

### KONSTRUKTIONEN DER NATUR

#### VERPACKUNG, RAUMPACKUNGEN UND FLÄCHENFÜLLUNGEN

##### Verpackung im Fruchtknoten

Am fleischigen Fruchtknoten (Abb. 1) eines Liliengewächses kann man schon bei dieser Pflanze erkennen, daß die Frucht nach dem Austrocknen mit drei Spalten aufspringen wird; jede der drei Klappen trägt einen zentralen, nach innen weisenden Steg. Am verbreiterten Ende dieser Stege sitzen die Samenanlagen, jeweils nach außen gegen die Hohlräume der Klappen gerichtet, in Reihen geordnet übereinander.

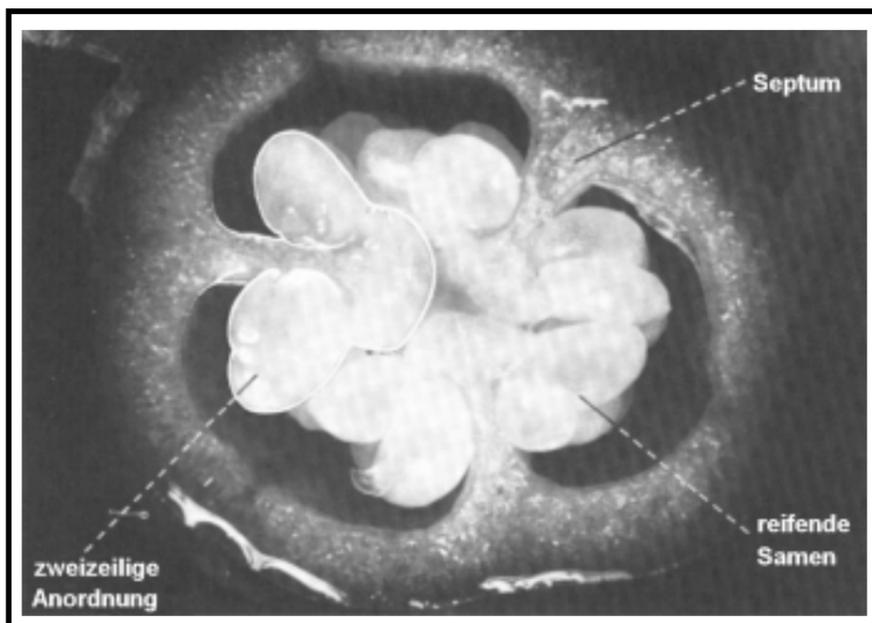


Abb. 1 Querschnitt durch den Fruchtknoten eines Liliengewächses.

Der Fruchtknoten wird zur Frucht - hier zu einer trockenen Kapsel Frucht -, die Samenanlagen werden zu den Samen. Nach dem Trocknen reißt die Frucht im oberen Teil dreispaltig auf, und die Samen können ausgeschüttelt werden oder fallen nach dem Umkippen heraus. Neben dieser »Verpackungsart« von drei mal zwei Reihen gibt es noch unzählige andere Möglichkeiten, Samenanlagen im Fruchtknoten raumsparend unterzubringen.

##### Verpackung im Eigelege (Kokon)

Die Gottesanbeterin (*Empusa pennata*) ist in Südeuropa verbreitet. Nach der Begattung baut das Weibchen Eikokons (Abb. 2), in denen die Eier nebeneinander, meist in senkrechter Richtung, liegen, wie Bleistifte in einer Verpackung. Eingebettet sind die Eier in eine rasch erstarrende, schaumartige Masse, die erstaunlich widerstandsfähig ist und die finger-

gliedlange Eimasse schützt wie eine Styroporverpackung ein empfindliches Gerät.

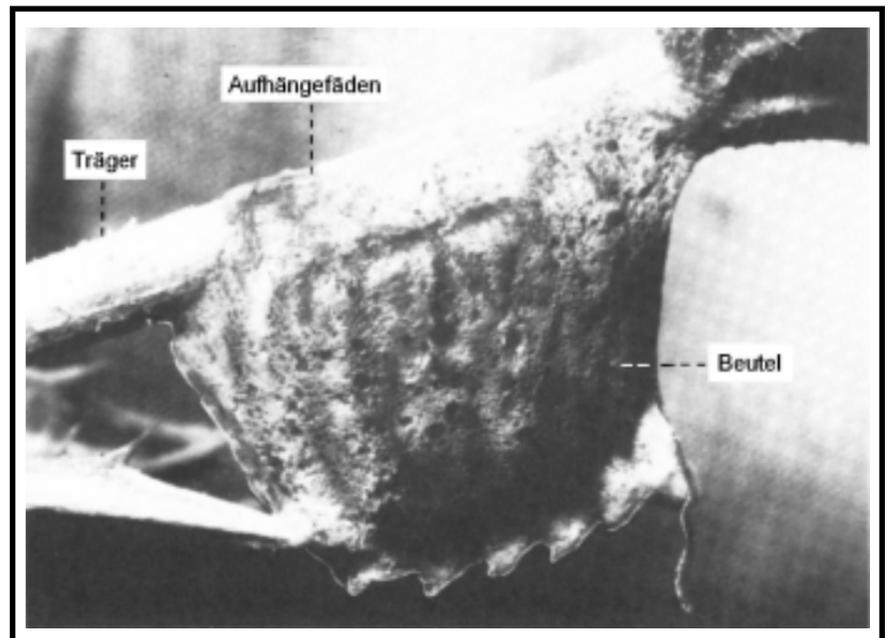


Abb. 2 Eikokon der Gottesanbeterin (*Empusa pennata*).

Wenn die jungen Larven schlüpfen, reißt das Eigelege an einer präformierten Naht auf, und die zentimetergroßen, glasartigen Jungtiere rutschen kopfunter aus der schützenden Hülle. Ein Gelege enthält an die 100 bis 300 Eier, die nur infolge der exakten Parallellage im Kokon Platz haben. Ein Weibchen fertigt bis zu einem Dutzend derartiger Kokons.

##### Raumpackung von Teilfrüchten

Wenn Teilfrüchte an einem zentralen Zapfen (Abb. 3) sitzen

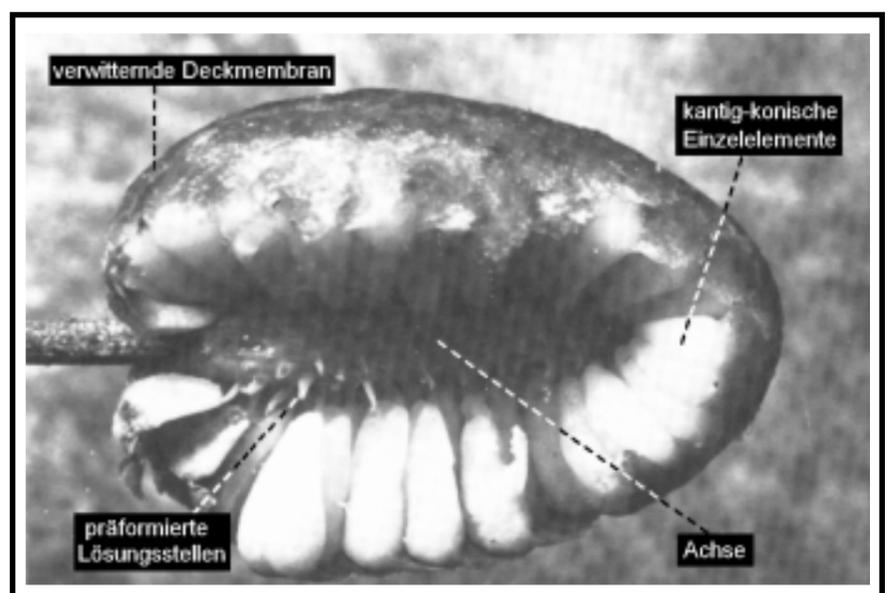


Abb. 3 Teilfrüchte an einem zentralen Zapfen (Längsschnitt).

und ein bestimmtes, geometrisch definiertes Volumen einnehmen, wie im vorliegenden Beispiel, so müssen sie selbst in bestimmter Weise geformt sein - in diesem Fall spitzkegelig und an den Berührungsstellen leicht abgeflacht. Im Fall idealer Raumnutzung sind

solche räum-lichen Packungselemente sechsflächige Prismen. Dies wird beispielsweise erkennbar an den Einzelementen von Kiefernzapfen oder an den Einzelaugen der Komplexaugen von Insekten, zumindest in den äußeren Teilen. Auch die dünnwandigen Zellen pflanzlicher Wachstumsgewebe - die ohne gegenseitige Berührung etwa kugelig wachsen würden - sind vielfach in idealer Packung ineinandergeschachtelt. Sie bilden dann im Durchschnitt geometrische Körper mit 12 bis 14 Flächen, die einem bestimmten Idealkörper (ein 14-Flächner mit 8 Octaeder- und 6 Würfelflächen besitzt das günstigste Oberflächen-Volumen-Verhältnis) schon ziemlich nahekommen. Diese ideale Packungsform hat man bei Experimenten mit Schäumen herausgefunden. In der Technik werden Tetraeder, die sich in einem sechskantigen Prisma spaltfrei stapeln lassen, häufig verwendet. Die tetraedrischen Milchtüten der 70er Jahre sind ein Beispiel.

### Flächendeckung eines Korbblütlers

Betrachtet man die Einzelblüten oder - nach der Reifung - die Einzelfläche im zusammengesetzten Blüten- oder Fruchtstand (Abb. 4) eines Korbblütlers, so scheinen die

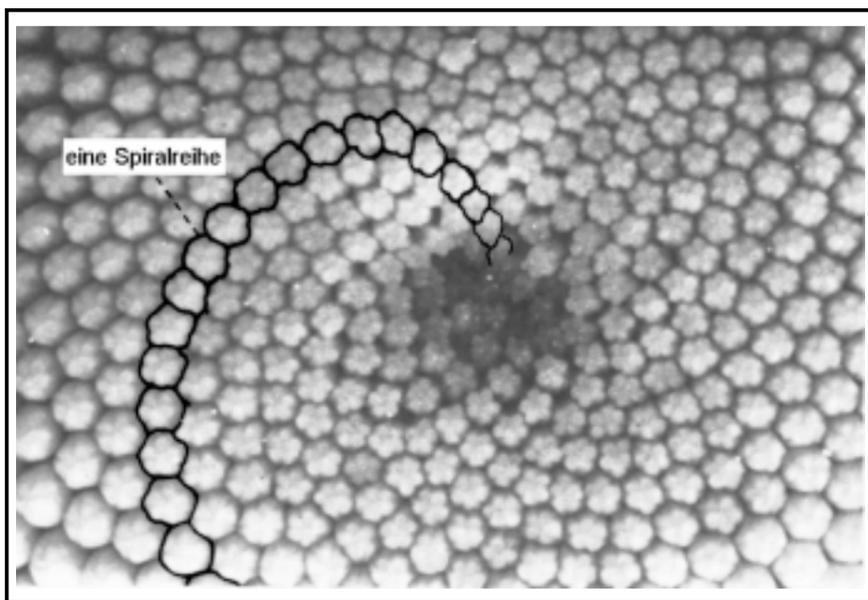
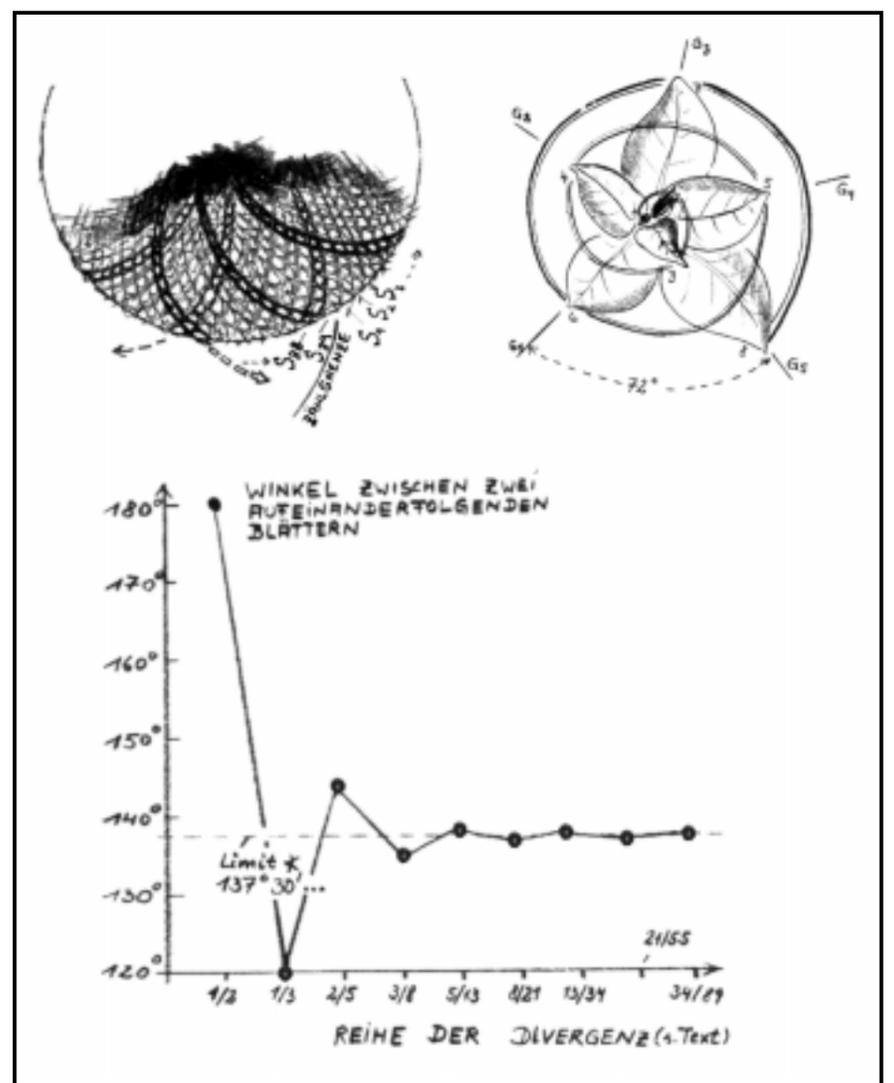


Abb. 4 Anordnung im Blüten- bzw. Fruchtstand eines Korbblütlers.

Teilblüten oder Teilfrüchte in spiralförmigen Reihen angeordnet zu sein. Die Fläche wird lückenlos bedeckt. Dies zeigt ausgeprägt die Sonnenblume (Skizze, oben, links), unscheinbarer aber auch schon das Gänseblümchen.

Auch Pflanzenblätter stehen oft spiralförmig um den Stängel herum. Wenn man sie von oben, also genau in Richtung der Stängelachse, betrachtet oder fotografiert, so hat man sie in einer Ebene abgebildet und kann nun die Projektionswinkel zwischen zwei Blättern ausmessen. Beim mittleren Wegerich oder anderen Pflanzen, die Blattrosetten ausbilden, ist das besonders einfach zu bewerkstelligen. Hierbei werden verblüffende mathematische Gesetzmäßigkeiten deutlich. Wenn man beispielsweise bei einer so betrachteten Tabakspflanze (Skizze, oben, rechts) die Blattspitzen durch einen Kurvenzug verbindet - in Richtung vom jüngsten zum ältesten, wie in der Skizze dargestellt, oder umgekehrt -, so ergibt sich eine recht regelmäßige Spirale (Fibonacci-Spirale).

Da bestimmte Blätter in regelmäßiger Aufeinanderfolge in dieselbe Richtung zeigen (Blatt 1 steht wie Blatt 6, Blatt 2 wie Blatt 7 usw.), ergibt sich ein System von in die-



Skizze Flächendeckung bei Pflanzen.

sem Fall fünf radiären Vorzugslinien, die Geraden  $G_1$  bis  $G_5$ . Zwei solche Geraden schließen zwischen sich einen Winkel von  $360^\circ/5 = 72^\circ$  ein. Von Blatt 1 bis zum gleichgerichteten Blatt 6 etc. beschreibt die Spirale zwei Umläufe. Bildet man aus der Zahl der Umläufe  $n_U$  als Zähler und der Zahl der Geraden  $n_G$  als Nenner einen Bruch, so ergibt sich im vorliegenden Fall der Wert  $2/5$ . Zwei Fünftel des Kreiswinkels von  $360^\circ$  sind aber  $144^\circ$ . Dies ist der Winkel, unter dem zwei aufeinanderfolgende Blätter (also 1 mit 2, 2 mit 3 etc.) zueinander stehen. Er ist konstant. Der Winkel zwischen zwei Geraden ergibt sich somit auch aus dem Winkel zwischen zwei Blättern, geteilt durch die Zahl der Umläufe bis zur Deckungsgleichheit;  $144^\circ/2 = 72^\circ$ . Bei engerer Stellung und einer größeren Zahl von Umläufen (Beispiel: Sonnenblume) zeigt sich, daß die Geraden  $G$  zu Spirallinien  $S$  abgelenkt werden. Untersucht man nun viele Pflanzenarten, bildet jeweils den Bruch  $n_U/n_G$  bzw.  $n_U/n_S$  und ordnet sie nach zunehmenden Werten des Nenners, so ergibt sich die folgende Reihe:  $1/2$ ;  $2/5$  (Skizze, unten);  $3/8$ ;  $5/13$ ;  $8/21$ ;  $13/34$ ;  $21/55$ ;  $34/89$ . Es zeigt sich nun, daß man jeden Bruch der Reihe dadurch gewinnen kann, daß man bei Zähler und Nenner jeweils die Werte der beiden vorhergehenden Brüche addiert. Multipliziert man jeden Bruch mit 360, so ergeben sich die Winkel zwischen zwei aufeinanderfolgenden Blättern. In derselben Reihe ergibt die Winkelanzahl:  $180^\circ$ ;  $120^\circ$ ;  $144^\circ$ ;  $135^\circ$ ;  $138^\circ 27'$ ;  $137^\circ 8'$ ;  $137^\circ 38'$ ;  $137^\circ 27'$ ;  $137^\circ 31'$ . Betrachtet man nun die Differenzen zwischen jeweils zwei Winkeln, so folgt daraus, daß sich die Winkelwerte im Fortgang der Reihe in immer kleineren Sprüngen nach oben und nach unten einem Grenzwert von  $137^\circ 30'$  nähern. Dieser Winkel teilt aber den Kreis nach dem »**Goldenen Schnitt**«.

# KONGRESSE UND AUSSTELLUNGEN

## KURZBERICHT zum V. INT. KONGRESS der GTBB

Die Gesellschaft für Technische Biologie und Bionik (Society for Technical Biology and Bionics) hat ihren V. Int. Kongreß am 16. und 17. Juni 2000 in Dessau durchgeführt.

Er fand in Zusammenarbeit mit der Akademie der Wissenschaften und der Literatur zu Mainz und dem Brauhaus Verein, Dessau, im Maschinenhaus der teilweise schon renovierten, ehemaligen Schultheiss-Brauerei statt.

Der Kongreß begann um 9<sup>15</sup> Uhr mit einem Grußwort des Kultusministers von Sachsen-Anhalt Herrn Dr. Gerd Harms, das von Frau Monika Morche (Abb. 1l) überbracht wurde. Herr Prof. Dr. Werner Nachtigall (Abb. 1r), der 1. Vorsitzende der GTBB, eröffnete dann den wissenschaftlichen Teil.



Abb. 1 Die Vertreterin des Kultusministers, Frau M. Morche (l) und der 1. Vorsitzende der GTBB, Prof. Dr. Werner Nachtigall (r) (Fotos: A. Wisser).

Nach diesen einführenden Worten waren von den Organisatoren des Kongresses noch einige funktionstechnische Mängel zu beheben, so daß es dadurch zu zeitlichen Verschiebungen in der Abfolge der Vorträge kam, welche das Auditorium (Abb. 2) aber mit viel Wohlwollen ertrug.



Abb. 2 Das Auditorium (Foto: A. Wisser).

Es referierten Autoren u.a. aus Frankreich, der Schweiz und Deutschland, unter oft lebhafter Anteilnahme der

Zuhörer, über die unterschiedlichsten Themen aus dem Bereich der Technischen Biologie und Bionik (Redner in alphabetischer Reihenfolge):

**Bannasch**, TU, Berlin: "Bionische Applikationen aus der Zoologie".

**Beismann**, Univ., Basel: "Umwelteinflüsse und Biomechanik von Waldbäumen".

**Copf sen., Faust\***, Priv.-Klinik, Stuttgart, Univ.\*, Stuttgart: "Bone remodelling: An approach of phase transition in saturated porous solids".

**Gallenmüller**, Univ. Freiburg: "Quantitative Wuchsform-Analysen und Ökologie von zwei nicht selbsttragenden Croton-Arten im Tiefland-Regenwald von Fr.-Guyana".

**Gorb**, MPI, Tübingen: "Scale effects on the pulvilli design and attachment abilities in syrphid flies".

**Hennicke**, Univ.-IL, Stuttgart: "Zur Architektur mit Natürlichen Konstruktionen".

**Hill**, Univ., Münster: Produktentwicklung durch Naturorientierung.

**Isenmann**, Univ., Kaiserslautern: "Innovationsquelle Natur: Was wir zur Ableitung ökologischer Innovationen von der Natur lernen können".

**Kesel**, Univ., Saarbrücken: "Material - Struktur - Funktion: die ultraleichten Tragflächen der Insekten".

**Leins**, Univ., Heidelberg: "Samenausbreitung und das Prinzip der Ökonomie".

**Mirtsch**, TFH, Berlin & Dr. Mirtsch GmbH, Teltow: "Bionisches Material durch Wölbstrukturieren".

**Moulia**, INRA, Lousignan: "Auto-stress fields and adaptive geometrical reconfigurations in plants".

**Neinhuis** (in Vertretung von Graefenstein\*), Univ. Bonn, ISPO\*, Kriftel: "Lotusan Fassadenfarbe: Eine erfolgreiche Umsetzung eines Bionik-Projektes".

**Oligmüller**, Architekturbüro, Bochum: "Versuch einer ganzheitlichen Betrachtungsweise bei der Weiterentwicklung bionischer Systeme in der Architektur, im Städtebau und Verkehrswesen".

**Roth-Nebelsick**, Univ., Tübingen: "Wie die Funktionsfähigkeit des pflanzlichen Wassertransportsystems "Holz" gewährleistet wird - adaptive Merkmale und ihre hydrodynamische Deutung".

**Rummel, Birke\***, Univ., Saarbrücken, Architekturbüro\*, Stuttgart: "Bionische Strategie zur Entwicklung eines neuen audiovisuellen Raumkonzepts für die Oper in Oslo". (Doppelvortrag)

**Schwarz**, Univ., Bonn: "Vom Fisch zum Sensor - Elektrische Fische als Vorbild für Technische Sensorsysteme".

**Speck**, Univ., Freiburg: "Pflanzen als "Ideengeber" für die Technik".

**Thallemer**, Festo AG, Esslingen: "Künstlicher Muskel nach bionischen Prinzipien".

**Willems**, Fachhochschule, Anhalt: "Der "Expo-Wurm", ein Architekturbionisches Projekt".

Die wissenschaftliche Sitzung des ersten Tages wurde um ca 19<sup>30</sup> Uhr beendet.

Am Abend hielt dann Prof. Dr.-Ing. Rechenberg, tu, Berlin, einen Vortrag über das Thema: "Bionik im Jahre 2099". Der erste Tag klang mit einem Empfang der GTBB aus, bei dem durch das großzügige Sponsoring des Brauhaus Vereins (Dessau) ein kaltes Buffet gereicht werden konnte.

Die wissenschaftlichen Vorträge des zweiten Tages wurden um ca 16<sup>00</sup> Uhr beendet. Es schlossen sich eine lebhaft Abschlusßdiskussion und die Jahreshauptversammlung der GTBB an.

## BÜCHER

### VORANKÜNDIGUNG:

In Kürze wird der **BIONA-report 14** erscheinen. Darin wird über drei Veranstaltungen berichtet, die im Zeitraum vom 15. bis zum 17. Dezember 1999 an der Universität des Saarlandes durchgeführt worden sind. Er enthält die Proceedings des III. Biomechanik-Workshops "Vom Molekül zum System" der Studiengruppe Morphologie der Deutschen Zoologischen Gesellschaft, des II. Workshops "Biologisch Komponierte Materialien und Systeme", und des IV. Bionik-Workshops der Gesellschaft für Technische Biologie und Bionik. Diese wurden unter der Mitwirkung der jeweiligen Gesellschaften organisiert.

Jedes Thema wurde durch einen einführenden Hauptvortrag eröffnet; die folgenden Beiträge waren Kurzreferate und Posterdemonstrationen. Der Report 14 enthält die eingereichten Hauptvorträge als Vollpublikationen, die Kurzbeiträge als zwei- bis mehrseitige Zusammenfassungen.

Der reich bebilderte Band (215 Seiten) wird von der Akademie der Wissenschaft und Literatur, Mainz im Eigenverlag herausgegeben. Die ISBN-Nummer lautet 3-9807335-0-5 und der Kaufpreis beträgt etwa DM 54,-. Alfred Wisser, Werner Nachtigall (Herausgeber)

## PROTOKOLL DER JAHRESHAUPTVERSAMMLUNG DER GTBB

Dessau, 17.06.2000; Beginn: 16<sup>35</sup> Uhr  
Anwesend: 11 Mitglieder

Prof. Nachtigall begrüßt die Anwesenden und stellt fest, daß alle Mitglieder ordnungsgemäß zur Jahreshauptversammlung eingeladen worden sind. Die Tagesordnung ist allen Mitgliedern vorab zur Kenntnis gegeben worden. Der aktuelle Mitgliederstand beträgt zur Zeit 290 Mitglieder.

### TOP 1 Bericht des 1. Vorsitzenden

Prof. Nachtigall berichtet kurz über Aktivitäten der GTBB im letzten Jahr, unter anderem über den am 17. Dezember an der Universität des Saarlandes durchgeführten IV Bionik-Workshop "Bewegung und Robotik", dem der III Workshop "Biomechanik" der **DZG** und der II Workshop "**BKM&S**" (15. bzw. 16.12.99) vorausgegangen waren.

### TOP 2 Bericht des Schatzmeisters

Herr Braun legt die Bilanz für das vergangene Geschäftsjahr vor:

Einnahmen seit 01.02.1999 : 22.133,98 DM;

Ausgaben seit 01.02.1999 : 24.031,02 DM;

Kontostand am 14.06.2000: 924,07 DM (incl. Jahresvortrag).

Die Sachwerte entsprechen den Angaben der letzten Jahresbilanz. Die Gesellschaft erwarb zur Organisation der folgenden Kongresse ein Laptop. Der Rumpf des Tretboots mußte aufgrund äußerer Umstände verschrottet werden.

Der Vorstand und der Schatzmeister werden einstimmig von den anwesenden Mitgliedern entlastet.

## TOP 3 Verschiedenes

Aufgrund der enormen Post- und Telefongebühren der Gesellschaft wird vorgeschlagen, die Rundschreiben der GTBB zukünftig per Internet auf unserer Bionik-Homepage zugänglich zu machen. In diesem Zusammenhang wäre es natürlich sehr von Vorteil, wenn alle Mitglieder uns mitteilen würden, welchen Weg der Zustellung sie bevorzugen würden, da einige bestimmt noch den postalischen Weg benutzen wollen. **Bitte senden Sie uns das beiliegende Formular ausgefüllt zurück bzw. geben uns auf elektronischem Weg Bescheid.** Vereinsinterna werden in Zukunft natürlich weiterhin postalisch zugestellt. Im Hinblick auf die finanzielle Situation stellt der 2. Vorsitzende eine Erhöhung der Mitgliedsbeiträge zur Diskussion, die auf der nächsten Versammlung diskutiert und beschlossen werden soll.

Unser Medien- und Pressereferent weist darauf hin, dass das Jahr 2001 als "**Jahr der Lebenswissenschaften**" deklariert werden wird. Hier sollte nach Meinung von C. Neinhuis auch die Bionik ihren Stellenwert dokumentieren, der insbesondere durch eine Veranstaltung - eventuell der **nächste Workshop unserer Gesellschaft** - unterstrichen werden sollte. Dies wird zunächst innerhalb des Vorstandes diskutiert und, sobald eine Entscheidung getroffen ist, den Mitgliedern per Einladung mitgeteilt.

Zum Abschluß der Versammlung wurde sehr intensiv und ausführlich über das zukünftige Konzept der folgenden Kongresse und hier im besonderen über zeitliche Rahmenbedingungen, das Setzen von Schwerpunkten und die Gestaltung des Abendprogramms diskutiert.

Der erste Vorsitzende schließt die Sitzung um 17<sup>10</sup> Uhr.

Saarbrücken, 18.07.2000

Schriftführer (K. Braun)

## IMPRESSUM

Rundschreiben der Gesellschaft für Technische Biologie und Bionik (Society for Technical Biology and Bionics).

**Herausgeber:** Prof. Dr. rer. nat. W. Nachtigall und  
Dr. rer. nat. A. Wisser, Saarbrücken.

**Redaktion und Layout:** Dr. rer. nat. A. Wisser und  
Prof. Dr. rer. nat. W. Nachtigall.

Verantwortlich für den Inhalt und Verfasser der mit W.N. gekennzeichneten Beiträge: Prof. Dr. rer. nat. W. Nachtigall.

## DIE GESELLSCHAFT

Die "Gesellschaft für Technische Biologie und Bionik" (Society for Technical Biology and Bionics):

**1. Vorsitzender:** Prof. Dr. rer. nat. W. Nachtigall (Saarbrücken), **2. Vorsitzender:** PD Dr. rer. nat. T. Speck (Freiburg), **Beauftragter f. d. Publikationswesen:** Dr. rer. nat. A. Wisser (Saarbrücken), **Presse- und Medienreferent:** PD Dr. rer. nat. C. Neinhuis (Bonn), **Schatzmeister u. Schriftführer:** K. Braun (Saarbrücken)  
ist eine gemeinnützige Vereinigung gemäß: § 10 b EStG, § 9 No 3 KStG zur Förderung der Technischen Biologie und Bionik in Wissenschaft, Ausbildung und Anwendung. Die Gesellschaft steht jedem Interessierten offen. Jahresbeitrag DM 30,- (Einzelpersonen) und DM 200,- (Firmen). Austrittsmöglichkeit jederzeit durch eingeschriebenen Brief.

**Anschrift:** Sekretariat der Gesellschaft für Technische Biologie und Bionik, z. H. Herrn K. Braun, Universität des Saarlandes, Bau 9.1, 3. OG, Postfach 15 11 50, 66041 Saarbrücken

Telefon: 0681/302 3205 od. 6656, **Telefax; neu: 0681/302 6651**,  
E-Mail: [gtbb@rz.uni-sb.de](mailto:gtbb@rz.uni-sb.de)

**Bankverbindung:** Sparkasse Saarbrücken; BLZ 590 501 01;  
Kto Nr. 96000690