

ZUR ÖKOLOGIE DER STREPTOMYCETEN

E. KÜSTER

Institut für Mikrobiologie und Landeskultur

– Mikrobiologie –

Justus-Liebig-Universität Gießen

Bundesrepublik Deutschland

Eingegangen: am 10.01.1982

Mikrobiologisch-ökologische Untersuchungen durchzuführen, ist nicht schwer, aber zu aussagefähigen Ergebnissen zu kommen, ist oft unmöglich. Die vielseitigen Faktoren in einem Biotop, die in einem natürlichen System niemals allein, sondern stets in Kombination und Wechselspiel auf den lebenden Organismus einwirken, lassen sich nur schwer unter Kontrolle bringen. Deshalb lassen sich die mikrobiellen Situationen meist nur an einem bestimmten Standort unter mehr oder weniger definierten Verhältnissen beschreiben. Um hier eine exakte Beschreibung machen zu können, bedarf es eines sehr großen Untersuchungsmaterials und unzähliger Meß- und Zählwerte, die statistisch auswertbar sind. Ein Bodenstandort setzt sich aus vielen kleinen ökologischen Nestern, aus Mikrostandorten, zusammen in denen sehr unterschiedliche Verhältnisse herrschen (Routien 1961).

Über das rein zahlenmäßige Vorkommen von Aktinomyceten im allgemeinen und Streptomyceten im besonderen in Böden ist sehr viel geschrieben worden. Meist standen derartige Arbeiten im Zusammenhang mit der Untersuchung der antibiotischen Aktivität der Bodenmikroflora und somit des Standortes. Danach liegen Grünland (Flaig/Kutzner 1960), vulkanische Böden, aber auch nichtasphaltierte Straßen (Craveri et. al. 1960) an der Spitze. Diese Zahlen sind nur bis zu einem gewissen Grade aufschlußreich, denn sie sagen nichts aus über die Zahl der Arten und die Häufigkeit der antibiotisch-aktiven Arten. Nebenbei muß bei diesen Angaben auch die Zahl der Proben aus den verschiedenen Bodentypen verglichen werden, um zu verallgemeinernden Schlüssen zu kommen. Nur vereinzelt finden sich Arbeiten über das Artenspektrum von Streptomyceten in einer Bodenprobe. Rehm (1960a,b, 1961a) hat in mit Gerste bebauten Böden 45 verschiedene Arten bestimmt, deren zahlenmäßiges Auftreten auch jahreszeitlich bedingt ist. Manche Arten sind auch vegetationsabhängig. Ein Einfluß einer bestimmten Streptomyceten-Art auf die Vegetation (hier: Gerstenmüdigkeit) wird in Zweifel ge-

zogen. Ein erstmaliger oder einmaliger Gerstenanbau wirkt sich stärker auf die Aktinomyceten-Flora (Rehm 1960b) und deren antibiotische Aktivität aus als ein mehrmaliger Anbau. Depressionen in Zahl und Aktivität haben ihren Tiefpunkt nach dreijähriger Wiederholung, danach sind die Werte wieder ausgeglichen. Bei dem Übergang von der „engen“ zur „weiten Rhizosphäre“ von Gerste, d. h. mit zunehmendem Abstand von der Gerstenwurzel macht sich auch eine Umschichtung der Streptomyceten-Arten-Zusammensetzung bemerkbar (Rehm 1961a).

Die Bestimmung des Artenspektrums, d. h. einer Art, stößt bei Streptomyceten immer noch auf erhebliche Schwierigkeiten. Die verschiedenen Bestimmungssysteme weisen mehr oder weniger große Mängel auf, so hat man sich oft mit der Bestimmung von Gruppen oder Serien begnügt (z. B. Kutzner 1956, Szabo/Marton 1964, Williams et. al. 1969). Heute sind die ISP-Beschreibungen am besten, aus denen sich jeder seinen eigenen Bestimmungsschlüssel zusammenstellen kann, der immer zum gleichen Ergebnis führen muß (Arai/Mikami 1969, 1970, Küster 1972, Nonomura 1974, Szabo et. al. 1975). Ganz selten schließlich wird das Auftreten bestimmter Streptomyceten-Arten quantitativ erfaßt und somit das Vorherrschen einer oder einiger weniger Arten in einer Bodenprobe festgestellt. Hier sind meistens Böden mit extremen Standortverhältnissen (Klima, Vegetation und dgl.) untersucht worden. Eine weitere Frage, die unterschiedlich behandelt wird, ist der Begriff der Häufigkeit. Wie groß muß der prozentuale Anteil einer Art an der Gesamt-Streptomycetenflora sein, um diese Art als dominierend zu bezeichnen? Jagnow (1956) bezeichnet Stämme, die mehr als 40% der Streptomyceten-Population ausmachen, als dominierend; die Serie z. B. *albus*, *diastaticus*, *aureus* (n. Baldacci) muß in mindestens 60% aller Proben auftreten. Danach scheinen einzelne Streptomyceten-Gruppen bestimmte Standorttypen zu bevorzugen, eine Artenbestimmung wurde nicht durchgeführt und infolgedessen auch keine vorherrschende Stellung einer bestimmten Species.

Offensichtlich haben Sand- und Schwarzerdeböden eine unterschiedlich zusammengesetzte Streptomycetenflora, wie Rehm (1961b) fand (Tab. 1). In Sandböden wurden mehr als 1200 Isolierungen in 43 Arten aufgeteilt, von denen 7 (= 16%) jeweils mit mehr als 5% Häufigkeit auftraten.

In Schwarzerde lagen die Verhältnisse anders, hier fanden sich bei 200 Isolierungen 29 Arten, von denen nur 3 (= 10%) jeweils mehr als 5% der Gesamtzahl ausmachten. Die Werte für Sandböden und Schwarzerde sind nur bedingt vergleichbar wegen der unterschiedlichen Zahl der Isolierungen.

Recht gute Angaben finden sich bei Kuznetsov/Yan-gulova (1970) über die Artenzahl und das Vorwiegen einiger Streptomyceten-Arten in estländischen Böden; je nach Tiefe ändert sich die Artenzahl und -zusammensetzung. Unter 870 Isolatzen traten häufig auf: *Actinomyces nigrificans* (12,7%), *Act. verne* (11,1%), *Act. lavendulae* (8,6%), *Act. erythrochromogenus* (7,2%), *Act. albus* (6,6%) und *Act. janthinus*

Table I.

Frequency of species in sandy soil and chernozem
(acc. REHM 1961b)

Frequency in %		Number of species	Predominant species in percent. frequency (>5%)		Compared with
Sandy soil 1214 isolates	< 3	29	<i>S. halstedii</i>	5.43	Chernozem 0.49
	3 - 5	7	<i>griseolus</i>	5.44	2.44
	5 - 10	6	<i>chromogenes</i>	5.68	10.72
	> 10	1	<i>antibioticus</i>	6.02	3.41
		43	<i>diastaticus</i>	6.57	17.61
			<i>ruber</i>	7.81	1.95
			<i>roseochromogenes</i>	12.80	2.92
Chernozem 206 isolates	< 3	21	<i>S. chromogenes</i>	10.72	Sandy soil 5.68
	3 - 5	5	<i>diastaticus</i>	17.61	6.57
	5 - 10	0	<i>griseus</i>	20.97	4.84
	> 10	3			
		29			

(5,6%). Bei Untersuchungen über die Streptomyccetenflora von Böden aus der Antarktis beobachteten Tsyganov et. al. (1970) folgende Reihenfolge in der Häufigkeit des Auftretens bestimmter Arten:

Act. globosus (12,0%), *Act. parvus* (6%), *Act. lavendulae* (5%), *Act. phaeochromogenus* (5%), *Act. chromogenes* (3,5%), *Act. globisporus* (3,5%) und *Act. griseus* (3,5%). Leider fehlen entsprechende Werte von Böden der gemäßigten Zone, in denen die angeführten Arten ebenfalls üblich sind, so daß sich nicht erkennen läßt, ob es sich hierbei um eine Artenzusammensetzung spezifisch für die Antarktis handelt.

Auf Riesefeldern war *Strept. fulvissimus* der am häufigsten auftretende Streptomyccet (Hirte 1961); das wird auf seine Toleranz gegenüber H₂S zurückgeführt, das sich auf den Riesefeldern besonders stark bildet. Bei Welsch et. al. (1963) finden sich vereinzelte Angaben über das vorherrschende Auftreten besonderer Streptomycceten-Gruppen, die sich durch deutliche Pigmentbildung herausheben.

Die hohen Zahlen von mehreren Hundert oder gar Tausenden von Millionen von Streptomycceten lassen sich evtl. auf die Isolierungstechnik zurückführen. In einem gut durchlüfteten Boden kommt es zu einer reichlichen Myzelentwicklung, so daß bei der Dispergierung der Probe viele kleine Hyphenteilchen ein verstärktes Koloniewachstum auf den Platten hervorrufen (Skinner 1951, Mayfield et. al. 1972). Immerhin bleibt die Tatsache, daß ein bestimmter Streptomycceten-Typ (= Art) in der Mehrzahl auftritt. Ohne auf die Häufigkeit des Auftretens von *Strept. malachiticus* einzugehen, stellte Küster (1968, 1970) fest

daß diese Art fast ausschließlich in Böden aus warmen und tropischen Zonen vorkommt und somit den einzigen mir bekannten Fall darstellt, class das Auftreten einer Streptomycceten-Art an eine bestimmte Klimazone gebunden ist. *Strept. finlayi* schließlich ist ein Beispiel für das fast ausschließliche (> 80%) Auftreten einer Art in Insektenlarven (S z a b o et. al. 1967a), allerdings haben nicht alle Larven die gleiche vorherrschende Streptomycceten-Art, sondern bei manchen dominieren andere Arten (*Strept. olivaceus*, *S. antibioticus*, *S. aureofaciens*). Arten, die im begleitenden Boden sehr stark auftreten, brauchen nicht unbedingt in den Larven wiederzuerscheinen, z.B. *S. chaetreusis* (S z a b o et. al. 1967b).

Für ein Verschwinden bzw. vermehrtes Auftreten einer Streptomycceten-Art in einer Bodenprobe werden die verschiedensten Deutungen und Erklärungsmöglichkeiten angeführt. Ausschlaggebend sind wahrscheinlich die Ernährungsverhältnisse. Nahrungskonkurrenz auf der einen Seite, Spezialisierung für die Verwertung schwer angreifbarer Substanzen auf der anderen Seite sind die wesentlichsten Gründe (H i r t e 1961). Auch R e h m (1961b) sieht in der Nährstoffwirkung eine größere Bedeutung für die Artenzusammensetzung der Streptomyccetenflora eines Bodens als in einem Antibiose Effekt. Diese Vermutung konnte in späteren Versuchen von D a v i e s / W i l l i a m s (1970) bestätigt werden, wonach die am häufigsten auftretenden Stämme ein sehr weites Zuckerverwertungsspektrum aufwiesen, während von den anderen selteneren Stämmen nur wenige, wenn überhaupt, Zucker verwerten konnten. Diese Fähigkeit wird als möglicher Grund für eine Artendominanz angeführt. Eine ziemlich ausführliche Untersuchung der Streptomyccetenflora in verschiedenen Horizonten eines Wiesenbodens vom Schwarzerdetyp wurde von M a r t o n (1962a) durchgeführt. Hier zeigten sich Arten, die ausschließlich in bestimmten Tiefen auftraten. Ein Zusammenhang mit der Bodentemperatur, die in den oberen Schichten schwankt, in den unteren dagegen stabiler ist, wird angenommen. In einem ungarischen Solonetz-Boden verschwindet mit der Tiefe *Strept. griseus*, der im A-Horizont deutlich überwog, und ist im B₂-Horizont (30 cm) nicht mehr anzutreffen (S z a b o et. al. 1958). Das dominierende Auftreten von *Strept. griseus* wird erklärt durch eine spezifische Adaptation an das betreffende Ökocsystem, d. h. in diesem besonderen Fall eine Toleranz gegenüber extremen Bedingungen und einem häufigen Wechsel von Feuchte und Trockenheit.

Etwas Ähnliches gilt auch für *Act. levoris* (S z a b o / M a r t o n 1961, M a r t o n / S z a b o 1962b), der besonders in armen, unfruchtbaren Böden auftritt, z.B. degradiertem Rendzina und Solonetz-Horizonten.

Ein weiterer Faktor, der entscheidend das Vorkommen von Streptomycceten beeinflusst, ist der Reaktionszustand des Bodens. Infolge der großen Säureempfindlichkeit der Streptomycceten ist deren Auftreten in neutralen bis alkalischen Böden zahlen- und artenmäßig stark. Fast alle Stämme, die von einer Bodenprobe mit pH 8,7 isoliert worden waren, entsprachen *Strept. coeruleus*, der als ausgesprochen säureempfindlich angesehen wird (T a b e r 1960). Kürzlich gelang es W i l l i a m s et. al. (1971),

auch acidophile (säureliebende) Streptomycceten aus Waldböden zu isolieren, wobei das pH des Isolierungsmediums von ausschlaggebender Bedeutung ist.

In den eigenen Untersuchungen zu diesem Thema wurde besonderer Wert auf die Untersuchung des Artenspektrums der einzelnen Proben gelegt sowie auf die quantitative Bestimmung der in jeder Probe vorherrschenden Arten. Dabei sollte herausgearbeitet werden, ob und wie weit einige Umweltfaktoren die Entwicklung einiger weniger Arten begünstigen. Als Untersuchungsmaterial dienten zwei Böden, die im Rahmen des sog. Solling-Projektes als Beitrag zum Internationalen Biologischen Programm von den verschiedensten Gesichtspunkten auch mikrobiologisch, bearbeitet worden waren. Im Frühjahr (April) und Sommer (Juli) waren Probenentnommen worden. Es ergaben sich folgende Probenbezeichnungen (Tab. II):

Table II.

Soil samples (Solling-Project)

A: Beech forest	top mull layer	
B: Beech forest	humus horizon	
C: Beech forest	top mineral soil layer	15 cm
D: Meadow land	non-fertilized	0 - 5 cm
E: Meadow land	non-fertilized	5 - 15 cm
F: Meadow land	fertilized NPK	0 - 5 cm
G: Meadow land	fertilized NPK	5 - 15 cm

Die Keimzahlen für Streptomycceten wurden auf Glycerin-Nitrat-Agar bestimmt, desgleichen wurden auch die Kolonien der Bakterien und Pilze auf den entsprechenden Standard-Medien gezählt. Da der Begriff Gesamtkeimzahl immer nur für einen Nährboden gilt, aber nicht für einen Standort anzugeben ist, wurde das Verhältnis der einzelnen Organismengruppen zueinander ermittelt (Tab. III.).

Wenn man die Bakterienzahlen gleich 100 setzt, treten die Pilze bzw. Streptomycceten in einem bestimmten Verhältnis dazu auf. Aus diesen Zahlen kann man folgendes beobachten:

(1) **Waldböden**: Der Pilzanteil ist in der Mineralbodenschicht des Buchenbestandes unabhängig von der Jahreszeit sehr gering.

(2) **Wiesenböden**:

a) **Jahreszeit**: Im Sommer sinken die absoluten und relativen Zahlen für Pilze und Streptomycceten im Vergleich zum Frühjahr ab, während sich die Bakterienzahlen in annähernd gleicher Höhen halten.

b) **Düngung**: Eine Volldüngung macht sich auf das Auftreten von Pilzen in einem deutlich positiven Sinne bemerkbar; hier verdoppeln sich etwa die Werte nach einer NPK-Gabe. Bei den anderen beiden Organismengruppen ist diese Wirkung nicht so klar.

c) **Bodentiefe**: Wenn man von einigen extremen Werten absieht, die durch die Zählmethode bedingt sind (z.B. der niedrige Pilzwert Probe E Frühjahr und der hohe Streptomyccetenwert Probe E Sommer), bleibt das Verhältnis der einzelnen Mikroorganismen zueinander in den beiden

Table III.

Number of microorganisms in Mill./g soil

Sample	Moisture in %	pH	Bacteria	Fungi	Streptomycetes
A	15.5	3.2	<i>Spring</i>		
			11.423	2.447	0.022
B	62.5	3.2	100	21.4	0.2
			3.733	0.733	0.012
C	30.2	3.5	100	19.8	0.3
			1.790	0.039	0.006
			100	2.2	0.3
D	35.0	4.9	9.158	0.189	0.840
E	30.9	4.8	100	2.1	9.2
			6.475	0.065	0.520
F	34.4	5.2	100	1.0	8.0
			12.616	0.316	0.920
G	31.3	4.7	100	2.5	7.3
			7.205	0.186	0.440
			100	2.6	6.1
<i>Summer</i>					
A	76.0	3.1	4.892	3.609	0.012
B	54.3	3.1	100	73.7	0.2
			2.714	0.948	0.006
C	28.6	3.4	100	35.0	0.2
			1.541	0.019	0.006
			100	1.2	0.4
D	31.5	4.7	18.967	0.083	0.200
E	29.2	4.9	100	0.4	1.1
			6.078	0.042	0.660
F	31.4	4.9	100	0.7	10.9
			14.537	0.169	0.540
G	29.7	4.5	100	1.2	3.7
			8.538	0.081	0.300
			100	0.9	3.5

Tiefen gleich. Das bedeutet, daß die Gesamtzahl der Mikroorganismen mit zunehmender Tiefe abnimmt, und zwar im gleichen Verhältnis für alle Gruppen. Die qualitative Zusammensetzung der Mikroflora bleibt also unabhängig von der Tiefe konstant. Diese Schlußfolgerungen jetzt schon zu verallgemeinern, wäre verfrüht, dafür ist ein wesentlich umfangreicheres Untersuchungsmaterial notwendig.

Nach Auszählung aller Streptomyceten-Kolonien je Platte wurden von typischen und häufig erscheinenden Kolonien Abimpfungen hergestellt. Gleichzeitig wurde notiert, wie oft diese Isolierung auf der gleichen Platte und den Parallelplatten vorhanden war. Auf diese Weise wurden für einen Stamm die Häufigkeit seines Auftretens und sein prozentualer Anteil an der Gesamt-Streptomycetenflora festgestellt (Tab. IV).

Table IV.

Frequency of predominant Streptomyces-species

Sample	Isolation medium	Number of			Percentage frequency
		colonies per plate	classif. strains	species	
D	Glycerol starch - KNO ₃ Rose-Bengal	45	13	3	20 <i>S. nogalater</i>
		18	5	2	22 <i>S. resistomyticificus</i>
	Summer	Glyc. - KNO ₃ Glyc. - KNO ₃ + + Antib.	10 16	4 4	1 1
E	Glycerol starch - KNO ₃ Glycerol starch - KNO ₃	84	23	2	16 <i>S. gelaticus</i>
		24	12	2	36 <i>S. aburavensis</i>
	Summer	Glyc. - KNO ₃ Glyc. - KNO ₃ + Antib.	33 52	17 21	2 3
F	Glycerol starch - KNO ₃ Glycerol starch - KNO ₃	84	32	4	24 <i>S. resistomyticificus</i>
		46	13	5	15 <i>S. resistomyticificus</i>
	Summer	Glyc. - KNO ₃ Glyc. - KNO ₃ Glyc. - KNO ₃ + Antib.	11 27 25	2 13 17	1 5 3
G	Glycerol starch - KNO ₃ Glycerol starch - KNO ₃	71	33	4	35 <i>S. resistomyticificus</i>
		26	17	4	23 <i>S. resistomyticificus</i> 23 <i>S. argenteolus</i>
	Summer	Glyc. - KNO ₃ Glyc. - KNO ₃ + Antib. Glyc. - KNO ₃ + Antib.	56 17 32	12 8 23	4 2 7

Entsprechend dem hohen Säuregrad des Waldbodens (pH 3,1, -3,5) war die Anzahl der Streptomyceten darin äußerst gering, zumindest bei den hier angewandten Isolierungsmethoden (s. auch Williams et. al. 1971).

Unter Wiese war dagegen eine reiche Streptomycetenflora vorhanden. Aus den Proben der Wiesenparzelle wurden im Frühjahr 61, im Sommer 44 Streptomyceten isoliert, diese repräsentierten 137 bzw. 142 Kolonien auf den Platten. Die isolierten Stämme wurden entsprechend den ISP-Methoden untersucht und so weit wie möglich als Arten bestimmt. Ein

notwendiger Vergleich mit den entsprechenden Type Cultures konnte aus technischen Gründen nicht immer erfolgen. Auf diese Weise wurden bestimmte Streptomycettentypen als dominierend erkannt, nicht nur bei einer einmaligen Probenentnahme — wobei der Aussagewert sehr gering wäre — sondern bei wiederholten Proben aus verschiedenen Bodentiefen. Die Arten mit einem knäuelig-spiraligen Sporenlager waren durchweg vorherrschend unter der Streptomycetenflora, im Durchschnitt gehörten mehr als die Hälfte aller Streptomyceten-Kolonien zu diesem Typ (Tab. V).

Table V.

Frequency of the predominant sporophore-type

		Spring	Summer
Melanin	positive	58%	65%
	negative	48%	66%

Für die weiteren Untersuchungen waren aus den genannten Gründen nur die Wiesenböden verwertbar. Über den Einfluß der hier zur Diskussion stehenden Umweltfaktoren auf die Streptomycetenflora im allgemeinen und die Artenzusammensetzung im besonderen läßt sich zusammenfassend folgendes sagen (Tab. VI).

Düngung: Eine Düngung führt zu einer unerheblichen Erniedrigung der durchschnittlichen Streptomyces-Zahl je Verdünnungsgrad und Nährmedium, die Artenzahl steigt dagegen deutlich an. Bei Düngung sind bei den 7 häufig vorkommenden Arten auch die prozentualen Anteile höher, während bei Ungedüngt die nur einmal vorkommenden Arten einen ungewöhnlich hohen prozentualen Anteil aufweisen.

Table VI.

Number of species under the influence of fertilization, season, and depth

	Number of species			
	total	occurring repeatedly	occurring once	occurring once and exclusively in that sample
Non-fertilized	23	4	19	6
Fertilized	33	8	25	12
Spring	23	7	16	7
Summer	33	9	24	15
0 — 5 cm	28	7	21	12
5 — 15 cm	28	8	20	9

Jahreszeit: Die durchschnittliche Streptomyceten-Zahl je Verdünnungsgrad und Nährmedium liegt im Sommer deutlich höher als im Frühjahr, ebenfalls steigt die Artenzahl erheblich an. *Strept. virginiae* tritt nur im Sommer und in relativer Häufigkeit auf. Es sei hier bemerkt, daß die im Sommer verwendeten Isolierungsmedien nicht die gleichen wie im Frühjahr waren, die Zahlen also nicht unbedingt vergleichbar sind.

Bodentiefe: Die durchschnittliche Streptomyceten-Zahl je Verdünnungsgrad und Nährmedium ist in beiden Bodentiefen gleich, desgleichen die Artenzahl. Abgesehen von *Strept. colombiensis* sind die häufig vorkommenden Arten zu etwa 10–20% vertreten, während die nur einmal auftretenden Arten einen Prozentsatz von 2–6% ausmachen.

Es ist technisch außerordentlich schwierig, wenn nicht unmöglich, die gesamte Streptomyceten-Population einer Bodenprobe artmäßig zu bestimmen. Eigentlich sollten alle erkennbaren Kolonien isoliert, gereinigt und identifiziert werden. Aus arbeitstechnischen Gründen beschränkt

Table VII.

Percentage frequency of Strept. species

Species	Samples								Utilizable sugars	Antibiotic activity
	D		E		F		G			
	F	S	F	S	F	S	F	S		
<i>Nogalater</i>	20				1	20			7	+
<i>Resistomycificus</i>	22		11	12	24	11	35	30	9	+
			12	27	15	35	23	25		
			10							
			12							
<i>Argenteolus</i>	5.5			39	1	3.5	6	6	6	
					2		23	7		
								16		
<i>Colombiensis</i>		40							2	
<i>Orientalis</i>		25			12	14	1.5		7	+
					4		8			
<i>Gelaticus</i>			16						4	+
<i>Aburavensis</i>			36	2	2				3	+
<i>Malachitofuscus</i>				11					8	-
<i>Virginiae</i>						18			2	+
						14				
						12				
						3.5				
<i>Baarnensis</i>								6	-	
<i>Misionensis</i>							4	8	5	+
								12		
<i>Fulvoviridis</i>							4		6	-
<i>Purpeofuscus</i>	4					4			4	+
								6		
								10		
<i>Mediocidicus</i>								6	3	+
<i>Albus</i>								6	4	+

man sich meist auf eine Auswahl, wobei gleichaussehende Kolonien ohne genaue Prüfung in die Berechnung der Häufigkeit mit einbezogen werden. Oder man isoliert wahllos eine Reihe von Stämmen ohne Rücksicht auf eine Ähnlichkeit mit Nichtabgeimpften. In unseren Untersuchungen wurden selten mehr als die Hälfte aller auf einer Platte gewachsenen Kolonien abgeimpft. Man steht also vor dem Dilemma, ob man die Häufigkeit einer vorkommenden Art auf die Zahl der Isolierungen (+ der ähnlich erscheinenden Kolonien) oder auf die Gesamt-Streptomyceten-Zahl beziehen soll. In unserer Aufstellung wählten wir die zweite Möglichkeit, obwohl wir uns des beschränkten Aussagewertes — der in jedem Fall vorliegt — bewußt sind. Tab. VII. zeigt die Häufigkeit der Arten je nach Standort und Art. Darus wird ersichtlich, daß *Streptomyces resistomyceificus* die am weitesten verbreitete Art war. Bei der Hälfte aller hier ausgewerteten Verdünnungsgrade mit je 5 Parallelplatten trat diese Art am häufigsten auf. Die gleiche Art war auch mit einer Ausnahme in allen Standorten vertreten, und zwar fast immer mit einer relativ hohen prozentualen Häufigkeit von mindestens 10%. *Strept. argenteolus* und *Strept. orientalis* waren ebenfalls noch in mehreren (6 bzw. 4) Standorten zu finden, aber in wesentlich geringerer Häufigkeit. Die anderen Arten wurden oft nur einmalig beobachtet, wenn auch manchmal als vorherrschend auf einer Plattenserie. Das läßt sich wahrscheinlich auf die geringe Zahl der bei *Strept. colombiensis*, *orientalis* und *virginiae* identifizierten Kolonien pro Verdünnungsserie zurückführen. Sie sollen aber trotzdem der Vollständigkeit halber hier mit angeführt werden.

Wie bereits in der Einleitung ausgeführt, sind Erklärungsmöglichkeiten für ein vorherrschendes Auftreten z.B. eine weite Nährstoffverwertung und eine antibiotische Aktivität am natürlichen Standort gegenüber den dortigen Begleitorganismen. Die in unserem Versuch vorherrschenden Isolierungen und Arten weisen ein sehr weites Zuckerspektrum auf, womit die Beobachtungen und Behauptungen von Davies / Williams (1970) bestätigt würden. Andererseits sind Arten, die nur selten, aber dann in einer großen Häufigkeit auftreten. Spezialisten in Bezug auf das Zuckerspektrum. *Strept. colombiensis* und *Strept. virginiae* z.B. können neben Glukose nur Fruktose verwerten.

Eine antibiotische Aktivität im Boden ist sicher vorhanden, nur kann sie aus verschiedenen Gründen nicht sehr groß sein, höchstens in „Microhabitats“. Trotzdem haben wir den Versuch unternommen, die Hemmwirkung einiger unserer identifizierten *Strept.*-Isolierungen auf das Wachstum von Pilzen zu bestimmen. Als Testorganismen dienten nicht die allgemein üblichen Bakterien und Hefen, sondern verschiedene Pilze, die aus dem gleichen Standort isoliert worden waren, also der gleichen Mikroflora angehörten. Mit verschiedenen Methoden wurde eine Wachstumshemmung nachgewiesen. Durch Zufall wurde eine unterschiedliche Hemmwirkung auf Wachstum und Keimung von Penicillien beobachtet (Abb. I.). Daraufhin wurde systematisch die Keimhemmung untersucht (Tab. VIII.).

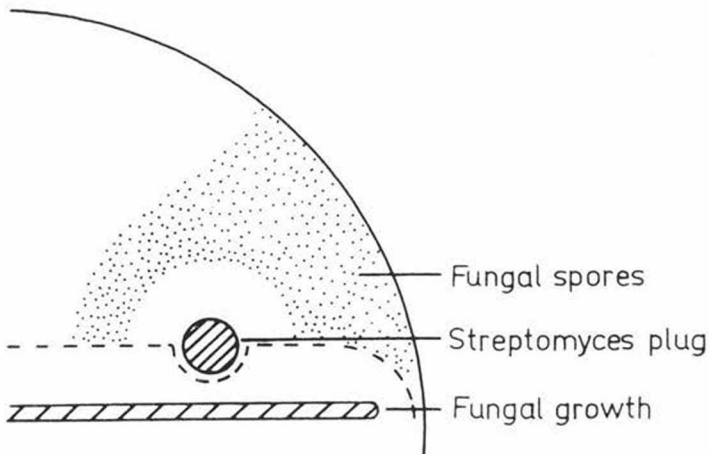
Die Ergebnisse der eigenen Untersuchungen erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sie können nicht verallgemeinert werden. Sie sollen

nur einen möglichen Weg aufzeigen, wie man ökologische Fragen, z.B. der Artzusammensetzung, behandeln kann.

Table VIII.

Inhibitory effect of Streptomyces on fungi isolated from the same soil sample

Species	Antibiotic	Growth	Germination
<i>Resistomycificus</i>	Resistomycin	<i>Trichoderma</i> <i>Penicillium</i> <i>Cephalosporium</i>	
<i>Misionensis</i>	Polyene	<i>Trichoderma</i> <i>Penicillium</i> <i>Cladosporium</i> <i>Mucor</i>	<i>Penicillium</i> <i>Sporotrichum</i>
<i>Colombiensis</i>			<i>Sporotrichum</i>
<i>Virginiae</i>	Actithiazic acid	<i>Trichoderma</i> <i>Fusarium</i> <i>Penicillium</i>	<i>Aleurisma</i> <i>Cylindrocarpon</i> <i>Penicillium</i>
<i>Purpeofuscus</i>			<i>Aleurisma</i> <i>Cylindrocarpon</i> <i>Sporotrichum</i>



LITERATUR

- Arai, T.—Y. Mikami 1969. Identification keys for antibiotics-producing *Streptomyces*. I. Antifungal antibiotics producers. Ann. Rept. Inst. Food Microbiol. Univ. Chiba **22**: 59—79.
- Arai, T.—Y. Mikami 1970. Antibacterial antibiotics producers. Ann. Rept. Inst. Food Microbiol. Univ. Chiba **23**: 47—99.
- Craveri, R.—A. M. Lugli—B. Sgarzi—G. Giolitti 1960. Distribution of antibiotic-producing *Streptomyces* in Italian soils. Antibiot. Chemother. **10**: 306—311.
- Davies, F. L.—S. T. Williams 1970. Studies on the ecology of *Actinomyces* in soil. I. The occurrence and distribution of *Actinomyces* in a pine forest soil. Soil Biol. Biochem. **2**: 227—238.
- Flaig, W.—H. J. Kutzner 1960. Beiträge zur Ökologie der Gattung *Streptomyces* Waksman et Henrici. Arch. Mikrobiol. **35**: 207—228.
- Hirtel, W. 1961. Vergleichende mikrobiologische Untersuchungen an rieselmüden und gesunden Böden der Berliner Rieselfelder. II. Qualitative Untersuchungen. Zbl. Bakt. II **114**: 489—519.
- Jagnow, G. 1956. Untersuchungen über die Verbreitung von Streptomyceten in Naturböden. Arch. Mikrobiol. **25**: 274—296.
- Küster, E. 1970. Note on the taxonomy and ecology of *Streptomyces malachiticus* and related species. — in "The *Actinomycetales*" ed. by H. Prauser, Jena 1968, p. 169—172. Int. J. System. Bact. **20**: 25—29.
- Küster, E. 1972. Simple working key for the classification and identification of named taxa included in the International Streptomyces Project Int. J. System. Bact. **22**: 139—148.
- Kutzner, H. J. 1956. Beitrag zur Systematik und Ökologie der Gattung *Streptomyces* Waksman et Henrici. Diss. Hohenheim.
- Kuznetsov, V. D.—I. V. Yangulova 1970. Actinomycetes from genetic horizons of Estonian soils. Mikrobiologija **39**: 1095—1101. ref. Microbiol. Abstr. **6**: A 9055 (1971)
- Marton, M. 1962a. Über die vertikale Verbreitung der Strahlenpilztypen in einem schwarzerdeähnlichen Auboden. Z. Pflzern. Düngg. Bodenkd. **96**: 105—114.
- Marton, M.—I. Szabo 1962b. Occurrence and ecology of *Act. leveroi* in Hungarian soils. Acta Microbiol. Acad. Sci. Hung. **9**: 39—44.
- Mayfield, C. I.—S. T. Williams—S. M. Ruddick—H. L. Hatfield 1972. Studies on the ecology of Actinomycetes in soil. IV. Observations on the form and growth of *Streptomyces* in soil. Soil Biol. Biochem. **4**: 79—91.
- Mikami, Y.—K. Ishiguro—K. Takahashi—T. Arai 1971. Identification keys for antibiotics-producing *Streptomyces*. III. Antitumor antibiotics producers. Ann. Rept. Inst. Food Microbiol. Chiba Univ. **24**: 57—80.
- Nonomura, H. 1974. Key for classification and identification of 458 species of the *Streptomyces* included in ISP. J. Ferment. Technol. **52**: 78—92.
- Rehm, H. J. 1960a. Beitrag zur Ökologie der Streptomyceten. I. Vergleich der Streptomycetenflora in zwei unterschiedlich bebauten Sandböden (gerstenmüde Böden und nichtgerstenmüde Böden). Zbl. Bakt. II **113**: 219—233.
- Rehm, H. J. 1960b. Die antibiotische Aktivität von Streptomyceten in zwei sehr ähnlichen, aber verschieden bebauten Böden. Zbl. Bakt. II **113**: 355—365.
- Rehm, H. J. 1961a. Die Streptomycetenarten und ihre antibiotische Aktivität in der Rhizosphäre der Gerste. Zbl. Bakt. II **114**: 147—155.
- Rehm, H. J. 1961b. Die Streptomycetenarten und ihre antibiotische Aktivität in Sandböden Mitteldeutschlands. Zbl. Bakt. II **114**: 345—355.
- Routien, J. B. 1961. Distribution of *Streptomyces* that produce antibiotics. J. Bact. **81**: 218—225.
- Skinner, F. A. 1951. A method of distinguishing between viable spores and mycelial fragments of *Actinomycetes* in soil. J. Gen. Microbiol. **5**: 159—166.
- Szabo, I.—M. Marton—I. Szaboles 1958. Studies on the ecology of *Strept. griseus* Waksman et al. Agrochem. Talajt. **7**: 163—176.
- Szabo, I.—M. Marton 1961. Occurrence, ecological requirements and role in soil succession of the *Strept. griseus* (*Act. globisporus*) group. Agrochem. Talajt. **10**: 405—424.

- Szabo, I.—M. Marton 1964. Zur Frage der spezifischen Bodenmikroflora. Ein Versuch zur systematischen Bestimmung der Strahlenpilzflora einer mullartigen (Wald-) Rendsina. Zbl. Bakt. II 118: 265—306.
- Szabo, I.—M. Marton—L. Ferenczy—I. Buti 1967a. Intestinal microflora of the larvae of St. Mark's fly. II. Computer analysis of intestinal *Actinomyces* from the larvae of a Bibio-population. Acta Microbiol. Acad. Sci. Hung. 14: 239—249.
- Szabo, I.—M. Marton—L. Ferenczy—I. Buti 1967b. III. Computer analysis of the intestinal *Actinomyces* flora of various larval populations. Acta Microbiol. Acad. Sci. Hung. 14: 251—260.
- Szabo, I. M.—M. Marton—I. Buti—C. Fernandez 1975. A diagnostic key for the identification of "species" of *Streptomyces* and *Streptoverticillium* included in the International *Streptomyces* Project. Acta Botan. 21: 287—418.
- Taber, W. A. 1960. Evidence for the existence of acid-sensitive *Actinomyces* in soil. Canad. J. Microbiol. 6: 503—514.
- Tsyganov, V. A.—Y. E. Konev—O. P. Kamyshko—I. F. Riabinin—L. A. Podolian: 1970. Identification, morphological and cultural properties of *Actinomyces* from the Antarctic. Mikrobiologija 39: 821—826 Microbiol. Abstr. 6: A 8155 (1971)
- Welsch, M.—A. Rutten Pinckaers—M. Selman 1963. Recherches sur des *Streptomyces* d'Afrique Centrale. II. Isolement et répartition des *Streptomyces*. Bull. Soc. Roy. Sci. Liège 32: 309—325.
- Williams, S. T.—F. L. Davies—D. M. Hall 1969. A practical approach to the taxonomy of *Actinomyces* isolated from soil. in "Soil Ecosystem" ed. by J. G. Sheals, p. 107—117.
- Williams, S. T.—F. L. Davies—C. I. Mayfield—M. R. Khan 1971. Studies on the ecology of *Actinomyces* in soil. II. The pH requirements of *Streptomyces* from two acid soils. Soil. Biol. Biochem. 3: 187—195.