

Bakteriologische Studien im Naturschutzgebiet Moosfenn bei Potsdam

Wolfgang R. Müller-Stoll, Jürgen Overbeck, Manfred Naumann

1. Einleitung
2. Bakteriologische Untersuchungen
 - 2.1 Methodik
 - 2.2 Ergebnisse
3. Auswertung
4. Literatur

Zusammenfassung

Der Gehalt an Bakterien nimmt von der grauen über die schwarze Torfschicht und weiter nach unten bedeutend ab, steigt jedoch in der Gytja-Schicht vorübergehend leicht an. Wahrscheinlich wirkt bei den Veränderungen der Keimzahlen das anorganische Phosphat als Minimum-Faktor. In der kälteren Jahreszeit tritt eine Verringerung der Azidität ein und der Gehalt an Ca , NH_4 und PO_4 verringert sich gleichfalls, was auf eine vorübergehende Vernässung und nachlassende Zersetzungs-Tätigkeit zurückzuführen sein dürfte.

Summary

Bacteriological Studies in National Reserve Trust Property Moosfenn near Potsdam

The content of bacteria is diminished essentially from grey to black layer and from there downwards; indeed, in the gyttja layer it increased somewhat transitorily. Probably inorganic phosphate was the minimum factor for variation of bacterial numbers. In the colder season a decrease of acidity takes place and the contents of Ca , NH_4 and PO_4 diminished also; this can be explained by temporary wetting and a diminishing disintegration activity.

1. Einleitung

Über die Bakterien-Flora der Hochmoore und der hochmoorartigen Bodenbildungen liegen schon eine Reihe von Arbeiten vor, die aber meist aus methodi-

schen Gründen nicht zu quantitativen Vergleichen herangezogen werden können. Die Gründe für den geringen Bakterien-Gehalt in den Hochmooren sind neben dem hohen Wassergehalt und der sauren Reaktion des Standorts vor allem in ihrer Nährstoffarmut zu suchen. Die geringe Bedeutung des Wassergehalts geht bereits aus den Versuchen von FABRICIUS & FREILITZEN (1905) hervor, die in entwässertem Moorboden keine wesentliche Zunahme des Keimgehaltes feststellen konnten. Auch der pH-Wert ist im Hochmoor nur von geringer Bedeutung; ob die Reaktion des Untergrundes bei pH = 3,5 oder bei pH = 4,5 liegt, ist für den Pflanzenwuchs nicht wesentlich. Jedoch ist die Nährstoffbilanz der Hochmoore, allem voran der Phosphat-Gehalt, von entscheidender Bedeutung.

2. Bakteriologische Untersuchungen

2.1 Methodik

Bei der Bakterienbestimmung nach der Membranfilter-Methode ist von Nachteil, daß den *Sphagnum*-Resten aufsitzende Bakterien nicht erfaßt werden; auch lebende und tote Bakterien können nicht unterschieden werden. Wegen der starken Verunreinigung des Moorwassers erwies sich folgende Arbeitsweise als zweckmäßig: Einlegen eines feuchten Coli-S-Filters in den Filtrierstutzen, Ansaugen und Filtration der Probe bestehend aus 20 ml vorfiltriertem Wasser mit 1 % Formaldehyd und 0,1 ml vorfiltriertem Untersuchungswasser, Nachspülen, Hitze-Fixierung des Filters bei etwa 70 °C und 20 min im Trockenschrank, Färbung durch Auflegen des Filters auf die Oberfläche einer Methylenblau-Lösung (0,5 g und 10 ml 96%iger Alkohol auf 100 ml aufgefüllt), Färbzeit 1 min., Trocknen, Filter auf die Oberfläche einer Wasserschale legen, damit der überschüssige Farbstoff herausgelöst wird, Trocknen, Objektträger mit Kanadabalsam bestreichen, Filter und Deckglas auflegen. Die Auszählung erfolgte mit Netzokular bei 680facher Vergrößerung in 20 Feldern, wobei zwischen Stäbchen und Kokken unterschieden wurde; dabei beträgt der Fehler etwa + 10 % (vgl. MÜLLER & STEINWEG 1958).

Aus der schwarzen Torfschicht und 10 cm darunter (-10 cm) wurden auch Untersuchungen nach der Plattenmethode durchgeführt. Zur Proben-Entnahme dienten 50 ml-Weithals-Flaschen mit einem Ansatz, die vor Benutzung sterilisiert und dabei der Ansatz in Papier gehüllt wurde. Der durchbohrte Ansatz wurde bei Entnahme der Probe in die entsprechende Schicht gedrückt, die Papierhülle zurückgeschoben und das Moorwasser vorsichtig angesaugt. Die Zusammensetzung des Nährbodens erfolgte nach den Angaben von FEHER (1933: 7ff.). Zur Herstellung von Bodenextrakten wurde Moorboden vom

Moosfenn benutzt. Es folgte die Zählung der aeroben Bakterien auf Fleischextrakt-Gelatine bei 15 °C und Bodenextrakt-Agar bei 25 °C nach 7 Tagen; die anaeroben Bakterien wurden auf Zucker-Agar bei 37 °C nach 10 Tagen in Petrischalen gezählt; der Ausschluß von Sauerstoff wurde durch Pyrogallol und Soda-Lösung erreicht, jeweils 2 ml, und Abdichtung durch Zellstoff-Lagen mit eingelegten Fäden. Als günstigste Verdünnungsstufen erwiesen sich 1 : 100 und 1 : 1000. Bei der Plattenmethode lag der Fehler etwas niedriger und betrug etwa 6 bis 7 % (vgl. dazu auch MÜLLER & STEINWEG 1958).

2.2 Ergebnisse

Aus der Tabelle 1 geht hervor, daß der Bakterien-Gehalt des Wassers nach der Membranfilter-Methode in den aeroben Schichten wesentlich höher als in tieferen Schichten liegt, wobei der Bakterien-Gehalt mit zunehmender Tiefe deutlich abnimmt. Ein Anstieg erfolgt nochmals in der Gytja der Flachmoor- und Uliginosa-Zone und sogar im zentralen Moor, jedoch auch in der Turfosa-Zone, ohne daß hier die Gytja-Schicht mit erfaßt wurde. Tabelle 1 zeigt ferner, daß der Bakterien-Gehalt der aeroben Schichten im Moosfenn von außen nach innen abnimmt. In den aeroben Schichten wurden neben Kokken 4 bis 10 % Stäbchen gefunden; bei 100 cm unter der schwarzen Schicht wurden nur Kokken festgestellt. Im April zeigten Proben aus der Uliginosa-Zone etwa 80 % Stäbchen in der schwarzen Schicht und etwa 50 % bei -40 cm Tiefe; oft bildeten 4 bis 5 Stäbchen eine Kette.

Im Vergleich mit der Membranfilter-Methode lieferte die Plattenmethode erheblich niedrigere Werte, nämlich 1/10tel bis 1/40stel. Aus ihr ist aber ebenfalls zu erkennen, daß in der aeroben schwarzen Schicht mehr Bakterien enthalten sind als 10 cm darunter (Tab. 2). Sie zeigt auch, daß die Turfosa-Zone ärmer an Bakterien ist, als die Uliginosa- und Flachmoor-Zone. Für die schwarze Schicht wurden 0,3 bis 0,7 % und 10 cm darunter 7,2 bis 18,2 % anaerobe Bakterien gefunden.

ARNDT (1916) und CHRISTENSEN (1919) fanden bereits, daß nitrifizierende Bakterien in den Hochmooren fehlen, dafür aber ammoniakbildende Keime vorhanden sind. Deshalb konnte im Moosfenn auch kein Nitrit nachgewiesen werden, denn aller Stickstoff lag als Ammoniak vor und entsteht aus dem Eiweiß-Abbau; der Ammoniak wird von den höheren Pflanzen im Moor bevorzugt aufgenommen (MÜLLER-STOLL 1947). Neben dem Protein-Abbau kommt auch die Zufuhr von Ammoniak aus der Luft mit den Niederschlägen in Betracht; dabei wird auch Nitrat zugeführt, das jedoch sofort der Denitrifikation unterliegt und in Ammonium umgewandelt wird (ARNDT 1916; CHRISTENSEN 1919). Der Ammonium-Gehalt der Hochmoore ist im allgemeinen beträchtlich (HÖLL 1928) und liegt im Moosfenn zwischen 0,61 und 12,5, jedoch meist bei 2

	Zentrales Moor	Turfosa-Zone	Uliginosa-Zone	Flachmoor-Zone
Graue Schicht	2,21	7,65	6,38	8,56
Schwarze Schicht	2,45	6,49	5,01	9,03
- 10 cm darunter	0,91	1,49	1,64	1,37
- 40 cm	0,93	3,17	0,76	1,60
- 60 cm	0,98	4,61	0,38	4,65
- 100 cm	1,15	3,40	1,59	1,54
	%	%	%	%
Graue Schicht	7	4-11	5-7	4-8
Schwarze Schicht	9	5-6	4-7	6-7
- 10 cm darunter	5	3	3-4	3
- 40 cm	6	4	2-3	0
- 60 cm	0	0-2	0-4	4-8
- 100 cm	0	0	0	-

Tab. 1: Bakterien-Gehalt in 10^6 /ml nach der Membranfilter-Methode in der Zeit vom 8.7.-29.7.1960. Unten Stäbchen in % der Gesamtzahlen, Mittelwerte.

		Gesamtzahl	acrobe Bakterien		anaerobe Bakterien	
			Anzahl	%	Anzahl	%
Turfosa-Zone Ost	schw. Schicht - 10 cm	0,084	0,083	99,1	0,0007	0,9
		0,046	0,043	92,8	0,0034	7,2
Turfosa-Zone West	schw. Schicht - 10 cm	0,094	0,091	96,8	0,0028	3,2
		0,048	0,039	80,9	0,0086	18,1
Uliginosa-Zone Ost	schw. Schicht - 10 cm	0,181	0,178	98,3	0,0030	1,7
		0,092	0,084	91,8	0,0075	8,2
Uliginosa-Zone West	schw. Schicht - 10 cm	0,315	0,312	99,0	0,0030	1,0
		0,277	0,235	81,2	0,0420	18,8
Flachmoor-Zone Ost	schw. Schicht - 10 cm	0,338	0,331	98,0	0,0075	2,0
		0,181	0,162	89,5	0,0190	10,5

Tab. 2: Bakterien-Gehalt in 10^6 /ml nach der Platten-Methode in der Zeit vom 18.7.-29.7.1960; Mittelwerte.

bis 5 mg/l. Die Werte liegen in der Turfosa-Zone und im zentralen Moor etwas niedriger als sie von MÜLLER-STOLL & GRUHL (1959: 176) für entsprechende Standorte im Moor angegeben wurden.

Der in der grauen und schwarzen Schicht des Moosfenns von der Flachmoor-Zone bis zum zentralen Hochmoor abfallende Bakterien-Gehalt läßt darauf schließen, daß das weitgehend von im gleichen Sinn abnehmenden Nährstoff-Angebot bedingt wird. Wahrscheinlich ist es vor allem das Phosphat, wie in vielen anderen Fällen, das zum Minimum-Faktor wird; der Gesamt- PO_4 -Gehalt weist eine weitgehende Parallele mit dem Bakterien-Gehalt auf. Dabei dürfte das gebundene Phosphat die ständige Quelle für das anorganische Phosphat sein, das durch die Ausscheidung von Bakterien-Enzymen in Freiheit gesetzt und erneut in den Phosphor-Kreislauf eintritt. Die Tatsache, daß die lebende *Sphagnum*-Decke reicher an Kalium und z.T. auch an Phosphorsäuren ist als die bereits abgestorbenen Partien (FIRBAS 1952: 181) zeigt, daß auch die übrigen Mineralstoffe einem Kreislauf unterliegen. Bei einem solchen Kreislauf dürften Tiefwurzler wie Seggen und Wollgräser dadurch Bedeutung erlangen, daß ihnen die erst in tieferen Torfschichten remineralisierten Nährstoffe zugänglich werden, die dann über die absterbenden oberirdischen Pflanzenteile wiederum in die oberen Bodenschichten gelangen.

Der mit zunehmender Tiefe sinkende Bakterien-Gehalt zeigt das gleiche Bild; wie der Phosphat-Gehalt zu- oder abnimmt, steigt oder fällt auch die Zahl der Bakterien. Eine Parallelität mit dem Säuregrad, wie sie DREVES (1928) bei Versuchen mit einem Moorboden bei Poznan (Posen) in nur 10-15 cm Tiefe ermittelt hat, gilt nur im horizontalen Verlauf; in vertikaler Richtung gilt dies jedoch nicht, d.h. der Bakterien-Gehalt nimmt bei Verringerung der Azidität ab. Die abnehmende Keimzahl mit zunehmender Tiefe des Moorbodens wurde nach FABRICIUS & FREILITZEN (1905) bereits von KOCH, FRANKEL und anderen gefunden. STALSTRÖM ermittelte den höchsten Keimgehalt zwischen 15 bis 20 cm, der mit zunehmender Tiefe abnahm, und BEGAK fand den höchsten Keim-Gehalt bei 25 bis 30 cm Tiefe, der mit zunehmender Tiefe ebenfalls abnahm, aber am Grenzhorizont des Torfprofils wieder anstieg (siehe BENADE, W. 1957: 22). Eine Erhöhung des Bakterien-Gehaltes mit zunehmender Tiefe fanden indessen WAKSMAN & STEVENS (1929); doch geht aus ihren pH-Werten hervor, daß die tieferen Torfschichten Flachmoor-Charakter hatten.

Die durch Zersetzung der Pflanzen löslich gewordenen organischen Substanzen nehmen von der Flachmoor-Zone über die Uliginosa-Zone und die Turfosa-Zone bis zum zentralen Hochmoor beträchtlich ab; das kommt sowohl beim Glühverlust als auch beim Permanganat-Verbrauch zum Ausdruck. MÜLLER-STOLL & GRUHL (1959) fanden ungefähr das Gleiche mit etwas niedrigeren Werten beim Permanganat-Verbrauch; gebundenes Phosphat, das bei unseren ersten Versuchen nicht nachgewiesen werden konnte (MÜLLER-STOLL

& GRUHL 1959), war nunmehr fast in jeder Analyse vorhanden, allerdings im Inneren des Moores nur sehr wenig.

Der starke Rückgang der Bakterien-Zahlen in der schwarzen Schicht des Moosfenns ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, daß, abgesehen von den beginnenden anaeroben Bedingungen, der hohe Wassergehalt eine Verdünnung der Mineralstoffe bewirkt, was dann eine geringe Keimzahl zur Folge hat. Der Zusammenhang zwischen dem Bakterien-Gehalt einerseits und dem Permanganat-Verbrauch, dem Gehalt an Ammonium und gebundenem Phosphat andererseits ergeben sich bereits aus dem schon Gesagten.

Die hohe Zahl der stabförmigen Bakterien im April 1960 läßt erkennen, daß die Zusammensetzung der Keimzahlen im Jahresverlauf offenbar größeren Schwankungen unterliegt. Der starke Rückgang der Stäbchen bis zum Juli des gleichen Jahres und ihr völliges Fehlen in den meisten Proben aus 60 und 100 cm Tiefe läßt die Vermutung aufkommen, daß es sich bei den Kokken z.T. um Hungerformen der Stäbchen handelt. Während die Keimzahl-Bestimmungen nach der Plattenmethode für die schwarze Schicht im Moosfenn nur 0,3 bis 0,7 % und für 10 cm darunter 7,2 bis 18,8 % anaerobe Bakterien ergaben, fanden WAKSMAN & STEVENS (1929) in 15 bis 20 cm Tiefe, was ungefähr der Lage unserer schwarzen Schicht entspricht, 60 % anaerobe Bakterien. Ein Vergleich mit den Keimzahlen des sogenannten Orangerie-Teiches im Park Sanssouci von Potsdam (OVERBECK 1962a, OVERBECK & BABENZIEN 1963, 1964a, b), der im wesentlichen mit Havel-Wasser gespeist wird und einen Bakterien-Gehalt zwischen 2 und 29 Millionen Zellen je ml aufweist, zeigt, daß die Keimzahlen der aeroben Schichten mit 2 bis 12 Millionen Zellen je ml durchaus auf gleicher Höhe liegt, wohingegen die tieferen Schichten nur 1/10 davon enthalten.

3. Auswertung

Bereits in einer älteren Arbeit konnten WAKSMAN & STEVENS (1929) zeigen, daß in einem Torfprofil im USA-Staat Maine säureresistente Bakterien vorkommen; sie wiesen unter den Anaerobiern häufig stickstoffbindende Buttersäure-Bakterien nach. Auf der Mooroberfläche konnten sie in 1 g Frischtorf bis zu 275 000 Keime von *Agrobacterium radiobacter* nachweisen; doch nahmen diese Keime in der Tiefe rasch ab, um ab 90 cm gänzlich zu verschwinden.

Ein Arbeitskreis um HANS POSCHENRIEDER untersuchte bayrische Hochmoore, z.T. auch Flachmoorschichten und saure Waldmoore auf ihren Bakterien-Gehalt. Sie kultivierten die Bakterien auf zahlreichen Nährböden und studierten den Zusammenhang zwischen Bakterien-Gehalt und den Standortbedingungen. RÖSCHENTHALER & POSCHENRIEDER (1958) untersuchten eine Anzahl von Moorbildungen südlich des Starnberger Sees zwischen Seehaupt

und Staltach, die zu einem größeren Hochmoorkomplex gehören; sie fanden dort folgende Bakterien-Arten: *Micrococcus epidermitis* (WINSLOW et WINSLOW) HUCKER, *M. aurantiacus* (SCHROETER) COHN var. *A. klingleri*, *M. candidus* COHN (var. *turficola*), *Achromobacter delmarvae* SMART (var. *turficola*), *A. eurydice* (WHITE) BERGEY et al., *Pseudomonas schuykillensis* CHESTER, *P. multistriata* (WRIGHT) CHESTER, *P. hydrophila* (BHETER) ROESCHENDORFER et POSCHENRIEDER, *P. nebularis* (WRIGHT) CHESTER und *P. pavonacea* LEVINE et SOPPELAND. Es zeigte sich, daß in den Schichten bis zu 75 cm Tiefe fast ausschließlich Kokken vorkommen, zwischen 75 und 125 cm Tiefe vorwiegend Kokken und wenige unbewegliche Stäbchen. Bei 195 cm Tiefe fanden sich bewegliche Stäbchen und in einer Tiefe von 255 cm nur noch bewegliche Fluoreszenten. In den oberen Schichten bis zu 25 cm Tiefe kommen vor allem die Nitrat-reduzierenden *Micrococcus epidermitis* und *M. auranticus* vor; in den Schichten zwischen 50 und 125 cm Tiefe fand sich vor allem *M. candidus*, in den tiefen Teilen mit *Achromobacter*- und *Enterobacterium*-Arten vergesellschaftet. In einer Tiefe von 195 bis 225 cm wurden nur noch *Pseudomonas*-Arten gefunden.

BECK & POSCHENRIEDER (1958) untersuchten ein Waldmoor bei Straubing, das bereits beginnende Hochmoor-Bildungen aufweist. An Bakterien fanden sie folgende Arten: *Sarcina flava* DE BARY, *S. falva* (var. *turficola*), *S. ventriculi* GOODSIR (var. *turficola*), *Achromobacter superficiale* JORDAN, *Bacillus laterosporus* LAUBACH, *B. polymyxa* MIGULA (var. *turficola*), *B. circulans* JORDAN, *B. cereus* FRANKLAND et FRANKLAND, *Pseudomonas sinnosa* (WRIGHT) CHESTER (var. *turficola*); *P. arvilla* GRAY et THORNTON, *P. septica* BERGEY et al. und *P. myxogenes* FUHRMANN (var. *turficola*); außerdem traten noch auf: *Micrococcus candidus* und *M. candidus* var. *turficola*. Die Bakterienflora ist eine ganz andere als im vorigen Fall. *Micrococcus candidus* war in allen Schichten, bis auf die zwischen 160 und 185 cm, stark vertreten, wohingegen alle *Pseudomonas*-Arten aus den unteren Zonen bei 135 bis 185 cm Tiefe stammen. Die Sporenbildner stammen aus einer Tiefe von 110 bis 160 cm. Die in den unteren Torfschichten gefundenen Fluoreszenten werden für den autochthonen Teil der Torfmikroflora gehalten.

POSCHENRIEDER & BECK (1958) erforschten ein in Bayern noch fast unberührtes Hochmoorgebiet, die sogen. Fessler Fläche des südlichen Chiemsee-Moores. Es wurden vier Standorte untersucht, wobei die Probentiefe nur 0 bis 28 cm, in einem Fall auch bis 40 cm betrug. Es war besonders interessant, die Umformung des rezenten Pflanzenmaterials in fossile Substanz zu verfolgen; deswegen wurde ein verhältnismäßig junges, in den oberen Schichten noch wenig zersetztes Hochmoor gewählt, um Klarheit über die mikrobiellen Vorgänge zu erhalten. Die oben genannten Standorte gehören zum *Sphagnetum magellanici* KAESTN. et FLOESSN., die POSCHENRIEDER und BECK als 1. typicum (A),

2. typicum (B), 3. mit reichlich *Eriphorum vaginatum* L. und *Polytrichum strictum* BANKS apud SM. und 4. mit viel *Calluna vulgaris* (L.) HULL, Endstadium der Assoziation, bezeichnet haben. Es wurden nur die vorherrschenden Keime untersucht, nämlich die der *Pseudomonas*-Gruppe: in den oberen Schichten herrschen *P. myxogenes*, *P. nebulosa* und *P. aeruginosa* vor; in den tieferen Torfschichten kommen *P. mephitica* und *P. schuyllkillensis* vor. *P. effusa*, *P. martyniae* und *P. cruciviae* treten in beiden Schichten auf. Auch hier zeigte sich, daß im Torfboden nicht nur relativ wenige Bakterien-Arten auftreten, sondern daß sie auch in die Tiefe rasch abnehmen. Von RÖSCHENTHALER et al. (1958) liegt noch eine weitere Arbeit vor, die sich in einem bayrischen Hochmoor mit dem Gehalt an freien und durch Hydrolyse freigesetzten Aminosäuren und der Bakterienflora beschäftigt. Im Torf sicher nachzuweisen waren sieben freie Aminosäuren; im Torfhydrolysat fanden sich etwa 20 Eiweißbausteine. Der Gesamtstickstoff-Gehalt lief nicht mit der Keimdichte der Proben parallel, woraus gefolgert wird, daß im Torf der überwiegende Teil des N-Gehaltes in Aminoverbindungen festgelegt wird.

Es liegt auch über ein nordwestdeutsches Hochmoor, nämlich das Wildenlohs-Moor bei Oldenburg eine Arbeit vor (REHM & SOMMER 1962). Das Moor liegt einem sandigen Untergrund auf; deshalb findet man zuunterst Flachmoor, dann Übergangsmoor und zuoberst Hochmoor. Wie es bei den meisten nordwestdeutschen Hochmoorkomplexen der Fall ist, hat das Wildenlohs-Moor einen Grenzhorizont (in 90 bis 100 cm Tiefe), der Weißtorf von Schwarztorf trennt. Das Moor wurde durch menschliche Eingriffe stark verändert, vor allem durch Absenkung des Wasserspiegels; dieser lag zur Zeit der Untersuchung etwa bei 150 cm Tiefe. Die darüber liegende Torfschicht ist somit stark durchlüftet. Deshalb nehmen die Gesamt-Bakterienzahlen von der Mooroberfläche gegen die Tiefe zunächst zu und erreichen bei 120 cm Tiefe ihren höchsten Wert; das gleiche gilt auch für die Anaerobier. Auch die Pilzkeime nehmen einen ähnlichen Verlauf. Von den Bakterien überwiegen in den oberen Schichten die Mikrokokken, besonders *Micrococcus candidus*; daneben werden bis zu 90 cm Tiefe recht viel Bakterien der *Subtilis-Mesentericus*-Gruppe gefunden; auch *Bacillus mycoides* und *B. cereus* konnten isoliert werden. Die *Pseudomonas*-Arten haben in 60 bis 180 cm Tiefe ihr Maximum. In den oberen Schichten kommen vor allem Arten aus der *Streptomyces-albus*-Gruppe und *S. ruber* vor; außerdem wurde *S. purpureochromogenus* isoliert. In größerer Tiefe traten neben *Streptomyces ruber* auch seltener *S. diastaticus* und *S. griseus* auf. An Pilzen überwiegen in allen Proben *Penicillium*-Arten, vorwiegend aus der Gruppe *Asymetricum*.

4. Literatur

- ARNDT, TH., 1916: Beiträge zur Kenntnis der Mikrobiologie unkultivierter und kultivierter Hochmoore. Zbl. Bakt. usw., Abt. 2 (Jena) 35: 554-573.
- BECK, TH. & H. POSCHENRIEDER, 1958: Über die artenmäßige Zusammensetzung der Mikroflora eines sehr sauren Waldmoorprofils. Zbl. Bakt. usw., Abt. 2 (Jena) 111: 272-283.
- BELING, A. & H. W. JANNASCH, 1955: Hydrobakteriologische Untersuchungen der Fulda unter Anwendung der Membranfiltermethode. Hydrobiologia 7: 36-51.
- BENADE, W., 1957: Mikrobiologie der Moore. (Länder-Verl.) Linz.
- BENADE, I., 1957: Mikrobiologische Untersuchungen über das Auftreten von Schwefelwasserstoff in den anaeroben Zonen des Hochmoores. Arch. Mikrobiol. 27: 337-374.
- CHRISTENSEN, H. R., 1919: Mikrobiologische Untersuchungen von Hoch- und Niedermoortorf. Zbl. Bakt. usw., Abt. 2 (Jena) 37: 414-431.
- DREVES, K., 1928: Mikrobiologische Untersuchung eines stark sauren Moorbodens. Zbl. Bakt. usw., Abt. 2 (Jena) 76: 114-121.
- FABRICIUS, O. & H. von FREILITZEN, 1905: Über den Gehalt an Bakterien in jungfräulichen und kultivierten Hochmoorböden auf dem Versuchsfeld des schwedischen Moorversuchsvereins bei Flahut. Zbl. Bakt. usw., Abt. 2 (Jena) 14: 161-168.
- FEHER, D. von, 1933: Untersuchungen über die Mikrobiologie des Waldbodens. (J. Springer-Verl.) Berlin.
- FIRBAS, F., 1950: Einige Berechnungen über die Ernährung der Hochmoore. Veröff. geobot. Inst. Rübel Zürich 25: 117-200.
- GESSNER, F., 1933: Nährstoffgehalt und Planktonproduktion in Hochmoorblänken. Arch. Hydrobiol. (Stuttgart) 25: 394-406.
- GESSNER, F., 1959: Hydrobotanik. 2. Stoffhaushalt. 701 S. (Dtsch. Verl. Wiss.) Berlin.
- JANNASCH, H. W., 1952: Zur Methodik der quantitativen Untersuchung von Bakterienkulturen in flüssigen Medien. Arch. Mikrobiol. 18: 425-430.
- KUSNEZOW, S. I., 1957: Die Rolle der Mikroorganismen im Stoffkreislauf der Seen. 301 S. (Dtsch. Verl. Wiss.) Berlin.
- MÜLLER, G. & K. STEINWEG, 1958: Varianzanalytische Prüfung bodenbakteriologischer Keimwertzahlen. Zbl. Bakt. usw., Abt. 2 (Jena) 111: 625-652.
- MÜLLER-STOLL, W. R., 1947: Der Einfluß der Ernährung auf die Xeromorphie der Hochmoorpflanzen. Planta (Berlin) 35: 225-251.
- MÜLLER-STOLL, W. R. & K. GRUHL, 1959: Das Moosfenn bei Potsdam. Vegetationsmonographie eines märkischen Naturschutzgebietes. Wiss. Z. pädagog. Hochsch. Potsdam, math.-naturw. Reihe, 4: 151-180.
- OVERBECK, J., 1962a: Untersuchungen zum Phosphathaushalt von Grünalgen. 1. Phosphathaushalt und Fortpflanzungsrhythmus von *Scenedesmus quadricauda* (TURP.) BREB. am natürlichen Standort. Arch. Hydrobiol. (Stuttgart) 58: 162-209.
- OVERBECK, J., 1962b: 2. Die Verwertung von Phosphat und organisch gebundenen Phosphaten und ihre Beziehung zu den Phosphatasen von *Scenedesmus quadricauda* (TURP.) BREB. Arch. Hydrobiol. (Stuttgart) 58: 281-308.
- OVERBECK, J., 1962c: 3. Das Verhalten der Zellfraktionen von *Scenedesmus quadricauda* (TURP.) BREB. im Tageszyklus unter verschiedenen Belichtungsbedingungen und bei verschiedenen Phosphatverbindungen. Arch. Mikrobiol. 41: 11-26.
- OVERBECK, J. & H.-D. BABENZIEN, 1963: Nachweis von freien Phosphatasen, Amylase und Saccharase im Wasser eines Teiches. Naturwissenschaften 50: 571-572.

- OVERBECK, J. & H.-D. BABENZIEN, 1964a: Bakterien und Phytoplankton eines Kleingewässers im Jahreszyklus. Z. allgem. Mikrobiol. (Berlin) 4: 59-76.
- OVERBECK, J. & H.-D. BABENZIEN, 1964b: Über den Nachweis von freien Enzymen im Gewässer. Arch. Hydrobiol. (Stuttgart) 60: 107-114.
- POSCHENRIEDER, H. & TH. BECK, 1958: Untersuchungen über die Rolle einiger bei den ersten Stadien des Torfbildungsvorganges beteiligten Bakterienarten. Zbl. Bakt. usw., Abt. 2 (Jena) 111: 684-759.
- REHM, H.-J. & G. SOMMER, 1962: Mikrobiologische und chemische Untersuchungen eines Norddeutschen Hochmoores. Zbl. Bakt. usw., Abt. 2 (Jena) 115: 594-600.
- RÖSCHENTHALER, R., BUKATISCH, F. & H. POSCHENRIEDER, 1958: Über Zusammenhänge zwischen Aminosäurebestand und autochthoner Bakterienflora in einem oberbayrischen Moorprofil (Hoch- und Flachmoorschichten). Mitt. f. Landkultur, Moor- u. Torfwirtsch. (München) 6: 25-32.
- RÖSCHENTHALER, R. & H. POSCHENRIEDER, 1958: Untersuchungen über die Bakterienflora eines Hochmoorprofils bei Staltach in Bayern. Zbl. Bakt. usw., Abt. 2 (Jena) 111: 653-671.
- WAKSMAN, S. A. & K. R. STEVENS, 1929: Die Rolle der Mikroorganismen bei der Bildung und Zerstörung von Torf. Sci., 28: 315-340.

Anschrift der Verfasser:

Prof. Dr. Wolfgang R. Müller-Stoll
Am Drachenberg 1
O-1570 Potsdam

Prof. Dr. Jürgen Overbeck
Rodomstor-Straße 76
W-2320 Plön/Holstein

Dr. Manfred Naumann
Wins-Straße 64
O-1055 Berlin