

## VERGLEICHENDE KARSBODENUNTERSUCHUNGEN IM GEBIRGE BÜKK UND IM KARST VON AGGTELEK IN UNGARN

ILONA BÁRÁNY—KEVEI

*Lehrstuhl für Physischergeographie  
A. József Universität, Szeged, 6722, Ungarn*

Seit mehreren Jahren unternehmen wir systematisch analysierende Bodenuntersuchungen in den Karstgebirgen von Ungarn. Ziel dieser Untersuchungen ist der Nachweis der in den Karstböden ablaufenden Veränderungstendenzen, beziehungsweise die Bewertung der Wirkung dieser Veränderungen auf die Karstkorrosion. Die im Jahre 1978 im Bükkgebirge begonnenen Untersuchungen (die für die weiteren Beobachtungen als Etalon dienen) wurden nach mehrjährigen Forschungen mit einem anderen vom Bükkgebirge abweichenden Bodentyp in Aggtelek ergänzt.

Die beiden Karstgebiete sind genetisch vom gleichen Typ, gewisse lithologische Unterschiede und die Abweichungen im Prozeß der Oberflächenentwicklung der Gebirge hatten Wirkung auf die Entwicklung der Böden. Die Karstböden der Bükkgebirge sind schwarze oder braune Rendsinen, es sind aber auch auf die Dynamik der braunen Waldböden hinweisende Varianten zu finden, abhängig davon, in welcher geomorphologischen Schicht oder Lage das Gebiet vorkommt. Im Karst von Aggtelek sind die Varianten der roten Karstböden und die Rendsinaböden häufig, im allgemeinen sind die reiferen, konsolidierteren Böden wie die Böden der Plateaudolinen der Bükkhochebene.

Die physikalische Zusammensetzung betrachtend gehören die Böden in die Ton— (0,001—0,002 mm), Schlamm— und Gesteinmehl— (0,002—0,05 mm) Fraktion, es kommt aber auch ein wenig Feinsand (0,05—0,1 mm) vor. Wenn wir die Karstböden von Aggtelek und Bükk vergleichen, dann sind beim ersteren die Ton— und Schlammfraktion in höherer Prozentzahl zu finden. Das Gesteinmehl beträgt in den Dolinen von Aggtelek etwa 50%, in dem Bükkgebirge etwa 60%. Die Abweichung der Schlammfraktion ist geringer, die Tonbestandteile sind stärker nachweisbar.

Solange in den Bodenproben vom Bükk der Anteil des Tons überall unter 10% bleibt, beträgt dieser Wert in den Böden von Aggtelek 15%. Diesen Unterschied kann man nicht vernachlässigen, da die Mehrheit der Bodenkolloiden zu dieser Körnchenkategorie gehören, und dies beeinflußt die Menge der an den Kolloiden gebundenen oder austauschbaren Ionen und die Wasserbindefähigkeit grundlegend. Die Menge des groben Gesteinmehls der Gesteinmehlfraction in den Proben von Aggtelek beträgt das 2—2,5 fache des feinen Gesteinmehls. Nach den Untersuchungen in den Dolinen von Aggtelek verdoppelt sich die Menge des Tons in größerer Bodentiefe (es wurde bis zu 4,5 m gebohrt), was sich in noch größeren Tiefen weiter erhöht. Dieses hängt damit zusammen, daß hier das aus Feinfraktion

bestehende Material sich verdichtet. Nach den Messungen von *L. Zámbo* (1986) kann die Menge der Tonfraktion in 1,5 m tiefer Dolinenausfüllung auch schon 40% erreichen.

Die ökologischen Wirkungen kommen selbstverständlich in den Bodenschichten nahe der Oberfläche am meisten zur Geltung, somit beziehen sich unsere weiteren Untersuchungen auf die oberer Bodenschichten.

Nach den Untersuchungen in den Dolinenböden von Aggtelek weisen die pH—Verhältnisse bedeutende Unterschiede auf. Bei dem Vergleichen der KCl und pH—Werte läßt sich erkennen, daß der pH—Wert in den Plateaudolinen der Bükkgebirge am Dolinengrund niedriger ist als am anderen Teil des Berghanges, in Aggtelek haben wir in jeder Exposition niedrigere pH—Werte gemessen. Der pH—Wert des Bodens beeinflusst unter den chemischen Eigenschaften vorwiegend die biogene Aktivität. Mehrere Jahre lang haben wir die pH—Werte der Dolinenböden sowohl im Wasser als auch in KCl—Lösung untersucht. Von den beiden Werten ist der pH—Wert in der Wasserlösung in jedem Fall größer, da das KCl in der Bodenlösung eine neutrale Salzauflösung verursacht, dadurch wird der Boden saurer. Der Unterschied zwischen den beiden Werten beträgt bei sauren Böden 0,2—0,5. Wenn dieser Unterschied größer ist, bedeutet dies, daß der Boden zu sauer wird, was für die Pflanzen Schädlich ist, hat aber große Bedeutung in der Herausbildung der mikrobialen Tätigkeit (*P. Stefanovits*, 1981.)

In einer Doline der Bükkgebirge (wo die antropogene Wirkung ausgeschlossen ist, da sie vollkommen geschützt ist) haben wir den pH—Wert im Jahre 1982 und 1984 analysiert, die Abweichungen zwischen wässrige und KCl—Bodenlösung betrug 0,2—0,6. In derselben Doline bewegte sich nach zwei Jahren die Abweichung des pH—Wertes zwischen 0,4—1,3, aber in den meisten Fällen hat sie den Wert 0,7 überschritten. Diese Änderung bedeutet eindeutig, daß der Boden immer saurer wird. Dieser Vorgang kann in diesen Karstböden mit der Ansammlung saurer Humusanteile bzw. mit der Reaktion zwischen den ungebundenen sauren Gruppen und den Kationen auf der Oberfläche der organischen Stoffe erklärt werden. Dieser Vorgang vollzieht sich auch bei der Wirkung von sauren Humusstoffen in den kalkhaltigen Grundgesteinen. In den Dolinen von Aggtelek beträgt der Unterschied zwischen den beiden pH—Werten 0,8—1,8, was auf den stärkeren Säuerungsvorgang hinweist (Abb. 1., 2.). Hinsichtlich der Bindigkeit und der Humusstoffe haben wir in den Dolinen von Bükk höhere Werte gefunden.

Bisher haben wir keine Angaben über die Menge der Metallanteile gemacht, deshalb möchten wir jetzt darauf eingehen. Den Anteil an Zink, Kupfer, Magan und Eisen bei den Zwei unterschiedlichen Dolinenböden geben wir im ppm-Wert an (mg/100 g Boden). Der Zink— und Kupfergehalt in den Dolinen von Bükk ist im allgemeinen höher. Der Mangangehalt ist im N—S Querschnitt niedriger, aber im O—W Schnitt höher. Messungen hinsichtlich des Eisengehalt haben wir nur in den Dolinen von Aggtelek, Phosphorpentoxid und Kaliumoxid in den Dolinen von Bükk durchgeführt.

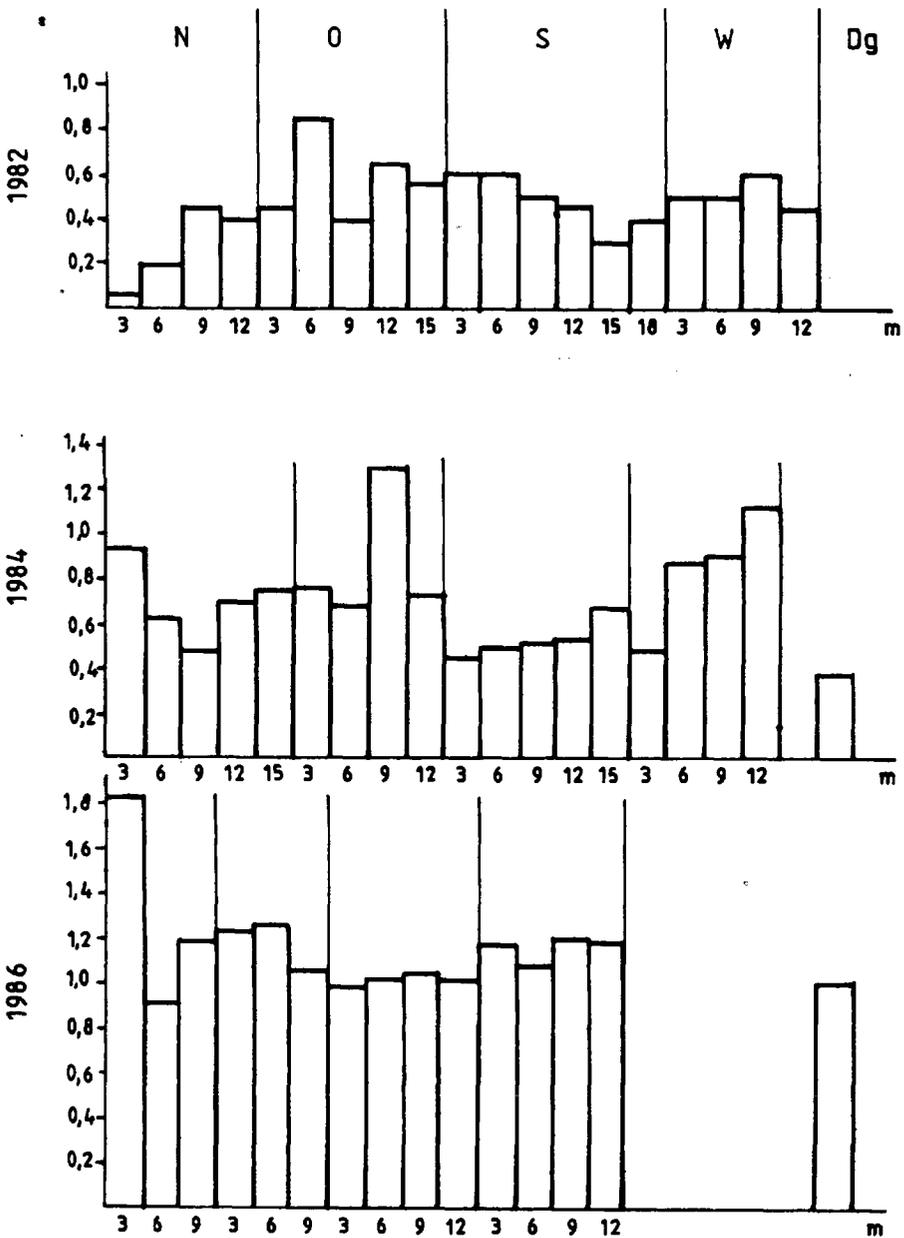


Abb. 1. Die Differenz zwischen pH Werten (H<sub>2</sub>O) und pH Werten (KCl) in einer Tiefe von 5 cm der Dolinen—Bodenschicht im Bükkgelbge in den Jahren 1982 und 1984, bzw. im Aggtelek—Gebirge im Jahre 1986. (N = Nordabhang, O = Ostabhang, S = Südabhang, W = Westabhang, Dg = Dolinengrund, 3,6,9,...m = Isohypsen aufwärts vom Dolinengrund.)

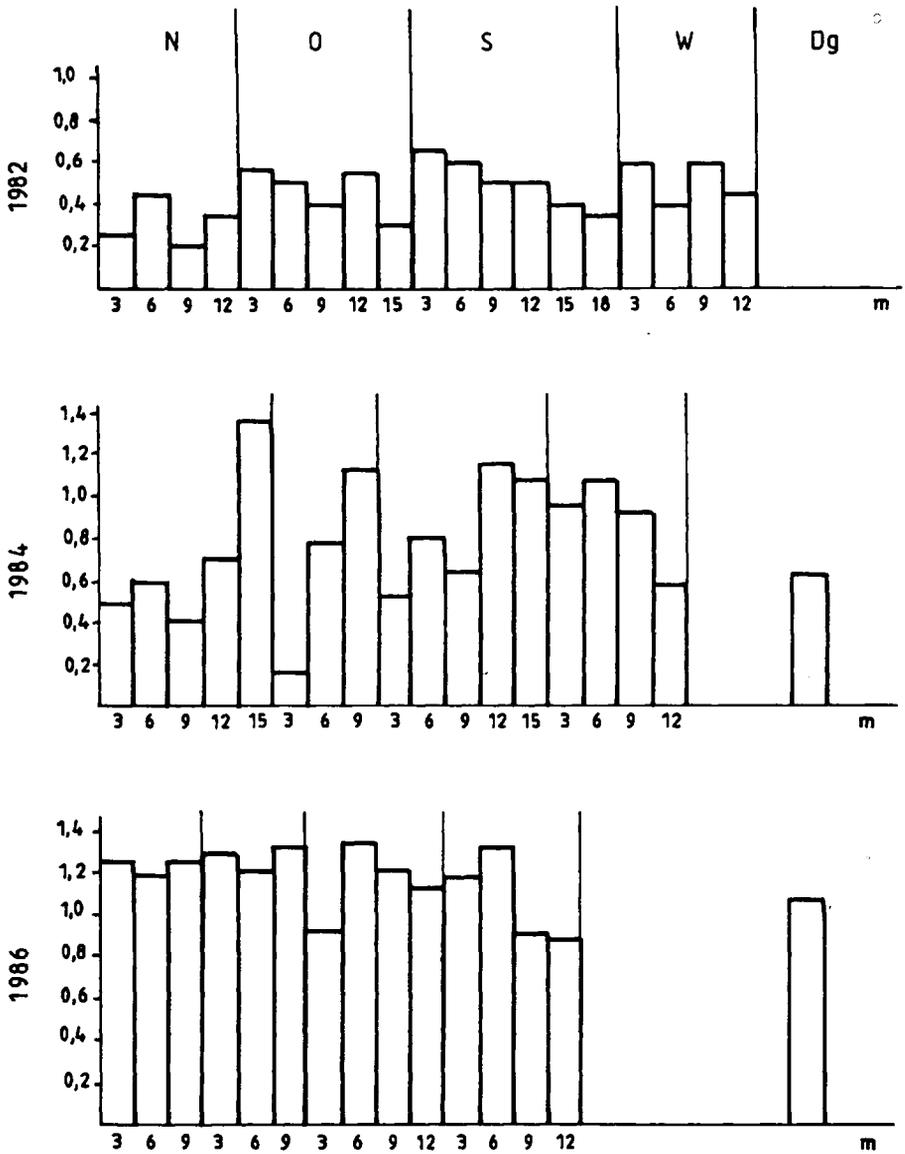


Abb. 2. Die Differenz zwischen den pH Werten (H<sub>2</sub>O) und pH Werten (KCl) in einer Tiefe von 30 cm der Dolinen—Bodenschicht im Bükkgebirge in den Jahren 1982 und 1984, bzw. im Aggtelek—Gebirge im Jahre 1986. (Buchstabensynbole s. Abb. 1.)

Hinsichtlich der im Wasser löslichen Kationen bzw. Anionen kann man feststellen, daß in den Dolinen von Aggtelek die Ionelemente in geringerer Menge vorhanden sind als in den Dolinen von Bükk. Das entspricht auch der stärkeren Säuerungstendenz. Die Gesamtkationmenge ist wesentlich geringer am westlichen Berghang der Dolinen von Aggtelek im Vergleich zur Datenreihe der Dolinen von Bükk.

Wir haben aufgrund unserer Aufnahmen von Bükk (1978, 1984, 1985) die Korrelationsverbindung der Menge der im Wasser löslichen Kationen und Anionen auf den unterschiedlichen Dolinenhängen bewertet. Wir haben in jedem Jahr, in jedem Fall und bei jedem Hang mit mehr als 10 Daten gearbeitet, somit weist der Wert des Korrelationsfaktors über  $r=0,62$  auf eine reale Verbindung hin (Gy. Péczely, 1979.). Im allgemeinen hängt die Menge der im Wasser löslichen Kationen und Anionen von der physikalischen, chemischen und biologischen Zustandsänderung der Böden ab, nach mehreren Jahren kann man aber gewisse Tendenzen beobachten. Man kann feststellen, daß in drei Jahren die Korrelationsverbindung der  $K^+$  und  $Na^+$  Ionen sich zu den  $Cl^-$  und  $SO_4^{2-}$  Ionen nicht wesentlich geändert hat, die Korrelationsfaktoren weisen auf dem nördlichen und südlichen Hang auf eine reale Verbindung hin. Im Falle der Magnesiumionen kann man eine ähnliche Tendenz auf dem westlichen Hang beobachten, hier ist aber der Wert der Korrelationsfaktoren niedrig, welches auf eine lockere Verbindung hinweist. Hinsichtlich der  $Ca^{2+}$  Ionen kann man mit der Pufferfähigkeit der auf Kalksteingrund herausgebildeten Böden erklären kann.

Wenn man die Korrelationsfaktoren der Dolinen von Aggtelek und Bükk vergleicht, ist die enge Korrelation der  $HCO^-$  Ionen mit den  $Ca^{2+}$  Ionen  $Mg^+$  Ionen in den Dolinen von Aggtelek ersichtlich (Abb. 3., 4., 5.). In den Dolinen von Bükk weisen neben den  $Mg^+$  Ionen die  $Na^+$  Ionen eine Korrelation mit den  $HCO^-$  Ionen auf. Bei beiden Karsten kann man aber nachweisen, daß die Korrelationsverbindung der  $Cl^-$  und  $SO_4^{2-}$  Ionen mit den Kationen ungewiß ist oder es besteht keine meßbare Verbindung. In den Dolinen von Bükk hat sich in den letzten zwei der drei untersuchten Jahre (1984, 1985) diese Verbindung aufgelockert. Im Jahre 1978 war bei den meisten Datenaufnahmestellen zwischen der Menge der Kationen und Anionen eine enge Korrelation vorhanden. Die Abschwächung der Verbindung ist auch in diesem Fall auf den Säuerungsvorgang zurückzuführen.

Die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Bodens wirken auf die biogene Aktivität, und dadurch auch auf die  $CO_2$  Produktion im Boden. Die Bakterienpopulationen wurden in den Aufnahmen von 1985 in Bükk untersucht und die erhaltenen Ergebnisse werden zusammen mit dem Bodenfeuchtigkeitsverhalten bekanntgegeben (Abb. 6., 7.). Auf Grund unserer früheren bakteriellen Untersuchungen (I. Bárány—G. Mezösi, 1978) ist die Feststellung interessant, daß trotz des höheren Feuchtigkeitsgehalts die Bakterienzahl nur in 5 cm bodentiefe in dem N—Schnitt hoch ist. Am östlichen Hang erhöht sich die Zahl der Bakterien nur am Dolinenrand. Bei 30 cm ist die Zahl der Bakterien eindeutig niedriger als 1982.

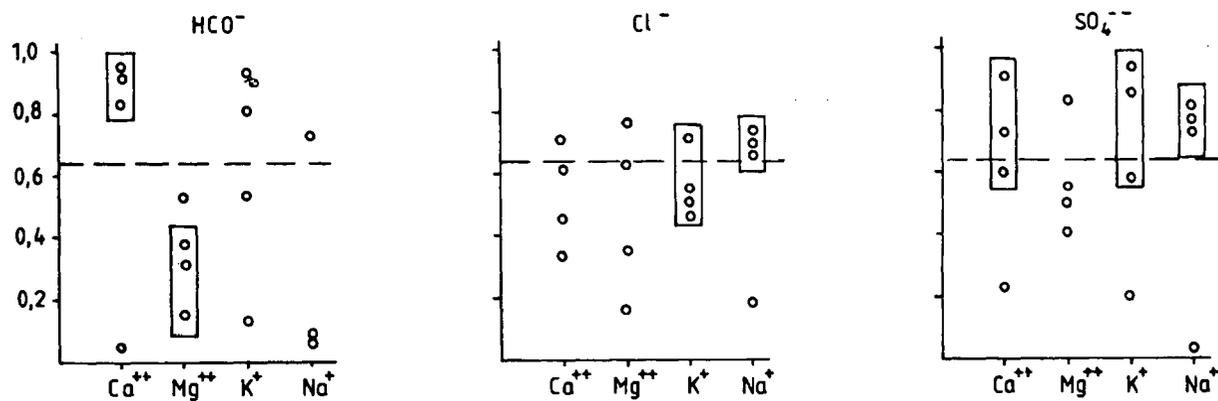


Abb. 3. Der Korrelationszusammenhang zwischen den wasserlöslichen Anionen und Kationen in einen Doliner des Bükkgebirges im Jahre 1984. (Die  $r$  Werte, die zu den einzelnen Anionen und Kationen gehören, wurden nach den daten der Abhänge der vier Haupthimmelsrichtungen festgestellt.)

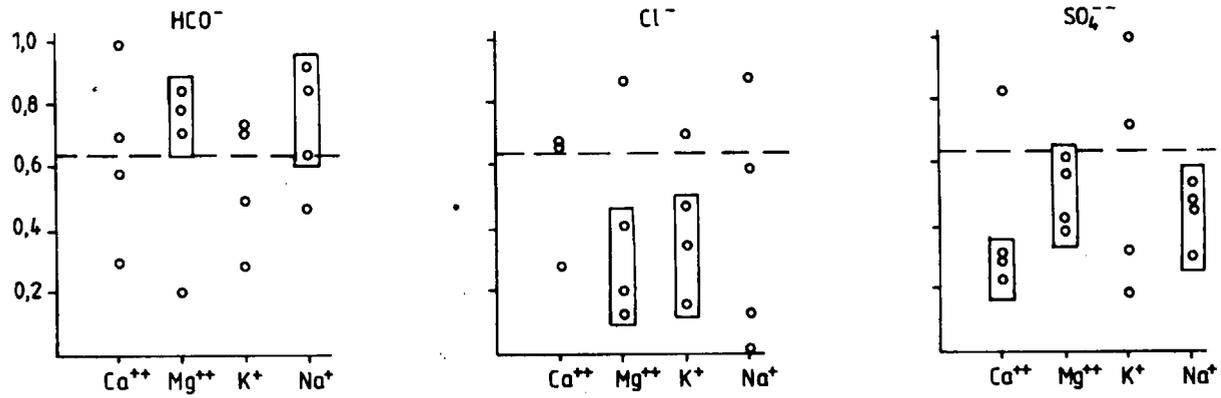


Abb. 4. Der Korrelationszusammenhang zwischen den wasserlöslichen Anionen und Kationen in einer Doline des Bükkgebirges im Jahre 1985. (Für die Interpretation der  $r$  Werte s. Abb. 3.)

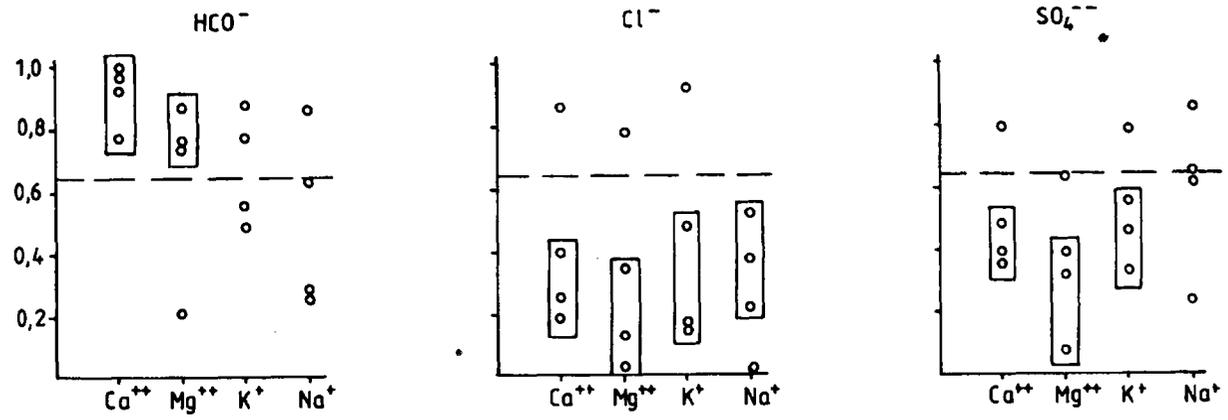


Abb. 5. Der Korrelationszusammenhang zwischen den wasserlöslichen Anionen und Kationen in einer Doline des Aggtelek—Gebirges im Jahre 1866. (Für die Interpretation der  $r$  Werte s. Abb. 3.)

Die bakterielle Tätigkeit bzw. die Anzahl der Bakterien ist abhängig von dem Bodenzustand. Bei den Bodeneigenschaften hängt die Durchlüftung des Bodens von dem Bindigkeitsgrad ab. In den Dolinen von Bükk finden wir die Bindigkeitswerte mit der Bakterienzahl vergleichen, können wir feststellen, daß die Zahl der Bakterien auf dem nördlichen und südlichen Hang in den Bodenschichten mit niedrigerem Bindigkeitsgrad höher ist. Dieser Zusammenhang kann auf dem östlichen und westlichen Hang nicht immer nachgewiesen werden, was darauf hinweist, daß hier in der Entwicklung der Bakterienpopulation auch andere Eigenschaften eine Rolle spielen. So wie wir uns auch früher schon damit beschäftigt haben, wird die bakterielle Tätigkeit durch den Feuchtigkeitszustand des Bodens wesentlich beeinflußt (auch auf den Tafeln stehen die Feuchtigkeitswerte). So lange auf dem nördlichen Hang die Höheren Tagestemperaturen (*I. Bárány, 1967., 1983.*) die Herausbildung eines niedrigeren Feuchtigkeitsniveaus verursachen, so lange ermöglichen auf dem südlichen Hang niedrigere Tagestemperaturen die Erhaltung eines höheren Feuchtigkeitsniveaus. Im letzteren Fall sichert der Boden günstigere Voraussetzungen für die bakterielle Tätigkeit. In seinem Charakter ist der Temperaturverlauf auf beiden Hängen ähnlich, nur auf dem südlichen Hang ist Tagsüber die Temperatur wesentlich geringer. Daneben ist es auch günstig, daß auf dem südlichen Hang (nördliche Exposition) die Amplitude der Tagestemperatur klein ist, welche auf dem nördlichen Hang auch das dreifache betrage kann. Die Bakterienzahl weist mit den pH-Werten des Bodens auch auf den N—S—Querschnitt hin. Im O—W—Querschnitt ist dieser Zusammenhang schon komplizierter, der Temperaturverlauf weicht zeitlich von dem auf dem nördlichen und südlichen Hang erfahrenen ab. Die Tagesamplitude ist kleiner als auf dem nördlichen Hang, aber größer als auf dem südlichen Hang. In 5 cm Bodentiefe ist die bakterielle Tätigkeit wesentlich intensiver als in den tieferen Schichten, da die obere Bodenschicht maßgebend ist bei der Herausbildung der Zusammensetzung der Bodensäuerung noch weiter ab.

Zwischen der Menge der Kationen und Anionen finden wir vorwiegend auch auf dem nördlichen und südlichen Hang eine Korrelationsverbindung, die auch in den Dolinen von Aggtelek auf ähnlicher Weise zu beobachten ist.

Zusammenfassend können wir feststellen, daß auf unseren beiden wertvollsten Karstgebieten in dem Bükkgebirge und im Gebirge von Aggtelek die untersuchten Dolinenböden sich in Richtung der Bodensäuerung entwickeln. Die Dolinen von Bükk stehen unter Naturschutz, in den Dolinen von Aggtelek und ihrer Umgebung befindet sich freie Tierhaltung. Das Maß der Bodesäuerung ist im Falle der unter landwirtschaftlicher Produktion stehenden Dolinen stärker als in den unberührten Gebieten. Gleichzeitig können wir feststellen, daß bei den Karstböden ohne menschliche Einwirkung auch ein Tendenz der Säuerung zu beobachten ist, welche auf die Wirkung des säuerlichen Absetzens zurückzuführen ist. In den Dolinen von Bükk hat sich die bakterielle Tätigkeit verhältnismäßig zu den früheren Jahren verringert, die sich in tieferen Bodensäuerung — entsprechend der Erhöhung der Bodensäuerung — noch weiter verringert.

Angesichts der Entwicklung der Oberflächenkarstform ist die Berücksichtigung der oben genannten Eigenschaften sehr wichtig.

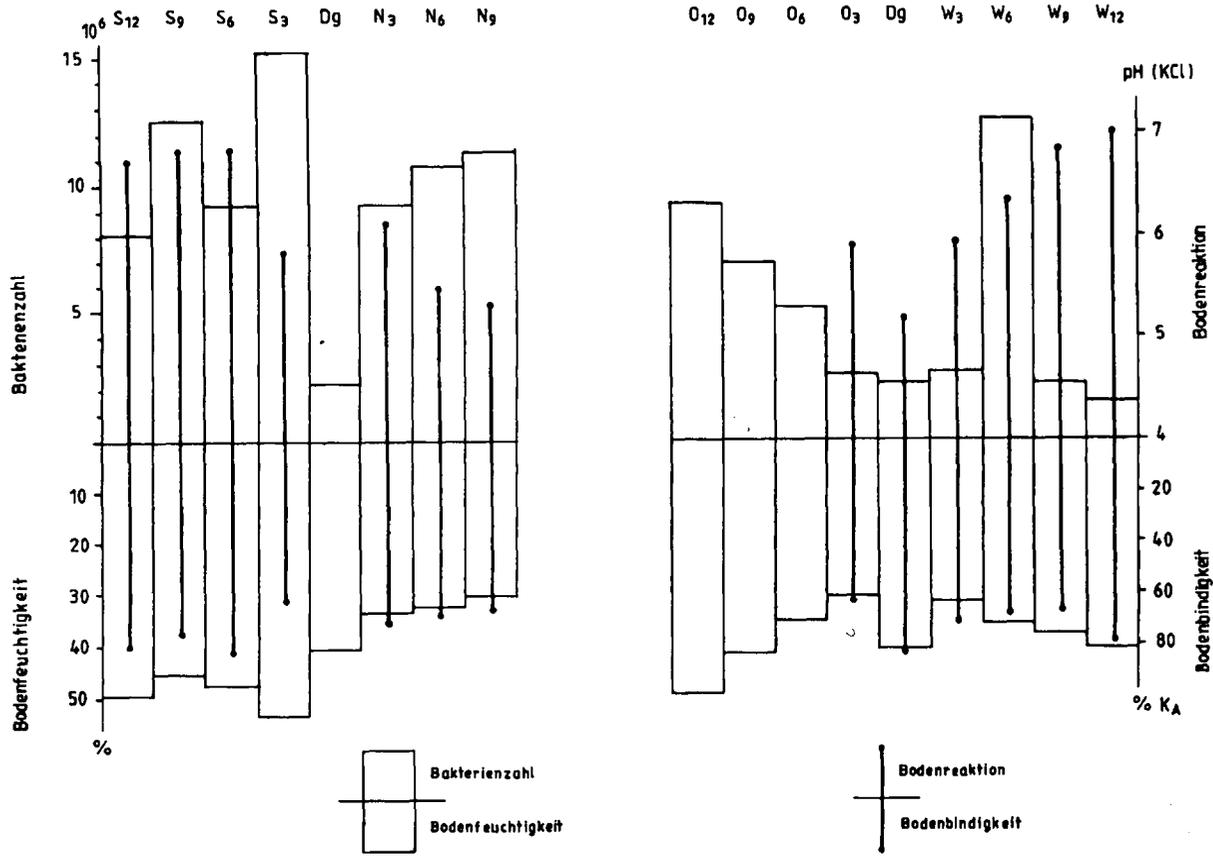
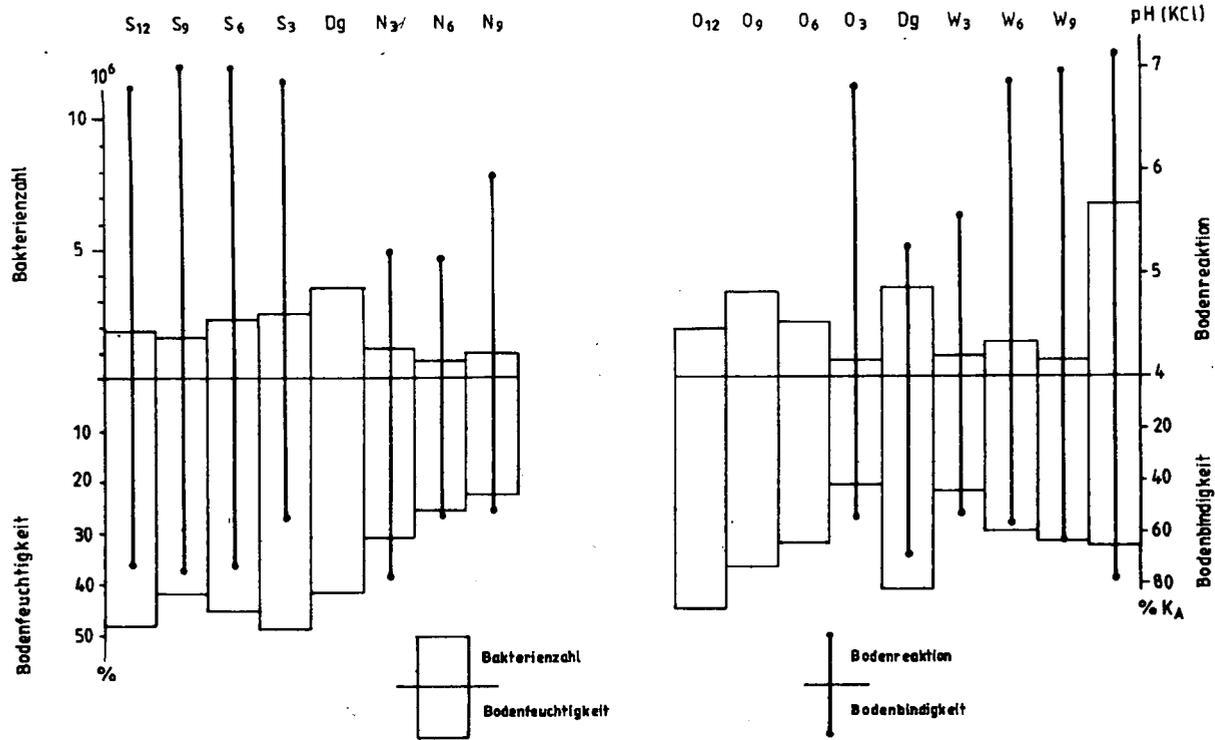


Abb. 6. Die Bakterienzahl und die Bodenfeuchtigkeit bzw. die pH—Werte (KCl) und die Bodenbindigkeit (nach Arany) auf den verschiedenen Abhängen einer Doline im Bükkgebirge in einer Tiefe von 5 cm. (Buchstabensymbole s. Abb. 1.)



VERGLEICHENDE KARSTBODENUNTERSUCHUNGEN

Abb. 7. Die Bakterienzahl und die Bodenfeuchtigkeit bzw. die pH—Werte (KCl) und die Bodenbindung (nach Arany) auf den verschiedenen Abhängen einer Doline im Bükkgelände.

## LITERATUR

- Bárány, I.* (1967): Der Einfluss des Niveauunterschiedes und der Exposition auf der Lufttemperatur in einer Doline in Bükk—Gebirge.  
Acta Climatologica Univ. Szegediensis, Tom VII. Fasc. 1—4., 85—109.
- Bárány, I.* (1983): Some data about the composition of flóra in karst dolines. (Einige Daten zu der Zusammensetzung der Karstdolinen.)  
Acta Geographica Univ. Szegediensis, Tom. XXIII. 179—187.
- Bárány, I.—Mezősi, G.* (1978): Adatok a karsztos dolinák talajökológiai viszonyaihoz. (Daten zur bodenoekologischen Verhältniss der Karstdolinen.)  
Földrajzi Értesítő, XXVII. évf. 1. füzet, 65—73.
- Péczely, Gy.* (1979): Éghajlattan. (Klimatologie.)  
Tankönyvkiadó, Budapest. 312—321.
- Sefanovits, P.* (1981): Talajtan. (Bodenkunde.)  
Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.