

## AUS DER MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHEN KLASSE

### **Primzahlen**

Vorgetragen auf der Sitzung vom 23. März 2007  
(Kurzfassung) von  
Kurt Rosenbaum, Ilmenau

Eine natürliche Zahl, die größer als 1 ist, heißt bekanntlich eine Primzahl, wenn sie nur durch 1 und durch sich selbst teilbar ist. Die Folge der Primzahlen beginnt mit

2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 29, 31, 37, 41, 43, 47, . .

Primzahlen sind die Bausteine aller natürlichen Zahlen. Nach dem so genannten Hauptsatz der elementaren Zahlentheorie läßt sich jede natürliche Zahl (bis auf die Reihenfolge der Faktoren) eindeutig als Produkt von Primzahlen schreiben. So ist beispielsweise 2007 das Produkt der Faktoren 3, 3 und 223.

Vieles von dem, was wir sicher über Primzahlen wissen, ist schon seit der Antike bekannt. Seitdem hat sich die Lehre von den Primzahlen weitgehend unbemerkt von der Öffentlichkeit weiter entwickelt. Sie ist nicht anwendbar und wird wohl, wie der englische Mathematiker HARDY noch 1940 bemerkte, für immer ehrlich und sauber bleiben.

In jüngster Zeit sind aber die Primzahlen mit einem Schlag ins Rampenlicht getreten. Die Computerwissenschaftler RIVEST und SHAMIR haben gemeinsam mit dem Mathematiker Adleman 1978 ein Verschlüsselungsverfahren erfunden, mit dem geheime Daten übertragen werden können, ohne daß vorher ein Schlüssel ausgetauscht werden muß. Die Sicherheit dieses Verfahrens hängt wesentlich davon ab, daß es (noch) praktisch unmöglich ist, sehr große Zahlen in das Produkt ihrer Primfaktoren zu zerlegen.

## **Pilze: Geheimnisvolle Wesen aus dem Untergrund mit erstaunlichem biologischen Potential**

Vorgetragen auf der Sitzung vom 26. Oktober 2007  
(Kurzfassung) von  
Martin Hofrichter, Zittau

Als universelle Destruenten und ausgestattet mit einem vielseitigen Enzymbesteck sind die zahlreichen Vertreter des Pilzreiches in nahezu jedem Ökosystem auf unserem Planeten zu finden. So begegnet man ihnen in allen Bodentypen, der Streuschicht von Wäldern und Wiesen, sich zersetzenden Überresten von Pflanzen und Tieren, im Dung sowie im Süßwasser und sogar in marinen Habitaten. In bestimmten Lebensräumen (z. B. Moorböden) können Pilze mehr als 60 % der lebenden Biomasse bilden und spielen dort eine Schlüsselrolle beim Recycling des organischen Kohlenstoffs, vor allem beim Abbau persistenter pflanzlicher Polymere.

Mikropilze (Hefen und Schimmel), die zu unterschiedlichen taxonomischen Gruppen der Eumycota (Echte Pilze) gehören, sind ubiquitäre Bodenorganismen. Einige Vertreter bilden leistungsfähige hydrolytische Enzyme, die in industriellen Verfahren Anwendung finden (z. B. Zellulasen aus *Trichoderma* spp.). Aufgrund ihres raschen Wachstums und ihrer einfachen Handhabung im Labor dienen bestimmte Mikropilze als Produktionsstämme für die heterologe Expression eukaryotischer Proteine, u. a. auch von industriell relevanten Biokatalysatoren wie Waschmittelenzymen oder Chymosin für die Käseherstellung (Lab; *Aspergillus nidulans*). Andere Mikropilze werden zur großtechnischen Produktion von Antibiotika (*Penicillium*, *Cephalosporium*) und organischen Säuren (*Aspergillus niger*) eingesetzt. Nicht zuletzt sind eine Reihe von Bodenpilzen am Abbau von Umweltschadstoffen (Xenobiotika) beteiligt und in der Lage, aliphatische and aromatische Kohlenwasserstoffe als Wachstums- und Energiequelle zu nutzen oder sie kometabolisch zu transformieren (*Aureobasidium pullulans*, *Penicillium frequentans*, *Trichosporon cutaneum*).

Die bemerkenswerteste Abbauleistung der Pilze betrifft jedoch die Zerlegung und Mineralisierung des Holzstoffes Lignin. Dabei handelt es sich um einen Hauptbestandteil der pflanzlichen Biomasse (15-30 %), der den Zellwänden und Geweben Festigkeit und Stabilität verleiht und die Polysaccharide (Zellulose, Hemizellulosen) vor dem Angriff durch Mikroorganismen schützt („Ligninbarriere“). Lignin ist ein komplexes aromatisches Polymer, das nicht durch herkömmliche Enzyme gespalten werden kann. Interessanterweise ist es im Laufe der Evolution nur den filamentösen Großpilzen (Basidiomyceten, einige Ascomyceten) gelungen, biochemische Mechanismen zu entwickeln, um das Lignin substantiell zu zerlegen und zu mineralisieren. Diese Organismen, zu denen viele unserer Speisepilze gehören (z. B. Champignon, Austernseitling, Shiitake, Morcheln), bewirken verschiedene Formen der Holzfäule und Streuzersetzung. Sie scheiden hierzu spezielle Enzyme (Peroxidasen, Phenol-Oxidasen, Aromaten-Esterasen) aus, die das Ligninpolymer oder seine Bindungsstellen zu den Polysacchariden unspezifisch spalten.

Obwohl der Ligninabbau noch nicht bis ins letzte Detail verstanden ist, hat sich herauskristallisiert, daß ein Enzym – die Mangan-Peroxidase – eine Schlüsselfunktion innehat. Dieser extrazelluläre Biokatalysator, der ausschließlich von Basidiomyceten

gebildet wird (z. B. *Phlebia*, *Bjerkandera*, *Stropharia*, *Agaricus*), oxidiert im Mikrohabitat des Pilzes Mangan(II)ionen ( $Mn^{2+}$ ) zu reaktiven Mangan(III)ionen ( $Mn^{3+}$ ). Diese werden mit Oxalsäure komplexiert und dringen als niedermolekulares Oxidationsmittel in den Lignozellulose-Verband ein, wo sie aromatische Strukturen oxidieren, was zur Entstehung instabiler Lignin-Radikale führt. Holzbewohnende Ascomyceten (z. B. *Xylaria*, *Daldinia*) haben eine andere Strategie entwickelt, bei der vorzugsweise die Esterbindungen zwischen dem Lignin und den Hemizellulosen gespalten werden, wobei relativ große Ligninfragmente entstehen, die wiederum von speziellen Phenol-Oxidasen (kupferhaltige Laccasen) oxidiert werden.

In den letzten Jahren sind erhebliche Fortschritte in der Nutzung des Abbaupotentials ligninolytischer Pilze gemacht worden. Beispiele sind das sogenannte Biopulping in der Zellstoffindustrie, Pilzbiobeete zur Beseitigung von Pestizidrückständen und der Einsatz von Laccasen und Peroxidasen in der Textilindustrie. Neben der technischen Herstellung von Pilzenzymen ist die gezielte Suche nach neuen Biokatalysatoren eine zentrale Aufgabe der modernen Pilzbiotechnologie. Ein aktuelles Beispiel stellen die kürzlich entdeckten extrazellulären Peroxygenasen alkalophiler und coprophiler Hutpilze dar (*Agrocybe* spp., *Coprinus* spp.). Bei diesen Biokatalysatoren handelt es sich um funktionelle Hybrid-Enzyme aus Peroxidasen und Cytochrom-P450-abhängigen Monooxygenasen, die über ein bisher nicht gekanntes Katalysepotential verfügen. So epoxidieren, hydroxylieren, dealkylieren und bromieren diese Enzyme aromatische und heterozyklische Verbindungen mit Hilfe von Wasserstoffperoxid, was zu Produkten führt, die von synthesechemischem und pharmazeutischem Interesse sind. Welche physiologische Funktion Peroxygenasen im Mikrohabitat der Pilze erfüllen, ist allerdings noch unklar und Gegenstand umfangreicher mikrobiologischer, biochemischer und molekulargenetischer Untersuchungen.

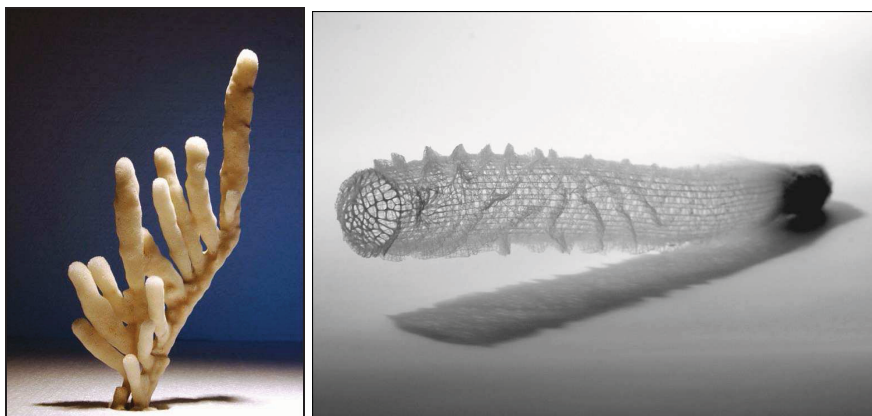
## **Marine Biotechnologie als Lieferant innovativer Produkte für Nanobiotechnologie und Medizin**

Vorgetragen auf der Sitzung vom 26. Oktober 2007  
(Kurzfassung) von  
Werner E. G. Müller, Mainz

Schwämme, die einfachsten und ältesten vielzelligen Organismen, stellen eine der ergiebigsten Quellen für bioaktive Substanzen (Sekundärmetabolite) und neue Materialien dar. Deshalb stehen diese Tiere im Mittelpunkt der marinen Naturstoff-Forschung, eine Thematik, die einen Schwerpunkt der Förderung des BMBF darstellt. Neben bioaktiven Substanzen bilden Schwämme und andere marine Organismen auch eine Reihe von Materialien, die für die Nano(bio)technologie von Interesse sind. Beispiele für

„Nanotechnologie in der Natur“ sind die aus Calciumcarbonat-Kristallen (Aragonit) bestehenden Perlen oder aus Calcit-Kristallen aufgebauten Schalen der Abalone-Muscheln, die durch den Einbau spezifischer Proteine neue, vorteilhafte Materialeigenschaften erlangen, oder das optische Mikrolinsensystem des Seesterns *Ophiocoma wendtii*. Insbesondere besitzen Schwämme (Kieselschwämme) und einige andere aquatische Organismen (Diatomeen) die Fähigkeit, Skelettstrukturen aus biogenem Silica („Biosilica“) aufzubauen (Abb. 1). Welche – auch ästhetisch beeindruckende – Strukturen dabei entstehen, zeigt Abb. 2 am Beispiel eines Glasschwamms.

Die Hauptelemente des Skeletts der Schwämme sind die nadelförmigen Spicula, die bei den Hornschwämmen und Glasschwämmen aus amorphem Silica („Biosilica“) bestehen. In den letzten Jahren konnte ein Einblick in den Mechanismus ihrer Bildung erhalten werden. Dabei stellte sich heraus, daß Schwämme die einzigartige Fähigkeit besitzen, ihr Silica-Skelett enzymatisch bei niedrigen Temperaturen (Umgebungstemperatur im Wasser) zu synthetisieren. Diese Eigenschaft, Silica enzymatisch bei Raumtemperatur zu bilden, macht die Schwämme höchst interessant für die Nanotechnologie bzw. Nanobiotechnologie, die als Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts betrachtet wird. Silica ist ein vielbenutztes Material in Technik und Medizin. In der Nano(bio)technologie ist es erforderlich, dieses Material im Nano-Maßstab mit definierter Größe, Form und Funktionalität herzustellen. Bisherige Methoden zur Herstellung von Silica („Glas“) erfordern die Anwendung hoher Temperaturen, Drucke und aggressiver Chemikalien. Schwämme sind jedoch in der Lage, Nanostrukturen aus Silica mit Hilfe von Enzymen („Biokatalysatoren“) unter biologischen, umweltverträglichen Bedingungen mit großer Präzision und Reproduzierbarkeit zu synthetisieren. Unserer Gruppe gelang die Identifizierung, Klonierung und gentechnologische Herstellung der grundlegenden Enzyme, die an der Biosilica-Synthese im Schwamm beteiligt sind. Damit stehen jetzt zwei einzigartige Werkzeuge zur Verfügung, mit denen zwei Welten verbunden werden können – die mineralische (anorganische) und die biochemische Welt – mit Produktmöglichkeiten, an die bisher noch nicht gedacht werden konnte. Silica-Enzyme bieten vielfältige Anwendungsmöglichkeiten von Oberflächenmodifikationen bis zur Herstellung neuer Materialien für Knochen- und Zahnersatz.



**Abb. 1.** Schwamm-Silica-Skelett.

**Abb. 2.** Silica-Skelett des Schwamms *Euplectella aspergillum*.

**Saint-Pierre und d'Argenson: Der Traum vom besten Staat  
im politischen Denken des 18. Jahrhunderts**

Vorgetragen auf der Sitzung vom 23. März 2007  
(Kurzfassung) von  
Herbert Hömig, Dortmund/Köln

Der Gedanke des Idealstaates, der die Untertanen glücklich machen soll, ist nicht nur von aufgeklärt-absolutistischen Herrschern wie KARL THEODOR VON DALBERG, der seit 1772 drei Jahrzehnte lang den Erfurter Staat in seiner Eigenschaft als Mainzer Statthalter regierte, vertreten worden. Er hat verschiedene Vorläufer vor allem in der Zeit der Régence in Frankreich, die am Beispiel der Reformvorschläge des Abbé DE SAINT-PIERRE und des Marquis D'ARGENSON erörtert werden sollen. Die sog. Polysynodie des Abbé von 1718 lief auf ein aufklärerisch verstandenes Rätssystem der obersten Staatsorgane als Beratungsinstrument in der Hand des Königs hinaus. Die von ARGENSON vertretene Idee einer demokratisch verstandenen Selbstverwaltung (1737) nach niederländischem Vorbild unterhalb der bisherigen Provinzialverwaltungen sollte ebenfalls mit einer rational "echten" Königsherrschaft verbunden werden.

Die von ihnen vertretene *thèse royale* stand im Gegensatz zu der von den Vertretern der Stände und der Parlamente verfochtenen *thèse nobiliaire*. Beide Aufklärer bestimmen die Monarchie nicht aus dem Erbrecht, sondern aus dem Begriff des wahren Königs, der sich selbst aufgibt, wenn er die Bedürfnisse des Staates und des Gemeinwohls erkennt. Sie wandten sich freilich gegen jede Art von Gewaltenteilung, da diese geradezu als Versuch angesehen werden mußte, den angestrebten Idealstaat, zu dem der Absolutismus führen könne, zu einem unvollkommenen Gemeinwesen zu machen. Soziale und politische Spannungen erschienen den beiden Frühaufklärern ebenso wie den meisten ihrer Nachfolger, darunter JEAN-JACQUES ROUSSEAU, vor dem Ausbruch der Französischen Revolution noch nicht als regelungs-, sondern lediglich als kritikbedürftig. Beide verdanken ROUSSEAU ihren Platz in der Rezeptionsgeschichte der Aufklärung.

*Quellentexte:*

Charles-Irénée Castel de Saint-Pierre (1658-1743): Discours sur la Polysynodie, où l'on démontre que la Polysynodie ou la pluralité des conseils est la forme du ministère la plus avantageuse pour un roi et pour son royaume, Londres 1718 chez J. Tousson. Nachdruck in den Editions d'histoire sociale, Paris 1970. Deutsche Übersetzung in: Charles-Irénée Castel de Saint-Pierre, Kritik des Absolutismus. Hrsg. von Herbert Hömig und Franz-Joseph Meißner, München 1988, S. 113-256.

René-Louis Marquis d'Argenson, "Jusqu'où la démocratie peut-elle être admise dans un état monarchique?". (1737) Druck: R.-L. Marquis d'Argenson, Considérations sur le gouvernement ancien et présent de la France. Publ. par son fils, le Marquis de Paulmy. A Amsterdam, chez Marc Michel Rey 1764. Deutsche Übersetzung in: René-Louis Marquis



d'Argenson, Politische Schriften, übersetzt und kommentiert von Herbert Hömig, München 1985, S. 47-166.

Essais de Théodicée sur la bonté de Dieu, la liberté de l'homme et l'origine du mal (1710). Die philosophischen Schriften von Gottfried Wilhelm Leibnitz. Hrsg. von C. J. Gerhardt, Bd. 6, Berlin 1885 (Nachdruck Hildesheim 1965).

Herrn Gottfried Wilhelms Freyherrn von Leibnitz Theodicee, das ist, Versuch von der Güte Gottes, Freyheit des Menschen, und vom Ursprunge des Bösen, bey dieser vierten Ausgabe durchgehendes verbessert, auch mit verschiedenen Zusätzen und Anmerkungen vermehrt von Johann Christoph Gottscheden, Ordentl. Lehrer der Weltweish. zu Leipzig .... Hannover und Leipzig, Nicol. Förster 1744.

## **Umbrüche, Neuanfänge und deren Perspektiven in der Geschichte der Weimarer Musikhochschule**

Vorgetragen auf der Sitzung vom 23. März 2007  
(Kurzfassung) von  
Wolfram Huschke, Weimar

Umbrüche gab es in der Geschichte der Weimarer Musikhochschule sowohl als Folge von gravierenden Veränderungen der Rahmenbedingungen (um 1930, 1945, 1990) wie als Folge innerer Ereignisse (1889). Zweifellos war der Umbruch nach Ende des Zweiten Weltkrieges der durchgreifendste. Nach einer Phase, in der die Existenz infrage stand, nahm die Hochschule auf Befehl der sowjetischen Besatzungsmacht schon am 1. Oktober 1945 ihre Arbeit wieder auf.

Einerseits: Als mehrere Jahre lang einzige ihrer Art in der SBZ erlebte die Hochschule einen Zustrom von Studierenden wie nie zuvor. Auch einige hoch angesehene Lehrer kamen von Leipzig, Berlin und anderswo nach Weimar. Hoffnungen auf die „neue Zeit“ waren nach dem Krieg und trotz Entbehrungen und Ängsten insbesondere bei Studierenden hoch gespannt, ebenso ihr Engagement. In kurzer Zeit wurde eine bemerkenswerte Leistungsdichte erreicht und in zahlreichen, immer ausverkauften Konzerten der Weimarer Öffentlichkeit vorgestellt. Die 75-Jahr-Feier im Juni 1947 war ein symbolkräftiger Höhepunkt.

Andererseits: Nach der Entnazifizierung des Lehrpersonals und der Studentenschaft um den Jahreswechsel 1945/46 begann das vorgesetzte Landesamt für Volksbildung schon Mitte 1946, einen Umbau der Studentenschaft im Sinne linkstotalitärer Doktrinen durchzusetzen. Fragen der sozialen Herkunft und der politischen Qualität der Eltern spielten von nun an eine große Rolle bei der Zulassung zum Studium. Auch durch eine neue Indoktrination im Gegenwartskunde-Unterricht und durch abermalige Einschränkungen hinsichtlich von Neuer Musik und Jazz im Sinne stalinistischer Kulturpolitik wurden Hoffnungen auf eine freie Entwicklung von Ausbildung und Kunst zunehmend enttäuscht. Viele der „bürgerlichen“ Leistungsträger verließen Ende der

40er Jahre die Hochschule. Die überaus lebendigen Jahre des Aufbaus wichen der gleichgerichteten DDR-Normalität.

## **Europäische Heilige und „Hauptfrau der Thüringer“ – Kult und literarische Traditionsbildung der hl. Elisabeth im Mittelalter**

Vorgetragen auf der Sitzung vom 26. Oktober 2007  
(Kurzfassung) von  
Matthias Werner, Jena

Elisabeth von Thüringen stieg nach ihrer Heiligsprechung 1235 binnen weniger Jahrzehnte als „moderne Heilige“ zu einer der europaweit am meisten verehrten Heiligengestalten des Hoch- und Spätmittelalters auf. Ihre Verehrung durch unterschiedlichste Trägergruppen führte zu einer breiten literarischen Traditionsbildung, die ihrerseits eng auf die bildlichen Darstellungen rückwirkte. Der Vortrag zeigt die wichtigsten Grundlinien dieser Entwicklung auf, diskutiert die Wechselwirkung von Kult und Traditionsbildung in der mittelalterlichen Verehrungsgeschichte der hl. Elisabeth und fragt vor dem Hintergrund der europäischen Dimensionen der mittelalterlichen Elisabeth-Verehrung nach der besonderen Rolle Thüringens und Hessens als der biographischen Wirkungszentren Elisabeths.