

Mikrobiologische Untersuchung in verschiedenen Dendrobaten-Terrarien sowie des Wasservorratsbehälters und der Raumluft eines Hobbyterrarianers.

Inspiziert durch dieses Forum wurde ich neugierig, einfach mehr über die mikrobiologischen Prozesse in meinen Dendrobaten-Terrarien in Erfahrung zu bringen.

Im Netz gibt es leider fast nichts darüber zu lesen, geschweige Berichte auszuwerten.

Auch Informationen über Mikrobiologische Verhältnisse aus den Ursprungshabitaten von Dendrobaten sind sehr dürftig.

Mit welchen unterschiedlichen Mikroorganismen PGF in den angestammten Habitaten leben, wiederum in der Terrarienhaltung bei mir in Berührung kommen, oder krass geschrieben, damit zurecht kommen müssen halte ich nach Auswertung der Gutachten schon für bedenkenswert.

Ich meine, dass es keine Rolle spielt, ob Wildfangtiere oder Nachzuchtungen ab der 2. Generation in Terrarien gepflegt werden. Eine Gewöhnung an Pilze, Hefen, vor allem Bakterien und Viren in Übermaß, **falls** Frösche dadurch einen negativen Stress unterliegen, wird in unseren Terrarien nicht gegeben sein.

Zitat:

„Im Allgemeinen sind die Mikroflora in den einzelnen Kontinenten unterschiedlich, so dass allein der Ort-/Kontinentenwechsel für die Tiere ein Problem sein könnte“

Dieser Satz von Prof. Dr. Christian EW Steinberg/Freshwater Ecology Humboldt Universität in einer von mehreren Antwortmails verdeutlichte mir die Brisanz und die Unwissenheit über das Entwickeln und Zusammenleben von Mikroorganismen und PGF in meinen Terrarien.

Herrn Prof. Steinberg an dieser Stelle herzlichen Dank. Auch für Studie und der Übermittlung eines weiteren Kontaktes.

Das sich eine entsprechende mikrobiologische Vielfalt in eingelaufenen Terrarien bildet und PGF unbedingt Bakterien zur Nahrungsaufspaltung in ihrem Verdauungstrakt benötigen, ist wohl unstrittig. Auch bei Abbauprozessen pflanzlicher und tierischer Substanzen sind Pilze und Bakterien gebetene Helfer, die sich sowieso ohne unser Zutun ansiedeln, da sie wichtige Funktionen generell in allen Ökosystemen erfüllen.

Desweiteren muss ich in Regenwaldterrarien auch die Bepflanzung in Betracht ziehen. Die Symbiose von Bakterien, Pilzen auch Mykorrhiza - Pilzen und Aufsitzerpflanzen wie Bromelien sowie Orchideen sind für diese Pflanzen zur Nahrungsgewinnung entscheidend über Wuchsfreudigkeit oder Kümern.

Wichtige Mineralien, auch Enzyme werden den Pflanzen bereitgestellt, im Austausch erhalten die Mikroorganismen als Nährstoffquelle Kohlenstoffverbindungen.

Fragen, welche nach der Auswertung der Gutachten meinerseits offenstanden:

- Welche Bakterien- und Pilzarten stellen ein Risikopotential in meinen Terrarien für PGF dar?
- Was für Arten von Mikroorganismen sind erwünscht oder vernachlässigbar?
- Was für Mittel hab ich für eine Reduzierung von bestimmten Mikroorganismen zur Verfügung? (Damit sind keine gewerblichen Desinfektionsmittel gemeint)
- Wie kann ich die vorhandene und neue Technik so einsetzen, dass ein Wohlbefinden meiner Tiere erhöht wird?
- Wie hoch ist vergleichsweise die Vielfalt an Mikroorganismen in den natürlichen Habitaten der PGF?

Beginnen möchte ich mit meiner **Vorratstonne für Regenwasser**, zuletzt gefüllt am 20.11.2009 mit 200 Litern, um über den Winter zu kommen.

Über einen Innenfilter, gefüllt mit Aktivkohle permanent bis zum 14.01.2010 gefiltert. Aktivkohle 3x ausgetauscht.

Probeentnahme : 14.01.2010

Die Untersuchung führte Herr Dipl.-Biol. R. Stumm vom Institut für Umweltmedizin Erfurt durch.

Pr.-Nr.	Entnahmeort	Gesamtkeimzahl pro ml		Keimart
		22 °C	37 °C	
01	Vorratsbehälter <i>Oberflächenwasser nach Filterung</i>	750	1400	Keime der Pseudomonasgruppe ca. 40 coliforme Keime 5 Aspergillus nidulans

Der Pilz *Aspergillus nidulans* besitzt die Fähigkeit eine Vielzahl organischer Substrate verwerten zu können, bildet Sporen und ist in stehenden Wasser häufig. Er zersetzt totes organisches Material und ist auch als Erreger der Aspergillose bei Tier und Mensch hervorgetreten. Ein Weltweit verbreiteter Bodenpilz.

Was ich bei meiner Auswertung und der Wissensaneignung der verschiedensten Mikroorganismen erst erfuhr, dass Bakterien in Wüstengegenden in einer sehr großen Dichte vorkommen, Regenwälder da eher einer Bakterien-Wüste gleichen.

Warum das so ist und was ich in meinen Terrarien für die PGF zur Verminderung von unerwünschten Mikroorganismen verbessern kann, dazu komme ich noch.

Wobei hinzugefügt werden muss, dass eine Reduzierung nur weniger Arten unmöglich ist.

Pseudomonas-Bakterien gibt es generell in der Umwelt. Vor allen dort, wo es feucht ist. Im stehenden Wasser, auch in Aquarien kommt *Pseudomonas* vermehrt vor. In Abbauprozessen ist diese Bakteriengruppe rege tätig.

Eine Art „*Pseudomonas aeruginosa*“, befällt z.B. das Lungensystem von Säugetieren und bildet Alginat, einen fast unangreifbaren Biofilm. Auch hemmt die Bakterienart die Proteinsynthese durch ihr produziertes Exotoxin A.

In Terrarien wird die Gruppe der *Pseudomonas*bakterien generell anzutreffen sein.

Bei den coliformen Keimen könnte es sich um *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* oder *Enterobacter* handeln. Vogelkot vom Dach bei Regen, ertrunkene Wildinsekten, hereingefallene *Drosophila* nach Entweichen aus den Terrarien, Konterminierter Gartenschlauch.

Zitat :

„Die hohe Belastung mit Keimen in der Atemluft bei einer sehr einfachen Lungenstruktur und fehlendem Flimmerepithel stellt wohl bereits eine stete Belastung dar“

Schrieb mir Herr Dr. Dieter Bretz (Herzlichen Dank für Ihr informelles Feedback) und meine erste Baustelle ist mit der Regenwassertonne schon eröffnet. Wird das Wasser doch zur Beregnung der Terrarien eingesetzt und ein sich bildender Aerosolnebel von Tieren eingeatmet. Nebenbei auch ab und an von mir.

Das durch Aerosole die Luftbelastung während und nach Regenschauern in meinen Terrarien noch entscheidend verändert wird, darauf möchte ich später noch eingehen.

Vor allem die Bakterien der Pseudomonasgruppe erscheinen sehr hoch und müssen eine Reduktion erfahren, ein Risikopotential ist gegeben.

Bei einer Erhöhung der Temperatur auf 27° C würde diese Gruppe sich erheblich vermehren. Schon bei 22°C rund 7,5 Millionen Pseudomonas pro Liter, da sehe ich das Regenwasser als sehr nahrhafte Substanz an.

Die Raum-Umgebungsluft meiner Terrarien ist ein weiterer Punkt der vorliegenden Untersuchung. Mein Hobbyraum von 25 qm befindet sich im Keller.

Die aktive Probenahme wurde mit dem Luftkeimsammler MAS – 50/ 100 l min⁻¹ am 14.01.2010 durchgeführt. Luftaustausch über 2 Fenster zuletzt am 10.01.2010 .

Raumtemperatur 21,5 ° C und rel. Luftfeuchte 55 % . Tagsüber Tür offen .

Pr.-Nr.	Entnahmeort	Gesamtkeimzahl pro m ³ Luft	Keimart	Keimzahl pro m ³ Luft
02	Raumluft	Kumuliert 270	Schimmelpilze und Hefen: Penicillium spp. (4 Arten) Aspergillus glaucus group Aspergillus niger Cladosporium cladosporioides Paecilomyces variotii	170 20 10 30 50

Auf dem ersten Blick muss ich mir keine Sorgen machen. Die Gesamtkeimzahl ist im Gegensatz zu meinen Terrarien-Werten deutlich niedriger. Woran das liegt?

Das würde zu spekulativen Aussagen führen, weitere Messungen/Untersuchungen werden folgen. Möglich, dass im Sommer ganz andere Werte vorliegen.

Bei milden Nachttemperaturen sind meine Fenster im Hobbyraum immer geöffnet.

Übrigens wären Städte in Deutschland und Weltweit aber auch Ländliche Regionen froh über die geringe Menge an Pilzsporen in der Luft.

In unserer Außenluft sind die Werte vergleichsweise sehr hoch, wobei ich mich nebenbei von der geläufigen Aussage der gereinigten Luft nach Regen verabschiedet habe.

Zitat:

"Der Mensch atmet zwischen 10.000 und 20.000 Liter Luft täglich, jeder Atemzug enthält zwischen einer und zehn Pilzsporen. Über den Tag gerechnet nehmen wir mit dem Feinstaub sieben Nanogramm DNA auf. Das entspricht dem 10.000-fachen Informationsgehalt des menschlichen Erbguts", berichtet Viviane Després von der Universität Mainz.

Originalveröffentlichung: J. Fröhlich, D. Pickersgill, V. Després, U. Pöschl; "High diversity of fungi in air particulate matter"; PNAS, 13. Juli 2009

Könnten Pilzsporen die Lungen meiner PGF über Gebühr belasten?

Zu den Untersuchungen der Terrarien:

Es wurde eine Bodenprobe gezogen und die Terrarienluft auf Pilze/Sporen und Bakterien vor, während/nach einem Regenschauer abgesaugt. Die aktive Probeentnahme wurde mit dem Luftkeimsammler MAS – 50/ 100 l min⁻¹ am 20.11.2009 durchgeführt.

Dieses Terrarium hat die Maße 120x60x120 cm, 864 Liter Rauminhalt.
Im Betrieb seit März 2003.

Besatz : 7 bis 10 *Epipedobates tricolor* , Inventur der Individuenzahl unmöglich.

Bepflanzung : Brom.,Orch.,Philod.,Farne,sonst. trop. Kletterpflanzen.

Bodengrund : Weißtorf, wenig japanischer Schwarztorf und Cocoschips, Eichenlaub, Buchenlaub, Moos, Javafarn.

Belüftung : 120 cm breiter und 8 cm hoher Frontgazestreifen in 10 cm Beckenhöhe vorn
Sowie 12 cm Breite in hinterer Beckendecke.

Vollverglasung mit Xaximauskleidung der 2 Seiten - und der Rückenwand. 2 große Schiebetüren.

Wasserfall sowie Bachlauf und Teich Ende 2004 trockengelegt und Nebler entfernt.

Grund: Vitalität von 4 *Dendrobates tinctorius* ließ erschreckend nach , spätere Mortalität.

Teichhöhe war da variabel von 3 bis 8 cm eingestellt.

November bis März ein Regenschauer/Tag von 60 sec. Bodenablauf.

Untersuchungsmaterial, alle Terrarien: Columbia-Blut-Agar, DG-18 Agar, Malzextraktagar .

Extraktion in 0,9 % NaCl

Ergebnis der Bodenprobe :

Pr.-Nr.	Entnahmeort	Gesamtkeimzahl pro g		Belastungsgrad
03	Terrarium	ca. $2,5 \times 10^5$	Schimmelpilze und Hefen: Penicillium decumbens Penicillium verrucosum Aspergillus sydowii Cladosporium cladosporioides Verticillium alboatrum Paecilomyces variotii Mucor sp. Bakterien: Bacillus sp. Streptomyces sp. Pseudomonas-Gruppe Enterobacteriaceae	+++ ++ + ++ + ++ + 10 ⁵ 10 ⁵ 10 ⁴ 10 ⁴

Bei der Anzahl und den Arten der **Bakterien** spiegelt sich eine rege Abbautätigkeit im Terrarium wieder.

Nützliche Eigenschaften wie von Bacillus sp. , welche in Studien die Triebblängen und Wurzelbildung von Pflanzen positiv beeinflussen, bedingt durch die Produktion von Auxin stehen mit Pflanzen in einer positiven Wechselbeziehung.

Veröffentlicht von: H. Youai, TC Charles, BR Glick. Can. J. Microbiol. 53, 1291 (2007). 53, 1291 (2007) auf den 13th International Biotechnology Symposium (IBS 2008)

Auch Streptomyces sp. , einem Erzeuger von Chitinasen spiegelt das komplizierte Wechselverhältnis von Mikroben wieder. Antimykotische Aktivitäten werden dem Bakterium wie die Hemmung der Sporen und die Keimschlauch-Entwicklung von Pilzen zugesprochen. Auf diese Bakterien gehe ich noch im positiven Sinne ein.

Veröffentlicht von: Brazilian Journal of Microbiology

Print version ISSN 1517-8382 ISSN 1517-8382 Braz. J. Microbiol. vol.40 no.4 São Paulo Oct./Dec. 2009 J. Microbiol. Vol.40 No.4 São Paulo Okt. / Dezember 2009

Die Enterobacteriaceae sind generell auf Pflanzen, im Wasser und im Boden weltweit zu finden. Sie vergären eine Vielzahl von verschiedenen Kohlenhydraten, Citrat als alleinige Kohlenstoffquelle würde neben anaeroben Bedingungen zur Verwertung reichen. Es gibt über 120 Arten, sie gehören zu den gramnegativ. Stäbchenbakterien, und sind nicht sporenbildend. Quelle : University of Maryland, BSCI 424 ; pathogene Microbiologie , Herbst 2004

Einbringungsmöglichkeit von Zitronensäure wären Fruchtfliegen, die nicht gefressen werden, auch evtl. Bestäubungsmittel der Nahrungsergänzung auf der Grundlage des Präparates Calciumcitrat.

Die erhöhte Anzahl von Enterobacteriaceae will ich im Auge behalten und verringern. In ihren Ursprungshabitaten der PGF sind die Werte von Bakterien im Boden insgesamt niedriger, sogar kaum vorhanden.

Die Bakterien der Pseudomonas-Gruppe gilt es nicht zu verteufeln, als Problem sehe ich aber die ungehinderte Zufuhr in den Respirationstraktes von PGF an, in der Analyse des Wassers bin ich schon eingegangen, da dort auch vorkommend. Bei der Luftmessung kommen auch hohe Werte.

Als Opportunist der Nahrungsverwertung bei günstigem Klima im Terrarium dieser Gruppe bin ich bei einer Dezimierung evtl. im Nachteil. Sehr komplex gestaltet diese sich Familie der Bakterien, von überaus pathogen für Mensch Pflanze und Tier bis sehr nützlich im Zusammenleben mit Pflanzen (verdrängen andere Bakterien und Schimmelpilze).

Auch zum Abbau von Polyethylen und Kunststoffen werden sie von der Wissenschaft erforscht. Desweiteren zeigen sie gute Eigenschaften bei der Sanierung Erdölverseuchter Flächen und Gewässer.

Darüberhinaus helfen Pseudomonas- Arten bei der Reduktion von Nitrat.

Quelle: K. Kathiresan, Polythene and Plastics-degrading microbes from the mangrove soil Centre of Advanced Study in Marine Biology, Annamalai University, Parangipettai, India

Die vielfältigen Pilzarten im Bodensubstrat, welches nur 1 bis 2 cm dick ist, zeigt ebenfalls eine rege Abbautätigkeit und Verwertung von pflanzlichen Substrat und weiteren Nährstoffen durch Futtereinbringung an.

Penicillium decumbens als Obstverwerter , der auch häufig in den Tropen vorkommt und Penicillium verrucosum, welcher vorwiegend Getreide befällt sowie auch Fleischhaltige Substanzen, sind zum Abbau organischer Substanzen durchaus erwünscht, wenn ihre Stoffwechsellasscheidungen nicht toxische Metabolite enthalten würden.

Aspergillus sydowii, der Gießkannenschimmel und Cladosporium cladosporioides ist generell als Aerosol in unserer Luft.

Ihre Anwesenheit im Bodensubstrat des Terrariums sehe ich nicht als problematisch an. Interessanterweise macht Aspergillus sydowii als opportunistischer Pathogen karibischen Korallen zu schaffen.

Cladosporium cladosporioides ist häufig in Sümpfen, Wäldern und Gewächshäusern als Kosmopolit anzutreffen. Hier sollte ich bei Verschüttung von Wasser, welches unerreichbar auf den Boden hinter den Terrarien fließt vorsichtiger sein. Ein Brutnest könnte/wird damit Installiert. Auch der Inhalt in Wassergräben im Dendrobatenterrarien sollte von mir öfter erneuert werden. Die Sporenmenge in der Luft ist enorm, dazu komme ich noch.

Verticillium alboatrum, welcher im Boden meines Terrariums nicht häufig vorkommt, sorgt in gärtnerisch genutzten Böden für das Welken der Blätter durch Verstopfen der Nahrungszufuhr von der Wurzel aus. Eine Einschleppung des Pilzes durch Pflanzen ist durchaus möglich. Schäden konnte ich noch nicht feststellen.

Paecilomyces variotii ist für Bewohner wie PGF im Terrarium im Bezug durch den Atemtrakt kritisch zu sehen. Infektionen durch den Pilz könnten vor allem schwächerer Tiere befallen. Dieser Pilz ist in tropischen Ländern weit verbreitet und verarbeitet Aminosäuren, Ammoniumsulfate und Phosphate.

Quelle: Brazilian Journal of Chemical Engineering, Sao Paulo 03. Sept.1998

Bei den 50 Arten der Gattung von Mucor sp. will ich hoffen, das Mucor amphibiorum nicht darunter ist.

Bei der Mukormykose befällt der amphibiorum die inneren Organe wie die Leber, aber auch die Haut. Durch infizierte australische Laubfrösche Litoria caerulea trat die erste Erkrankung in Deutschland auf (Frank 1974).

Dabei wurden Verluste an Dendrobaten festgestellt.

Veröffentlicht von: Assoc Prof Rick Speare, James Cook University Townsville Australia, 25. Oktober 2002

Ergebnis der Luftuntersuchung vor Regenschauer:

Pr.-Nr.	Entnahmeort	Gesamtkeimzahl pro m ³ Luft		Keimzahl pro m ³ Luft
04	Terrarium	1300	Schimmelpilze und Hefen: Penicillium spp. (3 Arten) Aspergillus glaucus group Aspergillus sydowii Aspergillus versicolor Cladosporium sp. Wallemia sebi	540 150 20 140 280 170
05	Terrarium	>6000	Bakterien: Streptomyces sp. Staphylococcus sp. Pseudomonas-Gruppe Enterobacteriaceae	600 2000 2400 1200

Bei den Schimmelpilzen muss man immer die Konzentration an Sporen in unserer Umgebungsluft bedenken. Sie begleiten uns permanent.

Wie in der Raum-Luft finde ich Penicillium spp. (es gibt über hundert Arten), mit dem Unterschied der 3-Fach höheren Konzentration in der Terrarien-Luft. Wärme und Feuchtigkeit ist wohl ausschlaggebend.

Ein überall vorkommender Pilz, im Boden wie in unserer Umgebungsluft. Vor allem in gemäßigten und subtropischen Klima. In den Tropen kommt er weniger vor.

Vorzugsweise auf überreifen Äpfeln (auch in Apfelsaft, Apfelmuss) ist Penicillium spp. zu finden und bildet als Stoffwechselprodukt Citrinin.

Eine Toxikologische Wirkung könnte für PGF nicht auszuschließen sein. Aber in geringen Konzentrationen von 0,0072 µg / ml wurden dem Citrinin auch antimikrobielle Eigenschaften nachgewiesen.

Quelle: Brazilian Journal of Microbiology .Sao Paulo Juni 2002

Print version ISSN 1517-8382 ISSN 1517-8382 CITRININOTOXINOGENICITY OF PENICILLIUM SPP. ISOLATED FROM DECAYING APPLES

Arten von *Aspergillus* und *Cladosporium* setzen sich gern auf pflanzliches Substrat um abgestorbene Biomasse zu verarbeiten.

Cladosporium wird durch Luftströmungen sogar über Wüsten und Ozeane getragen um sich als Aerosol im Regen neue Gebiete zu erschließen. Als Sporen macht der Pilz den überwiegenden Anteil in unserer Umgebungsluft aus. *C. cladosporioides* wurde ja auch in der Bodenprobe festgestellt.

Wallemia sebi setzt sich gern auf Zuckerhaltige Substanzen fest. Üblich ist eine Besiedlung trockener Räume auch auf Stroh. Als Aerosol kommt er in der Luft von Europa bis Asien häufig vor.

Er wächst langsam und wird von schnellwachsenden Schimmelpilzarten häufig überdeckt. In Frankreich wurde er als Pathogen der „Farmerlunge“ in Kuhställen ausgemacht.

Quelle: American Society for Microbiology, Journal Dezember 2004,
“Detektion und Quantifizierung von *Wallemia sebi* in Aerosolen durch Real-Time PCR, Konventionelle PCR und Kultivierung „

All diese Schimmelpilzarten erfüllen einen wichtigen biologischen Zweck im Terrarium. Über die Wechselwirkung mit Pflanzen und Tieren sowie Bakterien weiß ich noch wenig. Die Produktion von Mykotoxinen sehe ich jedoch schon als negativ an. Die Anhäufung der Sporen in der Luft ebenfalls.

Die Gesamtzahl der Bakterien ist in einem Vergleich der tropischen Habitate zu meiner Terrarien-Luft sehr hoch und ein Spiegelbild der Bodenprobe.

Staphylococcus sp. , eine Bakterienart , welche weltweit in allen Bereichen vorkommt, sorgt im Terrarium für eine rege Besiedlung und Abbautätigkeit.

Dass der Anteil in der Terrarienluft so hoch ist hat mich überrascht.

Warum kaum in der Bodenprobe ? und auch nicht in der Raumumgebungsluft ?

Die Bakterien der *Pseudomonas*- und *Enterobacteriaceae*- Gruppe wurde schon in der Bodenprobe behandelt.

Streptomyces sp. als nützliches Bakterium zur Pilzeindämmung ist da durchaus erwünscht. Diese Bakterienart war in der Bodenprobe schon vorhanden.

Das Zusammenleben zwischen den versch. Pilz- und Bakterienarten ist aber beileibe kein friedliches. Ein Beispiel dafür ist die große Gruppe der *Streptomyces*-Bakterien, bei mir im Terrarium speziell die zur Gruppe der *Actinobacteria* gehörenden *Streptomyces* sp. , welche eine beispiellose Fähigkeit zur Herstellung eines breiten Spektrums an sekundären Metaboliten besitzt.

Rund 16.000 *Actinomyceten* und *Streptomycceten*, zeugen von einem hohen Potential.

Nicht nur breite antimykotische Eigenschaften werden diesem Bakterienstamm zugesprochen.

Quelle: Molecular Diversity Preservation International, Basel, Schweiz , veröffentlicht im März 2010 .

Auch räuberische Aktivitäten gegen andere Bakterien wurden bei *Streptomyces* sp. festgestellt. Opfer sind *Staphylococcus*, *Enterobacteriaceae* und weitere.

Quelle: “ *Streptomyces* sp.as predators of bacteria “

Anujeeva Biosciences Pvt. Ltd. GmbH, Department of Microbiology, Abasaheb Garware College, Pune, India Department of Microbiology, 2004

Ergebnis der Luftuntersuchung während und kurz nach eines 60 sekundigen Regenschauers.

06	Terrarium (während Beregnung)	> 4000	Schimmelpilze und Hefen: Penicillium spp. (4 Arten) Aspergillus versicolor Cladosporium cladosporioides Cladosporium herbarum Paecilomyces variotii Trichosporon spec. Wallemia sebi Rhodotorula rubra	>1000 900 1200 100 100 90 400 650
07	Terrarium (während Beregnung)	>6000	Bakterien: Bacillus sp. Streptomyces sp. Staphylococcus sp. Pseudomonas-Gruppe Enterobacteriaceae	1000 600 >2000 >2000 >1000

Auf dem ersten Vergleichsblick zur Luftuntersuchung vor einem Regenschauer fällt die Gruppe der Pilze auf. Verständlich, das ich hier Erklärungsbedarf sah.

Innerhalb von rund 15 Minuten haben sich die Werte von Schimmelpilz-DNA mehr als verdreifacht!

Was ist der Auslöser und für mich wichtig, wie verhält es sich in den natürlichen Habitaten der PGF mit Pilzen und ihren Sporen generell und nach auch einem Regenschauer ?

Herr Dr. Ulrich Pöschl vom Max Plank Institut beantwortete meine Anfrage und sandte mir zwei außerordentlich interessante Studien nebst einem weiteren Kontakt. Auch Herrn Dr. Pöschl an dieser Stelle Herzlichen Dank.

Diese Studien geben Aufschlüsse über Aerosolentwicklung sowie Anteile von Pilzaerosolen in der Luft. Daten aus dem Amazonas wurden vorgestellt, aber auch weltweit.

Zitat aus: Contribution of fungi to primary biogenic aerosols in the atmosphere:

wet and dry discharged spores, carbohydrates, and inorganic ions.

W. Elbert, P. E. Taylor, M. O. Andreae, and U. Pöschl

„Die Auswirkungen von Pilzsporen und verwandten chemischen Komponenten könnte besonders wichtig in den tropischen Regionen sein, wo sowohl die physikalisch-chemischen Prozesse in der Atmosphäre und die biologische Aktivität an der Erdoberfläche besonders intensiv sind und wo die Fülle der Pilzsporen und verwandten chemischen Verbindungen in der Regel höher als in außertropischen Regionen sind.“

In der Studie wurde berichtet, das in Balbina / Amazonien im Juli 2001 rund 35% Pilzsporen in der groben Partikelmasse nachgewiesen wurden. Dabei war interessanterweise die

Abundanz an Pilz-DNA in der Nacht mit 45% höher als am Tag mit 25% Anteilen.
 Auch in Feinstaub wurde 4 bis 11 % Pilz-DNA nachgewiesen.
 Laut der Studie von Dr. Pöschl: „Generell ist der Anteil an Pilzen eine bedeutende Quelle globaler Bioaerosole“.

Nun stehen meine Terrarien mitten in Deutschland, in einem Hobbykeller.
 Aber der Anteil an Pilzen in der Terrarien-Luft, den Basidienpilzen – Basidiomycota, sowie den Schlauch/Schimmelpilzen und Hefen, den Ascomycota ist erheblich und ich vermute, das nur ein mindestens 30 minütiger Regen Abhilfe durch Bindung der Pilzsporen in den Sprühaerosolen schafft und die Luft halbwegs reinigt. Und das nicht nur einmal am Tag.

Nur, das gibt meine Technik nicht her. Es ist davon auszugehen, dass eine nicht geringe Pilz-DNA von meinen Tieren neben den Bakterien eingeatmet wird.

Die Hefepilze *Rhodotorula rubra* und *Trichosporon spec.* tauchen während und nach dem Regenschauer neu auf, wenn auch nicht in kopfzerbrechenden Dimensionen.
Trichosporon spec. ist in der Probe zum Glück nur sporadisch vorhanden, als pathogener Hefe ist er bei Tieren jedoch problematisch zu sehen.

Die verschiedenen Bakterienstämme blieben gegenüber der Probe vor einem Schauer konstant hoch.
Staphylococcus sp., *Pseudomonas* und *Enterobacteriaceae* geben Anteile zugunsten von *Bacillus sp.* leicht ab.

Ergebnis der Luftuntersuchung, oberes Terrarium, vor und während eines Regenschauers:

Dieses Terrarium hat die Maße 60x50x40 cm, 120 l Rauminhalt, im Betrieb seit Mai 2004.
 Bepflanzt mit Bromelien, Farn, Javamoos, sonst. tropischen Kletterpflanzen.
 Seiten und Hinterscheibe mit Xaxim verkleidet. Dendrobatengraben.
 Bodengrund : Xaxim, Eichenlaub, Javamoos, Moorkienholz.
 Besetzt mit 1/2 *Phyllobates terribilis* mint
 November bis März ein Regenschauer/Tag von 60 sec.

Pr.-Nr.	Entnahmeort	Gesamtkeimzahl pro m ³ Luft		Keimzahl pro m ³ Luft
08	Oberes Terrarium (kurz vor der Beregnung)	800	Schimmelpilze und Hefen: <i>Penicillium spp.</i> (3 Arten) <i>Wallemia sebi</i>	780 20
09	Oberes Terrarium (kurz vor der Beregnung)	430	Bakterien: <i>Staphylococcus sp.</i> Pseudomonas-Gruppe <i>Enterobacteriaceae</i>	100 200 10

10	Oberes Terrarium (während/nach Beregnung)	> 4000	Schimmelpilze und Hefen: Penicillium spp. (4 Arten) Cladosporium herbarum	>4000 200
11	Oberes Terrarium (während/nach Beregnung)	>5000	Bakterien: Streptomyces sp. Staphylococcus sp. Pseudomonas-Gruppe Enterobacteriaceae	200 >1000 >2000 >2000

Hier ist die gemessene Erhöhung während und nach einem Regenschauer im Verhältnis noch spektakulärer nach oben geschossen. Bei Pilzen um Faktor 5, bei den Bakterien eine 12-fache Erhöhung !

Wie kommt das zustande?

Für mich gibt es nur die Erklärung des feinen Sprühnebels der Düsen, welche bekanntlich eine Luftverwirbelung erzeugen, wobei aufliegende Bakterien auf Pflanzen/Xaxim usw. in die Luft transportiert werden.

Die Bakterien würden also vorher schon im Terrarium verweilt haben, erst durch die Besprühung in der Masse feststellbar. Wo sollten sie sonst herkommen? Aus der Raumluft sicher nicht. (Probe 2)

Wiederum waren die Werte vor und während des Regenschauers im vom Raumvolumen viel größeren Terrarium konstant hoch. (Vergleich Probe 5 und 7)

Ich glaube, dass ein Versprühen von Wasser Aerosoleffekte hat, welche lebensfähigen Sporen und Mycelteilen von Schimmelpilzen sowie Bakterien aufnehmen.

Cladosporium herbarum, ein Vertreter der Schimmelpilze taucht hier wieder auf und ist eine der häufigsten Kolonisatoren der sterbenden und toten Pflanzenmaterie und tritt auch in verschiedenen Bodenarten auf. Auch ein Kosmopolit, welcher von Luftströmungen sogar über Ozeane transportiert wird.

Jedoch ist besonders der Zuwachs von *Penicillium* spp. In 4 Arten zu beachten.

Im großen Terrarium über 1.000 Keimzahl/m³ Luft .

In diesem Terrarium über 4.000 Keimzahl/m³ Luft .

Staphylococcus, Pseudomonas und Enterobacteriaceae sind hier die dominanten Bakterien. Nicht im Traum hätte ich an so eine große Erhöhung, nur ausgelöst durch einen Regenschauer, und gemessen innerhalb von 12-15 Minuten, gedacht.

Ergebnis der Luftuntersuchung, mittleres Terrarium vor einem Regenschauer:

Dieses Terrarium hat die Maße 60x50x50 cm, 150 l Rauminhalt, im Betrieb seit Mai 2004.

Bepflanzt mit Bromelien, Farn, Javamoos, sonst. tropischen Kletterpflanzen.

Seiten und Hinterscheibe mit Xaxim verkleidet. Dendrobatengraben.

Bodengrund : Xaxim, Eichenlaub, Javamoos, Moorkinholz.

Besetzt mit 1/1 *Dendrobates tinktorius weygold*

November bis März ein Regenschauer/Tag von 60 sec.

Pr.-Nr.	Entnahmeort	Gesamtkeimzahl pro m ³ Luft		Keimzahl pro m ³ Luft
12	mittleres Terrarium	180	Schimmelpilze und Hefen: Penicillium spp. (3 Arten)	180
13	mittleres Terrarium	520	Bakterien: Streptomyces sp. Staphylococcus sp. Pseudomonas-Gruppe Enterobacteriaceae	10 190 300 20

Dieselbe Bauart, nur 10 cm höher. Die geringste Anzahl an Pilzen sowie deren Sporen. Nüchtern betrachtet läuft hier etwas anders. Ich hatte auf die Beprobung nach einem Schauer verzichtet, da ich gleiche Verhältnisse wie im Becken darüber vermutete. Im Nachhinein ein Irrtum mit der Erkenntnis, Terrarien sind nicht alle gleich in Bezug auf Besiedlung mit Mikroorganismen. Warum sind die Werte im großen Schauterrarium über 7x (Probe 04), und im oberen Becken 4,5x so hoch (Probe 08)?

Mikrobiologische Vielfalt in den tropischen Ursprungshabitaten von PGF

Schimmelpilze/Hefen :

Aspergillus, Cladosporium, Paecilomyces, Penicillium, Wallemia und weitere hier behandelte, sowie etliche Gattungen, welche nicht in meinen Terrarien vorkommen, sind in den Tropen Süd- und Mittelamerikas jedoch außerordentlich reichhaltig anzutreffen. Sie lassen den Schluss zu, dass für eine gesunde Biodiversität sämtliche Pilzarten einen wichtigen Platz einnehmen.

Praktisch jede Baum- und Pflanzenart hat in den Tropen ihre dazugehörigen Pilzarten, ohne die eine Bereitstellung von Nährstoffen für Pflanzen kaum möglich ist.

Im Amazonas sind sie die ersten Besiedler abgestorbener Pflanzlicher Substanz um die darin enthaltenen Nährstoffe und Elemente dem sofortigen Recycling zuzuführen. Durch die kaum vorhandene Humusschicht ist ein ausgewachsener Baum als Nahrungsdepot anzusehen, der, wenn er fällt, vor allem von sehr vielen Pilzarten für andere und neue Pflanzen aufbereitet wird.

In Mittelamerikanischen Regenwäldern stehen Pflanzen und Bäume wiederum auf Humusreichen Boden, weshalb die Vielfalt an Pilzen nicht ganz an die des Amazonas herankommt.

Hervorzuheben ist, dass verschiedene Schimmelpilze einen sauren PH-Wert bis 2,8 durchaus vertragen.

Zusammengefasst, es gibt wohl nur eine Handvoll Studien über Pilzsporen/Aerosolen in der Luft in tropischen Regenwäldern. Aber deren Vielfalt ist unbestritten. Und im langjährigen Mittel übertrifft die gemessene Menge der Menge in unseren Breiten klar. Zumal die Arten, welche noch nicht entdeckt wurden, geschätzt um vieles höher sind wie die bisher ermittelten.

Bakterien:

Hier ist das Bild ein anderes. Menschliche Unberührtheit ist hier Voraussetzung. Der angenommenen großen Verbreitung von Bakterien stehen in den Tropen als optimale Begrenzer hochmolekulare Verbindungen auf der Basis von Kohlenwasserstoffen entgegen, welches in abgestorbenen Pflanzlichen Material eingelagert ist, den Huminstoffen. Die dadurch bedingten sauren Böden und auch die teilweise sehr sauren Gewässer (bis Ph unter 3) beherbergen kaum Bakterien, aber z.B. Salmmer. In verschiedenen Studien ist sogar von einer Bakterienarmut die Rede. Bakterien lieben ein optimales Milieu von PH 6,5 bis 7,5 um den neutralen Bereich. Je saurer die Böden, umso ärmer die Bakterienfauna. In einer Studie wurden Böden Nordamerikas, Mexiko und des Amazonas in Peru untersucht.

Quelle : The diversity and biogeography of soil bacterial communities,
Noah Fierer & Robert B. Jackson
Herausgegeben von Christopher B. Field, Carnegie Institution of Washington, Stanford, CA,
5. Dezember 2005 (eingegangen Überprüfung 29. August 2005)

Quelle : „Die übersehene Ökosystemkomponente: gelöste Huminstoffe
Christian e.w. Steinberg, Institut f. Biologie, Humboldt Universität zu Berlin

Zusammenfassung:

Bei den Recherchen zu den einzelnen Pilz- und Bakterienarten kam es mir erst einmal auf die Lebensweise und Besiedlung von welcher Materie an. Ebenso war die Wechselbeziehung zu anderen Mikroorganismen sehr lehrreich. Das Produzieren von Antibakteriellen und Antimykotischen Substanzen, Steroiden, Enzymen um zu verdrängen, neu zu siedeln hat mich beim Lesen gefesselt. Humanpathogene Eigenschaften habe ich weitestgehend außen vor oder spärlich einfließen lassen, denn schließlich pflege ich PGF, keine Patienten.

Ich habe nützliche Mikroorganismen kennengelernt, aber auch solche, die es zu reduzieren gilt. Eine Desinfektion verbietet sich von selbst, eine milde Reduktion wäre der Weg zum Ziel. Auch der nützlichen Bakterien, ein Kompromiss scheidet aus.

PGF kommen in ihren natürlichen Habitaten am Boden mit etlichen der hier genannten Pilzen auch in Berührung, der wunde Punkt wären die vielen Schimmelpilzsporen in der Luft meiner Terrarien nach einem Regenschauer. Auch wird die Luftbewegung in Regenwäldern eine ganz andere sein wie in meinen künstlichen Naturimitaten. Die Niederschlagsdimension

steht ebenso wenig im Verhältnis.

Vom Licht -Natur versus Kunst- ganz zu schweigen.

Bei Pflanzen in Terrarien sehe ich das ebenso, kommt doch der Besiedlung der zusammengerechnet großen Fläche einer zentralen Bedeutung zu.

Vor allem nach einen Regenschauer.

Bei den Bakterien sehe ich durch Senkung des PH-Wertes im verwendeten Substrat eher Chancen einer Reduzierung. Die hohe Besiedlungsdichte von Staphylococcus, Pseudomonas und Enterobacteriaceae widerspricht der Bakterienarmut in Regenwäldern, eine Belastung der Atemwege scheint auch hier nicht ausgeschlossen.

Wird das Einatmen von Schimmelpilzsporen den Respirationstrakt meiner PGF schädigen? In natürlichen Habitaten wohl kaum. Dafür könnte ihre chemische Verteidigung durch Alkaloid-basierte Toxine sorgen. Unglaubliche über 800 verschiedene Alkaloide wurden bei Dendrobaten, Phyllobaten und Mantellen identifiziert. Übernommen von Futtertieren wie Milben, Ameisen, Käfer und Tausendfüßler und sonst. Gliederfüßlern und gespeichert in Hautsekreten.

Wobei Milben eine zentrale Rolle bei der Alkaloidversorgung der Pumilio-Arten, und nicht nur bei denen, spielen. Fündig wurden man bei Hornmilben (Oribatida) wo bis 40 neue Neurotransmittergifte analysiert wurden.

Quelle : "Geographic and Seasonal Variation in Alkaloid-Based Chemical Defenses of Dendrobates pumilio from Bocas del Toro, Panama"

Ralph A. Saporito¹, Maureen A. Donnelly¹, H. Martin Garraffo², **Thomas F. Spande**² and John W. Daly²
Published online: 5 May 2006

(1) Department of Biological Sciences, Florida International University, Miami, FL 33199, USA

(2) Laboratory of Bioorganic Chemistry, National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases, National Institutes of Health, Department of Health and Human Services, Bethesda, MD 20892, USA

Die Aussage von Thomas F.Spande², spricht eigentlich für das zurzeit vorhandene Wissen für sich.

Zitat:

Es gibt noch weitere Eigenschaften der Alkaloid-Toxine, die es lohnt erkundet zu werden. Einige dieser Alkaloide sind antibakteriell, antimykotisch und antiviral, viele dieser Froschhaut- Alkaloide werden in der Neurochirurgie bei der Blockierung bestimmter Rezeptoren untersucht."

Gelesen in Health24.com, Ausgabe November 2006

Meine PGF sind zwischen 4 und 11 Jahre alt, Alkaloide dürften in der Haut und in Drüsen nicht vorhanden sein.

Bei der Konzentration auf das Machbare stellte ich einen Schwachpunkt in meinen Terrarien fest.

Die Wassergräben in meinen handelsüblichen Terrarien wurden von mir 1-2 x im Jahr entleert und neu gefüllt. Eigentlich war die Sediment- Mulm-Schicht der Auslöser eines Wasserwechsels.

Die Farbe des Wassers gab auch Rückschlüsse über Huminstoffe. 2004 bei der Einrichtung war es eine dunkle Bernsteinfarbe, die im Laufe der Jahre immer heller wurde.

Sicher möglich, dass Bakterien wie Staphylococcus, Pseudomonas und Enterobacteriaceae sich dort wohlfühlten.

Eine Messung mit dem Fotometer ergab Ende Januar einen PH von 6,75 und 6,6 - also fast im neutralen Bereich.

Ich bin sicher, dass im Laufe der Jahre HS ausgewaschen und verbraucht wurden.

Ebenso wurde das Abwasser immer heller. Nicht das ich immer denselben Pflanzenbewuchs in den Jahren hatte, zu groß gewordene Bromelien wurden ab und an gegen Kindel aus dem Schauterrarium getauscht und mit HS-haltigen Substrat eingebracht.

Aber es war nach meinem Verständnis zu wenig Eichen/Buchenlaub, Torf und Moos.

Auch im großen Terrarium ist, bedingt durch die Aufbauten/Modellierung, immer ein Wasserstand von wenigen mm vorhanden. Auch hier wird eine reichhaltige Pilz- und Bakterienansiedlung gegeben sein. Leider besteht keine Möglichkeit an das Wasser zu kommen. Es dürfte sich um die Menge von 3-4 Litern handeln.

Und daraus resultierende Aktionen:

Durch eine schon letztes Jahr geplante Neu- und Umbepflanzung habe ich einen Mix aus HS-haltigen Substraten im März/April 2010 eingebracht.

Laub von Bananenblättern, Buchenlaub, Eichenlaub und Seemandelbaumblätter, im Bodenbereich.

Rinde des Seemandelbaumes, Seemandelbaumblätter, jap. Schwarztorf (Ketotshushi), Hochmoormoostorf des Sphagnum und Erlenzapfen sowie etwas Wald- und Javamoos als Substrat für Bromelien und Farn. Dadurch will ich eine milde Millieuverschlechterung von Bakterien durch Huminstoffe erreichen.

Das Wasser in den Wassergräben wurde ebenfalls erneuert und in einen Rhythmus von 2 Monaten werde ich einen Austausch durchführen. In den Gräben vermehrt sich Javafarn und die in der Aquaristik verwendete Wasserpflanze Cryptocoryne affinis (emers) sehr gut.

Durch den Einsatz einer UVC- Lampe von 5 Watt lasse ich mein Regenwasser in der 200 Liter Vorratsstonne bei gleichzeitiger Filterung entkeimen.

Dadurch erhoffe ich mir vor allem eine extreme Reduzierung von Pseudomonasbakterien.

Desweiteren sei die Hartnäckigkeit von Schimmelpilzen bei Flächenbesiedlung erwähnt.

Hier ist eine Überprüfung von Futtereinträgen sinnvoll. Citrat und Aminosäurequellen werden von mir überprüft werden müssen. Dass nicht verwertete, gestorbene Drosophila und andere Futtertiere schnell von Pilzen dito Bakterien besiedelt und verarbeitet werden habe ich als Lektion nun gelernt.

Hier bin ich noch in der Entscheidungsfindung:

Eine zentrale Bedeutung räume ich der Entlüftung meiner Terrarien schon mit Beginn oder während/nach eines Regenschauers ein, um die Substanz an Pilzsporen und Bakterien zu verringern.

Auch die Verbesserung der Frischluftzufuhr in den hinteren Ecken kurz nach einem Schauer

möchte ich erreichen.

Über die richtigen Lüfter bin ich noch auf der Suche. Die 2 kleinen PC-Lüfter werde ich auf alle Fälle über dem großen Terrarium abmontieren da sie in der Leistung nicht das gewünschte Resultat bringen.

Als Folge hätte ich eine Verschlechterung der Raumluft. Was bei 50 m³ Luft evtl. zu vernachlässigen wäre.

Mein Beleuchtungskonzept will ich durch Infrarot oder UV erweitern.

Eine Reduzierung von Schimmelpilzen und Bakterien in der Luft verspreche ich mir davon. Auch die Besiedlung von Blattoberflächen würde einer Reduktion erfahren.

Über die Ein-Ausschaltzeit bin ich noch im Unklaren. Ebenso über die effektivsten Lampentypen.

Eine Zuschaltung von 20 bis 40 Minuten, evtl. mehr, muss noch getestet werden.

Vor allem im großen Terrarium hätten die PGF eine größere Auswahl und

Ausweichmöglichkeiten der ihnen zusagenden Räume bei 120 cm Höhe.

Bis zum Sommer wird die Beschaffung und Montage der Materialien abgeschlossen sein.

Mit meinen Ausführungen und der offensichtlichen Überfrachtung wissenschaftlicher Artikel will ich beim Leser einfach nur das Verständnis für eine spannende Wechselbeziehung zwischen unseren Pfleglingen und der mikrobiologischen Vielfalt in unseren Terrarien wecken oder vertiefen.

Bei Pilzen und Bakterien haben wir nicht die geringste Chance einer Zustimmung oder Zuweisung, was sich in Terrarien ansiedelt und wo kolonisiert wird.

Auch werden Mikroben für das vitale Leben von PGF und auch das der Pflanzen benötigt.

Nur die unverhältnismäßig hohe Ansiedlung von einigen in Luft und Substrat sollten durch Tricks gemäßigt werden, um eine Gefährdung der Tiere zu verringern.

Ein Biotop erscheint kompliziert, ein Imitat zu erschaffen ist unmöglich.

Trotz allem erreichen PGF in Gefangenschaft mitunter ein hohes Alter.

Irgendwie wird da vieles richtig gemacht. Ob bewusst oder unbewusst, die Frage stellt sich erst anhand von Erfahrungen.

Nicht umsonst habe ich bewusst meinen Bachlauf und Teich nach 2 Jahren Ende 2004 im großen Terrarium außer Betrieb genommen.

Sah alles Toll aus, die Pflanzen wuchsen, die Eierlegenden Zahnkarpfen balzten und laichten, ich war unbewusst begeistert.

Die Quittung war die schleichende Mortalität von 4 tinktorius amatopo, welche ich ungefragt dieser permanenten Nässe aussetzte. Da hätte ich die Wasser- und Luftuntersuchung in Auftrag geben sollen, die mikrobiologische Vielfalt hätte mich garantiert erschlagen.

HS-haltiges Substrat hatte ich da nur spärlich eingesetzt.

Als letzten Schritt werde ich mich mit einer gesünderen Ernährung meiner Tiere auseinandersetzen. Das Immunsystem meiner Tiere zu optimieren wäre die logische Folge. In Naturhabitaten finden PGF wohl weniger Futter, dafür ein vielfältiges.

Meine Zuchten von Collembolen und Drosophila (75% der Futtertiere, weiter Mikrogrillen und Wiesenplankton) werden dem Ernährungsspektrum und der Zufuhr von benötigten Stoffen kaum gerecht.

Die Supplementierung als Nahrungsergänzung betrachte ich zwiespältig, zumal nicht nur meine PGF von dieser Ergänzung profitieren. Mikroorganismen freuen sich ebenso als Verwerter.

Der Fang von sonnengereiften Wiesenplankton und Bodenbewohnenden Insekten könnte ein Eintrag mit Mikroben entgegenstehen, aber die Vorteile zur Verhinderung von Störungen des Immunsystems sollten überwiegen. Dem werde ich mich verstärkt widmen.

Eine Hypovitaminosebedingte Stoffwechselstörung würde weitgehend ausgeschlossen und das Immunsystem würde gestärkt.

Bioverfügbares Kalzium und verschiedenste Aminosäuren wäre ebenfalls ein positiver Effekt.

Mit diesen genannten Maßnahmen möchte ich eine deutliche Keimbelastung erreichen.

Im Januar 2011 werde ich die Untersuchung wiederholen lassen und bin auf die Vergleichsergebnisse richtiggehend gespannt.

April 2010 , Albert Dieter Schulz



