzte Streuschicht entfernt und der Humusschicht eine etwa 200 ccm grosse Probe entnommen.

¹⁾ Da auf dem VI internationalen botanischen Kongress beschlossen wurde, den Terminus Assoziation nur im Sinne von Braun-Blanquet (1928) zu gebrauchen, so habe ich hier, dem Rat von Herrn Professor T. Lippmaa folgend, bei den von ihm beschriebenen Einschichtassoziationen (1933, 1935) den Terminus „Assoziation“ durch „Union“ ersetzt.

Die Proben wurden an der Sonne oder bei Zimmertemperatur getrocknet, gesiebt (2 mm Maschenweite) und dann baldmöglichst untersucht. Ein Teil der Proben musste jedoch im getrockneten Zustande 2—4 Wochen aufbewahrt werden. Von den getrockneten und gesiebten Humusproben wurden 20 g abgewogen, in einem Kolben mit etwa 80 ccm destilliertem Wasser (bei Torfböden wurde mehr Wasser genommen) aufgeschlämmt und bei wiederholtem Aufschütteln nach 24 Stunden die Azidität auf elektrometrischem Wege mittels einer Chinhydronelektrode bestimmt.

Von den untersuchten Proben stammen 280 aus der *Estonia intermedia* (die pflanzengeographische Einteilung Estlands nach Lippmaa 1935^a) und zwar aus dem Forstrevier Kilingi (südlich von Pärnu). 120 Proben stammen aus dem Forstrevier Tartu der *Estonia media*. Aus dem im westlichen Teil von Alutagia gelegenen Forstrevier Püssi wurden 75 Proben und endlich aus der *Estonia maritima orientalis* (Forstrevier Mõtsu und Audru) 25 Proben untersucht.

Da ich bei meinen Feldarbeiten im Sommer 1928 mit Waldtypen operiert habe, war es jetzt nicht immer möglich, alle damals beschriebenen Kleinflächen einer bestimmten Union zuzuzählen. Infolgedessen musste in der vorliegenden Abhandlung ein Teil der im J. 1928 untersuchten Proben bei der Behandlung der Unionen der Moos- und Krautschicht unberücksichtigt bleiben, während bei den meisten Proben, dank der genauen Vegetationsbeschreibung, leicht die entsprechenden Unionen einwandfrei festgestellt werden konnten. Auch solche Fälle sind nicht selten, wo auf einer und derselben Probe nur die Union einer Schicht gut ausgebildet ist, während die andere Schicht entweder ganz fehlt oder nur fragmentarisch auftreten kann. Bei der Auswahl der in diesem Jahr untersuchten Proben wurde ein besonderes Gewicht auf die Unionen gelegt, ausserdem wurde aber für jede Probefläche auch der Waldtyp festgestellt.

Die Humusazidität in den Unionen der Mooschicht.

Die *Pleurozium Schreberi-Hylocomium proliferum* Union ist auf ärmeren Sandböden mit Rohhumus stark verbreitet. Sie ist deutlich an stark sauren Humus gebunden. Wie aus der Tabelle Nr. I zu ersehen, wurde sie am häufigsten auf Humus mit pH 3,6—4,0 angetroffen, während der höchste pH-Wert 5,3 und der niedrigste 3,2 betrug. Die pH-Amplitude der vorliegenden Union entspricht mehr oder weniger derjenigen ihrer Charakterart *Pleurozium*

Schreberi, doch kam letztere, wenn auch nur höchst selten, auch auf schwach saurem Humus vor.

Nach Lippmaa (1933, p. 117) kommt die *Pleurozium Schreberi-Hylocomium proliferum* Union bei einem pH von 3—4 (5) vor, somit stimmen unsere Angaben gut überein.

Die *Rhytidiadelphus triquetrus-Hylocomium proliferum* Union ist im Vergleich zu der vorigen anspruchsvoller und an frischere Böden gebunden. Es konnte bei der Verteilung der Proben in den pH-Klassen keine regelmässige Kurve festgestellt werden, da die Proben von der IV bis zur VII Klasse ziemlich gleichmässig verteilt sind. Die äussersten Reaktionszahlen betragen 3,9 und 6,8, und der mittlere pH-Wert (5,2) liegt bedeutend höher als in der *Pleurozium Schreberi-Hylocomium proliferum* Union.

Nach Lippmaa (1933) liegt der pH-Wert der *Rhytidiadelphus triquetrus-Hylocomium proliferum* Union zwischen 5 und 6 (7), somit konnte ich bei meinen Proben zum Teil bedeutend niedrigere Reaktionszahlen feststellen.

Von der *Eurhynchium striatum* Union (Lippmaa 1935, p. 46) stehen mir bloss Angaben von 9 Proben zur Verfügung, und diese hatten fast alle einen Humus von mittlerer Azidität (pH 4,6—5,0). Der niedrigste pH-Wert betrug 4,5 und der höchste 5,7. Die *Eurhynchium striatum* Union ist sehr anspruchsvoll und kommt nur auf frischem Moderhumus oder Mull vor, besonders häufig ist sie auf moderndem Holz sowie auf Steinen, und diese Substrate erhöhen die Azidität des Humus (Frank 1927, p. 103; Rühl 1929, p. 109). Die pH-Amplitude der vorliegenden Union ähnelt sehr derjenigen von *Eurhynchium striatum*, doch habe ich letztere noch auf fast neutralem Humus angetroffen.

Die *Rhytidiadelphus triquetrus-Plagiochila asplenioides* Union kommt im Gegensatz zu den drei vorherbeschriebenen vorzugsweise auf feuchtem bis nassem Boden vor. Der grösste Teil der untersuchten Proben war nur schwach sauer (pH 6,1—7,0), doch gehörten einige Proben auch zu der stark sauren Gruppe (pH 3,6—4,0), diese wurden höheren Bülten der Bruchwälder entnommen. Die höchste von mir gefundene Reaktionszahl dieser Union betrug 7,0 und die niedrigste 3,8. Die Verteilung der Proben der vorliegenden Union in den pH-Klassen unterscheidet sich nicht wenig von derjenigen ihrer Charakterart — *Plagiochila asplenioides*, letztere wurde von mir auf schwach saurem Humus (pH 6,1—6,5) ebenso häufig angetroffen wie auf stark saurem Humus (pH 3,6—4,0).

Nach Lippmaa (1933) ist die *Rhytidiadelphus triquetrus-Plagiochila asplenoides* Union bei einem pH-Wert von 5—7 verbreitet.

Die ***Acrocladium cuspidatum-Calliergon cordifolium* Union** bevorzugt von allen hier behandelten Moosunionen am deutlichsten schwach sauren Humus und wurde hauptsächlich bei pH 6,1—6,5 angetroffen, während der niedrigste pH-Wert 5,5 betrug. Die vorliegende Union ist an nasse Schlenken der Bruchwälder gebunden und findet sich nur auf gut zersetztem Bruchtorf oder Moderhumus.

Nach Lippmaa (1933) ist die *Acrocladium cuspidatum-Calliergon cordifolium* Union bei pH 6—7 (5) verbreitet, somit stimmen unsere Angaben genau überein.

Die ***Sphagnum squarrosum* Union** und die ***Sphagnum Girgensohnii* Union** scheinen in Bezug auf die Azidität des Humus sehr ähnliche Ansprüche zu haben und zwar können sie noch auf ziemlich neutralem Humus vorkommen. Die erste Union wurde am häufigsten auf Humus der dritten pH-Klasse angetroffen, die Proben der zweiten Union sind ziemlich gleichmässig in den verschiedenen pH-Klassen verteilt. Da die Zahl der untersuchten Proben sehr gering ist, berechtigen sie nicht zu festen Schlüssen, doch hat es im allgemeinen den Anschein, dass die *Sphagnum squarrosum* Union auf weniger saurem Humus (Torf) vorkommt als die *Sphagnum Girgensohnii* Union, wie das auch bei den Charakterarten dieser beiden Unionen — *Sphagnum squarrosum* und *Sphagnum Girgensohnii* — der Fall ist.

Die ***Sphagnum acutifolium* Union** unterscheidet sich deutlich von den beiden eben genannten *Sphagnum*-Unionen, indem sie an stark sauren Torf gebunden ist und zwar fand ich sie ausschliesslich bei pH 3,1—4,5.

Kotilainen (1928, p. 40) hat in Reisermooren mit *Sphagnum acutifolium* sogar pH 3,0 gefunden, bei mir betrug die niedrigste Reaktionszahl der *Sphagnum acutifolium* Union 3,1.

Die Humusazidität der Unionen der Krautschicht.

Die ***Vaccinium vitis idaea-Melampyrum pratense* Union** ist auf trockenen armen Sandböden sehr verbreitet und kommt nur auf stark saurem Auflagetorf vor, der nur ausnahmsweise einen pH-Wert von über 4,1 aufweist. Sie hat eine bedeutend engere pH-Amplitude als die *Pleurozium Schreberi-Hylocomium proliferum* Union, mit der sie meist zusammen vorkommt, da diese Moosunion auch

mit besseren Kräutergesellschaften kombiniert auftritt. In der *Vaccinium vitis idaea-Melampyrum pratense* Union wurde von mir zweimal die niedrige Reaktionszahl 3,0 festgestellt und zwar in Püssi-Oandu (Alutagia) auf einem trockenen Sandrücken unter einer Decke von *Cladonia rangiferina* und in Kilingi-Lähkma (Estonia intermedia) auf einer Anhöhe zwischen Reisermoorwäldern unter einer Decke von *Cladonia alpestris*.

Nach Lippmaa (1933) findet man die *Vaccinium vitis idaea-Melampyrum pratense* Union bei pH 3—4 (5), was auch den von mir festgestellten Angaben entspricht.

Es ist bemerkenswert, dass in der heidekrautreichen Fazies der vorliegenden Union der Humus etwas weniger sauer ist. Diese Erscheinung könnte zum Teil dadurch erklärt werden, dass *Calluna*-reiche Siedlungen meist sekundär, durch Brände, Hiebe, Bodenbearbeitung und ähnliche Eingriffe von seiten des Menschen, entstehen und diese Eingriffe gewöhnlich die Bildung von weniger saurem Humus begünstigen. Auch eine Probefläche des *Calluna* Types bei Aaltonen (1925, p. 23) hatte eine höhere mittlere Humusazidität als alle von ihm untersuchten Probeflächen des *Vaccinium* Types, während auf den beiden anderen von ihm untersuchten Probeflächen des *Calluna* Types allerdings niedrigere Reaktionszahlen als im *Vaccinium* Typ gefunden wurden.

Es ist auffallend, dass die von Aaltonen für den *Vaccinium* Typ gefundenen Reaktionszahlen bedeutend höher sind als die von mir für die *Vaccinium vitis idaea-Melampyrum pratense* Union (diese Union entspricht im allgemeinen dem *Vaccinium* Typ) festgestellten Reaktionszahlen. Dieser Unterschied könnte durch methodische Ursachen erklärt werden, da Aaltonen die Humusazidität kolorimetrisch an klaren Filtraten bestimmte, während ich meine Messungen elektrometrisch an unfiltrierten Bodenaufschlämmungen ausführte und Bodenaufschlämmungen geringere Reaktionszahlen geben als klare Lösungen (Teräsvuori 1930, p. 150).

Die *Vaccinium uliginosum-Carex globularis* Union ist am extremsten azidophil und wurde nur auf Torf gefunden, der zu den beiden untersten pH-Klassen gehört. Allerdings betrug die niedrigste Reaktionszahl der untersuchten Proben dieser Union 3,1, während, wie bereits erwähnt, in der vorherbeschriebenen Union noch pH 3,0 festgestellt wurde.

Auch Kotilainen (1928) fand in den *Carex globularis* Reisermooren, die wohl im allgemeinen der vorliegenden Union

mehr oder weniger entsprechen dürften, sehr geringe Schwankungen der pH-Werte (3,0—3,8), und dieselbe Amplitude findet man auch in der Tabelle Lippmaa's (1933, p. 115).

Da die *Vaccinium uliginosum-Carex globularis* Union hauptsächlich zusammen mit der *Sphagnum acutifolium* Union auftritt, ist es verständlich, dass diese beiden Unionen ähnliche Ansprüche in Bezug auf die Azidität des Torfes besitzen.

Die *Vaccinium myrtillus-Majanthemum bifolium* Union ist auf mehr oder weniger frischen sandigen Böden nicht selten, ausserdem kommt sie häufig fragmentarisch auf höheren Bülten der Bruchwälder vor, und auf diesen Bülten wurden ähnliche pH-Werte wie auf ebenem Boden gefunden. Auch die vorliegende Union ist noch deutlich azidophil, obgleich die pH-Amplitude bereits ziemlich weit ist, und von den untersuchten Proben fast ebensoviel der II wie der III pH-Klasse angehören.

Nach Lippmaa (1933, p. 117) beträgt die pH-Amplitude der *Vaccinium myrtillus-Majanthemum bifolium* Union 3—4 (5), somit stimmen unsere Angaben gut überein.

Ausser der typischen Form ist auf feuchten, leicht anmoorigen Böden, eine Variante der *Vaccinium myrtillus-Majanthemum bifolium* Union nicht selten, die am besten durch das häufige Auftreten von *Equisetum silvaticum* charakterisiert werden könnte, und darum von mir *Equisetum silvaticum* Variante der *Vaccinium myrtillus-Majanthemum bifolium* Union benannt wird. Diese Variante, die hauptsächlich zusammen mit der *Sphagnum Girgensohnii* Union auftritt, ist azidophiler als die typische Form der *Vaccinium myrtillus-Majanthemum bifolium* Union, und wurde am häufigsten bei pH 3,6—4,0 des Humus angetroffen.

Die *Oxalis acetosella-Anemone nemorosa* Union kommt wie die vorige, nicht nur auf grösseren zusammenhängenden Flächen, sondern häufig auch als Fragment auf niedrigeren Bülten der Bruchwälder vor. Sie ist bedeutend weniger azidophil, als die *Vaccinium myrtillus-Majanthemum bifolium* Union, nur wenige der untersuchten Proben hatten einen niedrigeren pH-Wert als 4,5, letztere wurden fast ausschliesslich auf Holzmoder angetroffen. Bei der Verteilung der Proben in den verschiedenen pH-Klassen konnte eine deutliche eingipfelige Kurve beobachtet werden, deren Gipfel in der V pH-Klasse liegt.

In reiner Form findet man die *Oxalis acetosella-Anemone nemorosa* Union hauptsächlich im südlichen Teil Estlands, während

im nördlichen Teil ihre *Hepatica triloba* Variante vorkommt, doch konnte kein deutlicher Unterschied in der Humusazidität dieser Variante und der Hauptform beobachtet werden.

Lippmaa (1933, p. 117) bringt für die *Oxalis acetosella-Anemone nemorosa* Union die pH-Werte 3—4 (5) und für die *Hepatica triloba* Variante pH 5—6 (7), somit ist der Unterschied zwischen unseren Angaben recht gross, da ich nur an einer Probe eine Reaktionszahl unter 4,0 feststellen konnte.

Die *Hepatica triloba-Pulmonaria officinalis* Union kommt, wie das auch Lippmaa festgestellt hat (1933), bei pH 5—7 vor, und nur höchst selten wurden höhere Werte gefunden. Die Humusdecke ist hier meistens sehr dünn und mit Mineralboden vermischt, zuweilen fehlt reiner Humus vollständig. Somit dürfte hier eigentlich nicht von der Humusazidität, sondern von der Azidität der oberen Bodenschicht die Rede sein. Es konnten nicht selten und zwar meistens in entwässerten Bruchwäldern, Übergänge zwischen der vorliegenden und der folgenden Union — der *Carex toliacea (tenella)-Crepis paludosa* Union — beobachtet werden, in denen die Humusschicht bedeutend stärker ist und den Charakter von gut zersetztem Bruchtorf trägt. Solche Proben, die in der Tabelle Nr. 2 nicht berücksichtigt wurden,

Tabelle Nr. 1. Die Verteilung der Proben aus den Moosunionen in den einzelnen pH-Klassen.

Die Moosunionen	Die Anzahl der Proben in den pH-Klassen									Mittlerer pH-Wert	Anzahl der Proben
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX		
	pH < 3,6	3,6—4,0	4,1—4,5	4,6—5,0	5,1—5,5	5,6—6,0	6,1—6,5	6,6—7,0	pH 7,0 >		
Die <i>Pleurozium Schreberi-Hylocomium proliferum</i> Union	11	33	19	6	1	—	—	—	—	4,0	70
Die <i>Rhytidiadelphus triquetrus-Hylocomium proliferum</i> Union	—	4	13	8	10	8	7	4	—	5,2	54
Die <i>Eurhynchium striatum</i> Union	—	—	1	5	2	1	—	—	—	5,1	9
Die <i>Rhytidiadelphus triquetrus-Plagiochila asplenioides</i> Union	—	3	1	1	3	2	14	11	—	6,0	35
Die <i>Acrocladium cuspidatum-Calliergon cordifolium</i> Union	—	—	—	—	1	3	8	2	1	6,3	15
Die <i>Sphagnum squarrosum</i> Union	2	—	6	1	—	1	—	—	—	4,3	10
Die <i>Sphagnum Girgensohnii</i> Union	1	2	2	1	—	1	—	—	—	4,3	7
Die <i>Sphagnum aetifolium</i> Union	6	7	3	—	—	—	—	—	—	3,7	16

hatten meist grössere Reaktionszahlen als die Proben der typischen *Hepatica triloba-Pulmonaria officinalis* Union.

Die Ansprüche der *Hepatica triloba-Pulmonaria officinalis* Union in Bezug auf die Humusazidität sind denjenigen von *Pulmonaria officinalis* sehr ähnlich, während *Hepatica triloba* auch auf stark saurem Humus vorkommen kann.

Die *Carex loliacea (tenella)-Crepis paludosa* Union ist in den niedrig gelegenen Waldgebieten Estlands sehr stark verbreitet, allerdings können *Carex loliacea* und *Carex tenella* oft in den Einzelbeständen fehlen. Die vorliegende Union hat eine sehr enge pH-Amplitude, und der grösste Teil der untersuchten Proben gehört zur VII pH-Klasse. Der niedrigste pH-Wert — 5,5 — konnte nur einmal festgestellt werden, ebenso die höchste Reaktionszahl — 7,2 (östlich von Varbla in der *Estonia maritima orientalis*).

Auch andere Forscher haben sehr ähnliche Reaktionszahlen festgestellt, so Lippmaa 6—7 (1933) und 6,4 (1935, p. 54, Abruks). Kotilainen (1928) fand in hainartigen Bruchwäldern, die wohl der vorliegenden Union sehr nahe stehen, pH 6,8 und Haller (1932, p. 21) in Schwarzerlenbrüchen pH 6,3—6,5.

Die *Carex loliacea (tenella)-Crepis paludosa* Union kommt meistens zusammen mit der *Acrocladium cuspidatum-Calliargon cordifolium* Union oder der *Rhytidiadelphus triquetrus-Plagiochila asplenioides* Union vor, da die Ansprüche dieser drei Unionen in Bezug auf die Standortsverhältnisse sehr ähnlich sind, doch hat die letztgenannte Union eine weitere pH-Amplitude. Sehr ähnlich wie die vorliegende Union verhält sich zu der Humusazidität eine ihrer Charakterarten — *Crepis paludosa*, doch ist es verständlich, dass sie als einzelne Art eine weitere pH-Amplitude besitzt als die betreffende Union. So kommt *Crepis paludosa* nicht selten noch bei pH 5,1—5,5 vor.

Die *Galium palustre-Solanum dulcamara* Union, die letzte von mir hier behandelte Kräutergesellschaft, ist nicht sehr verbreitet und tritt hauptsächlich in Fragmenten zusammen mit der vorigen Union auf, infolgedessen konnte ich nur eine geringe Zahl von Proben untersuchen. Wie aus der Tabelle Nr. 2 zu ersehen, sind die untersuchten Proben äusserst gleichmässig in der VI, VII und VIII pH-Klasse verteilt. Bei einem grösseren Material würden die Ansprüche der *Galium palustre-Solanum dulcamara* Union in Bezug auf die Humusazidität wahrscheinlich denjenigen der *Carex*

Tabelle Nr. 2. Die Verteilung der Proben aus den Krautschichtunionen in den einzelnen pH-Klassen.

Die Unionen der Krautschicht	Die Anzahl der Proben in den pH-Klassen									Mittlerer pH-Wert	Anzahl der Proben
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX		
	pH < 3,6	3,6—4,0	4,1—4,5	4,6—5,0	5,1—5,5	5,6—6,0	6,1—6,5	6,6—7,0	pH 7,0 <		
Die <i>Vaccinium vitis idaea-Melampyrum pratense</i> Union	13	19	5	—	—	—	—	—	—	3,7	37
Die <i>Vaccinium uliginosum-Carex globularis</i> Union	10	8	—	—	—	—	—	—	—	3,5	18
Die <i>Vaccinium myrtillus-Majanthemum bifolium</i> Union	3	19	23	11	3	—	—	—	—	4,3	59
Die <i>Equisetum silvaticum</i> Variante der <i>Vaccinium myrtillus-Majanthemum bifolium</i> Union	3	9	4	1	—	—	—	—	—	3,9	17
Die <i>Oxalis acetosella-Anemone nemorosa</i> Union	—	1	7	20	34	17	3	—	—	5,2	82
Die <i>Hepatica triloba-Pulmonaria officinalis</i> Union	—	—	—	—	5	14	15	3	1	6,1	38
Die <i>Carex loliacea (tenella)-Crepis paludosa</i> Union	—	—	—	—	1	3	17	5	1	6,3	27
Die <i>Galium palustre-Solanum dulcamara</i> Union	—	—	—	—	—	3	3	3	—	6,3	9

liiacea (tenella)-Crepis paludosa Union ähneln, wie man das aus den Angaben von Lippmaa (1935, p. 64 und 70) schliessen kann.

Zum Schluss soll noch die Frage erörtert werden, ob sich nicht ein gesetzmässiger Unterschied in der Humusazidität der Unionen aus den einzelnen Landschaften feststellen lässt, der besonders dadurch erklärt werden könnte, dass der Untergrund von Alutaga und der *Estonia maritima orientalis* aus Kalkstein besteht, während der Untergrund der beiden anderen untersuchten Gebiete aus kalkarmem devonischem Sandstein gebildet wird. Nun konnte ich auf Grund meines Materials keinen solchen Einfluss feststellen, was auch durch das Vorhandensein mächtiger diluvialer Ablagerungen, die in den untersuchten Gebieten den Untergrund bedecken, verständlich ist. Eher könnte ich aus meinen Angaben schliessen, dass die Humusdecke Süd-Estlands etwas weniger sauer ist als in Nord-Estland, doch sind diese Unterschiede sicher zufälliger Natur, zumal die Anzahl der von mir untersuchten Proben aus Nord-Estland bedeutend geringer ist, als die aus Süd-Estland. Auch aus den Angaben Lippmaa's für die *Hepatica triloba-Pulmonaria*

officinalis Union (1933) kann kein Zusammenhang zwischen den pflanzengeographischen Gebieten und der Humusazidität festgestellt werden.

Nach Frank (1927, p. 61) soll die geologische Beschaffenheit des Untergrundes nur einen geringen Einfluss auf die Humusazidität ausüben und überhaupt scheint die Humusazidität ein und derselben Union auch auf viel grösseren Gebieten, als der Freistaat Estland, ziemlich konstant zu sein.

Über den Zusammenhang zwischen der Holzart der Waldschicht und der Humusazidität.

Der Zusammenhang zwischen Waldschicht und Humusazidität ist schon von vielen Forschern untersucht worden, so zum Beispiel von Raunkiaer (1922), Kraus (1924), Nemeč und Kvapil (1924 und 1925), Hesselman (1926) und Frank (1927), die alle feststellen konnten, dass in Laubwäldern der Humus weniger sauer ist als in Nadelwäldern, und Hesselman konnte durch entsprechende Untersuchungen nachweisen, dass Laubholzbeimischung die Humusazidität der Nadelwälder nach der alkalischen Richtung hin verändert. Andererseits hat Arrhenius (1920, p. 81) beobachtet, dass die Abhängigkeit der Bodenreaktion von der Waldschicht nur gering ist, und zu ähnlichen Schlüssen ist auch Aaltonen (1932, p. 35) gekommen.

Zur Ausbildung einer standortgemässen natürlichen Union der Waldschicht sind viele hunderte von Jahren nötig, und es ist darum oft nicht leicht, derartige Waldbestände zu finden. Wenn man die Unionen in Betracht zieht, müsste zum Beispiel ein Mischwald mit überwiegender Aspe und geringer Fichtenbeimischung zu der *Picea excelsa* Union gerechnet werden, dadurch würde aber der Einfluss der Holzart auf die Humusdecke verwischt werden. Aus diesen Gründen wird hier auf eine Einteilung der Waldschicht in Unionen verzichtet und nur der jeweils herrschende Holzbestand berücksichtigt.

In der Tabelle Nr. 3 werden 6 Gruppen der Waldbestände unterschieden: reine Kiefern-, Fichten- und Laubwälder, sowie Mischwälder mit überwiegender Kiefer, Fichte und Laubholz. In dieser Tabelle bilden die Proben der reinen Kiefernwälder bei der Verteilung in den pH-Klassen eine deutliche eingipfelige Kurve, deren Gipfel in der II pH-Klasse liegt. Die Mischwälder mit überwiegender Kiefer

Tabelle Nr. 3. Die Verteilung der Proben aus Waldbeständen verschiedener Zusammensetzung in den einzelnen pH-Klassen.

Die Waldbestände	Die Anzahl der Proben in den pH-Klassen									Mittlerer pH-Wert	Anzahl der Proben
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX		
	pH < 3,6	3,6—4,0	4,1—4,5	4,6—5,0	5,1—5,5	5,6—6,0	6,1—6,5	6,6—7,0	pH 7,0 <		
Reine Kiefernwälder	23	41	32	1	2	—	—	—	—	3,9	99
Mischbestände mit überwiegender Kiefer	2	11	9	11	2	3	4	1	—	4,6	43
Bestände mit überwiegender Kiefer	25	52	41	12	4	3	4	1	—	4,1	142
Reine Fichtenbestände	—	1	3	3	15	7	5	4	2	5,6	40
Mischbestände mit überwiegender Fichte	4	14	10	17	13	18	23	4	—	5,2	103
Bestände mit überwiegender Fichte	4	15	13	20	28	25	28	8	2	5,3	143
Reine Laubholzbestände	—	—	1	4	9	12	27	7	—	5,9	60
Mischbestände mit überwiegender Laubholz	—	4	18	17	24	32	36	22	2	5,7	155
Bestände mit überwiegender Laubholz	—	4	19	21	33	44	63	29	2	5,8	215

haben weniger sauren Humus, einige Proben hatten eine fast neutrale Reaktion.

Noch höhere Reaktionszahlen haben die Proben aus reinen Fichtenwäldern, die meisten Proben gehörten der V pH-Klasse an. In den Mischbeständen mit überwiegender Fichte ist stark saurer sowie fast neutraler Humus nicht selten, und die untersuchten Proben sind ziemlich unregelmässig in den verschiedenen pH-Klassen verteilt.

Die reinen Laubwälder sowie die Mischwälder mit überwiegender Laubholz haben nur höchst selten stark sauren Humus, und die Proben bilden eine mehr oder weniger deutliche Kurve, deren Gipfel in der VII pH-Klasse liegt.

Nun können aus der Tabelle Nr. 3 keine Schlüsse über den Einfluss der Holzart auf die Humusazidität gezogen werden, da zum Beispiel die Kiefernwälder ja hauptsächlich auf saurem Heide- und Moorboden vorkommen, der auch unter anderen Holzarten sicher

Tabelle Nr. 4. Die Verteilung der Proben einer und derselben Krautschichtunion aus Waldbeständen verschiedener Zusammensetzung in den pH-Klassen.

	Die Anzahl der Proben in den pH-Klassen									Mittlerer pH-Wert	Anzahl der Proben
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX		
	pH < 3,6	3,6—4,0	4,1—4,5	4,6—5,0	5,1—5,5	5,6—6,0	6,1—6,5	6,6—7,0	pH 7,0 <		
1. Die <i>Carex loliacea</i> (<i>tenella</i>)- <i>Crepis paludosa</i> Union.											
Waldbestände mit überwiegender Fichte	—	—	—	—	—	2	6	3	—	6,4	11
Waldbestände mit überwiegendem Laubholz	—	—	—	—	1	1	11	2	1	6,3	16
2. Die <i>Hepatica triloba</i> - <i>Pulmonaria officinalis</i> Union.											
Waldbestände mit überwiegender Fichte	—	—	—	—	3	6	5	—	—	5,9	14
Waldbestände mit überwiegendem Laubholz	—	—	—	—	2	8	10	3	1	6,2	24
3. Die <i>Oxalis acetosella</i> - <i>Anemone nemorosa</i> Union.											
Waldbestände mit überwiegender Kiefer	—	—	1	1	1	—	—	—	—	4,8	3
Waldbestände mit überwiegender Fichte	—	1	4	15	21	6	2	—	—	5,1	49
Waldbestände mit überwiegendem Laubholz	—	—	2	4	12	11	1	—	—	5,4	30
4. Die <i>Vaccinium myrtillus</i> - <i>Majanthemum bifolium</i> Union.											
Waldbestände mit überwiegender Kiefer	1	5	12	5	—	—	—	—	—	4,2	23
Waldbestände mit überwiegender Fichte	2	11	7	2	—	—	—	—	—	4,1	22
Waldbestände mit überwiegendem Laubholz	—	3	4	4	3	—	—	—	—	4,6	14

stark sauren Humus besitzen würde. Da die Unionen der Krautschicht wenigstens in groben Zügen die Standortverhältnisse widerspiegeln, gibt die Tabelle Nr. 4, in der ausser der Holzart auch diejenigen Unionen der Krautschicht berücksichtigt sind, die in Waldbeständen verschiedener Zusammensetzung verbreitet sind, bereits ein besseres Bild, während zu einer einwandfreien Feststellung des Einflusses

der Holzart auf die Humusazidität eine genaue Untersuchung aller Standortsfaktoren erforderlich ist.

Aus dieser Tabelle ist zu ersehen, dass in der *Carex loliacea* (*tenella*)-*Crepis paludosa* Union, in der dank der mächtigen Bruchtorfschicht der Mineralboden keinen Einfluss auf die Kräutervegetation und die obere Humusdecke auszuüben vermag, auch kein deutlicher Zusammenhang zwischen Holzart und Humusazidität beobachtet werden konnte, und dass es bedeutungslos ist, ob Fichte oder Laubholz vorherrscht. Ähnlich verhält es sich mit den Fragmenten der *Oxalis acetosella*-*Anemone nemorosa* Union und der *Vaccinium myrtillus*-*Majanthemum bifolium* Union auf den Bülden der Bruchwälder. Auf diesen Bülden fand ich stets, unabhängig von der jeweils herrschenden Holzart, stark sauren Humus. Auch auf Granitblöcken, deren Standortverhältnisse meistens sehr gleichmässig sind und von denjenigen des Mineralbodens, in dem die Bäume wurzeln, stark abweichen, konnte kein deutlicher Einfluss der Holzart auf die Humusazidität festgestellt werden und der Humus war dort auch in Laubholzbeständen stets stark sauer.

Anders verhält es sich aber mit den Unionen, die auf einer weniger mächtigen Humusschicht vorkommen, wo der gewöhnliche Mineralboden, der auch als Substrat des Holzbestandes dient, auf die Humusdecke einwirken kann. Hier waren in allen Unionen der Krautschicht die Humusproben aus Wäldern mit überwiegendem Nadelholz deutlich saurer als in Beständen mit überwiegendem Laubholz, während der Unterschied zwischen Kiefern- und Fichtenbeständen meist nur unbedeutend war.

Die geringere Azidität des Humus unter Laubholzbeständen könnte in einigen Fällen dadurch erklärt werden, dass die Laubholzwälder schon an und für sich auf besseren Böden stocken und infolgedessen die Humusschicht auch dann weniger sauer wäre, wenn statt Laubholz die Nadelhölzer vorherrschen würden. Besonders könnte das bei den edleren Laubhölzern (Eiche, Esche, Ulme und Ahorn) der Fall sein, zum Teil auch bei der Aspe, die alle grosse Ansprüche in Bezug auf die Bodengüte stellen und darum nur auf sehr guten Böden die Vorherrschaft erlangen. So stockt in Vasula bei Tartu ein Aspenmischwald mit der *Vaccinium myrtillus*-*Majanthemum bifolium* Union und der *Oxalis acetosella*-*Anemone nemorosa* Union in der Krautschicht auf frischem lehmigem Sande, der vom gewöhnlichen Bodentyp der erstgenannten Union abweicht; dadurch lässt sich wohl zum Teil der ungewöhnlich hohe mittlere pH-Wert der

Vaccinium myrtillus-Majanthemum bifolium Union dieses Bestandes (5,1) erklären.

Wenn man die einzelnen Laubholzarten gesondert behandelt, können auch gewisse Unterschiede in der Humusazidität einer und derselben Kräuterunion beobachtet werden. So ist die durchschnittliche Humusazidität der *Carex loliacea (tenella)-Crepis paludosa* Union unter Wäldern mit überwiegender Erle pH 6,5 (8 Proben) und unter Beständen mit überwiegender Birke pH 6,1 (8 Proben), somit ist der Unterschied hier nicht unbedeutend.

In der *Hepatica triloba-Pulmonaria officinalis* Union betrug die mittlere Reaktionszahl unter Beständen mit überwiegender Birke 6,7 (8 Proben) und unter Beständen mit überwiegender Aspe 5,9 (16 Proben). Die übrigen Krautschichtunionen konnten nicht zum Vergleich herangezogen werden, da in den Wäldern mit überwiegendem Laubholz meist eine bestimmte Laubholzart vorherrschte. So gehören von den 30 aus Wäldern mit überwiegendem Laubholz entnommenen Proben der *Oxalis acetosella-Anemone nemorosa* Union nur 2 zu den Wäldern mit überwiegender Birke, während 25 Proben den Wäldern mit überwiegender Aspe zukamen, doch auch hier war die Reaktionszahl des Humus aus Wäldern mit überwiegender Birke etwas höher (5,7) als in Aspenmischwäldern (5,5).

Wenn man nun in Betracht zieht, dass die Aspe bedeutend höhere Ansprüche in Bezug auf die Güte des Mineralbodens stellt als die Birke, so kann man die höhere Reaktionszahl des Humus in Wäldern mit überwiegender Birke nicht durch den besseren Mineralboden erklären. Somit scheint die Birkenstreu tatsächlich die Entstehung von weniger saurem Humus zu fördern, während die toten Aspenblätter, die auf dem Boden eine feste dichtgelagerte Schicht bilden, den Humus nach der sauren Richtung hin verändern.

In der Tabelle Nr. 5 sind ähnliche Angaben über die Unionen der Mooschicht wiedergegeben worden, und auch hier ist in ein und derselben Moosunion der Humus unter Laubholz meist weniger sauer als unter Nadelholzwald. Bei der *Eurhynchium striatum* Union und der *Sphagnum squarrosum* Union ist die Humusazidität der Proben aus Laubholzmischbeständen allerdings etwas grösser als in Nadelholzmischbeständen, was wohl auf einen durch die geringe Anzahl der Proben bedingten Zufall zurückzuführen ist. So bestanden die beiden aus Wäldern mit überwiegendem Laubholz entnommenen Proben des Substrates der *Eurhynchium striatum* Union

Tabelle Nr. 5. Die Verteilung der Proben einer und derselben Moosunion aus Waldbeständen verschiedener Zusammensetzung in den pH-Klassen.

	Die Anzahl der Proben in den pH-Klassen									Mittlerer pH-Wert	Anzahl der Proben
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX		
	pH < 3,6	3,6—4,0	4,1—4,5	4,6—5,0	5,1—5,5	5,6—6,0	6,1—6,5	6,6—7,0	pH 7,0 <		
1. Die <i>Rhytidiadelphus triquetrus-Hylocomium proliferum</i> Union.											
Waldbestände mit überwiegender Kiefer	—	1	1	3	1	1	—	1	—	5,1	8
Waldbestände mit überwiegender Fichte	—	3	8	4	7	6	3	—	—	5,1	31
Waldbestände mit überwiegendem Laubholz	—	—	4	1	2	1	4	3	—	5,6	15
2. Die <i>Rhytidiadelphus triquetrus-Plagiochila asplenoides</i> Union.											
Waldbestände mit überwiegender Kiefer	—	1	—	—	—	—	1	—	—	5,1	2
Waldbestände mit überwiegender Fichte	—	1	1	1	—	1	5	3	—	5,9	12
Waldbestände mit überwiegendem Laubholz	—	1	—	—	3	1	8	8	—	6,2	21
3. Die <i>Acrocladium cuspidatum-Calliergon cordifolium</i> Union.											
Waldbestände mit überwiegender Fichte	—	—	—	—	—	1	1	—	—	6,1	2
Waldbestände mit überwiegendem Laubholz	—	—	—	—	1	2	7	2	1	6,3	13

zufälligerweise aus Holzmoder, der stets stark sauer ist, während die Proben aus Fichtenmischwäldern von Mull auf Mineralboden gebildet wurden.

In der *Acrocladium cuspidatum-Calliergon cordifolium* Union, die meist auf mächtigem Bruchtorf vorkommt, ist der Unterschied zwischen Beständen mit überwiegendem Laubholz und mit überwiegender Fichte nur unbedeutend. Bei einer grösseren Anzahl von Proben aus Fichtenmischwäldern würde der Unterschied vielleicht ganz verschwinden, wie ich das bei den Krautschichtunionen der Bruchwälder beobachten konnte.

Was die Beziehung der einzelnen Laubholzarten zur Humusazidi-

tät betrifft, so verhält es sich auch hier ähnlich wie bei den Unionen der Krautschicht. So ist die mittlere Humusazidität der *Acrocladium cuspidatum-Calliergon cordifolium* Union in Wäldern mit überwiegender Birke etwas grösser als in Wäldern mit überwiegender Erle, und in der *Rhytidiadelphus triquetrus-Hylocomium proliferum* Union ist die Humusazidität in den Birkenmischwäldern geringer als in den Wäldern mit überwiegender Aspe. Von den Proben der *Rhytidiadelphus triquetrus-Plagiochila asplenioides* Union stammt nur eine aus einem Bestande mit überwiegender Birke und diese war, sicher wohl nur zufälligerweise, saurer als die mittleren Proben der Wälder mit überwiegender Aspe (16 Proben).

Somit kann man aus meinen bescheidenen Untersuchungen schliessen, dass in Bruchwäldern und auf Granitblöcken kein deutlicher Einfluss der Holzart auf die Humusazidität stattfindet, während auf gewöhnlichen Mineralböden ein gewisser Einfluss beobachtet werden konnte und zwar scheint besonders die Birke die Bildung von wenig saurem Humus zu fördern.

Verzeichnis der angeführten Schriften.

- Aaltonen, V. T., 1925. Über den Aziditätsgrad des Waldbodens. Berichte der Finnländischen Forstwissenschaftlichen Versuchsanstalt. 9. Helsinki.
- Aaltonen, V. T., 1932. Über den Einfluss der Holzart auf den Boden. Mitteilung der forstlichen Forschungsanstalt in Finnland. 17. Helsinki.
- Arrhenius, O., 1920. Ökologische Studien in den Stockholmer Schären. Stockholm.
- Frank, E., 1927. Über Bodenazidität im Walde. Freiburg.
- Haller, B., 1932. Uurimusi mustlepa (*Alnus glutinosa* Gaertn.) kasvukäigust. Tartu Ülikooli Metsaosakonna toimetused nr. 21. Tartu.
- Hesselman, H., 1926. Studier över barrskogens humustäcke, dess egenskaper och beroende av skogsvården. Meddelanden från Statens Skogsforsöksanstalt. Hefte 22, Nr. 5. Stockholm.
- Kotilainen, M. J., 1928. Untersuchungen über die Beziehung zwischen der Pflanzendecke der Moore und der Beschaffenheit, besonders der Reaktion des Torfbodens. Wissenschaftliche Veröffentlichungen des Finnischen Moorkulturvereins. Nr. 7. Helsinki.
- Krauss, G., 1924. Zur Aziditätsbestimmung in Waldböden. Forstwissenschaftliches Centralblatt Nr. 3 und 4.
- Lippmaa, T., 1933. Taimeühingute uurimise metoodika ja Eesti taimeühingute klassifikatsiooni põhijooni. Tartu Ülikooli juures olev Loodusuurijate Seltsi Aruanded. XL, (1—2). Tartu.

- Lippmaa, T., 1935. Une analyse des forêts de l'île Estonienne d'Abruca (Abro) sur la base des associations unistrates. Acta instituti et horti botanici universitatis Tartuensis. Vol. IV., fasc. 1—2. Tartu.
- Lippmaa, T., 1935a. Eesti geobotaanika põhiõooni. Acta instituti et horti botanici universitat. Tartuensis. Vol. IV, fasc. 3—4. Tartu.
- Nemec, A., & Kvapil, K., 1924. Biochemische Studien über die Azidität der Waldböden. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 156.
- Raunkiaer, C., 1922. Forskellige Vegetationstypers forskellige Inflydelse paa Jordbundens Surhedsgrad. Det Kgl. Danske Videnskabs-Selsk., Biolog. Meddel. III, 10. (zitiert nach Aaltonen 1932).
- Rühl, A., 1929. Untersuchungen über die Humusazidität einiger Süd-Estländischer Wälder. Tartu Ülikooli juures oleva Loodusuurijate Seltsi Aruanded. 1928, nr. XXXV (3—4). Tartu.
- Teräsvuori, A., 1930. Über die Bodenazidität mit besonderer Berücksichtigung des Elektrolytgehaltes der Bodenaufschlammungen. Valtion Maatalouskoetöiminnan julkaisuja Nr. 29. Helsinki.