

GEOBOTANISCHE UNTERSUCHUNGEN UND DIE KARSTAUFFORSTUNG IN NORDUNGARN

Von
P. JAKUCS

Botanische Abteilung des Naturwissenschaftlichen Museums, Budapest

(Eingegangen am 20. V. 1955)

I. Allgemeines

Ungarn ist reich an Gebieten, deren Grundgestein aus Kalkstein besteht, in fast jeder Gebirgsgruppe des Ungarischen Mittelgebirges (das sich von der Gegend des Plattensees [Balaton] über das mittlere Transdanubien, dann zwischen der Grossen Ungarischen Tiefebene und den Vorgebirgen der Karpaten in südwestlich-nordöstlicher Richtung hinzieht) trifft man auf Gebiete, deren Grundgestein in kleinerem oder grösserem Ausmass Kalkstein oder Dolomit ist. Während aber ein bedeutender Teil des im Süden Transdanubiens gelegenen Mecsekgebirges und die meisten Glieder des transdanubischen Teiles des Ungarischen Mittelgebirges aus Kalk- und Dolomitgesteinen aufgebaut sind (Bakony-, Vértes-, Gerecse- und Pilisgebirge), herrschen in der nordöstlichen Hälfte des Ungarischen Mittelgebirges (im sog. Nordungarischen Mittelgebirge) die aus Eruptivgesteinen bestehenden Gebirge vor (Cserhát-, Börzsöny-, Mátra-, Sátorgebirge und die niedrigeren Teile des Bükkgebirges). Indessen finden sich auch hier zwei grosse Kalksteingebiete, nämlich der mittlere Teil des Bükkgebirges (das Zentrale Hochplateau) und die Gegend des Tornaer Karstes (Aggteleker Karst, Slowakischer Karst). In der vorliegenden Abhandlung sollen Ausschnitte aus den pflanzengeographischen und Baumwuchsuntersuchungen — insbesondere der sich auf die öden Karstgebiete bezüglichen — gegeben werden, die in den letzteren zwei Kalksteingebieten durchgeführt wurden.

In den Kalkgebieten Ungarns finden sich häufig baumlose, öde Karstgebiete.¹ Die Wiederaufforstung dieser Kalksteinkarste und ihre Einschaltung in den Produktionsprozess bildet seit alters her ein schwieriges, ungelöstes Problem der praktischen Forstwirtschaft. Besonders ausgedehnt sind diese

¹ Die Dolomit- und Kalksteinkarste können gut voneinander unterschieden werden (vgl. ZÓLYOMI, 1942). Das baumlose Ödland mit Kalk als Grundstein soll im nachstehenden ödes Karstgebiet genannt werden, wobei unter «öde» der Umstand verstanden wird, dass die betreffende Fläche weder primär noch sekundär mit Wald bestanden war. ZÓLYOMI bezeichnet die Verkarstung des Kalksteins und Dolomits (Entwaldung) als biologische Verkarstung, im Gegensatz zu der einen ganz anderen Begriff umfassenden physikalisch-geographischen Verkarstung (1942). Diese wird hier zur Unterscheidung stets mit dem Ausdruck «geomorphologischer Karst» (bzw. «Verkarstung») bezeichnet.

1780



1853



1943



Abb. 1. Die Veränderung der Bewaldung des südöstlichen Randes des Tornaer Karstes, des sog. Cserehát-Gebietes, seit 1780 (auf Grund zeitgenössischer Karten)

Ödflächen im Tornaer Karst genannten Teil des Nordungarischen Mittelgebirges. Hier ist im Durchschnitt 15–16% des Kalksteingebietes verkarstet. Diese grosse Fläche ist aber auch heute noch in Zunahme begriffen, was durch zahlreiche Tatsachen bestätigt wird. So lässt sich z. B. auf Grund der in den 1780er Jahren aufgenommenen Kartenblätter («Josephinische Aufnahme») berechnen, dass die südlichen Ausläufer des Tornaer Karstes, das hügelige Cserehát-Gebiet, zu diesem Zeitpunkt zu etwa 43,6% bewaldet war. Laut Zeugnis der 90 Jahre später aufgenommenen Karten war nur noch 36,3% desselben Gebietes mit Wald bestanden, und heute ist dieser Wert weiter bis 22,5% gesunken (Abb. 1). An der Stelle der Wälder befinden sich heute zum grössten Teil landwirtschaftliche Kulturgebiete, doch waren laut Abb. 1 im Jahre 1780 auch die heute land- und forstwirtschaftlich völlig unbrauchbaren, öden Karstgebiete längs des Rakacza-Baches noch bewaldet.

Die Entwaldung wird u. a. auch durch den 16. § des Grundbuches der Ortschaft Aggtelek bezeugt (RAISZ, 1795): «Jene Orte des Dorfes Aggtelek, die weder für Äcker noch Wälder geeignet sind, sollen als gewöhnliche Weide benutzt werden. Die an unfruchtbaren Stellen, zwischen Felsen stehenden Bäume und Waldteilchen mögen zum Kalkbrennen oder für andere Zwecke Verwendung finden». Man kann sich leicht vorstellen, wie sehr eine solche Verordnung die Anlass zum Ausschlagen der restlichen Bäume und Waldteile der vielleicht noch wenig, aber bereits dennoch zu verkahlen beginnenden Stellen gab, zur weiteren Zunahme der Verkarstung beigetragen hat.

FÉNYES (1847, 1851) erwähnt bei der Beschreibung des (ehemaligen) Komitates Torna und bei der Schilderung der Dörfer dieses Komitates nirgends diese völlig unbrauchbaren, heute ausgedehnten öden Karstgebiete, während er jedoch von der grossen Schafzucht in Verbindung mit mehreren Dörfern spricht.

In der Doline des im Jahre 1890 erbauten «Verestó-Eingangs» zur Aggteleker Tropfsteinhöhle stand zur Zeit der Eröffnung des Einganges noch ein Wald aus schönen alten Bäumen. Heute fehlt nicht nur jede Spur dieses Waldes, sondern der Eingang und seine Umgebung sind zu einer waldlosen, kahlen Doline geworden. Ähnlich ist es auch um die benachbarte, «Verestó» genannte, grössere, heute vollständig kahle Doline bestellt, wo aber infolge der seither dort erfolgten grösseren Bodenabtragungen vielerorts auch heute die im Boden verbliebenen Wurzelreste des noch vor kurzem bestandenen Waldes an die Oberfläche kommen.

Deutlicher jedoch als alle Reden spricht die hier gezeigte Photographie (Abb. 2). Die Aufnahme stellt die das Dorf Jósvaló umgebenden Berge dar (links das Höhlenhotel). Aus dem Bild geht gut hervor, dass am zweiten Bergrücken (aber auch anderwärts) an jenen warmen Südhängen, wo die Bäume bei der Waldrodung ausgeschlagen wurden, heute nur noch ein mit Büschen bestandenes ödes Karstgebiet ist (*Festucetum sulcatae*), während sich unmittelbar neben diesen öden Karstgebieten in ähnlicher Exposition und auf gleichem Grundgestein der noch nicht abgeschlagene alte Wald scharf von der Umgebung abhebt (*Querceto Lithospermetum*).

Auf diese Weise dehnen sich auf den einstmals mit Wald bestandenen Kalksteinbergen die unfruchtbaren, öden Karstflecken immer mehr aus. Diese Ausdehnung des Karstes ist jedenfalls auf den Menschen und auf Faktoren, die mit dem Menschen zusammenhängen, zurückzuführen. (Allerdings soll bereits hier betont werden, dass wir nicht jeden öden Karstfleck als durch menschliche Degradation entstanden ansehen. Die ursprünglichen Karstgebiete lassen sich nämlich auf Grund ihrer charakteristischen Pflanzengesellschaften und Standorte gut von den sekundär entstandenen Karstgebieten unterscheiden.)

KLIKA hebt auf Grund seiner Untersuchungen im Tornaer Karst (1945) die Waldrodung, den Weidegang und die Waldbrände als Ursachen der Ver-

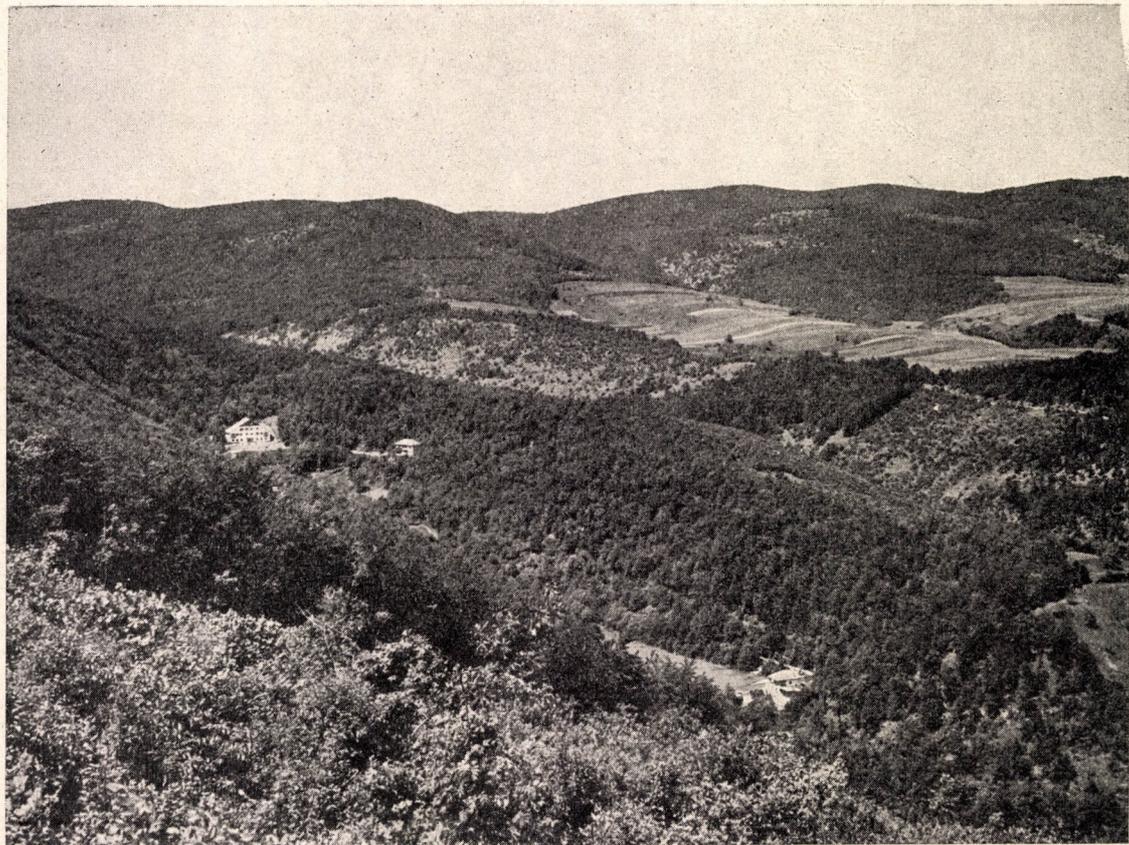


Abb. 2. Ansicht der Umgebung von Jósvalfő. Die durch die unrichtige Waldpflege entstandenen sekundären öden Karstflächen sind gut zu sehen. (Magyar Foto, HOLLENZER)

karstung hervor. DUGELAY bezeichnet als Ursachen für die Entstehung der Karstgebiete in Jugoslawien folgende (1952): 1. die allgemeine Beweidung, 2. das Weiden der Herden im Frühjahr im Walde, 3. die unbeschränkte Ästung der jungen Bäume und 4. der vorzeitige Abtrieb der Niederwälder. ELLENBERG schreibt (1951), dass man auf den steinigsten Kalkböden des Kreises Leonberg, wenn man seine Bewaldung erreichen will, vor allem die Schafe fernhalten muss, «die bei einem einzigen Weidegang den Holzjungwuchs mehrerer Jahre vernichten können». HORVATIĆ (1928) hält in seiner Arbeit über den heute zum grössten Teil waldlosen, kahlen Karst Jugoslawiens die heutige Vegetation des Karstes für überwiegend sekundär. «Si la végétation de notre Karst — so schreibt er — était tout à fait en dehors de l'influence défavorable de l'homme (la coupe, l'incendie etc.), elle se composerait de forêts de types différents. Seuls, les flancs d'une grande déclivité et les régions en dehors de la limite supérieure des forêts seraient restées sans arbres.»

Ähnliches lässt sich auch in Ungarn feststellen, wo an einzelnen Orten der Kalksteingebiete, vorwiegend an solchen mit südlicher Exposition, der Kahlschlag in jedem Falle und oft auch der unrichtige Waldbau, die Verkarstung auslösten, die dann je nach den Gegebenheiten durch viele andere Faktoren gesteigert werden kann, in erster Linie durch den Weidegang (durch den Verbiss und durch die durch den Tritt der Tiere hervorgerufene Bodendegradation). Die Wiederaufforstung dieser zu trockenen, warmen Karsten degradierten Gebiete stellt eines der grössten Probleme dar. Im Interesse des Erfolges ist es unbedingt notwendig, über die allgemeine Eigenschaften hinausgehend die standortskundlichen, phytozoologischen und forstkundlichen Gegebenheiten der einzelnen Gebiete festzustellen. Als beste und schnellste Methode hierzu erscheint die Auswahl eines solchen Teilstückes des fraglichen Gebietes (Probefläche), wo die das ganze Gebiet charakterisierenden Phytozönosen und Standorte vertreten sind, sodann die Durchführung sämtlicher Untersuchungen auf dieser Probefläche in womöglich komplexen Arbeitsgruppen (bestehend aus Phytozoologen, Geologen, Pedologen, Mikroklimatologen, Forstingenieuren und Zoozoologen) und schliesslich die Verallgemeinerung der aus den erhaltenen Ergebnissen gezogenen Folgerungen und Möglichkeiten auf das ganze Gebiet. Ein hervorragendes Beispiel hierfür ist die derzeit im Bükkgebirge im Gange befindliche pflanzengeographische Kartierung (s. ZÓLYOMI—JAKUCS—BARÁTH—HORÁNSZKY, 1954). Auch EHWALD (1953) unterstreicht die Richtigkeit des Grundsatzes der Probefläche, indem er schreibt: «In einer Landschaft von bestimmtem geologischem Bau, somit bestimmten Geländeformen sowie einheitlichem Grossklima, müssen deshalb dieselben Kombinationen von Umweltfaktoren immer wieder vorkommen; in einer solchen Landschaft muss sich eine beschränkte Anzahl von Standortstypen in mehr oder weniger gesetzmässiger Weise, sozusagen in einem bestimmten Muster oder Mosaik immer wiederholen».

Zur Erforschung der Karstgebiete des Nordungarischen Mittelgebirges wurde als solche Probefläche der Berg Nagyoldal gewählt, der auf dem ungarischen Teil des Tornaer Karstes in der Nähe der Ortschaft Jósvalfó gelegen ist. Der Nagyoldal kann als einer der südlichen Ausläufer des Szilice-Plateaus angesehen werden, er steht mit diesem in enger Verbindung. Wie eine Bastion erhebt er sich von Süden und von Osten aus dem trockenen Tale von Jósvalfó—Szelcepuszta, von Westen aus dem Lófejtal. Gegen Norden geht er über die Verötető genannte, mit Dolinen durchsetzte Mulde in den tschechoslowakischen Teil des Szilice-Plateaus über. Der Gipfel und die Nordhänge des in die Eichen-Hainbuchenzone gehörigen Berges sind bewaldet, während seine Süd- und Südosthänge grösstenteils verkarstet sind. (Das obere Drittel dieser Hänge ist ursprünglicher, weiter unten infolge der Degradation entstandener Karst.) Der Nagyoldal ist also den übrigen grossen Kalksteinbergen des Tornaer Karstes (Alsóhegy, Felsőhegy, Pelsőci-Plateau usw.) durchaus ähnlich. Wegen dieser Ähnlichkeit und weil die verschiedenen zu untersuchenden Typen hier verhältnismässig nahe zueinander, in typischer Ausbildung anzutreffen sind, wurde der Nagyoldal als Probefläche gewählt.

Bevor aber auf die Erörterung der Phytozönosen und Standortfaktoren der ausgewählten Probefläche und der aus ihnen ziehbaren Folgerungen eingegangen wird, sei es gestattet, die grundlegenden Unterschiede zwischen den zwei grossen Kalkgebieten des Nordungarischen Mittelgebirges, zwischen dem Tornaer Karst und dem Bükkgebirge, in einigen Worten zu umreissen. Dies ist vor allem deshalb wichtig, weil die Typen der nachstehend beschriebenen Probefläche mit kleinen Veränderungen auch auf die übrigen ähnlichen Orte des Tornaer Karstes bezogen werden können, während eine Übertragung der hier gezogenen Folgerungen auf das Bükkgebirge nur bei starker Berücksichtigung der dortigen speziellen Verhältnisse möglich ist.

Die hauptsächlichliche Ursache für den Unterschied in der Vegetation und den Standorten dieser zwei im Wesen zur gleichen Zeit entstandenen (Trias) Kalksteingebiete ist der Höhenunterschied. Während der verhältnismässig südlicher (in einer Entfernung von rund 40 km Luftlinie) gelegene, aus Kalkstein bestehende Teil des Bükkgebirges, in erster Linie das herausragende Kalkplateau (das sog. Zentrale Hochplateau), ein zwischen 600 und 950 m Höhe wechselndes, 15 km langes und 3 bis 5 km breites Karstplateau ist, an das sich ein aus niedrigeren Bergen (300 bis 600 m) bestehender Gürtel eng anschliesst, besteht das Gebiet des Tornaer Karstes im engeren Sinne, also in erster Linie das durch die Linie Aggtelek—Pelsőc—Csetnek—Berzété—Dernő—Ajfaluska (Szarvashegy)—Somodi—Bódvaszilás eingeschlossene Gebiet, aus weit niedrigeren, 300 bis 600 m (manchenorts 600 bis 800 m) hohen, flacheren Karstplateaus. Die Plateauränder brechen hier steil ab, und die im Bükkgebirge vorhandenen Randberge sind hier nur an wenigen Stellen anzutreffen (wobei ihre Höhe maximal 200 bis 300 m beträgt). Während ausserdem im Bükkgebirge die Kalksteinschichten an der Südseite des Plateaus (Peskő, Tarkő, Háromkő usw.) gegliederte, häufig steile Felswände (oft 80 bis 90°) bilden, bestehen die Südhänge der verschiedenen Plateaus des Tornaer Karstes (z. B. Pelsőci-Plateau, Alsóhegy, Felsőhegy usw.) aus im Vergleich dazu sanfteren, einen Neigungswinkel von 40 bis 45° aufweisenden, zusammenhängenden Hängen (LÁNG, 1953).

Diese grundlegenden geomorphologischen Unterschiede ziehen naturgemäss auch klimatische Unterschiede nach sich. So beträgt nämlich die mittlere Jahrestemperatur auf dem Bükkplateau 6° C, während sie im Tornaer Karst 8—9° C ist. Die jährliche Niederschlagsmenge beläuft sich im Bükkgebirge auf etwa 900 mm, im Tornaer Karst hingegen auf 600 bis 700 mm (BACSÓ, 1952, HAJÓSY, 1952).

Infolge der Unterschiede in der Höhe, in den Neigungsverhältnissen und in den klimatischen Bedingungen hat sich auf dem kühleren, ein gleichmässigeres Klima aufweisenden, höheren Zentralen Hochplateau des Bükkgebirges eine Buchenzone ausgebildet (ausführlicher über diese Frage s. ZÓLYOMI—JAKUCS—BARÁTH—HORÁNSZKY, 1954), und auf den Hochplateaus des niedrigeren, wärmeren, extremeren Tornaer Karstes eine Eichen-Hainbuchenzone.

Diese Faktoren spielen auch bei der Entstehung der Karste der beiden Gebiete eine ausserordentlich grosse Rolle. Es ist nämlich eine im allgemeinen akzeptierbare Tatsache, dass sich an den wärmeren Südhängen in der Regel unter allen Umständen extrazonal ausgebildete Phytozönosen finden, die ein verhältnismässig trockeneres und wärmeres Mikroklima erfordern und die in der Sukzession des betreffenden Gebietes einen früheren, weniger entwickelten Zustand vertreten. Der Südhang des Bükkplateaus lässt sich als eine extra-



Abb. 3. Wegen Weidegang verkarstetes Kalksteingebiet bei Aggtelek. An manchen Stellen stehen noch die Zeugen des ehemals ausgedehnteren Niederwaldbetriebs. (Magyar Foto, HOLLENZER)

zonale Eichenzone und Eichen-Hainbuchenzone und die Südhänge des Tornaer Karstes als Steppenwiese und Eichen- (Waldsteppen-) Extrazone auffassen (Abb. 3). Hieraus folgt — natürlich unter Berücksichtigung auch aller anderen Faktoren —, dass sich sämtliche Südhänge des Tornaer Karstes leichter entwalden und nach Einsetzen der Degradation den Zustand der völligen Verkarstung erreichen als die des Bükkgebirges. Dies wird auch durch die Erfahrung bestätigt: die auf den Südhängen des Tornaer Karstes unrichtig ausgeführten Waldschläge rufen fast sofort einen waldlosen, öden Karstzustand (*Festucetum sulcatae*) hervor, z. B. Kecsó-Bergkamm (Abb. 2), während Waldschläge von einem

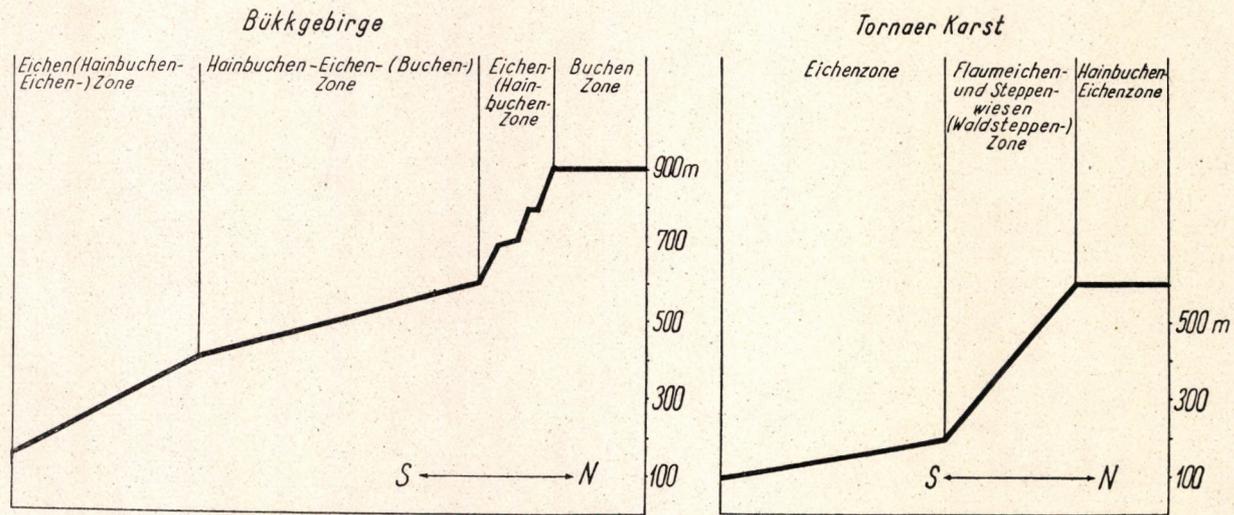


Abb. 4. Vergleich der idealen Profile der Waldzonen an den Südhängen des Bükkgebirges und des Tornaer Karstes

ähnlichen Umfang im Bükkgebirge zuerst nur eine starke Vergrasung und Verbuschung bzw. eine Verschlechterung des Baumwuchses zur Folge haben (Berg Zsérci Nagydél, s. ZÓLYOMI—JAKUCS—BARÁTH—HORÁNSZKY, 1954). Hierzu kommt noch, dass im Tornaer Karst unter den hauptsächlichen Ursachen für die Verkarstung noch der Weidegang (Schafe, Ziegen, Rinder) gezählt werden muss, während dieser Faktor im Bükkgebirge meistens fehlt.

Die Phytozönosen der Probefläche²

An der Südseite und auf dem Hochplateau des neben der Ortschaft Jósvalfó gelegenen Berges Nagyoldal finden sich 8 verschiedene, mehr oder minder typisch ausgebildete Phytozönosen oder Zönosentypen. Diese sind die folgenden (in der Reihenfolge vom Fuss des Hanges nach oben zu) :

1. *Querceto-Lithospermetum—subnudum*-Typ,
2. *Querceto-Cotinetum — Brachypodium pinnatum-Festuca sulcata*-Typ,
3. *Caricetum humilis — stipetosum pulcherrimae*,
4. *Caricetum humilis*,
5. *Seslerietum heuflerianae*,
6. *Querceto-Lithospermetum — Brachypodium pinnatum-Waldsteinia*-Typ,
7. *Querceto-Carpinetum*,
8. *Tilio-Fraxinetum*.

Alle acht Phytozönosen sind auf dem ganzen Gebiet des Tornaer Karstes charakteristisch und stark verbreitet. Die Probefläche weist eine Exposition S-SSE auf, ihr Neigungswinkel beträgt 15—20—25°, sie ist in ihrem unteren Drittel eher konkav, in ihrem oberen Drittel am steilsten, wobei sie in einer konvexen Krümmung in das mit Dolinen durchsetzte Hochplateau übergeht. Obwohl die Standortsfaktoren wegen ihrer grossen Bedeutung in einem gesonderten Abschnitt behandelt werden sollen, sei auf die wichtigsten unter ihnen, die die Gegenwart der einzelnen Phytozönosen massgeblich beeinflussen, schon jetzt hingewiesen.

Von einer genauen zönologischen Beschreibung der einzelnen Phytozönosen sowie von der Veröffentlichung von Assoziationstabellen wird an dieser Stelle abgesehen, da dies die Aufgabe einer gesonderten Arbeit bildet. Bis dahin werden auch die hier vorkommenden eventuell neuen Namenkombinationen bloss als *nomen nudum* betrachtet.

² An dieser Stelle sei meinem Kollegen G. FEKETE, der mir sowohl bei den Freilandaufnahmen als auch bei der Aufarbeitung des Materials stets hilfreich zur Seite stand, der beste Dank ausgesprochen.

1. *Querceto-Lithospermetum* — *subnudum*-Typ

Auf dem im untersten Teil des Karsthanges angehäuften Geröll und der auf diesen abgetragenen und dort angehäuften tiefen Roterde hat sich entsprechend der ausgleichenden Wirkung des in der Nähe der Talsohle verhältnismässig kühleren, feuchteren Mikroklimas ein typisches *Querceto-Lithospermetum* ausgebildet. Der Hölzer mit einem Durchmesser von 20–25 cm umfassende, 12–13 m hohe, 40–50 Jahre alte, gutschliessende, gesund gewachsene Wald besteht hauptsächlich aus Traubeneichen (*Quercus petraea*). Daneben finden sich als Mischholzarten der Baumschicht häufig auch die gemeine Esche (*Fraxinus excelsior*), Elsbeere (*Sorbus torminalis*) und der Feldahorn (*Acer campestre*), während in der zweiten Baumschicht hie und da auch die Hainbuche (*Carpinus betulus*) auftritt. Beim Hinaufschreiten des Hanges trifft man immer häufiger die im geschlossenen Wald noch gutwüchsige Flaumeiche (*Quercus pubescens*). Die Stämme sind im allgemeinen mit Flechten bewachsen und bis zu einer Höhe von 7 bis 8 m astfrei. Dieser Wald vermag im Alter von 50 Jahren mit seinen oberirdischen Teilen der Wirtschaft etwa 250 m³ Holzmaterial je ha zur Verfügung zu stellen, was bei Berücksichtigung der Qualität des Standortes den optimalen Anforderungen fast völlig entspricht. Die Strauchschicht des *Querceto-Lithospermetum* ist äusserst reich. Die häufigsten Elemente der manchenorts undurchquerbaren, eine Höhe von 3 bis 3,5 m erreichenden Strauchschicht sind *Acer campestre*, *Cornus mas*, *Crataegus oxyacantha*, *Fraxinus excelsior*, *Ligustrum vulgare*, *Malus pumila*, *Viburnum lantana* usw. Im Unterwuchs (in der Krautschicht) sind ausser dem den Namen gebenden purpurroten Steinsamen (*Lithospermum purpureo-coeruleum*) noch *Astragalus glycyphylus*, *Galium schultesii*, *Lathyrus niger*, *Symphytum tuberosum* ssp. *nodosum* usw. charakteristisch. Wegen der starken Geschlossenheit der Baum- und Strauchschicht ist der Deckungswert der Krautschicht gering (bis zu 35%). Auf dem frei bleibenden Boden trifft man eine dicke Decke aus dürrem Laub, die nur in den Monaten des Spätsommers aufzureissen beginnt. Wegen des dürrtigen Unterwuchses kann dieser Bestand zur Unterscheidung von den übrigen *Querceto-Lithospermeta* als *Querceto-Lithospermetum-subnudum*-Typ bezeichnet werden.

2. *Querceto-Cotinetum* — *Brachypodium pinnatum* — *Festuca sulcata*-Typ

Geht man den Hang aufwärts, so wird der Eichenhochwald das *Querceto-Lithospermetum* auf skelettreichem, flachgründigerem Tonboden von einer *Querceto-Cotinetum*-Mosaikassoziation (Buschwaldteil + Steppenwiesenteil) umgeben. Diese Phytozönose ist auf den Südhängen des Tornaer Karstes eine der am meisten vorkommenden — zum Teil auch wegen der Degradation verbreiteten — Pflanzengesellschaften. Der Charakter und die Merkmale dieser

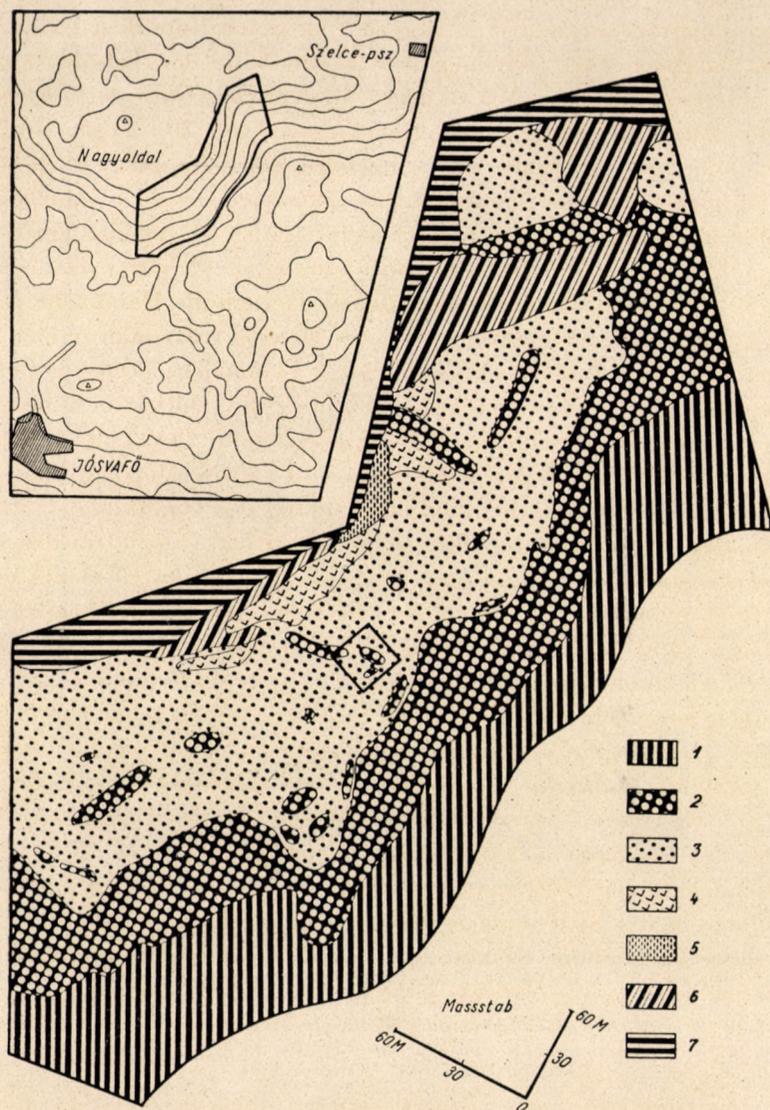


Abb. 5. Vegetationskarte der Probestfläche (verzerrte Vergrößerung im Massstab 3 : 2). 1. *Querceto-Lithospermetum subnudum*-Typ, 2. *Querceto-Cotinetum* — *Brachypodium pinnatum* — *Festuca sulcata*-Typ, 3. *Caricetum humilis* — *stipetosum*, 4. *Seslerietum heuflerianae*, 5. *Caricetum humilis*, 6. *Querceto-Lithospermetum* — *Brachypodium pinnatum* — *Waldsteinia*-Typ, 7. *Querceto-Carpinetum* (mit *Tilio-Fraxinetum*-Fragmenten)

Phytozönose können nur so bestimmt werden, dass jeder Faktor parallel in beiden Teilen des Mosaiks untersucht wird, wobei dann erst das summierte Ergebnis die ganze Phytozönose kennzeichnet.

Die Bestockung des Buschwaldteiles des *Querceto-Cotinetum* der Probe-
fläche wird fast ausschliesslich durch die Flaumeiche gebildet. Daneben findet

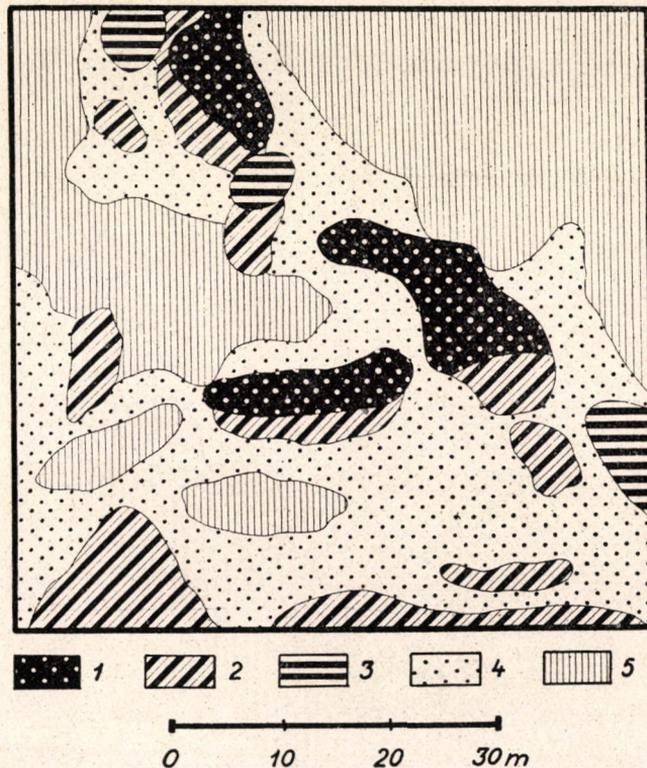


Abb. 6. Teilstück aus der Mitte des Nagyoldal (das auf der Karte in Abb. 5 mit einem Quadrat bezeichnete Gebiet). 1. Degradierter Zustand des *Querceto-Lithospermetum* — *Brachypodium pinnatum* — *Waldsteinia*-Typs. Kronenhöhe 8–10 m. 2. Buschwaldteil des *Querceto-Cotinetum*. Kronenhöhe 5–8 m. 3. Degradierter Zustand des Buschwaldteiles des *Querceto-Cotinetum*. Kronenhöhe 3–5 m. 4. Steppenwiesenteil des *Querceto-Cotinetum*. *Festucetum sulcatae*. 5. *Caricetum humilis* — *stipetosum*

sich noch die gemeine Esche (*Fraxinus excelsior*), die im Tornaer Karst sehr häufig die Rolle der südlicheren Manna-Esche (*Fraxinus ornus*) übernimmt. Die Flaumeiche und im allgemeinen sämtliche Baumarten zeigen in dieser Phytozönose einen sehr schlechten Wuchs. Die in Gruppen vom Ausschlag entstandenen Bäume mit ihren knotigen, mit Flechten bewachsenen Stämmen, aus denen sich die Äste in geringer Höhe (im Durchschnitt 2 m) zu verzweigen beginnen, wobei sie eine Höhe von 7 bis 8 m erreichen und manchmal schon

früh (im Alter von 20—30 Jahren) in den Wipfeln austrocknen, weisen auf den für den Wald bereits ungünstigeren Standort hin, d. h. auf die Übergangszone des Waldes gegen die Steppenwiesen zu. In extremen Fällen trifft man häufig ganz niedrige, nur 1 bis 2 m hohe, zwergwüchsige Bäume an, manchmal aber auch sehr gutwüchsige, 10 bis 12 m Höhe erreichende Baumgruppen. Diese extremen Wuchsunterschiede innerhalb ein und derselben Phytozönose sind zum Teil auf die Struktur des Grundgesteins zurückzuführen, d. h. auf den Umstand, ob die Wurzel auf ihrer Suche nach Feuchtigkeit durch die Gesteinsspalten tiefer in den Boden hinabzureichen vermag, und zum Teil auf das Ausmass der Abtragung der Bodendecke, da eine mächtige Bodendecke die Wurzel auch zur Zeit der Sommerhitze vor der Austrocknung schützt. Die im Buschwaldteil des *Querceto-Cotinetum* durchgeführten Wurzeluntersuchungen zeigten, dass das oberhalb der Felsen und unterhalb der Bodendecke verlaufende, sehr stark verdickte (eine grosse Wurzelmasse gebende) Wurzelsystem den Boden in sehr grosser Entfernung durchzieht. Man darf also ganz allgemein aussagen, dass das Wurzelsystem auf steinigem Karstgebieten stets besonders stark entwickelt ist. Hier befindet sich ein verhältnismässig grösserer Teil des Baumes unter dem Boden als in den nicht verkarsteten Gebieten, die Holzmasse des Wurzelsystems ist also verhältnismässig grösser. Die Gewinnung dieser Holzmasse ist naturgemäss immer gefährlich, da dies zu einer vollständigen Degradation des Standortes führen würde. Der Buschwaldteil des *Querceto-Cotinetum* des Nagyoldal macht bei den heutigen Wuchsverhältnissen eine Holzmasse von etwa 150 m³ je ha aus (bei Annahme eines Alters von 50 Jahren und eines 60 %igen Schlusses des Buschwaldteils für das ganze Gebiet eines Hektars).

Wie bei jedem *Querceto-Cotinetum* im allgemeinen, so spielt auch hier die Strauchschicht eine grosse Rolle, da sie bei Erreichung einer Höhe von 2,5 bis 3 m oft mit dem unteren Laub verschmilzt und so der Phytozönose den charakteristischen Habitus des Buschwaldes verleiht (s. ZÓLYOMI, 1950). Der Artenreichtum der Strauchschicht: *Acer campestre*, *Carpinus betulus* (!), *Cornus mas*, *Crataegus monogyna*, *Euonymus verrucosa*, *Fraxinus excelsior*, *Ligustrum vulgare*, *Prunus mahaleb*, *Rosa sp.*, *Viburnum lantana* usw. verleitet leicht zum Schlusse, dass die Ursache für die Verschlechterung des Waldes nicht nur in den qualitativen Verhältnissen des Standorts, sondern auch in quantitativen Faktoren zu suchen ist, d. h. mit anderen Worten, dass die Verdickung der Bodendecke unbedingt auch zu einer Verbesserung des Wuchses und der Qualität der Bestockung führt (s. später).

Der Buschwaldteil des *Querceto-Cotinetum* weicht ausser in den Wuchsunterschieden der Bestockung auch in der Mannigfaltigkeit und dem Reichtum des Unterwuchses vom *Querceto-Lithospermetum* des Hangfusses ab. Zahlreiche Waldsteppen- und Steppenwiesenpflanzen ziehen sich unter das Laub hinein. Charakteristisch sind: *Brachypodium pinnatum*, *Carex humilis*, *Festuca sulcata*, *Melica uniflora*, ferner *Alliaria officinalis*, *Asperula glauca*, *Aster lino-*

syris, *Campanula cervicaria*, *Coronilla varia*, *Cynanchum vincetoxicum*, *Inula ensifolia*, *Lithospermum purpureo-coeruleum*, *Polygonatum odoratum*, *Trifolium alpestre* usw.

Der Steppenwiesenteil des *Querceto-Cotinetum*-Mosaiks mit seinem flachgründigen, steinigen, skelettreichen Boden kann auch als selbständige *Festucetum sulcatae*-Assoziation aufgefasst werden. Ständige Mitglieder sind *Anthemis tinctoria*, *Carduus collinus*, *Caucalis lappula*, *Crupina vulgaris*, *Diplachne serotina*, *Eryngium campestre*, *Erysimum pannonicum*, *Euphorbia cyparissias*, *Geranium sanguinem*, *Lactuca perennis*, *Potentilla arenaria*, *Teucrium chamaedris* und *montanum*, *Valerianella rimosa* usw. Auf Verunkrautung weist die grosse Konstanz von *Lappula echinata* hin (im Gegensatz zu *Lappula heteracantha*, die eher eine Charakterart der ursprünglichen, natürlichen Ödflächen ist [BOROS, 1949]). *Vinca herbacea* zeigt dagegen weniger degradierte Standorte an.

Da das *Querceto-Cotinetum* eine aus einem offenen Steppenteil und einem bestockten Buschwaldteil mosaikartig zusammengesetzte, komplexe Phytozönose ist, muss auch der Name des unter die Assoziation gezogenen Typ meistens ein Doppelname sein. Der erste Name bezieht sich auf den Buschwaldteil des Mosaiks, während der zweite den Steppenwiesenteil zum Ausdruck bringt. Im Falle des Nagyoldal ist also die mit der *Querceto-Cotinetum* Assoziation verknüpfte Typusbezeichnung *Brachypodium pinnatum-Festuca sulcata* so zu verstehen, dass das Ganze einen mosaikartigen Komplex eines aus Flaumeichen bestehenden Buschwaldteils vom *Brachypodium pinnatum*-Typ und eines Steppenwiesenteils vom *Festucetum sulcatae*-Typ bildet. Es kann auch ein gemeinsamer Typ dieser Mosaikteile vorkommen, z. B. der *Carex humilis*-Typ des *Querceto-Cotinetum* im Budaer Gebirge.

*

Da die *Querceto-Cotinetum* ass. bei der Aufforstung der Karstgebiete die wichtigste Ausgangsphytozönose darstellt, soll hier auf ihre Lage und Deutung in Ungarn und Mitteleuropa etwas näher eingegangen werden.

Der Name *Querceto-Cotinetum* (*Quercus lanuginosa-Cotinus coggygria* ass.-Komplex) wurde zuerst von SOÓ in seiner ersten Beschreibung des Hügellandes des Plattensees gebraucht (1931), u. zw. als Randstreifen des Traubeneichenwaldes gegen die *Festuca sulcata-Carex humilis-Stipa joannis* Steppenwiesen zu. (Diese Phytozönose steht der von ISSLER im Jahre 1908 zuerst so benannten *Quercetum pubescentis*-Assoziation nahe, ist aber mit ihr nicht identisch, da diese eher mit unserem *Querceto-Lithospermetum* verglichen werden kann.) ZÓLYOMI unterstreicht bei Beibehaltung des obigen Namens (1951) die Feststellungen von SOÓ: «Der Flaumeichen-Karstbuschwald (*Querceto-Cotinetum*) ist im Laufe der natürlichen Bewaldung des Ödlandes die erste 'Wald'-Phytozönose. Auf Grund seiner Lage ist er kein Gebüsch mehr, aber noch kein Wald.»



Abb. 7. Querceto-Cotinetum-Mosaikassoziation am Nagyoldal. (Photo E. VAJDA)

Zahlreiche Forscher haben seitdem den Karstbuschwald beschrieben, so z. B. wird er neuestens von WENDELBERGER (1954) vom physiognomischen, ökologischen, dynamischen und soziologischen Gesichtspunkt definiert.

Letztlich wird also heute in Ungarn unter der Bezeichnung *Querceto-Cotinetum* jene an einem Übergangsort ausgebildete Phytozönose verstanden, die zwischen zwei Formationstypen, nämlich zwischen den immergrünen Laubwäldern und den Steppenwiesen steht. Dies ist entweder ein Übergang eines xerothermen Hochwaldes (am ehesten von *Querceto-Lithospermetum*) gegen die Steppenwiesen und Felsrasen zu, also der sog. Saumkarstbuschwald (mit kontinentalem Charakter, hauptsächlich im Nordungarischen Mittelgebirge und östlich oder nördlich davon) oder eine von den submediterranen Gebieten (Balkan) her heraufziehende Karstbuschwald-Assoziation (mit Schibljak-Charakter, in Ungarn hauptsächlich in Transdanubien auf Dolomit). Diese zwei Typen vermischen sich häufig und können voneinander nur mit einer gewissen Übung unterschieden werden, insbesondere in den zentralen Teilen Ungarns, wo sie aufeinandertreffen.

Das *Querceto-Cotinetum* wird am besten einheitlich durch die Flaumeiche charakterisiert. Während aber im Mittelmeerraum nördlich von der *Macchie*-Zone die durch die Flaumeiche gekennzeichneten Phytozönosen Schlussphytozönosen (Klimax) sein können und grosse Gebiete umfassen (SCHMID, 1936), treten sie in Jugoslawien (HORVAT, 1942) und in Ungarn zwar in grosser Ausdehnung, aber in der Regel nur extrazonal, an warmen Südhängen oder auf sich stark erwärmenden, flachgründigen Plateaus auf, u. zw. gewöhnlich von einem anderen Eichenhochwald (z. B. *Querceto-Potentilletum albae*) umgeben. Schreitet man in Mitteleuropa weiter nach Norden fort, so grenzen die an östlichen und südlichen Elementen stark verarmenden Steppenwiesen und Felsrasen häufig nicht mehr an Eichenwälder, sondern an Wälder mit einem kühleren, feuchteren Charakter. Bei dem Zusammentreffen von Wald und Steppe (oder Felsrasen) bildet sich auch hier ein schmaler Übergangsstreifen aus, wobei in diesen Beständen manchmal sogar auch die Flaumeiche auftritt; diese Bestände sind aber höchstens verarmte geographische Varianten unserer Phytozönose.

Die dem von EGGLEER (1941, 1951) in der Umgebung von Graz beschriebenen Flaumeichenwald — den er für eine Reliktgesellschaft der aus der postglazialen Wärmezeit übriggebliebenen illyrischen Vegetation hält — benachbarte Phytozönose ist der Buchenwald. Dies geht aus der angegebenen Artenliste hervor, in der die Zahl der Arten des *Querceto-Carpinetum* und *Fagetum* verhältnismässig gross ist (rund 15%). Diese Arten spielen auch im Habitus der Phytozönose die massgebliche Rolle. Unter den xerothermen Arten fehlen dagegen diejenigen mit einem kontinentalen Charakter fast gänzlich. Diese Bestände stehen dem Charakter des in Transdanubien verbreiteten *Orno-Fageto-Caricetum albae*-Karstmischwalde (ZÓLYOMI 1950) nahe.

KLIKA (1933) nennt die im Jahre 1932 beschriebenen böhmischen Flaumeichenwälder *Quercus lanuginosa-Lathyrus versicolor* (*Quercetum lanuginosae bohemicum*) ass. Unter den von ihm veröffentlichten 10 Aufnahmen lassen sich aber höchstens die ersten vier mit den ungarischen Karstbuschwäldern vergleichen, unter den übrigen Aufnahmen finden sich vermischt das auf ausgelaugtem Boden vorkommende *Querceto-Luzuletum* (Nr. 8), *Querceto-Lithospermetum* (Nr. 10), dessen Übergang zum *Querceto-Carpinetum* (Nr. 9), *Querceto-Potentilletum albae* (Nr. 7) usw. Der einzige gemeinsame Zug dieser Wälder ist, dass die Flaumeiche in jedem von ihnen vorkommt. KLIKA publizierte auch (1937) aus den Bergen von Brezova Artenlisten unter dem Namen *Querceto pubescentis praecarpaticum*. Unter den 8 Aufnahmen zeigt jedoch bloss die erste eine Ähnlichkeit mit dem Charakter der ungarischen xerothermen Eichenwälder, die Aufnahmen Nr. 2—4 entsprechen dem *Querceto-Carpinetum* und Nr. 5—8 dem *Fagetum*, in denen nicht nur die Steppenwiesenarten fast vollständig fehlen, sondern in denen sogar *Quercus pubescens* nicht vorhanden ist.

JURKO (1951) bezeichnet bei der Vegetationsbeschreibung der Gegend des mittleren Hernád jene Bestände mit dem Namen *Querceto-Torminaletum orientale*, die er provisorisch unter die *Querceto pubescens-Lathyrus versicolor* ass. von KLIKA als deren verarmte Variante zieht (unserer Meinung nach eher umgekehrt), doch erwähnt er, dass die endgültige Auswertung der Flaumeichen-Karstbuschwälder des mittleren Hernád erst nach der eingehenden Aufarbeitung des Slowakischen Karstes — als des Entwicklungszentrums der Vegetation der Hernádgegend — möglich sein wird.

DOSTÁL (1933) versucht in seiner Arbeit über den Slowakischen Karst unter dem Namen *Quercetum pubescentis pannonicum* auf Grund von vier Aufnahmen eine Übersicht zu geben, was aber für einen Vergleich zu wenig ist, trotzdem seine Aufnahmen ein richtiges Bild vermitteln.

Auch in den *Quercetum pubescentis praecarpaticum*-Aufnahmen von FUTÁK in der westlichen Slowakei finden sich reichlich *Fagion*-Elemente, obwohl es keinem Zweifel unterliegt, dass die *Cotinus coggygria*-Subassoziation dieser Phytozönose die direkte Fortsetzung der ähnlichen südlicheren Assoziationen darstellt.

Die Aufzählung dieser herausgegriffenen Beispiele wollte nur die Tatsache beleuchten, dass die einzelnen Forscher unter dem Namen Flaumeichen-Karstbuschwald — wobei die Assoziation oft mit der Art verwechselt wird — eine jeweils andere Phytozönose verstehen, was sich früher oder später störend auswirkt. Diesen Wirrwarr versuchte KNAPP (1942) so zu ordnen, dass er in einem neuartigen Klassifikationsschema geographische Assoziationen unter den Begriff der *Dictamno-Sorbetum*-Hauptassoziation zog. Der schwache Punkt seiner ausserordentlich interessanten und übersichtlichen Einteilung besteht aber darin, dass er bei seiner Klassifizierung nur die Differential- und Charakterarten in Betracht zieht und seine Einteilung auf Grund dieser vornimmt. Die

Nichtberücksichtigung des Charakters des Standortes der Phytozönose hatte dann zur Folge, dass neuestens WENDELBERGER (1954) in seiner wertvollen Arbeit unter *Dictamno-Sorbetum* die ganz verschiedenen und für die Praxis einen grossen Unterschied bedeutenden Phytozönosen des *Querceto-Lithospermetum* und des *Querceto-Cotinetum* zusammenzieht.³

Die endgültige Klarlegung des Problems der Flaumeichenwälder Mitteleuropas ist ohne die eingehende Aufarbeitung der Flaumeichenwälder Ungarns — des Gebietes, wo diese Phytozönose sowohl in ihrer optimalen Ausbildung als auch im verarmenden Zustand in grosser Ausdehnung vorkommt — wohl schwer möglich. Bis dahin sei es aber gestattet, auf empirischer Grundlage folgende Übersicht zu geben :

In Ungarn lassen sich zwei wichtigere Erscheinungsformen des *Querceto-Cotinetum* (Flaumeichen-Karstbuschwald) unterscheiden. In Transdanubien besteht die allgemeinere, häufigere Erscheinungsform des *Querceto-Cotinetum* aus einem meistens auf Dolomit als Grundgestein wachsenden, xerothermen Buschwaldbestand, wo man die aus Bäumen bestehenden Waldflecken und die diese umgebenden selbständigen Steppenflecken nur schwer voneinander trennen kann. Hier ist die Steppenwiesen- und Felsrasenvegetation wie ein Unterwuchs zwischen den Büschen — hauptsächlich Perückenstrauch zwischen (*Cotinus coggygria*) — und niedrigen Bäumen — hauptsächlich Flaumeiche und Manna-Esche —, sie bildet mit diesen kein ausgesprochen scharfes Mosaik, sondern eher eine Einheit. Diese auch in ihrer Erscheinung submediterrane Form verglich Soó (1931) mit der balkanischen Schibljak-Formation. Je mehr man aber im Ungarischen Mittelgebirge nach Norden fortschreitet, desto deutlicher sondert sich eine Erscheinungsform des *Querceto-Cotinetum* ab, wo sich die auch weiterhin hauptsächlich aus Flaumeichen bestehende Baumvegetation (mit gemeiner Esche anstatt mit Manna-Esche) mit den Sträuchern (unter denen inzwischen der Perückenstrauch meist wegbleibt) zu einer Gruppe zusammenschliesst und als selbständiger Buschwaldfleck mosaikartig mit den Steppenwiesenflecken abwechselt. Der mediterrane Charakter des Bestandes nimmt ab und es treten eher östliche, kontinentale Waldsteppenzüge auf (vgl. die Änderung seines klimatischen Charakters bei ZÓLYOMI, 1942). Unter den Bäumen werden die Steppenwiesengewächse immer mehr verdrängt, wobei der Buschwaldteil immer mehr einem schlechtwüchsigen *Querceto-Lithospermetum* zu ähneln beginnt. Im Tornaer Karst ist bereits dieser Zustand anzutreffen, über den sich dann die Verarmung und Veränderung dieser Assoziation gegen das Gebiet des mittleren Hernád oder gegen die westliche Slowakei zu verfolgen lässt.

*

³ Dabei sind diese beiden keineswegs Synonyme. Das *Querceto-Lithospermetum* ist stets ein geschlossener Hochwald, im Gegensatz zur offenen Mosaikgesellschaft des *Querceto-Cotinetum*.

3. *Caricetum humilis* — *Stipa pulcherrima* subass.

Der Flaumeichen-Karstbuschwald am Fusse des Nagyoldal wird mit abnehmender Tiefe des Bodens und der Gerölldecke von der *Carex humilis*-Assoziation abgelöst. Auf dem an die Oberfläche hervorkommenden Kalkstein, d. h. auf den felsigeren Teilen des Hanges, trifft man aber eher die *Stipa pulcherrima*-Subassoziation. Sträucher vegetieren hier nur noch verstreut, im Zwergwuchs dahin. Hauptsächlich sind *Prunus mahaleb* und *Cornus mas*, manchmal auch *Fraxinus excelsior* und *Juniperus communis* imstande, mit ihren Wurzeln in die Felsspalten einzudringen und so auch die Trockenperiode zu überdauern. Von den drei wichtigsten Rasenbildnern der verbreitetsten Karstphytozönose des Tornaer Karstes weist *Carex humilis* einen durchschnittlichen Deckungswert von 30%, *Festuca sulcata* einen solchen von 20–30% und *Stipa pulcherrima* einen solchen von 10–60% auf. In dieser Phytozönose sind die unterstehenden endemischen Pflanzen charakteristisch: *Alyssum montanum* ssp. *brymii*, *Astragalus vesicarius* ssp. *albidus*, *Campanula sibirica* ssp. *divergentiformis*, *Carduus collinus*, *Onosma tornensis* (in Ungarn nur bei der Ortschaft Tornanádaska), *Poa scabra*⁴, *Pulsatilla grandis* ssp. *slavica*. In dieser Subassoziation wächst *Jurinea mollis* ssp. *macrocalathia* (JAKUCS, 1953) und hauptsächlich an jenen Stellen, wo der Übergang in das *Seslerietum* und in das *Caricetum* erfolgt, *Dracocephalum austriacum* (JAKUCS, 1952)⁵. Hier ist der Anteil der Pflanzenarten mit kontinentalem und pontischem Charakter am höchsten (29,6%). Daneben spielen auch die mediterranen Arten eine grosse Rolle (38,5%) (Abb. 8). Dieser Felsrasen ist eine Assoziation, die sowohl auf dem Nagyoldal als auch auf den anderen Karstgebieten unbedingt auf eine ursprüngliche Waldlosigkeit hinweist. Sie kann sich sehr leicht zu einem verunkrauteten *Festucetum sulcatae* degradieren.

⁴ Der pannonisch-karpatische Endemismus *Poa scabra* Kit. (Verbreitung und Karte s. TATÁR, 1938) — die sowohl nach der früheren Meinung von SIMONKAI (1882) als auch nach der Überprüfung des Herbarmaterials der Botanischen Sammlung des Budapester Naturwissenschaftlichen Museums meiner Meinung nach dieselbe Art ist wie *Poa pannonica* Kern. (ohne ssp.-Unterschied, s. SOÓ, 1933) — wird vom «Handbuch der ungarischen Pflanzenwelt» (SOÓ—JÁVORKA 1951) als ausgesprochen bodensaure Art gekennzeichnet. ZÓLYOMI (1936) stellt über die Pflanze fest, dass sie auf den Felsen von Vulkangesteinen assoziationsbildend ist (*Poetum scabrae*). In seiner Arbeit über das Dolomitphänomen erörtert ZÓLYOMI (1942) die Ursachen für die Ähnlichkeit der Vegetation auf Kalkstein und Andesit, doch nimmt er hierbei *Poa scabra* nur ganz ausnahmsweise auf Kalkstein an. Zieht man jedoch die Angabe von BOROS (1938) über das Vorkommen von *Poa scabra* auf Kalkstein im Bükgebirge sowie die Angaben aus dem Tornaer Karst — sowohl die von DOSTÁL (1933) als auch neuestens eben die von der Probestfläche des Nagyoldal — in Betracht, ferner auch die Standorte von *Poa pannonica* (= *scabra*) auf Kalkstein in Siebenbürgen, so darf man behaupten, dass *Poa scabra*, obwohl sie zweifellos eine assoziationsbildende Pflanze der vulkanischen Felsen ist, dennoch auch auf Kalksteinfelsen vorkommt (allerdings nur in einzelnen Individuen, ohne eine selbständige Assoziation zu bilden), wobei sie immer die reliktpflanzenreichen Standorte anzeigt.

⁵ In Kenntnis der ungarischen Standorts- und Assoziationsverhältnisse von *Dracocephalum austriacum* teilen wir nicht die Meinung WENDELBERGERS (1954), der *Dracocephalum* als ausgesprochene Waldsteppenpflanze kennt und sie für eine Waldsteppenpflanze der postglazialer Wärmezeit hält.

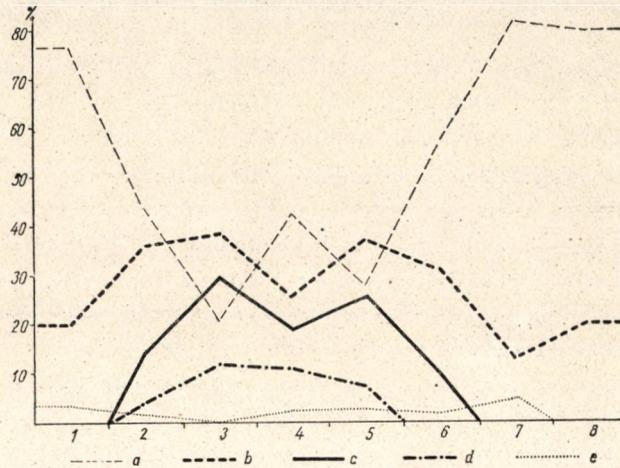


Abb. 8. Die Arealtypenunterschiede der in den Phytozönosen der Probestfläche vorkommenden Pflanzen. 1. *Querceto-Lithospermetum-subnudum*-Typ, 2. *Querceto-Cotinetum* — *Brachypodium pinnatum*—*Festuca sulcata*-Typ, 3. *Caricetum humilis* — *stipetosum*, 4. *Seslerietum heuflyerianae*, 5. *Caricetum humilis*, 6. *Querceto-Lithospermetum* — *Brachypodium pinnatum*—*Waldsteinia*-Typ, 7. *Querceto-Carpinetum*, 8. *Tilio-Fraxinetum*. a) eurasisch + europäisch + mitteleuropäisch + alpin, b) mediterran + pontisch-mediterran + atlantisch-mediterran + balkanisch + + balkanisch-pannonisch, c) kontinental + pontisch, d) endemisch, e) zirkumpolar + kosmopolitisch

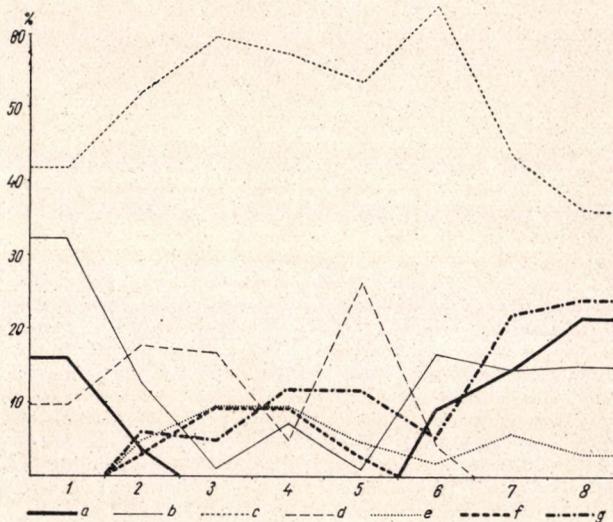


Abb. 9. Die Lebensformunterschiede der in den Phytozönosen der Probestfläche vorkommenden Pflanzen. 1–8. Phytozönosen wie in Abb. 8. a) = Mesophanerophyten, b) = Mikrophanerophyten, c) = Hemikryptophyten, d) = Therophyten, e) = Chamaephyten, f) = Nanophanerophyten, g) = Geophyten

4. *Caricetum humilis*

Während die *Stipa pulcherrima*-Subassoziation die felsigen, steilen Standorte anzeigt, bevorzugt *Carex humilis* die tiefgründigeren Böden der flacheren Standorte. Sie ist eine verbreitete Phytozönose der Kalksteinplateaus und Felskanten des Nordungarischen Mittelgebirges, die sich auch auf dem Nagyoldal am obersten Teil des Hanges auf den sich verflachenden Stellen typisch ausgebildet hat. Im geschlossenen, dichten Rasen der *Carex humilis*-Assoziationen gedeihen im Frühjahr massenhaft *Adonis vernalis*, *Iris pumila*, *Pulsatilla grandis* und *Pulsatilla grandis* ssp. *slavica* mit ihren Übergängen, *Stachys recta*, *Verbascum phoeniceum* usw. Auffallend ist die grosse Zahl der Thero-phytenelemente (27,9%) (Abb. 9): *Arabidopsis thaliana*, *Bupleurum affine*, *Cerastium brachypetalum*, *C. pumilum*, *Geranium columbinum*, *Lithospermum arvense*, *Melampyrum cristatum*, *Saxifraga tridactylites*, *Thlaspi perfoliatum*, *Vicia lathyroides*, *Viola kitaibeliana* usw. Dieser Phytozönose wird zweifelsohne beim Bewaldungsprozess der Felsen eine grosse Rolle zukommen (Bodenaufhäufungs- und Bodenausbildungstätigkeit). Häufig können in ihr auch *Rosa pimpinellifolia*-Sträucher angetroffen werden. Die Degradation des *Caricetum humilis* kann zu Verunkrautung bzw. mit der Abtragung der Bodenschicht zur *Stipa pulcherrima*-Subassoziation führen.

5. *Seslerietum heuflerianae*

Die herausragenden grösseren Felsen des oberen Hangteiles werden vom *Sesleria heufleriana*-Rasen bedeckt. Dieser ist am Südhang des Nagyoldal unbedingt eine Reliktgesellschaft aus einer älteren Periode, was ausser durch die grosse Zahl der endemischen Arten (10,6%) auch durch den Umstand bewiesen wird, dass sich heute der umgebende Eichenwald an den weniger exponierten Stellen in den *Sesleria*-Rasen hineinzuziehen beginnt. Die Erscheinung und das Gedeihen von *Sesleria heufleriana* in südlicher Exposition lässt den Schluss zu, dass die ökologische Amplitude dieser Pflanze im Nordungarischen Mittelgebirge viel breiter ist, als man bisher auf Grund der Aufnahmen von ZÓLYOMI (1936) im Bükkgebirge angenommen hatte (Exp. NW, N, NE)⁶. Die Pflanze gelangte aller Wahrscheinlichkeit nach noch zur Zeit der Eiszeiten auf die warmen, südlich exponierten Kalksteinfelsen, seither verträgt sie die klimatischen Veränderungen sehr gut und ihr immer stärkeres Sichzusammenziehen ist nicht so sehr auf die für sie bereits ungünstigeren Mikroklimaverhältnisse (nicht wahre mikrotherme Art), als eher auf die (Soó, 1944) ökologischen und zöologischen Veränderungen zurückzuführen, die

⁶ MEUSEL (1939) stellt von der Art *Sesleria coerulea* ihre breite ökologische Amplitude fest; *Sesleria heufleriana* verhält sich innerhalb eines kleinen Gebietes ähnlich wie diese Art.

durch den vom Plateau des Nagyoldal her vordringenden Wald verursacht wurden (z. B. Beschattung). *Sesleria*-Rasen mit ähnlich südlicher Exposition wie am Nagyoldal finden sich auch im Bükkgebirge (z. B. auf der südlichen Felsennase des Berges Vince Pál bei Répáshuta oder auf den von BOROS [1938] mitgeteilten Felsen des Berges Kúthehy bei Cserépfalu usw.). An diesen Stellen fehlen unter den Arten des *Sesleria*-Rasens bereits die wirklich montanen (subalpinen), an ihrer Stelle sind mediterrane und kontinentale Arten erschienen, *Sesleria* selber fühlt sich hier aber auch weiterhin wohl. *Sesleria heufleriana* ist also bei Berücksichtigung ihrer Standorte in Rumänien (Mezőség, SOÓ, 1944) und in der Ukraine (s. DEYL, 1946) nicht so sehr für einen karpatischen Endemismus (SOÓ—JÁVORKA 1951) als vielmehr für eine karpatische subendemische Art zu halten.

Unter den wenigen zwergwüchsigen Sträuchern des *Seslerietum* ist *Cotoneaster integerrima* ssp. *nigra* charakteristisch. Für seinen Unterwuchs sind kennzeichnend: *Aconitum anthora*, *Alyssum montanum* ssp. *brymii*, *Asyneuma canescens*, *Cytisus leucotrichus*, *C. procumbens*, *Thalictrum minus* usw.

6. *Querceto-Lithospermetum* — *Brachypodium pinnatum*—*Waldsteinia*-Typ.

Am südlichen, südöstlichen und sich gegen Osten wendenden Saum des Nagyoldal, im Streifen zwischen dem *Querceto-Carpinetum* und *Tilio-Fraxinetum* des Plateaus einerseits und den Felsrasen des Berghanges andererseits finden sich charakteristische Waldflecken, die auf Grund ihres Habitus, ihrer Baumhöhe, ihrer standortkundlichen und ökologischen Verhältnisse bereits zum *Querceto-Lithospermetum* gezogen werden müssen, obgleich der Charakter ihres Unterwuchses einen Übergang zum *Querceto-Cotinetum* und zum Teil auch zum *Tilio-Fraxinetum* darstellt (*Querceto-Cotinetum* — *Melica*—*Waldsteinia*-Typ. JAKUCS, 1954). Die Baumschicht dieses Typs wird zum überwiegenden Teil von der Flaumeiche gebildet, mit Traubeneiche, gemeiner Esche und Elsbeere als Mischholzarten. Seine Strauchschicht mit einem Deckungswert von etwa 50% besteht vielenorts aus Sträuchern, die zu Bäumen von 3 bis 4 m Höhe gewachsen sind (*Acer campestre*, *Cornus mas*, *Crataegus monogyna* usw.). Die Baumstämme sind bis zu einer Höhe von 3 bis 4 m astfrei und mit Flechten bewachsen. Die Holzmassenproduktion liegt zwischen der des in der Talsohle befindlichen *Querceto-Lithospermetum* und *Querceto-Cotinetum* (durchschn. 254 m³ je ha). In seinem Unterwuchs weisen *Brachypodium pinnatum* (hauptsächlich in den Lichtungen zwischen den Bäumen), *Melica uniflora*, *M. picta*, *Waldsteinia geoides* usw. grössere Abundanz-Dominanzwerte auf. In dem artenreichen Unterwuchs spielen die mediterranen und kontinentalen Elemente eine noch grosse Rolle, was den xerothermen Charakter dieser Assoziation bestätigt. Charakteristisch für diese Assoziation am Nagyoldal sind *Anemone silvestris*, *Chrysanthemum corymbosum*, *Coronilla varia*, *Geranium*

sanguineum, *Glechoma hirsuta*, *Iris graminea* ssp. *pseudocyperus*, *Lactuca quercina*, *Lithospermum purpureocoeruleum*, *Peucedanum cervaria*, *Pulmonaria mollissima*, *Serratula tinctoria*, *Symphytum tuberosum* ssp. *nodosum*, *Trifolium alpestre* usw.

7. *Tilio-Fraxinetum* — *Melica*—*Waldsteinia*-Typ

Auf dem Plateau des Nagyoldal haben sich die Linden-Eschenwälder an den felsigen Hängen der tiefen Dolinen ausgebildet. Die meistens auf nur kleinen Gebieten befindlichen fragmentarischen Flecke sind in ihrer Art äusserst charakteristisch. Die Gruppen aus Sommerlinde, gemeiner Esche, Elsbeere und Traubeneiche zeigen entsprechend dem felsigen, steinigen Standort einen guten Wuchs (im Alter von 50 Jahren eine Höhe von 10—11 m, Stämme bis 6,5 m astfrei, Holzmasse von 230 m³ je ha). In der spärlicheren Strauchschicht ist *Cornus mas* am häufigsten und *Rosa pendulina* charakteristisch. Im schwarzen Kalkhumus ist ein ausgesprochener geophytenreicher Frühjahrsaspekt anzutreffen (24%). Die Deckung des Rasens ist wegen der Felsen an vielen Stellen unterbrochen, seine zwei ständigen Pflanzen sind *Waldsteinia geoides* und *Melica uniflora*.

8. *Querceto-Carpinetum* — *Melica uniflora* — *Carex pilosa*- und *C. brevicollis*-Typen

Die oberste Region des Nagyoldal gehört in die Eichen-Hainbuchenzone. *Fagetum* hat sich nirgends ausgebildet. Auch die Rotbuche erscheint bloss lokalklimatisch in nördlicher Exposition, manchmal selbst in grösseren Massen, doch können ihre Bestände höchstens als Subbassoziatio des *Querceto-Carpinetum* bezeichnet werden. Das *Querceto-Carpinetum* weist im obersten Teil des Nagyoldal mehrere Typen auf. Die drei ausgedehntesten Typen sind der *Carex pilosa*-Typ auf den flacheren Teilen, der *Carex brevicollis*-Typ auf den felsigeren skelettreicheren Teilen und der *Melica uniflora*-Typ auf den wärmeren Teilen mit südlicher Exposition.

Die Hölzer des *Querceto-Carpinetum* sind ausser der Hainbuche und der Traubeneiche die gemeine Esche, der Spitzahorn und die Rotbuche als Einzelhölzer und manchmal auf tiefgründigerem Boden auch die Hängebirke als Überhälter. Obwohl der Eichen-Hainbuchenwald der Probestfläche ein noch junger Ausschlagwald ist (35 Jahre alt), gibt er dennoch bereits eine beträchtliche Holzmasse (242 m³ je ha). Der *Carex pilosa*-Typ wird im Frühjahr am Nagyoldal durch *Asarum europaeum*, *Lilium martagon*, *Majanthemum bifolium*, gegen Ende des Sommers durch *Asperula odorata*, *Bromus ramosus* ssp. *benekeni*, *Carex pilosa*, *Elymus europaeus*, *Mercurialis perennis* usw. gekennzeichnet und von den übrigen Typen unterschieden. Das Erscheinen von *Carex brevi-*

collis an den felsigen Nord- und Westhängen der Dolinen hängt wohl damit zusammen, dass das Geröll an diesen Stellen nicht in das Tal hinabrollt, sondern sich an den Seiten der Doline anhäuft und den Boden feucht erhält. In diesem Typ sind ausser *Carex brevicollis* im Frühjahr noch *Erythronium dens-canis* sowie *Carex digitata*, *Convallaria majalis*, *Galanthus nivalis*, *Waldsteinia geoides* usw. charakteristisch. In dem *Melica uniflora*-Typ der wärmeren Hänge bildet ausser *Melica uniflora* selber auch *Brachypodium pinnatum* an zahlreichen Stellen einen zusammenhängenden Rasen.

III. Die Ergebnisse der Standortsuntersuchungen

a) Grundgestein

Im Gebirge stellt das Grundgestein einen der wichtigsten Standortsfaktoren dar. Bei der Untersuchung des Grundgesteins hat man aber nicht nur auf die Beschaffenheit des Gesteins (z. B. Kalkstein, Dolomit, Tonschiefer usw.) zu achten, sondern man hat mit der gleichen Gründlichkeit auch das Alter des betreffenden Gesteins, seine Lagerungsverhältnisse, seine Gesteinseigenschaften usw. zu untersuchen, die alle einzeln und in ihrer Gesamtwirkung das Bild der sich auf ihm ausbildenden Vegetation bedeutend beeinflussen können. Hierfür seien im nachstehenden zwei Beispiele vorgeführt.

Der Rónabükk genannte Berg (850 m) im Bükkgebirge wird auf der Hälfte seines Südhanges von der Talsohle bis zum Bergkamm von lichtgrauem, lamelligem Kalkstein aus der unteren Trias bedeckt. Auf diesem Standort, der von stark zusammengedrückten und zerbröckelten, an der Oberfläche langsam ständig aufeinander gleitenden Kalksteinplatten gebildet wird, steht ein schöner, alter Buchenwald vom *Asperula*- (bzw. *nudum*-) Typ. Die andere Hälfte des Hanges besteht ebenfalls aus Kalkstein, doch baut sich sein Material stellenweise aus kieselhaltigeren, karbonathaltigeren bzw. mergelhaltigeren (tonigen) Teilen auf. Der von den Tonmineralien stärker verunreinigte Kalkstein kann in grösserem Ausmass an der Bodenbildung teilnehmen, so dass im Gegensatz zu dem auf dem Kalksteingeröll der anderen Hälfte stehenden Buchenwald hier in derselben Exposition und — wie zu sehen war — gleichfalls auf «Kalkstein» als Grundgestein ein *Seslerio-Fagetum quercetosum* vom *Carex humilis*-Typ die Landschaft ziert. Die unmittelbare Ursache für diesen Unterschied dürfte wohl darin bestehen, dass die aufeinandergleitenden Kalkplatten den sich unterhalb von ihnen ausgebildeten Rendzinaboden (der sich wegen der Gesteinsbewegungen nicht anhäufen kann) ständig feucht und kühl halten, während sich auf dem Verwitterungsprodukt des stärker mit Ton verunreinigten Grundgesteins auch ein tiefgründigerer brauner Waldboden auszubilden vermag, dessen grössere Erwärmungs- und Austrocknungsfähigkeit die Entstehung des dortigen Eichenwaldes erklärt.

Auf den nordexponierten, körnigen, metamorphisierten, marmorartigen Kalksteinfelsen aus dem oberen Karbon des neben dem Rakacza-Bach (Cserehát) gelegenen Berges Királyhegy (275 m), in deren Zusammensetzung selbst mit dem Mikroskop keine Verunreinigungen nachgewiesen werden könnten, ist die Bodenbildung so gering (und was sich bildet, wird bald erodiert), dass sich auf ihm selbst das *Tilio-Fraxinetum* nicht auszubilden vermochte. Demgegenüber gedeiht im Jósvald in völlig ähnlicher Lage und unter völlig ähnlichen Verhältnissen auf hellgrauen Kalksteinfelsen aus der unteren Trias (Anis) ein sehr schöner Wald (Übergang vom *Querceto-Carpinetum* zum *Tilio-Fraxinetum*, vgl. noch die Felsen des Ostrosomosberges, JAKUCS, 1952).⁷

Vom Gesichtspunkt der Vegetation ist auch die Kenntnis der Streich- und Fallverhältnisse des Grundgesteins (Kalksteins) von grösster Wichtigkeit. So erklärt z. B. ZÓLYOMI (ex. verb.) die Gegenwart des ausgedehnten, aus Steppenwiesen- und Buschwaldflecken bestehenden *Querceto-Cotineum*-Mosaiks auf dem Plateau des Hársbókorhegy im Budaer Gebirge sowie die Erfolglosigkeit seiner Beforstung mit Kiefern damit, dass die Kalksteinplatten parallel zur Plateauoberfläche, horizontal liegen, so dass sich die Wurzeln nur oberhalb der bloss wenige Spalten aufweisenden, zusammenhängenden Kalksteinplatten und innerhalb der dünnen Humusdecke zu verzweigen imstande sind. Die grossen Hitzeperioden des Sommers trocknen den Boden völlig aus, wobei die grosse Dürre zum Teil auch die jungen Kiefern, aber auch die sich gegebenenfalls auszubreiten strebende Verjüngung zugrunde richtet.

Der Fallwinkel der Probefläche am Nagyoldal beträgt im Durchschnitt 35°, seine Fallrichtung 155° (S—SE), seine Streichrichtung 215°, die zutage tretenden Schichtköpfe sind grob bankig und 1 bis 5 m breit.⁸ Diese Anordnung der Schichten in südlicher Exposition begünstigt die Verkarstung. Wo nämlich die Humusdecke von diesen Schichtköpfen bereits abgewaschen ist, dort kann der Baum lediglich bei Ausnutzung einer eventuell zwischen zwei Schichtköpfen bestehenden Spalte sein Wurzelsystem in der Fallrichtung den feuchteren Stellen zu vortreiben. Die Ursache, dass man auf den öden Karstgebieten — obwohl selten — dennoch manchenorts kleinere oder grössere mit Bäumen bestandene Flecken (manchmal auch gutwüchsige Baumgruppen) antrifft, ist primär darin zu suchen, dass die Oberfläche des Kalksteinhanges niemals gleichmässig ist. Mit dem Auge nicht erkennbare Vertiefungen (flachkonkavere Teile) wechseln mit stärker herausstehenden, felsigeren (flachkonvexeren) Teilen. Der sich in den Vertiefungen angesammelte Boden wird schwerer ausgewaschen. Die an diesen Stellen gedeihenden Baumgruppen sind bei der Karstaufforstung als Ausgangsstellen von grösster Bedeutung.

⁷ Für die Untersuchung des Alters, der Verunreinigungen und der Struktur der Gesteinsproben ist der Verfasser Prof. K. SZTRÓKAY zu Dank verpflichtet.

⁸ Für die Durchführung der Messungen schuldet der Verfasser Geologen L. JAKUCS, dem Direktor der Aggteleker Tropfsteinhöhle, seinen besten Dank.

Die Kalksteinberge Ungarns weisen in den meisten Fällen physikalisch-geographische (geomorphologische) Karsterscheinungen auf. Vom Gesichtspunkt der Vegetation kommt den oberflächlichen grossen Karsterscheinungsformen, den Dolinen, den Ponoren, den Höhlenöffnungen usw. eine wesentliche Rolle zu. Die die eintönige flache Plateaufläche unterbrechenden Dolinen bedeuten z. B. für die Vegetation eine häufige Expositionsänderung. Dementsprechend finden sich an solchen Stellen dichte, mosaikartig angeordnete, fragmentalisch ausgebildete Flecken von Assoziationen bzw. Assoziationstypen. Hierfür gibt es zahlreiche Beispiele in jeder beliebigen Kalksteingegend Ungarns. So wechseln z. B. auf dem Plateau des Nagyoldal entsprechend dem dichten Netz von tiefen, mächtigen Dolinen (der Durchmesser dieser Dolinen erreicht manchmal 100—150 m, ihre Tiefe häufig 30 m) die Eichen-Hainbuchentypen regelmässig mit fragmentalisch ausgebildeten Linden-Eschenwäldern; die südexponierten Dolinenhänge sind mit Eichen-Hainbuchenwäldern vom *Melica*-Typ, die meistens felsigen Nordhänge mit Linden-Eschenwaldfragmenten und die Ost- und Westhänge der Dolinen mit den Übergängen dieser beiden bestanden. Die zwischen den Dolinen befindlichen flacheren Rücken werden von Eichen-Hainbuchenwäldern des *Carex pilosa*-Typs bestockt; auf dem im Unterteil der Doline angehäuften mächtigen, feuchteren Boden bildet in der Regel die Zitterpappel (*Populus tremula*) (am ehesten als Überhälter) kleinere zusammenhängende Flecke.

Die übrigen geographischen Karstformen — Schlucklöcher, Schlote und Höhlen (besonders die nahe zum Eingang gelegenen Teile der letzteren) — dienen zum Teil schon wegen der aus ihnen ständig herausströmenden kühlen Luft in jedem Falle als Zufluchtsort für die mikrothermen Reliktpflanzenarten. Als Beispiel hierfür sei einerseits auf die Abhandlung über die Vegetation des Einganges der Szilice-Eishöhle (BOROS, 1935) und andererseits auf die — im Vergleich zu ihrer Umgebung — mikrotherme Vegetation der tiefen Ponore in der Umgebung von Aggtelek (JAKUCS, 1954) verwiesen.

Besonders und eingehender soll hier der auf der Oberfläche des Kalksteins vor sich gehende physikalisch-geographische Verkarstungsprozess, die Bildung von Karren, und der Zusammenhang dieses Prozesses mit der Vegetation behandelt werden.

Als Karren werden im allgemeinen die auf der Oberfläche des Gesteins befindlichen Unebenheiten (Furchen) bezeichnet. (Im weiteren sind unter dem Begriff Karren immer die ungarischen Karrenformen, in erster Linie die auf der Oberfläche des Kalksteins vorhandenen kleineren Löcher, Spalten und Furchen zu verstehen.) In Ungarn gibt es an zahlreichen Orten Karrenbildung, die schönsten Karrenerscheinungen finden sich jedoch zweifellos auf dem Gebiete des Tornaer Karstes.

Mit der Entstehung der Karrenformen befasst sich eine grosse Literatur. Seit dem Anfang des 18. Jahrhunderts bis zu unseren Tagen beschäftigte sich eine lange Reihe von Arbeiten und Abhandlungen mit den Fragen der Entstehung der Karren, vor allem in den Kalksteingebieten der Alpen und im jugoslawischen Karst. (Eine Zusammenfassung der diesbezüglichen Literatur s. bei ECKERT, 1896, LINDNER, 1930 usw.) Die sich mit der Erforschung der Karren befassenden grossen Geographen der Jahrhundertwende, wie ECKERT, CVIJČ, PENCK usw.

schrieben nach Berücksichtigung der bis dahin erhaltenen Untersuchungsergebnisse und nach Zusammenfassung der über die Entstehung der Karren geäußerten Ansichten die Ausbildung der häufig bizarre Formen aufweisenden Karren in erster Linie der Korrosionswirkung des den Kohlendioxyd der Luft aufnehmenden Niederschlages zu, der durch die strukturell bedingten feinen Risse in den Kalk eindringt und ihn so auslaugt.

LINDNER schreibt in seiner grossen Arbeit über die Karren (1930) zusammenfassend folgendes: «Die Karrenbildung ist bedingt durch mannigfache, zum Teil unabhängige Faktoren: solche, die in der Art des Gesteines begründet sind (petrographisch-chemische Zusammensetzung, physikalisch-strukturelle Eigenschaften) und andere, die gleichsam an das Gestein



Abb. 10. Infolge der Wirkung der Wurzeltätigkeit entstandene Karrenlöcher in dem an die Oberfläche gelangten Kalksteinfelsen bei Aggtelek. (Magyar Foto, HOLLENZER)

herangebracht werden (Klima bzw. Höhenlage, damit zusammenhängend Beschaffenheit der Atmosphäre, Temperatur, Wirkung von Schnee und Eis, Spaltenfrost, tektonische Vorbereitung des Karrenphänomens, glaziale Vorbereitung des Bodens, Einfluss der Vegetation und der Humusschicht)». (Unter Vegetation versteht LINDNER ausschliesslich die niederen Pflanzen, d. h. die Kryptogamen.)

An dieser Stelle soll der Zusammenhang zwischen der höheren Vegetation und den Karren bzw. die karrenausbildende Wirkung der höheren Pflanzen näher beleuchtet werden. Wenn man die Literatur über die Karren überblickt, so ist ersichtlich, dass diese Frage immer nur nebenbei behandelt wurde. Zwar zielt ECKERT (1902) darauf hin, dass die in den Wurzeln der Pflanzen befindlichen Säuren die Entstehung von Karren begünstigen, doch sehen die späteren Forscher in den höheren Pflanzen eher ein Hindernis für die Karrenbildung. In diesem Sinne äussert sich auch z. B. SAWICKI (1909), der behauptet, dass «die Karrenform solange nicht entwicklungsfähig bleibt, solange der Deckmantel nicht weggeschafft, die Kalkoberfläche nicht entblösst wird». Auch der grosse ungarische Botaniker DÉGEN nimmt in ähnlichem Sinne Stellung (1936): «Sie (die Karren) entstehen dort, wo keine schützende Vegetations- oder Humusdecke das Gestein gegen chemische Erosion schützt, oft genügt auch der Schutz einer Geröll-

decke, um die Karrenbildung hintenanzuhalten». BULLA erklärt in seiner «Allgemeinen Natürlichen Geographie» (1954) geradezu, dass «die dichte Pflanzendecke nicht günstig für den Prozess der Karrenbildung ist».

LEEL—ÖSSY (1952) versucht auf Grund seiner Karrenforschungen in Ungarn in dieser Frage auf dem Mittelweg zu bleiben. Zwar deutet er an, dass die Anzeichen dafür sprechen, dass man selbst unter der Vegetation und dem Boden Karren finden kann, «doch ist es zweifellos — schreibt er —, dass die Vegetation durch ihre Mitwirkung an der Bodenentwicklung die Entstehung von Karren hemmt». Laut LEEL—ÖSSY zieht das Fortschreiten der Karrenbildung geradewegs das Absterben der Vegetation nach sich. Während des Entstehungsprozesses der Karren «werden die Karrenböden immer charakteristischer und schärfer und ragen immer dichter aus der Oberfläche heraus. Die Oberfläche wird immer unbegebar. Der die Furchen ausfüllende Boden verschwindet langsam vollständig und zusammen mit ihm verschwindet auch die Vegetation. Der Wald wird zuerst von Gebüsch, dann von dichten degradierten Sträuchern abgelöst, schliesslich wird das Karrenfeld zu einer öden und kahlen Felsenfläche». LEEL—ÖSSY sieht die Reihenfolge der eintretenden Veränderungen völlig richtig, doch packt er das Wesentliche — ähnlich wie viele andere sich mit der Karstforschung beschäftigende Geographen — von der falschen Seite an. Er stellt nämlich die Karrenbildung als Ursache in den Mittelpunkt des Prozesses und erklärt das Aussterben der Vegetation mit dem Fortschreiten der Karrenbildung. In der Wirklichkeit ist jedoch der Ablauf dieses Prozesses gerade umgekehrt. Als Folge der Degradation des Waldes wird auch der Boden immer stärker abgetragen (in verhältnismässig recht kurzer Zeit) und es gelangt die bereits seit alters her ausgebildete (inzwischen vielleicht öfters mit Erde bedeckte und wieder kahlgewaschene) Karrenform an die Oberfläche. Und wenn eine weitere Degradation (Weide, Brand usw.) wiederholt zu einer neuerlichen Auflichtung der Vegetation beiträgt, so wird der Boden noch mehr abgetragen, wodurch die Karren dann noch mehr freigelegt werden.

Die oben geschilderte, allgemein anerkannte Anschauung über das Verhältnis zwischen Vegetation und Karren stammt einerseits daher, dass die sichtbaren Karrenformen meistens nackt sind. Die unterhalb der Vegetation befindlichen, mit Erde bedeckten Kalksteinflächen und deren Karrenformen gelangen nur selten an die Erdoberfläche (Bodenaufschliessungen, Gruben usw.). Andererseits stammt diese die Rolle der Vegetation vernachlässigende Anschauung daher, dass in den Alpengebieten und im allgemeinen in den Gegenden mit einem mediterranen Klima, wo die meisten solche Untersuchungen erfolgten, die gewaltigen Niederschlags- und Schmelzwassermengen die Oberfläche des Kalksteins tatsächlich sozusagen vor unseren Augen formen. Und da an den herausragenden Felsen zumeist nur entwickelte Flechten- und Moosbestände anzutreffen sind, ist es leicht begreiflich, dass ein Grossteil der Forscher das Verhältnis zwischen Pflanze und Karren nur in der verwitternden Rolle der Flechten und Moose sowie in der geringfügigen Lösungswirkung der von diesen stammenden Säuren sieht.

Es sei noch die bekannte Tatsache erwähnt, dass die im Boden befindlichen Humussäuren zur Zerstörung des Gesteins beitragen können, sofern sie mit dessen Oberfläche in Berührung kommen. ECKERT (1898) stellt die allgemeine Regel auf, dass die Humussäure einer mit Erde bedeckten Kalksteinfläche, wenn sie in die Tiefe gewaschen wird, so sehr die Auflösung des Gesteins fördert, dass an dessen Oberfläche niemals grobe oder gezackte Formen zu finden sind. Das heisst, dass sich nach ECKERT unter der Humusdecke selbst die noch vorhandenen Karren glätten.

Im Gegensatz zu den hier geschilderten, allgemein anerkannten Ansichten — bzw. zum Teil für sie — sollen in Kenntnis der neuesten pflanzenphysiologischen und bodenbiologischen Forschungen im nachstehenden einige neue Gesichtspunkte in die Diskussion geworfen werden.⁹ Das Wesen dieser ist: die höhere Vegetation trägt durch die säureausscheidende Tätigkeit ihrer Wurzeln sowie durch die Sammlung der Mikroorganismen des Bodens um ihr Wurzelsystem und durch die so gesteigerte Säurebildung sehr stark zum Prozess der Karrenbildung unter der Bodenoberfläche bei, so dass sie eine der primären Ursachen der Ausbildung von Karren sein kann.

Im Lehrbuch von SACHS (1865) wurde zuerst jener heute bereits als klassisch ansprechbare Versuch beschrieben, bei dem er die auf Kalkstein anzutreffenden Wurzelabdrücke so nachahmte, dass er geschliffene Marmorplatten in Töpfe legte, auf sie Sand goss und danach Pflanzen in die Töpfe setzte. Nach einer gewissen Zeit erschienen auf den Platten durch die Korrosion hervorgerufene Zeichnungen, die mit dem Verlauf der Wurzeln übereinstimmten. Diese Tatsache wird von FREY—WYSSLING (1949) kurz wie folgt zusammengefasst: die Wurzeln scheiden im Zusammenhang mit der Stoffaufnahme Säuren aus, von denen die Kohlen-säure die wichtigste ist. In dem zusammenfassenden Werke von FEHÉR (1954) über die Boden-

⁹ Für die Überlassung der pflanzenphysiologischen Literatur sei hier Adjunkten L. PÓLYA der beste Dank ausgesprochen.

biologie werden unter den biologischen Faktoren der Bodenausbildung auch die höheren Pflanzen erwähnt, deren Wurzeln die Felsen des Untergrundes sprengen und die durch die Produktion von Kohlensäure und anderen lösenden Sekreten die noch unzersetzten Teile zersetzen.

Gleichwertig der Säureausscheidungswirkung des Wurzelsystems von höheren Pflanzen scheint die Tatsache zu sein, dass die Pflanzenwurzeln infolge ihrer ständigen Ausscheidung von verschiedenen organischen Verbindungen in den Boden gleichsam eine Anziehungskraft auf die Bodenbakterien und andere Mikroorganismen ausüben und diese um sich sammeln (MAXIMOW, 1948). Diese Mikroorganismen führen im Laufe ihrer Lebensaktivität dem Boden Säuren und Kohlendioxyd zu, was in hohem Grade zur Ausbildung der Karren beiträgt. FEHÉR schreibt in seiner oben angeführten Arbeit: «Die Bodenbakterien und Pilze... nehmen teils unmittelbar an der Zersetzung der das Gestein bildenden Mineralien teil (Schwefel-, Eisenbakterien usw.) und teils — und dies ist ihre wichtigste und allgemeinste Tätigkeit — mittelbar durch ihre Stoffwechselprodukte (CO_2 , NO_2 , NO_3 , SO_4 und organische Säuren)».

Auch RIPPEL-BALDES (1952) behandelt ausführlich die Möglichkeiten der Lösungswirkung der von den Bodenmikroorganismen ausgeschiedenen anorganischen und organischen Säuren. Es ist zu betonen, dass von allen Säuren, die von den Mikroorganismen im Laufe der Karrenbildung produziert werden, die grösste Bedeutung naturgemäss der Kohlensäure zukommt. Die Kohlensäure löst nämlich das Kalziumkarbonat leicht zu gut löslichem Kalziumhydrokarbonat. Dieser Prozess hat bei der pflanzlichen Nährstoffaufnahme aus dem Boden eine sehr grosse Bedeutung, kann aber auch in entscheidender Weise zur Karrenbildung beitragen. Ein gutes Beispiel für das Ausmass der Korrosionswirkung durch die Kohlensäureproduktion der Mikroorganismen stellen die starken Beschädigungen der öffentlichen Gebäude in London dar (PAINE, 1933).

Es ist eine bekannte Tatsache (LUNDEGÅRDH, 1954), dass die atmosphärische Luft verhältnismässig wenig Kohlendioxyd enthält (0,03—0,04 Volumprozent, was 0,00055 g Kohlensäure je Liter entspricht), wogegen die Kohlensäuremenge in der Bodenluft weit grösser ist und gegebenenfalls mehrere Prozente betragen kann. Diese Kohlendioxydmenge ist zum Teil das Ergebnis der Atmungs- oder Abbautätigkeit (z. B. Zelluloseabbau) der Pflanzenwurzeln, zum Teil das der bodenbewohnenden Biozönosen (Bakterien, Bodenfauna usw.).

Auf diese Weise werden die Mikroorganismen zu wichtigen Faktoren der Gesteinsverwitterung und — indem sie sich um die Wurzeln scharen — zusammen mit deren lenkenden und an sich schon verwitternden Tätigkeit auch zu den Triebkräften des Karrenbildungsvorganges.

Einzig und allein mit der Tätigkeit der Wurzeln und Mikroorganismen lassen sich die zahlreichen Karrenformen der ungarischen Kalksteingebiete erklären, z. B. die im Fels schräg nach unten verlaufenden runden Löcher, die wurzelförmigen Rillen usw. (Die Entstehung der runden Löcher versuchte DEGEN (1936) derart zu deuten, dass die Stürme das sich in ihnen angesammelte Regenwasser in eine Wirbelbewegung brachten, die dann die Löcher in das Gestein vortrieb.)

Diese Beweise führen zur Schlussfolgerung, dass die Karrenbildung unter dem Boden und der Pflanzendecke nicht aufhört und verkümmert, sondern im Gegenteil dort intensiv vor sich geht.

Hier ist zu bemerken, dass zur oben skizzierten Lebenstätigkeit der Mikroorganismen mehrere Faktoren notwendig sind. Unter diesen sind besonders eine angepasste Temperatur und ein optimaler Feuchtigkeitsgrad von Wichtigkeit. Dies wird schon durch die Tatsache bestätigt, dass der CO_2 -Gehalt des Bodens im Sommer sein Maximum erreicht (FEHÉR, 1954). Ein wärmeres, niederschlagsreicheres Klima von mediterranerem Charakter ist also auch für das Pflanzen- und Bodenleben günstiger; eine intensivere Boden- und Pflanzenaktivität beschleunigt wiederum — wie bereits erwähnt — die Karrenbildung. Die gesteigerte Karrenbildung im mediterranen Klima wurde schon von SAWICKI (1909) wahrgenommen, wobei er richtigerweise ihre Ursache in der wärmeren Temperatur und im niederschlagsreicheren Klima suchte, allerdings nicht mittelbar durch die Pflanzen, sondern durch unmittelbare Einwirkung auf die Oberfläche. Sein Standpunkt ist richtig, obwohl sich wahrscheinlich auch die Karrenformen eines Teiles des dalmatinischen Karstes und der Karste des Mittelmeergebietes unter der Pflanzendecke ausgebildet haben dürften, doch hat hier die an der Oberfläche wirkende Korrosion die primären Karrenformen, die mit der (durch menschlichen Einfluss eingetretenen) Vernichtung der Pflanzendecke an die Oberfläche gelangt waren, seither stärker umgeformt.

In Kenntnis der karrenausbildenden Wirkung der Vegetation und der Mikroorganismen muss man die primäre Entstehungszeit der heute an der Oberfläche befindlichen Karren des Tornaer Karstes und des Bükkgebirges wahrscheinlich in einer für die Vegetation günstigeren klimatischen Zeit suchen. Zieht man die neuesten Ergebnisse der Holzkohlenuntersuchungen und der Pollenanalysen in Betracht (zusammenfassend s. ZÓLYOMI, 1952), so wird man finden, dass das Gebiet unseres Landes bloss (!) seit dem letzten Interglazial mehrmals ein weit wärmeres, niederschlagsreicheres Klima aufgewiesen hat als heute. So hat man denn die Haupt-

phasen der Entstehung der ungarischen Karren in diese Zeiten zu verlegen und den Gang der Karrenbildung als einen sich bald beschleunigenden, bald verlangsamenden, aber ständigen Prozess aufzufassen. Infolge der Waldrodungen in den letzten Jahrhunderten sind die Karrenformen vielenorts an die Oberfläche gelangt (solche frisch an die Oberfläche gelangte Formen dürften z. B. die Karren beim Verestó in der Nähe von Jósavő sein), wo sie jetzt in ihrer Entwicklung unseren klimatischen Verhältnissen entsprechend langsamer fortschreiten, ja sogar auf Wirkung der Insolation eher abbröckeln und auseinanderbrechen (Nagyoldal).

Es erscheint als wahrscheinlich, dass der Prozess der Karrenbildung sowohl heute als auch früher am intensivsten unter den aus Bäumen und Sträuchern bestehenden Pflanzengesellschaften von mediterran-xerothermem Charakter vor sich ging. Solche Pflanzengesellschaften sind in Ungarn vornehmlich das mit der Flaumeiche charakterisierbare *Querceto-Cotinetum*. Die Felsen am Gipfel des Bélkő-Berges im Bükkgebirge zeigen herrliche Karrenformen. Die Vegetation besteht hier heute aus Felsrasen (*Festucetum glaucae* und *Seslerietum heuflerianae*) und Steppe (*Festucetum sulcatae* und *Caricetum humilis*). Die am Gipfel des Berges befindlichen Karrenformen haben sich jedoch bereits zu jener Zeit ausgebildet, als an den Standorten der heutigen Felsrasen und Steppenhänge noch Karstbuschwald stand. Heute sind auf dem baumlosen, von jeder Erdoberfläche entblößten Plateau die Karren eher im Untergang begriffen, obwohl sie gerade hier scheinbar am typischsten sind, weil hier der Boden von ihnen am stärksten abgetragen wurde. Am Bélkő-Berg wird dann die unterhalb der Rasengesellschaften gelegene Vegetationszone vom Karstbuschwald gebildet. Hier ist der Gang der Karrenbildung auch heute intensiver, die alten, knorrigten, zähen, zwergwüchsigen, um ihren Fortbestand stärker kämpfenden Bäume dringen unerbittlicher in die Felsspalten ein als im gutwüchsigen, auf einer mächtigen Bodenschicht stehenden Wald am Fusse des Hanges, wo die Karrenbildung im Vergleich zum oberen Bergteil erst in sehr geringem Ausmass eingesetzt hat und in einem weit langsameren Rhythmus vor sich geht.

Bei Zusammenfassung des hier über die Karrenbildung Gesagten wird man feststellen dürfen, dass das Bodenleben unbedingt zur Karrenbildung beiträgt. Insbesondere der Umstand, dass ein grosser Teil der sich um die Wurzeln scharenden Mikroorganismen und auch die Wurzeln selber im Interesse ihrer Ernährung das Gestein durch die Ausscheidung von Säuren lösen, fördert das Fortschreiten der Karrenbildung. Auch die Feuchtigkeit und das Regenwasser sickern in erster Linie längst der Wurzeln in die Tiefe, da diese infolge ihrer Sprengwirkung leichter in die Risse des Kalksteins eindringen können. Die Karrenbildung ging zu jeder Zeit und geht auch heute am intensivsten unterhalb der an der äussersten Grenze der Vegetationsmöglichkeiten stehenden zähen, zwergwüchsigen, mit Sträuchern durchsetzten Wälder und Buschwälder vor sich. Auf diese Weise kann das Wurzelsystem der höheren Pflanzen durch seine unmittelbare und mittelbare chemische Wirkung eine der Hauptursachen für die Ausbildung der Karren sein.

Weniger gilt das hier Gesagte für die aus gewaltigen Formen bestehenden Karren der Alpen, wo die primäre karrenbildende Rolle zweifellos den Gletschern, dem Schneewasser und anderen Wässern zukommt.

Bodenverhältnisse¹⁰

Sowohl auf dem Kalkstein des Tornaer Karstes als auch auf dem des Bükkgebirges sind zwei Bodentypen weit verbreitet: die humusreichen Rendzinaböden und die tiefgründigeren, lehmigen braunen Waldböden. Diese beiden

¹⁰ Unter freundl. Mitwirkung von P. STEFANOVITS, Leiter der Bodenkundlichen Abteilung des Agrochemischen Forschungsinstituts, Budapest.

stehen sehr oft miteinander in einer engen Beziehung. Häufig können sie nur in degradiertem Zustand angetroffen werden, so dass dann ihre Bestimmung schwieriger ist. Häufig haben sie sich unmittelbar auf dem Grundgestein aus Kalk ausgebildet, ein andermal wiederum auf fossilen Bodenbildungen. Die hauptsächlichlichen Abweichungen, die trotz der Ähnlichkeit der Böden der beiden Gebiete bestehen, lassen sich aus den Unterschieden erklären, die eine Folge der verschiedenen klimatischen und morphologischen Verhältnisse des wesentlich höheren, kühleren Bükkgelbgesirges einerseits und des aus weiten, flachen, grossen, wärmeren Plateaus bestehenden Tornaer Karstes andererseits sowohl heute wie auch während der vergangenen Klimaänderungen sind.

Mit der kurzen Beschreibung der Böden der Probefläche sollen zugleich auch die verbreitetsten Bodentypen der Kalksteinplateaus des Tornaer Karstes charakterisiert werden.

Am Fusse des Nagyoldal hat sich unter dem *Querceto-Lithospermetum* tiefgründiger brauner Waldboden ausgebildet. Seit langen Jahrtausenden häufen sich hier das am Hang heruntergeglittene Geröll und die abgewaschenen Verwitterungsprodukte an. Die verdickte Bodendecke verpodsolisiert sich nicht (ihr pH-Wert beträgt an der Bodenoberfläche 7,3 und in einer Tiefe von 20 cm 6,6), u. a. auch deshalb nicht, weil die Aufschüttung durch die mit Kalzium gesättigten Verwitterungsprodukte, die ohne Unterlass von den höheren Hängen herabrollen, die Versäuerung verhindert.

Unterhalb der den mittleren Teil des Berghanges grösstenteils bedeckenden Phytozönosen (*Festucetum sulcatae* und *Caricetum humilis stipetosum*) findet sich humusreichere und skelettreiche braune Rendzina. Der an Ort und Stelle entstehende Boden vermag sich nicht anzuhäufen, die Verwitterungsprodukte werden ständig zusammen mit dem Kalksteingeröll den Hang hinuntergewaschen. Zwischen den braunen Waldböden des Hangfusses und den braunen Rendzinaböden der Steppenwiese liegt eine Übergangszone mit einer mosaikartigen Mischung der beiden Böden. Auf den Stellen mit mächtigerem Boden haben sich die Buschwaldflecken des *Querceto-Cotinetum* und auf den flachgründigeren Stellen seine Steppenwiesenteile ausgebildet. Auch an einzelnen Stellen der in der Hangmitte bereits zusammenhängenden Steppenwiese finden sich kleinere oder grössere Waldflecken (in den flachen Vertiefungen des Kalkgesteins) und unter diesen sind die Böden—ähnlich wie unter den Buschwaldteilen — stets tiefgründiger. Die im oberen Drittel des stark mit Steinen durchsetzten braunen Waldbodens dicht anzutreffenden Tiergänge, die mit aus der Tiefe heraufbeförderter Roterde angefüllt sind, weisen darauf hin, dass die Buschwaldteile an diesen Stellen nicht sekundär entstanden sind, sondern eher den Charakter von Relikten aufweisen und nun wegen der durch die Degradation bewirkten Bodenabtragung immer mehr zusammenschrumpfen.

Unter den ursprünglichen Felsrasen des oberen Drittel des Berghanges, unter dem *Seslerietum heuflerianae* und dem *Caricetum humilis* befindet sich

humusreiche, krümelige schwarze Rendzina. Der Boden des *Seslerietum* ist in den Felsspalten dünner, unterbrochener, der des *Caricetum humilis* auf der flacheren Kalksteinoberfläche zusammenhängender, mächtiger. Die dichte Rasenvegetation legt an beiden Standortstypen Zeugnis vom starken Humusgehalt ab.

Die Bodenschicht unter dem *Querceto-Lithospermetum* — *Brachypodium pinnatum*—*Waldsteinia*-Waldtyp gleicht sehr dem Boden unter den Buschwaldteilen des *Querceto-Cotinetum*. Unter der den vielen Kräutern entsprechend ausgebildeten mächtigeren, krümeligen Humusschicht (10 cm) findet sich bis zum Grundgestein eine von Tiergängen durchzogene skelettreiche polyedrische Roterde (60 cm). Die Böden der *Querceto-Carpineta* des Hochplateaus sind in der Oberschicht leicht humushaltige, braune Waldböden, deren Tiefe unter den verschiedenen Waldtypen schwankt (10—60 cm). Unter den *Tilio-Fraxineta* der Dolinenfelsen wird der Boden von schwarzem Kalkhumus gebildet, der sich unter den aufeinander gehäuften Felsblöcken in grössere Tiefen hinunterziehen kann.

Die Ergebnisse der Bodenuntersuchungen des Buschwaldteils des *Querceto-Cotinetum*, der bei der Aufforstung der öden Karstflächen in erster Linie als Ausgangspunkt in Betracht kommt, sollen in der nachstehenden Tabelle mit den Bodenuntersuchungsergebnissen der ihm am nächsten stehenden zwei benachbarten Phytozönosen (*Querceto-Lithospermetum* — *Brachypodium pinnatum*—*Waldsteinia*-Typ und *Festucetum sulcatae*-Typ) verglichen werden :

	pH	Y ₁	Y ₂	Humus	hy	T	S	V
<i>Querceto-Cotinetum</i> Buschwaldteil :								
0—20 cm	6,4	11,2	—	6,5	5,9	114,8	35,5	29,0
Tiergänge enthaltende Schicht ..	5,6	79,4	37	4,2	5,7	78,3	19,0	34,0
<i>Querceto-Lithospermetum</i> — <i>Brachypodium pinnatum</i> — <i>Waldsteinia</i> :								
0—20 cm	6,8	7,7	—	8,2	6,1	84,3	46,5	55,0
<i>Querceto-Cotinetum</i> Steppenwiesenteil :								
0—10 cm	7,2	2,7	—	9,9	6,1	99,4	52,4	52,7

In den vier verglichenen Proben sind das adsorbierte Mg (10 Gewichtsprozent), das K (2—3 Gewichtsprozent), das Na (0,2—1 Gewichtsprozent) mit ungefähr gleich grossen Werten vertreten, und überall dominiert das Ca (85 Gewichtsprozent).

Unter den vier Bodenproben fällt jedoch das von den Tiergängen durchgezogene Material infolge seines abweichenden Charakters in die Augen: die verhältnismässig hohen Werte der hydrolytischen Azidität (Y_1) und der Austauschazidität (Y_2), der kleinere Prozentsatz der Summe der adsorbierten Kationen (S) und der kleine Sättigungswert ($V\%$) legen Zeugnis davon ab, dass sich unter der heutigen Bodendecke in den Hohlräumen des Kalksteins auch in grösseren Mengen terrestrische Bildungen eines älteren geologischen Zeitalters befinden können und dass dieses Material von den Tieren in das höher gelegene Bodenprofil gefördert wurde. Diese Tatsache bestätigt den Reliktcharakter der Waldflecken, d. h. dass sich diese Waldflecken auch in der Mitte des Nagyoldal-Hanges bis zum heutigen Tage erhalten hätten, wenn die Bodenabtragung nicht fortgeschritten wäre. Die ähnlichen Sättigungswerte ($V\%$) des geschlossenen Waldes des *Querceto-Lithospermetum* und der Steppenwiese des *Festucetum sulcatae* unterstützen die Annahme, dass die Böden der sekundären oder grösser gewordenen Steppenrasenflecken ursprünglich im dickeren Zustande für den Waldbau geeignet waren und dass sie bei einer neuerlichen Anhäufung wiederum dafür geeignet sein werden.

Mikroklima

Über die Mikroklimaverhältnisse der Probefläche wurde bereits im Jahre 1954 ausführlich berichtet (JAKUCS, 1954). Aus diesem Grunde seien hier nur kurz die wesentlichsten und wichtigsten Merkmale hervorgehoben.

Die ausgeglicheneren Werte des Mikroklimas im *Querceto-Lithospermetum subnudum*-Typ der Talsohle sowie das unter dem Einfluss der Talnähe stehende kühlere und feuchtere Mikroklima schafft für den Wald günstige Bedingungen. Der infolge der Beschattung, der Windgeschütztheit und nicht zuletzt infolge der Wirkung der Streudecke feuchtere, gleichmässig temperierte Boden fördert das Erstarben der Verjüngung und gewährleistet das normale dynamische Gleichgewicht des Waldes.

Die Phytozönose des *Caricetum humilis stipetosum* in der Mitte des Hanges hat ein sehr warmes und sehr trockenes Mikroklima. Die Mosaikgesellschaft des zwischen diesen beiden Phytozönosen anzutreffenden Flaumeichen-Karstbuschwaldes steht (wenn man die Werte seiner Mosaikteile zusammenzieht) im ganzen genommen zwischen Hochwald und Steppe. Betrachtet man jedoch das Mikroklima der einzelnen Mosaikteile gesondert, so wird man finden, dass die Temperaturverhältnisse der Buschwaldteile kaum etwas höher als beim *Querceto-Lithospermetum* sind. In den Buschwaldteilen ist die Lufttrockenheit, d. h. die Verdunstung dagegen mehr als zweieinhalbmal so gross wie in dem ein feuchteres Mikroklima aufweisenden geschlossenen Wald und bloss kaum einhalbmal weniger als im Steppenwiesenteil des Mosaiks. Dieser zeigt wieder höhere Temperaturwerte und eine grössere Verdunstung als der Felsrasen

(*Caricetum humilis stipetosum*) (Abb. 11). Die Erklärung hierfür ist, dass auf den Lichtungen des Mosaiks die ausgleichende, mässige Wirkung des Windes

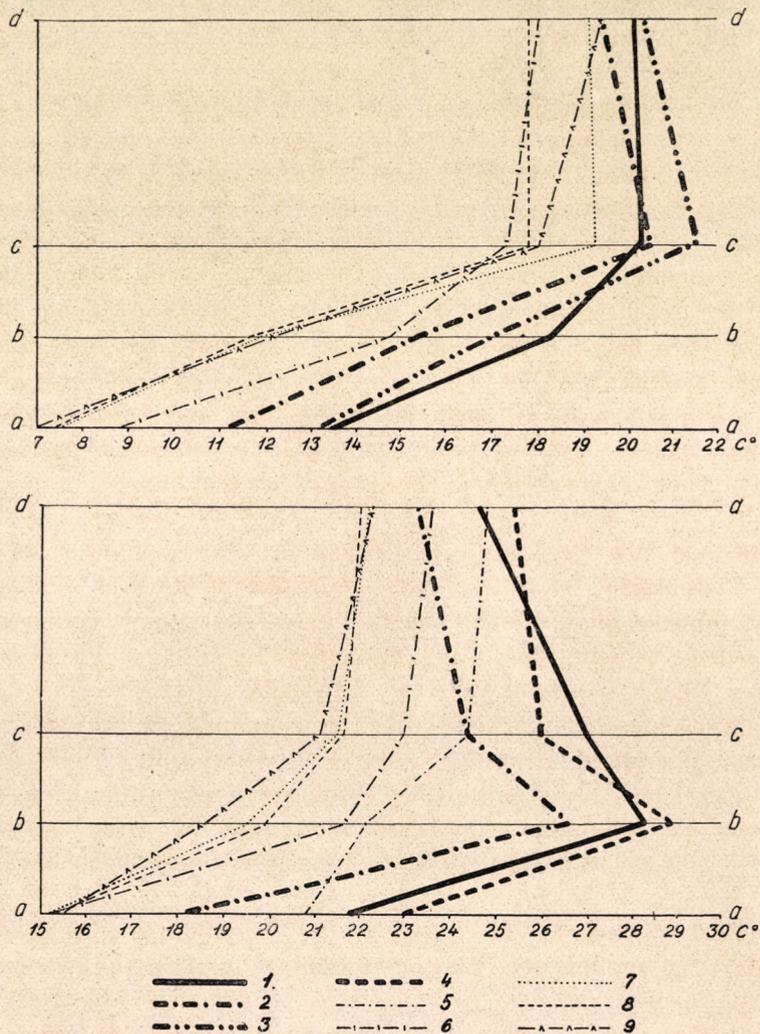


Abb. 11. Die Änderung der Temperaturdurchschnittswerte am Nagyoldal im Frühjahr und Sommer, im Boden, an der Bodenoberfläche, in 20 cm und in 2 m Höhe über dem Boden. 1. *Caricetum humilis — stipetosum*. 2. *Caricetum humilis*. 3. *Seslerietum heuflerianae*. 4. *Querceto-Cotinetum — Steppenwiesenteil*. 5. *Querceto-Cotinetum — Buschwaldteil*. 6. *Querceto-Lithospermetum — Brachypodium pinnatum — Waldsteinia*-Typ. 7. *Querceto-Carpinetum — Carex brevifolia*-Typ. 8. *Querceto-Carpinetum — Carex pilosa*-Typ. 9. *Tilio-Fraxinetum*. a) 20 cm tief im Boden, b) an der Bodenoberfläche, c) 20 cm über dem Boden, d) 2 m über dem Boden

nicht zur Geltung gelangt und dass hier bis zu einem gewissen Grade Wärmekessel entstehen. Diese Temperaturverhältnisse verursachen dann die frühere Austrocknung des Bodens in den Steppenwiesenteilen des *Querceto-Cotinetum*

und wirken sich auch ungünstiger auf den Holzwuchs des Buschwaldteiles aus. Ebenfalls auf das spezielle Mikroklima des Flaumeichenwaldteils des Mosaiks dürfte es zurückzuführen sein, dass hier die Aufforstungsversuche meistens erfolglos blieben und dass sich bei diesen der stark austrocknende Boden nur weiter degradierte.

Das Mikroklima der beiden Felsrasen, des *Seslerietum* und des *Caricetum*, zeigt starke Abweichungen voneinander. Das *Seslerietum* ist gleichmässig warm, trocken, ähnlich wie das *Caricetum stipetosum*. Das *Caricetum humilis* weist demgegenüber einen äusserst extremen Charakter auf. In diesem finden sich die grössten Unterschiede zwischen der Tages- und der Nachttemperatur am ganzen Nagyoldal. Eine der Ursachen für die starke nächtliche Abkühlung dürfte darin zu suchen sein, dass das Grundgestein tiefer unter dem schwarzen Kalkhumusboden liegt, so dass die Wirkung seiner Wärmeausstrahlung nicht in Erscheinung tritt, wie dies z. B. beim skelettreicheren *Seslerietum* der Fall ist. Im *Caricetum humilis* ist auch die Taubildung am stärksten und dauert am längsten. Dagegen ist seine Verdunstung (Lufttrockenheit) geringer als bei seiner windigeren, skelettreichen Subassoziation, dem *Caricetum humilis stipetosum*.

Wenn man den Tagesgang des Mikroklimas mit den durch den Jahresgang des Makroklimas charakterisierbaren Klimatypen vergleicht, wird man sehr viele ähnliche Züge finden. Um dies besser zu veranschaulichen, sei im nachstehenden versucht, den Gang des Mikroklimas einer Phytozönose mit den grossen Klimatypen in Parallele zu setzen. Wenn also hier bei der Kennzeichnung der *Carex humilis*-Assoziation der Ausdruck «Mikroklima von kontinentalerem Charakter» gebraucht wird, so ist darunter zu verstehen, dass der Tagesgang des Mikroklimas einen ähnlich extremen Gang aufweist wie der kontinentale Makroklimatyp. Diese Kennzeichnung wird auch durch die hier in Abb. 13 (6. Rubrik) gezeigten Arealspektrumuntersuchungen unterstützt.

Von den Wäldern des Hochplateaus des Nagyoldal ist der wärmste und verhältnismässig am meisten Wasser verdunstende, also der trockenste der des *Querceto-Lithospermetum* — *Brachypodium pinnatum*-*Waldsteinia*-Typs. Die Werte des Eichen-Hainbuchenwaldes und des Linden-Eschenwaldes stehen sehr nahe zueinander, was wahrscheinlich auf die fragmentarische Ausbildung des *Tilio-Fraxinetum* und auf die ausgleichende Wirkung der mit geschlossenem Walde bestandenen Dolinen zurückgeführt werden kann. Trotz diesem Umstande trat aber die niedrigere Temperatur der Bodenoberfläche im Linden-Eschenwald deutlich in Erscheinung. Obwohl sein Rendzinaboden nur bis zu einer Tiefe von 5 cm gemessen wurde, zeigte er dennoch kaum eine grössere Schwankung als die 20 cm tief gemessenen Böden der Eichen-Hainbuchenwälder. Die Lichtstärke war in den waldigen Pflanzengesellschaften um etwa 30 bis 50% niedriger als in den waldlosen.

Schlussfolgerungen

Die Untersuchung der Phytozönosen und ihrer Standorte ist eng mit den Fragen der Praxis verknüpft. Die Forstwirtschaft, die Wiesen- und Weidewirtschaft usw. beruhen auf der Ausnutzung der von den Phytozönosen produzierten organischen Stoffe. In Kenntnis der geographischen Lage, der Grundgesteinsverhältnisse, des Bodens sowie des Makro- und Mikroklimas eines Gebietes lassen sich die Entstehung und der heutige Zustand der das Gebiet bedeckenden Phytozönose oder Phytozönosentyps erklären. Da sich nun die Phytozönosen bzw. ihre Typen regelmässig wiederholen, so ist es möglich, in völliger Kenntnis des Zustandes und der Produktion einer Gesellschaft oder eines Typs auch für die anderswo vorkommenden Bestände dieser Gesellschaft allgemeine praktische Folgerungen abzuleiten.

Auf Grund der im obigen geschilderten Phytozönosen- und Standortverhältnisse der im Tornaer Karst gewählten Probestfläche wird man für die Praxis folgende Vorschläge machen dürfen.

Der Femelschlagbetrieb im *Querceto-Lithospermetum subnudum*-Typ führt zu keiner Degradation des Waldes. Auch die vorhandene Holzartenverteilung braucht nicht abgeändert zu werden, höchstens ist in die zweite Baumschicht in gesteigertem Mass die Hainbuche einzubringen (0,4).

Als Ausgangspunkt für die Aufforstung der öden Karstflächen haben unter allen Umständen die Buschwaldflecken des *Querceto-Cotinetum* zu dienen. (Die Ursachen für die Entstehung und Vergrößerung der öden Karstgebiete sind im ersten Teil der vorliegenden Arbeit behandelt.) Der wichtigste Schritt ist die Aufforstung der Steppenwiesenteile des *Querceto-Cotinetum*, d. h. der Zusammenschluss der Buschwaldteile. Dies ist ein sehr langsamer Prozess, der von KLIKA (1945) in seiner Arbeit über den Tornaer Karst wie folgt gekennzeichnet wird: «... wenn die Weidenutzung vor der vollständigen Vernichtung der regressiven Stadien der erwähnten Gruppen durch Tritt und Verbiss aufhört, kehren die obenerwähnten Gruppen durch die Reihe der progressiven Stadien in die Waldsteppe und in die xerothermen Laubwälder zurück». In den meisten Fällen haben sich während des Degradationsprozesses auch die Standortsfaktoren ganz wesentlich geändert (Bodenabtragung, Veränderung des Mikroklimas usw.), wodurch der Vorgang der Rückkehr sehr verlangsamt, oft Jahrhunderte hindurch verzögert wird. Die Aufforstungsversuche müssen unter Berücksichtigung der natürlichen Sukzession ausgeführt werden, wobei der Prozess durch Beschleunigung des Verlaufes der Sukzession abzukürzen ist. Wie sich HORVATIĆ (1928) ausdrückt: «L'étude des successions et la détermination des suites successives exactes doivent représenter la base unique et juste du reboisement du Karst naturel étant d'une importance égale à celle du reboisement artificiel». Der erste Schritt ist die von den Rändern der Buschwaldflecken ausgehende, im Interesse der Verdickung der

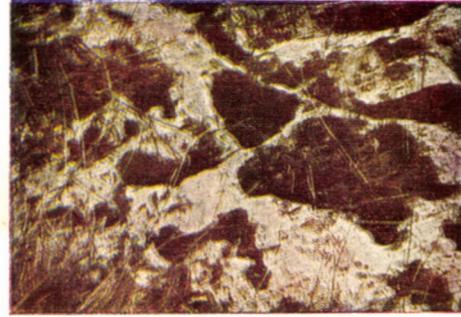


Abb. 12. a. Ansicht von Jósvalfő (im Hintergrund der Nagyoldal), im Vordergrund die infolge des Weideganges verkarsteten Kalksteinhänge. (Photo P. STEFANOVITS)
b. Ansicht des nördlich von Jósvalfő gelegenen Nagyoldal (Probefläche). (Photo P. STEFANOVITS)
c. Karren am Nagyoldal. (Photo P. STEFANOVITS)
d. Infolge von Degradation durch Weidegang entblößte Kalksteinoberfläche. (Photo P. STEFANOVITS)

Bodendecke durchzuführende Anpflanzung von Büschen vor Holzanbau. In erster Linie kommen *Cotinus coggygria*, *Fraxinus ornus*, *F. excelsior*, *Cornus mas*, *Prunus mahaleb*, *Quercus pubescens*, *Viburnum lantana* und *Ligustrum vulgare* in Betracht. Zeigte sich diese Anpflanzung von Sträuchern erfolgreich, so ist nach 20 bis 30 Jahren (inzwischen sind die eventuell zugrunde gegangenen Sträucher zu ersetzen!) der vollständige Schluss der Mosaikteile durch Setzung von Sämlingen unter die Sträucher zu versuchen. Im Gegensatz zu der weniger betonten Meinung einiger ungarischer Aufforstungsfachleute (HÉDER, 1954) sei also hier hervorgehoben, dass vor jeder eigentlichen Karstaufforstung *stets eine längere Zeit dauernde* Bepflanzung mit Sträuchern zu erfolgen hat. Nach einer vorherigen erfolgreichen Anpflanzung von Sträuchern sind die Sämlinge — in erster Linie Flaumeiche, Zerreiche und Manna-Esche — nicht in bestimmten geometrischen Abständen, sondern bei Ausnutzung und Berücksichtigung des Grundgesteins und der jeweiligen Standortverhältnisse (Spalten und Vertiefungen, ausserdem die im Laufe der Bepflanzung mit Sträuchern angehäuften dickeren Bodenflecke) auszusetzen. Es ist wichtig, dass die Setzung in einer regnerischen Periode stattfindet, da die Bodenaustrocknung der grösste Feind der Sämlinge ist. Man könnte vielleicht an den Karsthängen auch das in Deutschland erprobte Torftopfverfahren (HOUTERMANS, 1953) ausprobieren, dessen Wesen darin besteht, dass die in Torftöpfen aufgezogenen Sämlinge ohne Umsetzung im Freien ausgesetzt werden. Der Torf besitzt nämlich die Eigenschaft, bei Regen das Wasser selbst bis zum Zehnfachen seines Gewichtes aufzusaugen und es auch in der Trockenperiode lange Zeit hindurch zu speichern. Nach seinem Zerfall verbessert der Torf den Boden. Dieses Verfahren scheint weniger kostspielig zu sein als die Verunkrautung verursachende und den Standort weiter degradierende, häufig völlig erfolglose Setzmethode in Gräben oder Tellern usw. Die Aufforstung der waldlosen Flecke (*Querceto-Cotinetum*) des Übergangstreifens zwischen dem Hangfusswald und der Steppenwiese würde nicht nur eine Vergrösserung des *Querceto-Lithospermetum*, sondern gleichzeitig auch ein Vordringen des *Querceto-Cotinetum* auf die öden Karsthänge hinauf zur Folge haben. Die neu ausgestalteten, durch Zusammenschluss gebildeten Wälder sind noch lange als Schutzwälder zu betrachten und auch später nur langsam, vom Hange ausgehend vorsichtig in die Produktion einzubeziehen.

Mit dem hier geschilderten Verfahren lassen sich die unfruchtbaren öden Karstflecke des Tornaer Karstes verkleinern, doch wird es niemals möglich sein, sie gänzlich zum Verschwinden zu bringen, da ein Teil der Karstflächen ein primärer, ursprünglicher Zustand ist, dessen Standortverhältnisse niemals für den Wald geeignet oder wirtschaftlich nutzbar sein können. Ein grosser Teil des *Seslerietum*, des *Caricetum humilis* und des *Caricetum humilis stipetosum* besteht aus nicht beforstbarer öder Karstfläche. In der auf tiefgründigerem Boden gedeihenden *Caricetum humilis*-Assoziation könnte man vielleicht

eine Bestockung mit Schwarzkiefergruppen (*Pinus nigra*) versuchen, doch würde die wirtschaftliche Bedeutung wegen der ohnehin geringen Ausdehnung des Bestandes nur verschwindend klein sein.

Unter den Wäldern des Hochplateaus und seines gegen den Hang zu abfallenden Teiles sind die ein warmes, trockenes Mikroklima aufweisenden Bestände des *Querceto-Lithospermetum* — *Brachypodium pinnatum*—*Waldsteinia*-Typs als Schutzwald zu betrachten, wo höchstens die Gewinnung von Dürrlingen oder vorsichtiger Femelschlagbetrieb zulässig ist. Der Abtrieb dieses Waldtyps würde zu einer raschen Abtragung des Bodens und über Strauchstadien zur völligen Verkarstung führen. Die Bestände des *Tilio-Fraxinetum* dürfen ebenfalls nur in ähnlich vorsichtiger Weise genutzt werden. In den ausgedehnten Hainbuchenwäldern des Hochplateaus (die heutige Holzartenzusammensetzung lautet: Hainbuche 8, Traubeneiche 2, Buche in Einzelmischung) ist die stufenweise Umwandlung eines Bestandes von folgender Artenzusammensetzung durch Plenterung zu empfehlen: Buche 2, Traubeneiche 5, Hainbuche 3. Die heutigen, nahezu homogenen Hainbuchenwälder stellen nämlich wahrscheinlich einen sekundären Zustand nach dem Abtrieb dar. (Manchenorts scheinen alte Buchen und Eichen als Zeugen für die ursprüngliche und hier empfohlene Artenzusammensetzung zu stehen.) Am Boden der Dolinen kann auch eine regelmässige und gesteigerte Beimischung von Zitterpappelgruppen empfohlen werden.

*

Schliesslich sollen die pflanzengesellschaftlichen, standortkundlichen und wirtschaftlichen Verhältnisse der Probefläche zusammenfassend an Hand eines neuartigen Schaubildes vorgeführt werden (Abb. 13). Obgleich das Schaubild in konkreter Weise die durch Messungen und Untersuchungen festgestellten Verhältnisse der Probefläche am Nagyoldal bei Jósvalfő im Tornaer Karst angibt, lassen sich aber die daraus ziehbaren Folgerungen auch auf die ähnlichen benachbarten öden Karstgebiete verallgemeinern, sowie auch auf die sich langsam verkarstenden Südhänge des Bükkgebirges.

Die waagerechten Reihen der Abbildung geben die vom Hangfuss bis zum Plateau vorkommenden Pflanzengesellschaften in der Reihenfolge ihrer Lage an (wenn man die übereinander befindlichen Profiltelchen zusammensetzte, so würde man das zusammenhängende Vegetationsprofil des Nagyoldal erhalten). Wenn man also eine waagerechte Reihe als Phytozönose näher betrachtet, muss man gleichzeitig auch die Verhältnisse der darüber oder darunter befindlichen benachbarten Phytozönose in Betracht ziehen, mit denen die betreffende Phytozönose auch hinsichtlich ihrer Eigenschaften in unmittelbarer Berührung steht.

In der ersten Rubrik der waagerechten Reihen sind die Benennung, die Exposition, die Höhe über dem Meeresspiegel und der Neigungswinkel der

betreffenden Phytozönose angegeben, sowie ausserdem eine schematische Profilskizze ihres heutigen Zustandes.

In der zweiten Rubrik ist ein komplexes Diagramm zu sehen, das die Struktur- und Holzertragsverhältnisse wiederspiegelt und das die Holzmassenproduktion des Waldes und ihren Zusammenhang mit der ganzen oberirdischen Phytozönose darstellt (JAKUCS, 1953). Die Werte dieser Diagramme wurden auf Grund der auf 1 ha bezogenen Werte der 625 m² grossen Probeflächen der einzelnen Phytozönosen berechnet. Auf der Abszisse wurden die prozentualen Werte des Deckungsgrades aufgetragen, was bei der Baumschicht dem Schluss entspricht. Die Ordinate zeigt die Höhe in Metern an, u. zw. gesondert für die Spitze der Kronenhöhe, für den Durchschnitt des Kronensatzes (Astfreiheit), für die Höhe der Strauchschicht und für die der Krautschicht. Die schräg von der Hauptachse aus nach unten verlaufende dritte Achse stellt in 100facher Verkleinerung (im Vergleich zu dem bisherigen Massstab) die erhaltenen Holzmassenwerte dar (1 Einheit = 100 m³). Die sich an deren Ende anschliessende waagerechte Achse gibt den durchschnittlichen Stammdurchmesser an. Das aus diesen Angaben gebildete Prisma drückt getreu den Charakter und den Ertrag der verschiedenen Phytozönosen bzw. Waldtypen aus. Die senkrechte Strichelung auf der dem Beschauer zu gerichteten Fläche des Prismas zeigt den Prozentsatz des Bestockungsgrades an (die vollständige Strichelung der Fläche entspricht einem Bestockungsgrad von 100% = 1,0). Über den Diagrammen sind Stückzahl, Alter und Bonität angeführt. Das Alter wurde den Waldbeschreibungen entnommen, die Bonität beim *Querceto-Carpinetum* für die Hainbuche berechnet (nach GREINER), bei den übrigen für die Eiche (nach FEKETE, 1945). Der Holzertrag wurde je nach der Holzart auf Eiche oder Buche umgerechnet, u. zw. nach den Tabellen von GRUNDNER—SCHWAPPACH. Der Bestockungsgrad wurde aus dem Deckungsgrad berechnet, die übrigen Werte (Höhe, Deckungsgrad, Stückzahl, Durchmesser usw.) beruhen auf konkreten Messungen bzw. auf deren Durchschnittswerten.

In der dritten Rubrik des Schaubildes sollen die charakteristischen Bodentypen der auf Kalkstein anzutreffenden Phytozönose und ihre Profile vorgeführt werden. Die verschiedenen Tiefen des Bodenprofils werden durch die seitliche Einteilung veranschaulicht.

Die zusammenfassende Charakterisierung des anderen wichtigen Standortsfaktors, des Mikroklimas, wird in der sechsten Rubrik gegeben. Da bei den Mikroklimafaktoren — ähnlich wie beim Makroklima — der Charakter ihres Ganges viel wichtiger und kennzeichnender als ihre Durchschnittswerte ist, werden die vierte und fünfte Rubrik dazu benutzt, dies an Hand eines willkürlich herausgegriffenen, konkreten Beispiels zu veranschaulichen: die vierte Rubrik stellt einen Luftmassenerwärmungs- und Luftmassenabkühlungsprozess während 30 Stunden an einem charakteristischen Sommertag im Tornaer Karst (von 8^h am 7. VII. 1953 bis 14^h am 8. VII. 1953) in 20 cm Höhe über der Boden-

oberfläche dar.¹¹ Die Verbindung der in den einzelnen Phytozönosen erhaltenen Werte miteinander vermittelt ein gutes Bild des Erwärmungs- und Abkühlungsdynamismus der Luftmassen und der sich zwischen den einzelnen Phytozönosen ausbildenden scharfen Mikroklimagrenzen. In der fünften Rubrik werden die Werte der Wasserverdunstung während derselben Zeitspanne vorgeführt. (1 cm Breite entspricht 1 cm³ verdunstetem Wasser.) Bei der Mosaikassoziation des *Querceto-Cotinetum* bedeuten die nach aussen gerichteten Keile die Verdunstungswerte der Steppenwiesenteile und die nach innen gerichteten die der Buschwaldteile. Die zwischen diesen Werten gezogene Gerade zeigt den Durchschnitt an.

Aus den Standorts- und hauptsächlich aus den Mikroklimaverhältnissen folgt auch der Charakter des Unterwuchses. Dies wird durch die in der siebenten Rubrik befindlichen Arealpektren bestätigt (Eua = eurasisch, Eu = europäisch, Em = mitteleuropäisch, M = mediterran, Kt = kontinental, End = Endemismus, P = pontisch, Pm = pontisch-mediterran, B = balkanisch, Bp = balkanisch-pannonisch, K = kosmopolitisch, Cp = zirkumpolar, Alp = alpin, KárpB = karpatisch-balkanisch).

In der letzten Rubrik ist der Vorschlag angeführt, der auf Grund der in den vorherigen Rubriken angegebenen Standorts- und Phytozönosenverhältnisse zur Ausbildung, zur Behandlung oder zum Schutz einzelner Assoziationen gemacht wurde, d. h. der günstigste Zustand, der für die Forstwirtschaft erreicht werden kann. Die in derselben Rubrik befindlichen Profilzeichnungen zeigen jenen idealen Zustand, der sich bei richtiger, die wissenschaftlichen Forschungsergebnisse berücksichtigender Behandlung und bei solchen Massnahmen im besten Fall auf den öden Karstgebieten schaffen lässt.

LITERATUR

- BACSÓ, N.: 1952. A hőmérséklet szélső értékei Magyarországon (1901–1950). (Die Extremwerte der Lufttemperatur in Ungarn 1901–1950. Ungar. u. deutsch.) Budapest.
- BOROS, Á.: 1935. A Szilicei és Barkai jégbarlangok növényzete. (Die Vegetation der Eishöhlen von Szilice und Barka. Ungar. m. deutsch. Zusammenfass.) Botanikai Közl. **32**, S. 104–114.
- BOROS, Á.: 1938. Florisztikai Közlemények II. (Floristische Mitteilungen II.) Botanikai Közl. **35**, S. 310–320.
- BOROS, Á.: 1949. Florisztikai Közlemények III. (Floristische Mitteilungen III.) Borbásia, **9**, S. 28–34.
- BULLA, B.: 1954. Általános természeti földrajz. (Allgemeine natürliche Geographie. Nur ungar.) Budapest.
- DEGEN, A.: 1936. Flora Velebitica. Budapest.
- DEYL, M.: 1946. Study of the Genus *Sesleria*. Praha.
- DOSTÁL, J.: 1933. Geobotanický přehled vegetace Slovenského Krasu. Věst. Král. Čes. Spol. Nauk. S. 1–46.

¹¹ Alle hier angeführten Angaben des *Querceto-Cotinetum* sind Durchschnittswerte der gesondert für den Steppenwiesenteil und gesondert für den Buschwaldteil ermittelten Werte.

PHYTOZÖNOZEN-, STANDORTS- UND WIRTSCHAFTSVERHÄLTNISSE AUF EINEM CHARAKTERISTISCHEN KALKSTEINKARST

[TORNAER KARST, JÓSVAFŐ, NAGYOLDAL]

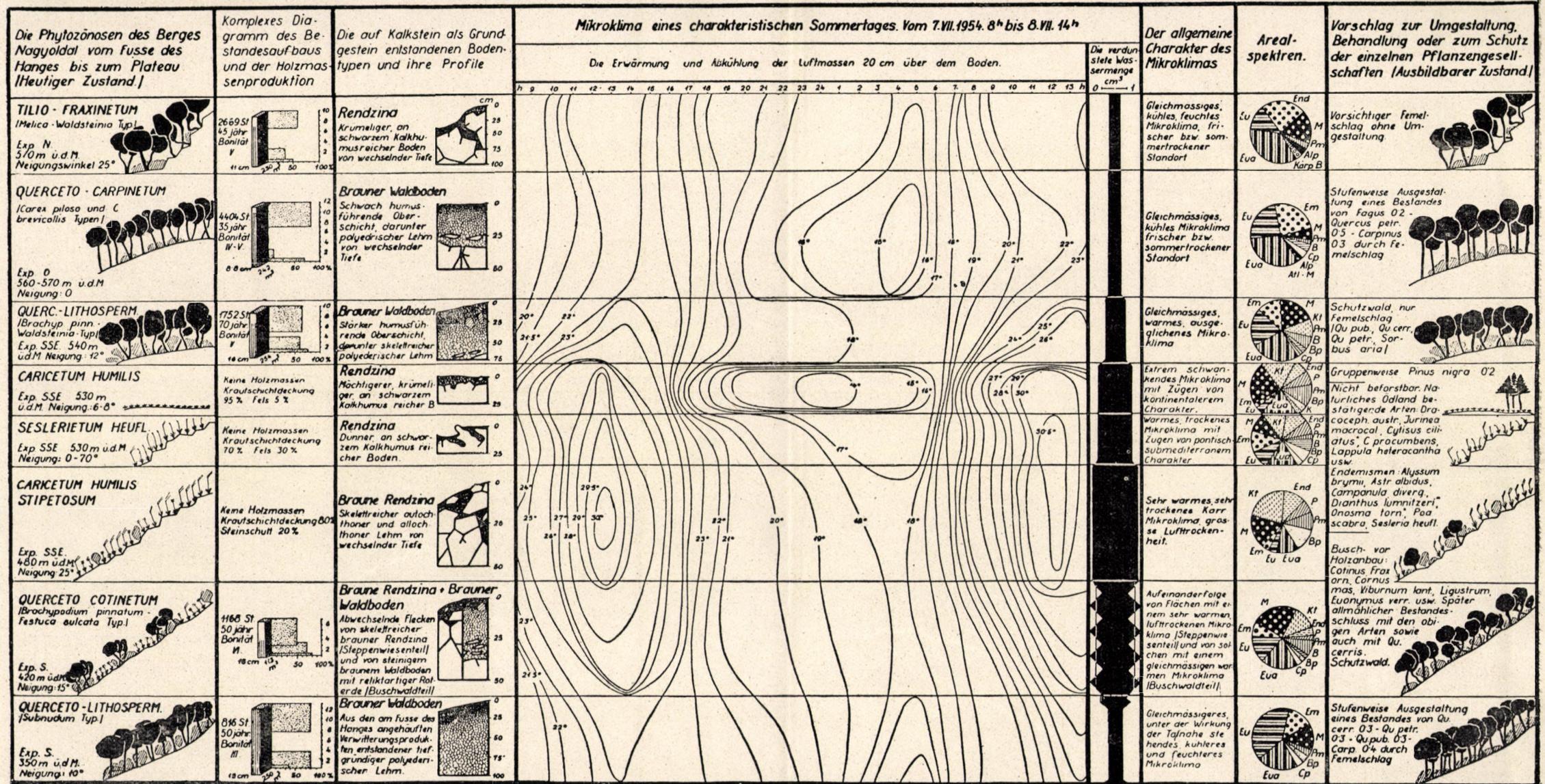


Abb. 13

- DUGELAY, A.: 1952. La déforestation du Karst en Yougoslavie. *Revue Forestière Française*, Nancy. S. 827–832.
- ECKERT, M.: 1896. Das Karrenproblem. *Zeitschrift für Naturwiss.* **68**, S. 321–432.
- ECKERT, M.: 1898. Die Karren oder Schratzen. *Petermanns Mitteil.* **44**, S. 69–71.
- ECKERT, M.: 1902. Das Gottesackerplateau, ein Karrenfeld im Allgäu. *Wiss. Ergänz.-Hefte z. Zeitschr. d. Deutsch. und Öst. Alp. Ver.* Bd. **I**.
- EGGLER, J.: 1941. Flaumeichenbestände bei Graz, B. B. C. **61**, S. 261–316.
- EGGLER, J.: 1951. Walduntersuchungen in Mittelsteiermark. *Mitt. des Naturwiss. Ver. für Steiermark.* **79/80** S. 8–101.
- EHWALD, E.: 1953. Der forstliche Wuchsbezirk als Mosaik von Standortseinheiten. *Festsitz u. Wiss. Tag. am 17. u. 18. Okt. 1953. Deutsche Akad. d. Landw. z. Berlin.* S. 124–146.
- ELLENBERG, H. u. ZELLER, O.: 1951. Die Pflanzenstandortkarte. Am Beispiel des Kreises Leonberg. *Forsch.- u. Sitzungsber. d. Akad. für Raumforsch. und Landesplanung* **2**, S. 11–49.
- FEHÉR, D.: 1954. *Talajbiológia. (Bodenbiologie. Nur ungar.)* Budapest.
- FEKETE, Z.: 1945. *Fatermési és faállományszerkezeti vizsgálatok a hazai tölgyesekben. (Untersuchungen über Ertrag und Struktur der ungarischen Eichenwälder. Ungar. m. deutsch. Zusammenfass.)* Sopron.
- FÉNYES, E.: 1847. *Magyarország leírása. (Die Beschreibung von Ungarn. Nur ungar.)* Budapest.
- FÉNYES, E.: 1851. *Magyarország geográfiai szótára. (Geographisches Wörterbuch von Ungarn. Nur ungar.)* Budapest.
- FREY-WYSSLING, A.: 1949. *Stoffwechsel der Pflanzen.* Zürich.
- FUTÁK, J.: 1947. *Xerothermná vegetácia skupiny Knazného Stola.* Trnava.
- HAJÓSY, F.: 1952. *Magyarország csapadékviz viszonyai (1901–1940). (Die Niederschlagverhältnisse von Ungarn. Ungar. u. deutsch.)* Budapest.
- HÉDER, I.: 1954. *Dolomit- és mészkőkopárokra telepített erdők hatásvizsgálata és a kiöregedő állományok felújítása. (Untersuchungen über die Wirkung der auf Dolomit- und Kalkstein-Ödlandflächen gepflanzten Wälder und die Verjüngung von alternden Beständen. Nur ungar.)* *Erdészeti Kutatások.* **2**, S. 87–101.
- HORVAT, I.: 1942. *Die Pflanzenwelt Kroatiens.* Zagreb.
- HORVATÍČ, S.: 1928. *La flore et la végétation du Karst.* Zagreb.
- HOUTERMANS, : 1953. *Torftöpfe. Allg. Forstzeitschrift* **8**, S. 160–161.
- ISSLER, E.: 1942. *Vegetationskunde der Vogesen. Pflanzensoziologie* **5**, Jena.
- JAKUCS, P.: 1951. *Új adatok a Tornaai Karszt flórájához, tekintettel a xerotherm elemekre. (Quelques données nouvelles à la flore du Carst de Torna en égard aux éléments xerothermiques. Ungar. m. franz. u. russ. Zusammenfass.)* *Ann. Biol. Univ. Hung.* **1**, S. 245–260.
- JAKUCS, P.: 1952. *Újabb adatok a Tornense flórájához. (Neue Angaben zur Flora des Tornaer Karstes. Ungar. m. deutsch. u. russ. Zusammenfass.)* *Ann. Biol. Univ. Hung.* **2**, S. 235–243.
- JAKUCS, P.: 1953. *Pflanzensystematische Angaben aus dem Tornaer Karst.* *Ann. Hist.-Nat. Mus. Nat. Hung.,* **3**, S. 79–91.
- JAKUCS, P.: 1954. *Mikroklímamérések a Tornaai Karszton, tekintettel a fatömegprodukción és a karsztfásításra. (Relevés microclimatologiques en rapport avec la production de bois et le reboisement des surfaces dénudées [carstiques]. Ungar. m. franz. u. russ. Zusammenfass.)* *Ann. Hist.-Nat. Mus. Nat. Hung.,* **5**, S. 149–173.
- JURKO, A.: 1951. *Vegetácia stredného Pohornádia.* Bratislava.
- KLIKA, J.: 1933. *Studien über die xerotherme Vegetation Mitteleuropas. II. Xerotherme Gesellschaften in Böhmen.* B. B. C. **50**, S. 707–773.
- KLIKA, J.: 1937. *Xerotherme und Waldgesellschaften der Westkarpathen (Biezover Berge).* B. B. C. **57**, S. 295–342.
- KLIKA, J.: 1945. *O vlivu pastvy na rostlinná společenstva Krasového uzemi. Příroda* **37**, S. 297–301.
- KNAPP, R.: 1942. *Zur Systematik der Wälder, Zwergstrauchheiden und Trockenrasen des eurosibirischen Vegetationskreises. Arb. Zentralst. f. Veget.-Kart. d. Reiches, Beil. z. 12. Rundbrief.*
- LÁNG, S.: 1953. *Természeti földrajzi tanulmányok az északmagyarországi középhegységben. (Physisch-geographische Forschungen im nordungarischen Mittelgebirge. Ungar. m. deutsch. u. russ. Zusammenfass.)* *Földrajzi Közlemények* **1**, (77), S. 21–64.
- LEEL-ÓSSY, S.: 1952. *Karrosodás és karros formák. (Die Bildung von Karren und Karrenformen. Nur ungar.)* *Hidrológiai Közöny* **32**, S. 298–303.

- LINDNER, G. : 1930. Das Karrenphänomen. Petermanns Mitteil. Ergänzungsheft. **203**, S. 1—83.
- LUNDEGÅRDH, H. : 1954. Klima und Boden (IV. Aufl.) Jena.
- Максимов, Н. А. 1948 : Краткий курс физиологии растений. Москва.
- MEUSEL, H. : 1939. Die Vegetationsverhältnisse der Gipsberge im Kyffhäuser und im südlichen Harzvorland. Hercyna **2**.
- RAISZ, K. : 1975. Aggtelek helységének földkönyve. (Das Grundbuch der Ortschaft Aggtelek. Nur ungar.) Im Manuskript.
- RIPPEL-BALDES, A. : 1952. Grundriss der Mikrobiologie. Berlin.
- SACHS, J. : 1865. Handbuch der Experimental-Physiologie. Leipzig.
- SAWICKI, L. : 1909. Beiträge zum geographischen Zyklus im Karste. Geograph. Zeitschr. **15**, S. 185—281.
- SCHMID, E. : 1936. Die Reliktföhrenwälder der Alpen. Beitr. geobot. Landesaufnahme Schweiz, **21**.
- SIMKOVICS (SIMONKAI), L. : 1882. Kirándulásaim a Bihar- és az Iskolahegységeken. (Meine Exkursionen im Bihar- und im Iskolagebirge. Nur. ungar.) Természetrizsi Füzetek **5**, S. 43—56.
- Soó, R. : 1931. Adatok a Balatonvidék vegetációjának ismeretéhez III. (Beiträge zur Kenntnis der Vegetation des Balatongebietes III. Ungar. m. deutsch. Zusammenfass.) Magy. Biol. Kut. Int. I. Oszt. Munk. **4**, S. 293—319.
- Soó, R. : 1933. Analyse der Flora des historischen Ungarns. Magy. Biol. Kut. Int. I. Oszt. Munk. **6**, S. 173—194.
- Soó, R. : 1940. Vergangenheit und Gegenwart der pannonischen Flora und Vegetation. Nova Acta Leop. **9**, S. 3—49.
- Soó, R. : 1949. Les associations végétales de la moyenne Transylvanie II. Les associations des marais des prairies et des steppes. Acta Geobot. Hung. **6**, 2, S. 3—107.
- Soó, R. u. JÁVORKA, S. : 1951. A Magyar Növényvilág Kézikönyve. (Handbuch der ungarischen Pflanzenwelt. Nur ungar.) Budapest.
- TATÁR, M. : 1938. A pannóniai flóra endemikus fajai. (Endemische Arten der pannonischen Florenprovinz. Ungar. m. deutsch. Zusammenfass.) Acta Geobot. Hung. **2**, S. 63—127.
- WENDELBERGER, G. : 1954. Steppen, Trockenrasen und Wälder des pannonischen Raumes. Angew. Pflanzensoziologie, Festschr. Aichinger **1**, S. 573—634.
- ZÓLYOMI, B. : 1936. Übersicht der Felsenvegetation in der pannonischen Florenprovinz und dem nordwestlich angrenzenden Gebiete. Ann. Mus. Nat. Hung., **30**, S. 136—174.
- ZÓLYOMI, B. : 1942. A középdunai flóraválasztó és a dolomitjelenség. (Die Mitteldonau-Florenscheide und das Dolomitphänomen. Ungar. u. deutsch.) Botanikai Közl. **39**, S. 209—231.
- ZÓLYOMI, B. : 1950. Фитоценозы и лесомелиорации обнажений гор Буда. (Les phytocénoses des montagnes de Buda et le reboisement des endroits dénudés. Russ. m. franz. Zusammenfass.) Acta Biologica Hung. **1**, S. 7—67.
- ZÓLYOMI, B. : 1952, 1953. Die Entwicklungsgeschichte der Vegetation Ungarns seit dem letzten Interglazial. Acta Biologica Hung. **4**, S. 367—430 (in ungar. Sprache : 1952).
- ZÓLYOMI, B.—JAKUCS, P.—BARÁTH, Z.—HORÁNSZKY, A. : 1954—1955. A bükkhegységi növényföldrajzi térképezés erdőgazdasági vonatkozású eredményei. (Forstwirtschaftliche Ergebnisse der pflanzengeographischen Kartierung des Bükkgebirges. Nur ungar.) Az Erdő **3**, S. 78—82; 97—105; 160—171. (In deutsch. Sprache : Acta Botanica Hung. **1**, 3—4, 1955.)

ФИТОЦЕНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБЛЕСЕНИЕ КАРСТА В СЕВЕРНОЙ ВЕНГРИИ

П. ЯКУЧ

Резюме

В своей статье автор, исходя из относящихся к растительному покрову, среде и лесоводству новых результатов местных исследований больших районов Венгрии (Торнаи Карст и горы Бюкк) и подробного анализа небольшой образцовой площади (Йошвафё, Надольдал), используя также сравнительный материал литературы, приступает к решению проблемы «голых мест карстов» как с теоретической, так и с практической точки зрения. Он устанавливает в введении, что причина нынешнего большого распространения голых мест карстов кроется во вторичных причинах (неправильное лесоводство, пастьба,

деградация почвы, лесной пожар, и т. д.). Вторичные голые места карстов, образовавшиеся чаще всего из небольшого первичного безлесного ядра на большинстве мест распространялись за счет сообществ карстовых кустовых лесов, произрастающих между лесом и безлесными площадями.

Костяком данной статьи служит изучение отобранной на Торнаи Карсте в Северной Венгрии образцовой площади с точки зрения фитоценологии, места произрастания и экономики. На этой площади автором было проведено сравнительное исследование 7 растительных сообществ и типов сообществ. (*Querceto-Cotinetum*; Тип *Brachypodium pinnatum-Festuca sulcata*; *Caricetum humilis stipetosum pulcherrimae*; *Seslerietum heufflerianae*; *Querceto-Lithospermetum* тип *Brachypodium pinnatum* — *Waldsteinia*; *Querceto-Carpinetum*; *Tilio-Fraxinetum*.) С точки зрения облесения карстов самым важным является сообщество карстовых кустовых лесов *Qu.—Cotinetum*. Автор подробно распространяется о положении и толковании этого типа в Венгрии и в Средней Европе, и устанавливает, что в Венгрии можно различать два типа ксеротермных карстовых кустовых лесов, а именно: 1. тип, больше всего распространенный на доломитах Трансданубии, напоминающий средиземноморский шибляк, характеризуемый присутствием *Cotinus* и *Fraxinetum*, и 2. образовавшиеся преимущественно на известняках Северо-венгерского среднегорья каёмочные сообщества с мозаичным характером, которые появляются больше всего на переходных областях между *Qu.* — *Lithospermetum* и степными лугами.

При обсуждении результатов исследования места обитания автор обращает внимание на то, что в горных местностях одним из самых важных факторов места обитания является основная порода, и что следовало бы более глубоко изучить не только ее качество (например, доломит, известняк, глинистый сланец, и т. д.), но и возраст, условия расположения (простираение, падение и т. д.), структуру, свойства и т. д. Автор подробно излагает происходящие на поверхности основной породы известняка географические карстовые явления, образование карров, связь между ходом образования карров и растительностью. Он устанавливает, что внутрипочвенная жизнь безусловно способствует образованию карров. В частности то обстоятельство, что большая часть почвенных микроорганизмов, группирующихся вокруг корней, и сами корни производят в интересах питания кислоты, растворяющие породу, и таким образом содействуют образованию карров. Влага и вода атмосферных осадков также просачиваются прежде всего вдоль корней, которые благодаря своему действию натяжения легко проникают в мелкие трещины известняка. Согласно автору, образование карров происходило и происходит интенсивнее всего под кустовыми, карликовыми лесами с выносливыми стволами, которые произрастают на крайних пределах вегетативных возможностей.

Автор излагает результаты исследования почвы и микроклимата отдельных сообществ. Он хочет подтвердить этими результатами мнение, согласно которому карстовые склоны когда-то были облесены.

Во главе «Выводы» автор в полном знании условий фитоценозов и мест произрастания дает для каждого сообщества или типа практические указания по лесоводству и предначертывает те пути, по которым, принимая во внимание естественную смену фитоценозов, можно надеяться на самые лучшие результаты при облесении голых мест карстов.

В приложении статьи автор показывает на комплексном графике условия фитоценоза, места произрастания и экономические условия образцовой площади, а также достигаемые результаты. Внесением небольших изменений данные графика можно обобщить для подобных мест соседних областей.