

1408



Wissenschaftsmagazin der  
Johann Wolfgang Goethe-Universität  
Frankfurt am Main

Handwritten marks and scribbles in the top right corner.

# Forschung Frankfurt

A 355



Der Kaiser als Forscher: Friedrich II. und die Wissenskultur am staufischen Hof ▶ Stadtbäume im Dauerstreß ▶ Jäger und Gejagte: Wie und warum solitäre Wespenarten ihre Beute paralysieren ▶ Ungleichheit und Sozialpolitik in den neuen Bundesländern ▶ Handarbeit am Gedächtnisprotein: Forscher feilen am Schlüssel für den NDMA-Rezeptor ▶ Die photodynamische Therapie: Die Schuppenflechte in einem neuen Licht

1  
1998

16. Jahrgang / 1998 / DM 5,-

**Psorcutan**<sup>®</sup>  
Salbe + Creme

Zsg 12/20



# Ooh! Und

Konsequenz-Therapie von Psorcutan.

Erst die Salbe zur Initialbehandlung und für besonders trockene Körperstellen.

# jetzt auch

Dann die Creme. Zur Weiterbehandlung und für weniger trockene Hautareale. Psorcutan-Creme ist eine Öl-in-Wasser-Emulsion und enthält bis zu 70% Wasser.

Das Sahnestück der Psoriasis-Therapie.

# die Creme!

Stadt- u. Um  
Frankfurt/Main

**Psorcutan<sup>®</sup>, Psorcutan<sup>®</sup> Creme Wirkstoff:** Calcipotriol. Verschreibungspflichtig. **Zusammensetzung:** 1 g Salbe in einer W/O-Emulsion enthält: Arzneilich wirksamer Bestandteil: 0,05 mg (0,005%) Calcipotriol. 1 g Creme in einer O/W-Emulsion enthält: Arzneilich wirksamer Bestandteil: 0,05 mg (0,005%) Calcipotriol. Sonstige Bestandteile: Salbe: Gereinigtes Wasser; Edetinsäure; Dinatriumsalz 2 H<sub>2</sub>O; Natriummonohydrogenphosphat-Dihydrat;  $\alpha$ -Tocopherol; dickflüssiges Paraffin;  $\alpha$ -Octadecyl- $\omega$ -hydroxy-poly (oxyethylen)-2; Propylenglykol; weißes Vaseline. Creme: Edetinsäure, Dinatriumsalz 2 H<sub>2</sub>O; Natriummonohydrogenphosphat-Dihydrat; dickflüssiges Paraffin; weißes Vaseline; Glycerol 85%; Cetomacrogol 1000; Cetylstearylalkohol; 1-(3-Chlorallyl)-3,5,7-triaza-1-azonia-adementanchlorid; gereinigtes Wasser. **Anwendungsgebiete:** Kleinflächige äußerliche Anwendung bei leichter bis mittelschwerer Psoriasis vom Plaque-Typ. **Gegenanzeigen:** Keine Anwendung auf größeren Hautflächen als maximal 30% des Körpers. Auch nicht anwenden bei Psoriasis punctata, Psoriasis pustulosa, schwerer Nieren- oder Lebererkrankungen, bei allen Erkrankungen, die mit Veränderungen des Kalziumstoffwechsels einhergehen, bei Überempfindlichkeit gegen einzelne Bestandteile der Creme oder Salbe, während der Schwangerschaft und Stillzeit, im Gesicht und auf dem behaarten Kopf, bei Personen unter 18 Jahren. Creme zusätzlich: keine Anwendung im Nacken, in der Anogenitalregion oder in Hautfalten. **Nebenwirkungen:** Vereinzelt Hautreizungen (Rötung,

Juckreiz, Brennen), in der überwiegenden Zahl der Fälle jedoch vorübergehend. Beachtung der intertriginösen Bereiche (Salbe) und deren unmittelbare Umgebung (Creme). Eventuell im Gesicht und um den Mund auftretende Hautentzündungen klingen nach der Behandlung mit Psorcutan Salbe oder Psorcutan Creme wieder ab. **Packungen und Preise** lt. AT: Psorcutan Tuben mit 30 g (N1) Salbe DM 46,90; Psorcutan Tuben mit 100 g (N2) Salbe DM 142,13; Psorcutan Tuben 30 g (N1) Creme DM 46,90; Psorcutan Tuben 100 g (N2) Creme DM 142,13. **Dosierung:** 2mal täglich Psorcutan Salbe oder Psorcutan Creme auf die erkrankten Hautbezirke auftragen und leicht einreiben. Diese sollten nicht größer als 30% der Gesamthautfläche sein. Täglich nicht mehr als 15 g, wöchentlich nicht mehr als 100 g Salbe oder Creme verbrauchen. Psorcutan Creme nicht länger als 6-8 Wochen anwenden. Gesamtlänge der auch wiederholt unterbrochenen Therapie mit Psorcutan Salbe nicht über 12 Monate. **Wechselwirkungen:** Bei der Behandlung mit Kalzium und/oder Vitamin D ist es ratsam, den Serumkalziumspiegel zu kontrollieren. **Besondere Hinweise:** Nach dem Auftragen von Psorcutan Salbe oder Psorcutan Creme die Hände waschen, um Übertragung des Präparates auf Gesichtshaut und andere nicht erkrankte Hautbezirke zu vermeiden. Bei der Behandlung mit Psorcutan Salbe im Genital- oder Analbereich kann es wegen der Hilfsstoffe Paraffin und Vaseline bei gleichzeitiger Anwendung von Kondomen aus Latex zu einer Verminderung der Reißfestigkeit und damit zur Beeinträchtigung der Sicherheit der Kondome kommen. Nicht über 25°C aufbewahren. Stand: Januar 1997. Schering Aktiengesellschaft Geschäftsbereich Deutschland D-13342 Berlin

**ASCHE AG**  
Dermatika aus der Schering-Forschung

## Wissenschaft im Mittelalter

4



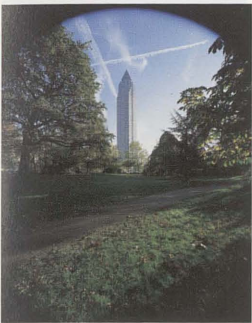
## Der Kaiser als Forscher – Friedrich II. und die Wissenskultur am staufischen Hof

Den Menschen des Mittelalters wird sie nur allzu gerne abgesprochen: die theoretische Neugier, die Lust an der Erkenntnis. Doch der Stauferkaiser Friedrich II. (1194-1250) beweist das Gegenteil: Er richtete seinen Blick auf die Wirkweisen der Natur, das unendlich komplexe Zusammenspiel von Umwelt, Nahrung, Reproduktion – eben auf das Ganze des Lebens. Gelegentlich wird Friedrich sogar als einer der bedeutendsten Verhaltensforscher vor Konrad Lorenz bezeichnet. Seine Liebe galt der Falkenjagd; er war geradezu gierig nach allem Wissen

um diese schwer zu zähmenden Raubvögel, aber auch um andere Vögel und Beutetiere. Dreißig Jahre arbeitete er an einem umfassenden und reich illustrierten Buch „Über die Kunst mit Vögeln zu jagen“. Dies wäre ohne die Hilfe aller Stände bei Hof, aber auch ohne das Expertenwissen aus anderen Kulturkreisen unmöglich gewesen, wie der Historiker *Johannes Fried* nachweisen konnte. Bei der Suche nach Erkenntnis nivellierten sich die ständischen Unterschiede; Wissen wurde zum dynamischen Faktor gesellschaftlichen Wandels.

## Stadt bäume

14



## Stadt bäume im Dauerstreß

Bäume verbessern das Stadtklima; sie können sogar dazu beitragen, daß krebserzeugende polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) aus der Umgebungsluft gefiltert werden, wie Frankfurter Untersuchungen beweisen haben. Der Geobotaniker *Rüdiger Wittig* und seine Forschergruppe haben die Stadtbäume genauer untersucht und festgestellt: Der Gesundheitszustand der Bäume in dichtbesie-

delten und verkehrsreichen Regionen ist besorgniserregend. Verkehrsabgase, Staub, Bodenversiegelung und Trockenheit sind nur einige Faktoren, die die Stadtbäume unter Dauerstreß setzen. Dabei geht es den Straßenbäumen noch einmal deutlich schlechter als ihren Artgenossen in Parks, wie eine Studie über den jährlichen Zuwachs an Stamm und Krone beweist.

## Insektenneurobiologie

24



## Jäger und Gejagte: Wie und warum solitäre Wespenarten ihre Beute paralisieren

Zu den faszinierendsten Waffen in der Tierwelt gehören Gifte; sie werden eingesetzt, um Gefahren oder Konkurrenten abzuwehren, um nicht gefressen zu werden oder um Beute zu machen. Bei den Weibchen von solitär lebenden Wespenarten spielen Gifte eine zentrale Rolle bei der Brutfürsorge. Sie paralisieren ihre Beutetiere, Insekten oder Spinnen, durch gezielte Giftinjektionen; dann legen die Wespenweibchen ihre Eier an oder in die Beute. Die Wirtstiere werden meist nicht getötet, denn ihr Energiegehalt, in Form von Proteinen, Polysacchariden und Lipiden, soll den heranwachsenden Wespenmaden

voll zugute kommen. Wie und wohin das Gift in das Beutetier injiziert wird und welche Auswirkungen es auf das Zentralnervensystem und den Stoffwechsel der Beute hat, untersuchen der Frankfurter Biologe *Werner Gnatzy* und seine Mitarbeiter an dem Räuber-Beute-System „Grabwespe gegen Grille“. Sie bearbeiten dabei nicht nur das Abwehr- und Jagdverhalten dieses ungleichen Duos; sie analysieren auch die physiologischen Mechanismen der Giftwirkung, die kurzfristig zur völligen Bewegungsunfähigkeit und langfristig zu einer auffälligen Verhaltensänderung der Beute führen.

## Sozialpolitik

34



## Ungleichheit und Sozialpolitik in den neuen Bundesländern

Bei dem durch die deutsche Vereinigung vollzogenen Wechsel der politischen, gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Ordnung in Ostdeutschland kommt der Sozialpolitik nach wie vor ein vorrangiger Stellenwert zu. Dabei geht es einerseits um die Abfederung der Arbeitslosigkeit, die durch den Zusammenbruch der ostdeutschen Wirtschaftsstrukturen und die nachfolgenden Umstrukturierungsprozesse entstanden ist, aber auch um den innerdeut-

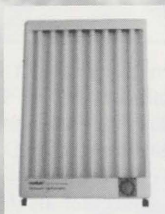
schen Integrationsprozeß: Er muß sich daran messen lassen, ob die Einkommen und Sozialleistungen an die hohen Standards in Westdeutschland angenähert werden können. Der Wirtschaftswissenschaftler *Richard Hauser* hat zusammen mit mehreren Kollegen und Mitarbeitern die ausgleichende und kompensierende Rolle der Sozialpolitik, vor allem die Arbeitsmarktpolitik und die soziale Sicherung, in diesem Prozeß untersucht.

Wenn die Tage kürzer werden ...



Lichttherapie mit **medilight®** bei:

- saisonal abhängigen Depressionsformen (SAD)
- Folgen der Schichtarbeit
- dem Jet-Lag Syndrom
- zirkadianen Schlafstörungen



Reiher GmbH  
Medizinische Licht- und  
Gerätetechnik  
Saarbrückener Str. 254  
D-38116 Braunschweig  
Telefon 05 31 / 5 20 81 - 82  
Telefax 05 31 / 50 79 29

IHR PARTNER FÜR

## INTRA-/INTERNET-LÖSUNGEN

Internet-LAN-Anbindungen  
Informations-Systeme  
Außendienstlösungen  
Shop's, eCommerce  
Groupware + Workflow

**Sicherheit**  
SSL/SET  
Virenschutz  
Firewalls  
Zugriffskontrolle  
UNIX · Windows NT

<http://www.apriori.de>

Fichardstr. 38, 60322 Frankfurt  
Tel.: 069/959630-0, Fax: 069/959630-70



**GLÖCKLER**  
Nicht normal

**Hier\* sind  
Sie die Nr. 1**

(\*Bei der Nr. 1 in Rhein-Main)



Arzneimittelforschung



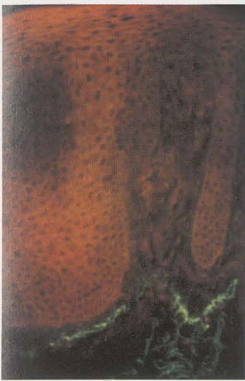
Handarbeit am Gedächtnisprotein: Forscher feilen am Schlüssel für den NMDA-Rezeptor

44

Er sitzt an jeder Nervenzelle im Gehirn. Er ist verantwortlich für das Lernen und das Gedächtnis. Aber ihm wird auch die Schuld an Schlaganfall, Epilepsie, Alzheimer-Erkrankung und Parkinson-Syndrom gegeben – der NMDA-Rezeptor. Am Institut für Pharmazeutische Chemie forscht ein Team von Nachwuchswissenschaftlern um *Christian Noe* nach Arznei-

stoffen, die den Rezeptor steuern, und versucht zugleich, einen Beitrag zur Aufklärung der Rezeptorfunktion zu leisten. In ihrer Reportage aus dem Biozentrum schildert die Wissenschaftsjournalistin *Simone Humml* einen Teil des langen und mühsamen Weges, der von der Entschlüsselung des Gens bis zu einem wirksamen Medikament zurückgelegt werden muß.

Die photodynamische Therapie



Die Schuppenflechte in einem neuen Licht

56

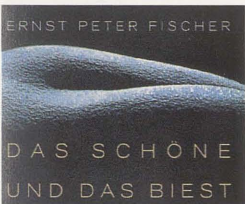
Noch immer gilt die Bestrahlung mit UV-A-Licht in Kombination mit dem Photosensibilisator Psoralen bei der Behandlung von Schuppenflechte als Standardtherapie, doch Hinweise auf ein erhöhtes Hautkrebsrisiko nach dieser PUVA-Behandlung häufen sich. Die beiden Dermatologen *Wolf-Henning Boehncke* und *Roland Kaufmann* machen seit vier Jahren erfolgversprechende Erfahrungen bei Psoriasis-Patienten mit einer neuartigen photodynamischen Therapie (PDT): einer Kombination aus Vorbehandlung mit Photosensibilisatoren, die die betroffenen Hautstellen empfindlicher machen, und Bestrahlung mit langwelligem rotem Licht.

Dieses Licht ist nicht krebsauslösend, dringt bis ins Unterhautfettgewebe ein und kann von Photosensibilisatoren absorbiert werden, die chemisch dem roten Blutfarbstoff Hämoglobin ähneln. Die Folgen der photodynamischen Therapie reichen je nach Intensität von einer Störung bestimmter Zellfunktionen, die u.a. bei der Schuppenflechte auftreten, bis hin zum Zelltod, das Behandlungsziel bei Hautkrebs. Falls eine weltweit einzigartige Studie in Frankfurt erfolgreich verläuft, könnte diese Therapie, die in ähnlicher Form schon heute bei Hautkrebs eingesetzt wird, eine wertvolle Alternative zur PUVA-Behandlung der Psoriasis werden.

Impressum/Bildnachweis

71

Rückkopplung



Das Schöne und das Biest

72

Kopernikus' Weltbild, Einsteins Gleichungen, die Doppelhelix von Watson und Crick – hinter all diesen Erkenntnissen steht die Suche nach Schönheit. Das Streben nach Gleichmäßigkeit, Ästhetik und „einfachen“ Formeln treibt die Menschen an, vereinfachende Formen brauchen wir zum Erklären der Welt. „Die Menschen orientieren sich an

Modellen, weil sie ihnen ästhetisch zusagen und gefallen“, umschreibt Ernst Peter Fischer, Autor von „Das Schöne und das Biest“, seine Theorie. Die Wissenschaftsjournalistin *Anja Störiko* hat dieses Buch kritisch unter die Lupe genommen und kommt zu dem Schluß: ein bißchen „schön“ und ein bißchen „biestig“.

# Der Kaiser als Forscher

Friedrich II.  
und die Wissenskultur  
am staufischen Hof

Umriss eines  
Forschungsprojekts  
zur mittelalterlichen  
Geschichte

von Johannes Fried



Der Kaiser ist hier als Autor dargestellt. Im benachbarten Text nennt der Kaiser sich und sein Buch mit vollem Titel: „divus augustus Fredericus secundus Romanorum imperator, iherusalem et Siciliae rex de arte venandi cum avibus“. [Rom f. 1v unten]

**S**ohn eines Schlächters, zum Teufel!“ „Wahrhaftig, Sohn eines Arztes – eines Müllers – eines Falkners! ... ein untergeschobener Falkner!“ So lästerten die Leute über Friedrich II. (1194-1250), den letzten Kaiser aus staufischem Geschlecht. Die alte Kaiserin, seine Mutter, sei unfruchtbar gewesen, mit ihren 40 oder 60 Jahren. Da habe man zu Aushilfen gegriffen. – Sohn eines Falkners? Friedrich hätte vielleicht geschmunzelt ob dieses Gerüchts. Denn Falken liebte er über die Maßen. Der Falkenjagd wegen vergaß er die Tagesgeschäfte und die Politik. Die Jagd war die herrlichste Zerstreuung, die Könige sich gönnten, Jagd zu Pferde und zu Fuß, mit allerlei Gerät, mit Hunden, Leoparden und Sperbern und eben ge-

rade mit Falken – Königen gemäßer als die Liebe, das Horten der Reichtümer, die Baulust oder die Kriege, an denen sie sich sonst delectierten, und die auch Friedrich zu schätzen wußte. Leib und Seele genossen die Bewegung in frischer Luft, alle Sinne erquickten sie, allen Gliedmaßen sei sie bekömmlich; sie zügle die sexuelle Begier und die übrigen Laster, die Schwermut, den hitzigen Eros, die Verzweiflung. Recht geübt, wärme sie den Körper, treibe überflüssige Säfte aus, erfrische die ermatteten Glieder und Sorge für gesunden Appetit. Kurzum, gleich nach der Herrschaftswal tung komme die Jagd.

Die kostbarsten Jagdinstrumente aber waren die Raubvögel; die Jagd mit ihnen sei adeliger als jede andere, lehrte der

Kaiser. Denn ihre Abrichtung adele den Menschen, den sie von Natur aus mehr als alle anderen Lebewesen mieden, dem sie durch die Luft entfleuchten, an den sie kaum gewöhnt werden könnten und der ihnen doch durch sein Ingenium gegen ihre Natur eine neue Natur aufzuprägen vermöge und damit zu ihrem Neuschöpfer werde: Mensch und Tier in lernender Wechselseitigkeit. Unendliche Fürsorge, Geduld, Liebe floß den Falken zu. Friedrich ließ Horte aufspüren, ausheben, aber auch hegen. Ein Heer von Falknern, Tierpflegern und Ärzten hatte sich um die Vögel zu kümmern; Falkenhof an Falkenhof wurde errichtet. Es genügte Friedrich nicht. Sein Blick öffnete sich, indem er seiner Liebe folgte, für die Wirkweisen

Die Manfredhandschrift ist reich geschmückt mit über 500 Vogelabbildungen, deren genaue Charakterisierung eine Erkennungsanleitung zu 80 verschiedenen Arten liefert. [Rom f. 10v, 11r]



der Natur, das unendlich komplexe Zusammenspiel von Umwelt, Nahrung, Reproduktion, das Ganze des Lebens; und für die Rolle des Menschen darin. Friedrich erkannte, daß er die Lebenswelten auch der bejagten Tiere, nicht bloß der Jäger, ergründen müsse, um Habichte, Sperber, Falken nach seinem Willen zu lenken, erkannte, wie genau er informiert sein müsse über Paarungsverhalten, Aufzucht der Nestlinge, Jagdmethoden der „Vögel, die vom Raube lebten“, ja, daß er alles nicht nur zu beobachten, sondern vor allem auch festzuhalten habe, um es späterer Korrektur unterwerfen zu können. So sandte er seine Helfer aus, um zu beobachten, so ward er selbst zum Beobachter, Verhaltensforscher, Ornithologen, Umweltschützer und Gelehrten.

**Friedrich, einer der bedeutendsten Verhaltensforscher vor Konrad Lorenz**

Friedrichs Wissenwollen – theoretische Neugier, die dem Mittelalter aus un-

zureichender Kenntnis so gerne abgesprochen wird – machte vor nichts halt. Der Staufer sammelte, was ihn nützlich dünkte, Bücher und Wissen. Er reflektierte über den Zusammenhang von Windstärke und -richtung, Flugverhalten und -geschwindigkeit, Flügel-, Federlänge und Schlagfrequenz von Vögeln, verglich sie mit Schiffsriemen und der Fahrtgeschwindigkeit kurz- und langriemiger Galeeren. Er sah den wundervollen Flug des Kranichs, hörte dessen lauten, durchdringenden Schrei und fragte, was beides ermöglichte. Ein Anatom war bald zur Stelle; die Medizinhochschule von Salerno lag in seinem Reich. Sternum und Luftröhre wurden untersucht, das erste für teilweise hohl, teilweise porös befunden, die zweite für überlang und sich durch die Höhlung des Brustbeins schlingend: „Bei den Kranichen verläuft die Luftröhre lang und gerade zwischen der Brustgabel hinab und noch darüber hinaus, wendet sich von dort in das Brustbein, als liege sie zwischen zwei Brettchen, biegt sich zurück, steigt, sich doppelt um sich selbst drehend, wie-

der empor, gelangt alsbald zur Lunge und teilt sich wie die Luftröhre der anderen Vögel“. So komme es, „daß die durch die Windungen der Luftröhre ein- und ausströmende Luft lauter schallt und die Kraniche eine lautere und volltönendere Stimme besitzen als andere Vögel“. Solches stand vor Friedrich nirgends zu lesen. Ein Wendepunkt kritischer Vernunft, aus Neugier, aus Wissensdurst und Erklärungsverlangen.

Wie der Kranich, so wurden andere Beutetiere, „die anderen Vögel“, auch die Beizvögel selbst untersucht. Friedrich wandte sich seinen Falken mit der ganzen Leidenschaft eines Forschers zu, der alles über sie wissen wollte, systematisch ihr Verhalten, ihren Lebensraum, ihren Körperbau, ihre Körpermotorik, ihre Abrichtung und Heilkunde zu erfassen trachtete, ein Leben lang und mit größtem Aufwand, gierig nach allem Wissen um sie.

Friedrichs Falkenbuch „Über die Kunst mit Vögeln zu jagen“, *De arte venandi cum avibus*, gehört zur Weltliteratur. Moderne Beurteiler haben, wenn sie es

überhaupt zur Kenntnis nehmen, seinetwegen den Kaiser einen der bedeutendsten Verhaltensforscher vor Konrad Lorenz genannt. Andere, zumal Historiker, neigen mitunter dazu, Friedrichs Leistung zu minimalisieren. Sie ist in ihrem Gewicht und ihrer Originalität umstritten. Indes, daß der Staufer selbst zum Sachbuchautor wurde, war ein unerhörtes Novum, seit über einem Jahrtausend, seit den antiken Imperatoren Mark Aurel und dem vergöttlichten Julius Caesar ohne Vorbild; so neu, daß noch heute viele Forscher ihm das Werk abzuspochen oder doch seine innovativen Perspektiven herabzustufen wünschen. Sonderliche Wirkung sei ihm nicht zu attestieren, da es selten zitiert, noch seltener abgeschrieben worden sei und erst im 18. Jahrhundert eine Wiederentdeckung hätte feiern können. Wir werden sehen, wie es sich damit verhält. Doch ist nicht zu leugnen: Der Kaiser als hochliterater Experte wäre ein von Wissensgier hervorgebrachter Wandlungsfaktor, der in seiner sozialgeschichtlichen Relevanz schwerlich überschätzt werden könnte.

### Über die Entstehung von Friedrichs Falkenbüchern

Dreißig Jahre, so bekannte Friedrich, habe er an diesem Werk gearbeitet, bevor er das Ergebnis schriftlich, in Buchform, niedergelegt habe. Dreißig Jahre beobachtend, lesend, Wissen hortend, fragend, nach Neuem gierig, Neugier weckend, lehrend; dreißig Jahre Kommunikation mit den diversen Wissensträgern am Hof und in seinem Umkreis; dreißig Jahre Rückwirkungen der kaiserlichen Neigungen auf diesen Hof und dessen soziale Umwelt.

Friedrich diktierte das zitierte Vorwort gegen Ende seines Lebens, vielleicht wenige Monate vor seinem Tod. Die dreißig Jahre hatten also begonnen, als er im Jahr 1220 Deutschland verlassen hatte und über Rom in sein Erbkönigreich Sizilien zurückgekehrt war. Spielte demnach Sizilien bei dem Literalisierungsprozeß eine entscheidende Rolle, jener Nabel des Mittelmeeres, um den sich die Weltkultur drehte? Die Gegenwart orientalischer und westlicher, deutsch-, italienisch-, hebräisch-, arabisch-, griechisch- und lateinischsprachiger Höflinge, die damals, im 12. und 13. Jahrhundert, dort die Regel war? Die normannische Tradition, das Erbe der Griechen, der Araber? War es dieses geistige Umfeld, das den Kaiser zum Forschen und den Forscher zum schriftlichen Fixieren seiner Erkenntnisse brachte? Wie organisierte er sein Tun? Was gab er an wen weiter? Was löste er damit aus?



Beim Einfangen von Falken-Nestlingen, die dann abgerichtet werden sollen, wehrt sich die wertvolle Beute heftig und kann dabei Schaden nehmen. Dies soll durch das Einbinden in den Falkensack verhindert werden. [Rom f. 67r]

Die berühmteste Handschrift der 'Ars venandi' (Bild oben) ist die Palatina-Handschrift des Vatikans, deren Text nach dem Tod des Vaters von seinem Sohn Manfred in den Jahren um 1260 redigiert wurde. Das zugleich dekorative und illustrierte Bildprogramm könnte ebenfalls bereits der Vorlage entnommen sein. Die Handschrift ist in einer süditalienischen Werkstatt entstanden. Das Nachwirken des Buches wurde allein durch die Bemühungen der Söhne Enzo und Manfred gesichert, alle späteren Abschriften gehen auf die Bologneser oder die Manfred-Version zurück. Die stark abgegriffene Darstellung des Kaisers im Lehrgespräch, einem 'placitum de falconibus', auf der einleitenden Seite der Handschrift ist ein sehr ungewöhnliches Bildmotiv. Es zeigt den Kaiser in Arbeitstracht und vertieft ins Lehrgespräch neben dem Bekenntnis im Text, daß er der Fehler wegen nicht immer dem Fürsten der Philosophen, dem Aristoteles, zu folgen gedenke. [Rom f. 1r]

Die altfranzösische Übersetzung der 'Ars venandi' Friedrichs (Bild Mitte) wurde von dem französischen Ritter Jean II de Dampierre et Dizier in Auftrag gegeben, in dessen Besitz sich die Manfred-Handschrift befand. Parallel wurde auch deren Bildprogramm übernommen und dem Stil des frühen 14. Jahrhunderts anverwandelt. Besonders deutlich wird dies in der veränderten Darstellung menschlicher Kleidung und Gestik: Die französische Lehrszene setzt den in der Manfred-Handschrift (Rom f. 1v, s.u.) bartlosen, hier bärtigen König in einen Architekturrahmen; er schaut den Betrachter nicht frontal an, sondern ist elegant zur Seite gedreht, so daß die Hand mit dem Szepter auf dem übergeschlagenen Knie ruht, während die andere nicht mit dem nackten Finger weist, sondern weiß behandschuht ist. Die Geste des vorderen Falkners bezieht sich auf den König, nicht mehr auf den Falken, der hintere Falkner trägt keine Mütze und ein ungegürtetes Gewand. Der Zug zur Verhöflichung und zur choreographischen Kontrolle des Körpers im Raum wird gegenüber der süditalienischen Vorlage des 13. Jahrhunderts deutlich. [Paris f. 2r]

Wie organisierte er sein Wissen, das er erst ganz zuletzt, in sechs Bücher gegliedert, in dem erwähnten Falkenbuch niederzulegen begann? Wie hielt er es durch dreißig Jahre präsent? Welcher Helfer, Wissenszuträger und Gesprächspartner bediente er sich? Wie wirkte sein Wissenwollen und sich mehrendes Wissen auf



die Hofgesellschaft zurück und von dort auf das Reich und darüber hinaus? Offene Fragen in Fülle, von der Forschung bislang kaum gestellt, geschweige denn beantwortet.

Überraschende Einsicht gewährt die Entdeckung eines zweiten Falkenbuches des staufischen Kaisers: des „Buches über Vögel und Hunde“, *Liber de avibus et canibus*. Es war kein Werk seiner Feder, hatte ihn aber zum Redaktor, unermüdlischen Bearbeiter und Herausgeber. Dieses Buch, das in sieben Handschriften ganz oder in Teilen erhalten ist, einst auch in einem illustrierten kaiserlichen Prunkexemplar in Gold und Silber mit Majestätsbild vorlag, besteht aus der Redaktion von vier Einzelschriften, von denen drei auch außerhalb des erwähnten Liber überliefert sind, deren Zusammenführung also dem Kaiser verdankt wird und deren bedeutendste die Falken- und Hundemedizin des sogenannten Moamin ist, eines arabischen Autors des 9. Jahrhunderts. Sie gelangte wohl durch den Philosophen und Diplomaten Theodor von Antiochien in den lateinischen Westen und wurde von ihm am Hof Friedrichs II. unter starker und kontinuierlicher Beteiligung des Kaisers ins Lateinische übersetzt. Die Intensität dieser Anteilnahme, die sich beispielsweise in sieben unmittelbar vom Kaiser betreuten Redaktionen niederschlägt, bedarf noch eindringlicher Untersuchung. Sie verrät aber schon jetzt einiges über die Persönlichkeit des Staufers, seine Wissensinteressen, seine Fähigkeiten und nicht zuletzt über die bislang völlig unbekannt Vorarbeiten, die zu *De arte venandi cum avibus* führten.

In der Tat, die Entdeckung dieses zweiten Falkenbuches hilft, die Entste-

hungsgeschichte des Buches „über die Kunst mit Vögeln zu jagen“ selbst zu erschließen. Die bisherige Forschung ging davon aus, daß *De arte venandi cum avibus* in der erhaltenen Sechs-Bücher-Fassung vollständig vorläge, daß aber Friedrichs Sohn Manfred nach dem Tod des Vaters eine Überarbeitung und Erweiterung veranlaßt habe, deren erste zwei Bücher in dem berühmten vatikanischen Codex Pal.lat.1071 erhalten seien. Diese Annahme ruht indessen, wie ich nachweisen konnte, auf einer Verwechslung von *De arte venandi cum avibus* mit dem *Liber de avibus et canibus*. Damit ergibt sich für jenes erste Werk eine völlig neue Entstehungssituation. Es war bei Friedrichs II. Tod unfertig und ist nur als Fragment auf uns gekommen. Die Manfred-Fassung

wirft nun Licht auf die Arbeitsweise des Kaisers, die sich bislang nur undeutlich abzeichnete. Der dadurch mögliche Einblick in den gesamten Wissensbetrieb am Kaiserhof läßt sich noch kaum annähernd würdigen.

### Kooperation zwischen den Ständen als *Conditio* kaiserlichen Wandels

„Leute aus dem niederen Volk und von kleinem Adel“, so schrieb der Autor des Falkenbuches, „die in dieser Kunst dem hohen Adel dienen, erwerben sich damit den Lebensunterhalt. Arm und Reich gewinnen durch diese Kunst Erkenntnis über die Wirksamkeit der Natur in den Raubvögeln.“ Brachte das Forschen den kaiserlichen Forscher seinen

Die mittelalterliche Jagd ist immer ein soziales Ereignis, an dem der gesamte Hof vom Stallknecht bis zur Fürstin teilnimmt. Die Jagd kann nivellierend wirken, sie kann aber auch mit den feinen oder weniger feinen Unterschieden arbeiten, durch Bewegungsregeln im Raum der Jagd Hierarchien formen und aushandeln. Die einleitende Prachtminiatur präsentiert im Vordergrund ein Paar, das von einem Gefährten und einem Diener, der die Vögel mit Paukenschlägen aufgemacht hat, auf einfacher gezäumten Pferden begleitet wird; letzterer ist senkrecht zur Gruppe ausgerichtet und dadurch etwas herausgenommen. Die Dame, ihr Hund und der Pauker blicken auf den Edelmann, der seinen Falken abgeworfen hat und mit lebhaften Gesten das Geschehen am Himmel mitverfolgt. Dort schlägt ein Falke einen Kranich – durch den Strahlenkranz, der den Falken umgibt, wird die Szene jedoch fast religiös überhöht. Steht der Falke für den von Gott in seiner Gewaltübung unterstützten Herrscher? Der geschlagene Kranich scheint unverletzt – wird hier in den Vögeln am Himmel, in den Pferden auf der Erde ein Paar umschrieben? Oder ist am Himmel ein Vorzeichen künftiger Ereignisse zu sehen? Meisterhaft ist die Verschränkung von Vorder-, Mittel-, Hintergrund, von unten und oben in die Schichtung der Bedeutungen einbezogen. [Chantilly f. 1v]





Im Rahmen detaillierter Ausführungen zum Verteilungsverhalten der Vogelarten wird auch die Drohgebärde behandelt. [Rom f. 43r]

Leuten nahe? Den wissenden und wer-kenden Falknern, Hundeführern, Roß-knechten, denen er so viel seines Wissens verdankte, den Ärzten, den Männern der Feder? Sohn eines Arztes, Sohn eines Falkners? Sollte es, im Blick auf das Wis-sen, berechtigt erscheinen? Friedrichs Satz war durch und durch programma-tisch: Nicht nur, daß er selbst, der Caesar und Augustus, Nachfolger des vergöt-lichten Julius, als Autor eines Sachbuches tätig wurde; er registrierte die Koopera-tion zwischen den diversen Ständen als Kondition seines Tuns; er lenkte diese Zu-sammenarbeit auf das Ziel des Erkennens der Wirkweisen der Natur (*manifestatio operationum naturae*) und wies es – neu auch das – der „Naturwissenschaft“, *scientia naturalis*, zu; es geschah, nicht minder vorbildlos, am Beispiel der edel-sten, wahrhaft souveränen, der menschen-abweisenden Raubvögel. Friedrichs for-schender Blick drang noch weiter, richtete

Der berühmte Teppich von Bayeux zeigt in einer fast 70 m langen Bildsequenz die normannische Eroberung Englands 1066. Er wurde wohl in den 1070er Jahren in der Normandie gestickt. Der spä-tere König und Gegner Wilhelms des Eroberers, Harold, reiste lange vor dem Ausbruch der Feind-seligkeiten als Gesandter des englischen Königs Edward in die Normandie zu Herzog Wilhelm. Die Friedlichkeit des Unternehmens ist durch sein Auftreten als Jäger mit dem Falken, der ihn wäh-rend der gesamten Reise begleiten wird, unterstri-chen. Die Szene illustriert das Zusammenwirken verschiedener Tiere bei der Falkenjagd: Jagdvö-gel, Beutetiere, Hunde zum Aufspüren der vom Falken geschlagenen Beute und Pferde. Harold ist durch Schnurrbart und volles Haupthaar als An-gelsachse gekennzeichnet im Gegensatz zu den an Bart und Hinterkopf rasierten Normannen und Bretonen. [Bayeux, Museum]

sich nun auf die menschliche Gesellschaft und begriff den Erkennensprozeß, auf den er sich eingelassen hatte, als eine Unter-nehmung, die Standesgrenzen überwand.

Die einen, so schrieb er, konnten die Vögel und könnten sie aufspüren, andere die Nester ausheben, wieder andere sie locke machen und an den Menschen ge-wöhnen, noch andere sie auf bestimmte Beutetiere abtragen und so fort; eine Fülle diverser Fähigkeiten, Wissen der Gelehr-ten und Wissen der Praktiker, der Schrift-kunde und der mündlichen Tradition, selbstverständlich auch der Anatomie, der Veterinärmedizin, der Säftelehre, für die es der Hohen Schulen bedurfte. Friedrich holte sich alles an seinen Hof. Hier las und erörterte man frühzeitig, früher als an manchen Universitäten, naturwissen-schaftliche Schriften des Aristoteles, da-mals modernste Wissenschaft, arabische und jüdische Traktate, medizinische Schriften der Schule von Salerno, astron-omische und astrologische Abhandlun-gen, auch sie als Wissenschaft verstanden, juristische, mathematische und Werke sonstiger moderner Wissenschaften der Zeit. Doch vermied der Staufer, Astrolo-gie und Falkenkunde zu verknüpfen, ob-

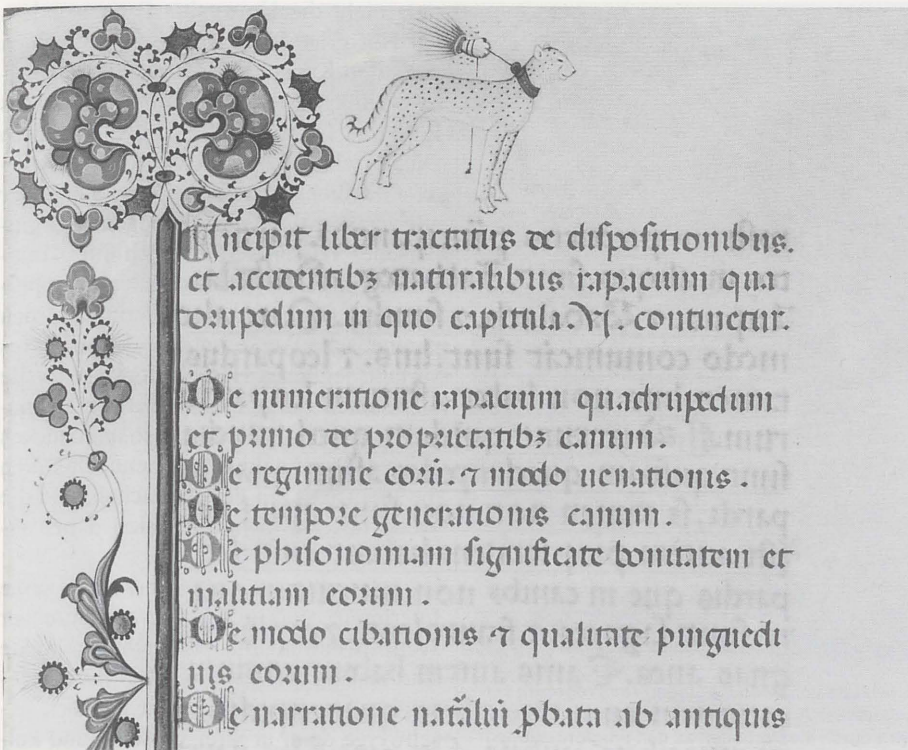
gleich es seine arabischen Vorlagen taten. Ein Zug von Aufklärung bei diesem Man-ne, der selbst astrologiegläubig war? Im übrigen befruchteten die gelehrten Werke das praktische Wissen über die Dinge, die der Kaiser liebte, die Falken, die Cynegetik, die Hippatrik, die Agronomie (d.h. die Lehre von der Jagd, der Pferdeheil-kunde und dem Ackerbau).

Friedrich aber verstand diese Fülle als einen ineinandergreifenden Prozeß, bei dem jede Leistung sich wechselseitig be-dingte und förderte, als Teamwork, als so-ziales System. Wissen offenbarte sich ihm als Habitus und als Kapital, als konstitutiv für Gruppen, deren Selbstbewußtsein und Verhalten, als Leistung von Gruppen, de-ren Status sich an ihm bemaß, als ein dy-namischer Faktor sondersgleichen und ein Motor gesellschaftlichen Wandels.

### Die vier Herrscherbilder der vatikanischen Handschrift

Eine solche Sicht erlaubt, auch die be-rühmten und oft erörterten Herrscherbil-der der vatikanischen Handschrift des Fal-kenbuches neu zu sehen und zu beurtei-len. Sie waren nicht minder programma-





Das internationale Beziehungsgeflecht um den friederizianischen Hof ließ nicht nur Texte und ihre gelehrten Interpreten wandern, sondern ebenso die Tiere, die als Helfer an dem komplexen Geschehen der Beizjagd beteiligt waren: Neben den Falken, deren geschätzteste Exemplare aus Island verhandelt wurden, gelangten auch Vertreter der afrikanischen Tierwelt wie Leoparden und Geparden an den Hof. Mit ihnen kamen spezialisierte Tierpfleger, deren praktisches Wissen den Kaiser genauso interessierte wie das der Mediziner der Universität Salerno. Die Exoten zogen im Gefolge mit dem Kaiser umher, sie unterstrichen seine Macht und halfen – eine Herrscheraufgabe – gegen Feinde der Gerechtigkeit 'terror' zu verbreiten. An kurzer Leine wird hier der Gepard gehalten, der das Kapitel über die jagenden Vierbeiner der Chantilly-Handschrift von Friedrichs Jagdkompendium einleitet. Deren Bebilderung hat ausgeprägt dekorativen Charakter, beim Gepard handelt es sich um die noch am stärksten illustrierende Darstellung – vielleicht ein Reflex auf die erläuternden Miniaturen der verlorengegangenen Prachthandschrift, in der verschiedenartige vogelkundliche und falkenmedizinische Texte mit solchen zu Hunden und Raubkatzen sowie zur Drückjagd vereint worden waren, ein erstes jagdkundliches Handbuch, das für Friedrichs Werk Ausgangsbasis wie überwundenen Wissensstand repräsentiert. [Chantilly f. 87r]

tisch als das Opus selbst, das sie schmückten. Illuinierten sie doch Friedrichs Selbstverständnis in seiner Doppelrolle als Organisator von Wissen und Lehrer sowie als Kaiser.

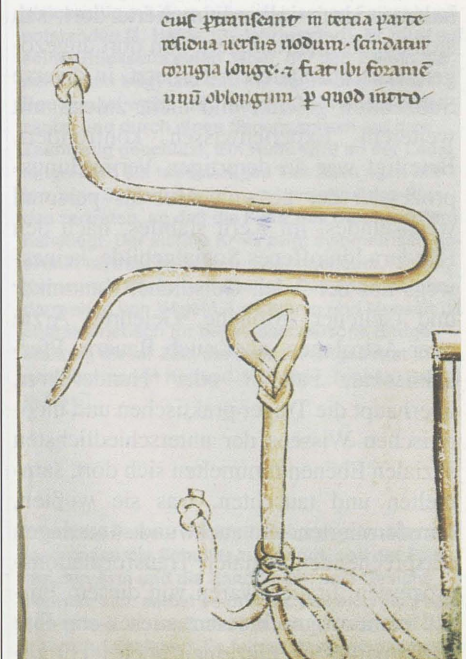
Die vier Herrscherbilder dieser Handschrift sind direkt auf die ihnen benachbarten Textstellen zu beziehen. Sie zeigen:

- ▶ Friedrich als lehrenden Falkner während eines *Placitum de falconibus* in „Arbeitskluft“, passend zu jenem oft zitierten und im Manuskript benachbarten Bekenntnis des Verfassers, der, seiner Fehler wegen, nicht immer dem Aristoteles zu folgen gedenke, welcher die Beizjagd nicht geübt, die er selbst, Friedrich, „immer geliebt und immer betrieben“ habe.
- ▶ die kaiserliche Majestät als Lehrmeister der *Nobiles*, der dieselben sein Buch zu „lesen und sich erläutern zu lassen“ heißt – der ausgestreckte Finger der linken, der „lehrenden“ Hand weist genau auf die einschlägige Textstelle: *legi faciat et exponi*.
- ▶ den „Göttlichen Augustus, Kaiser der Römer“ als den Autor des Lehrbuches, den der Text nun endlich mit seiner vollen Titulatur nennt: *Divus Augustus ... Romanorum imperator*. Die Ergänzungsstufe des Falkenbuches, die in der vatikanischen Handschrift, einem Auftragswerk für Friedrichs Sohn, König Manfred, vorliegt, fügt als viertes Königsbild, gleichfalls als Falkner, ein Bild dieses Manfred hinzu.

Des Kaisers Hof durchwehte nicht nur die kühle Luft hoher Politik, ihn erfüllte die gespannte Atmosphäre unablässigen Fragens und Forschens. Er war Wissens- und Lebensgemeinschaft, in der Frauen und Männer, jung und alt, die unterschiedlichsten sozialen Gruppen und Schichten vom elitären Hochadel bis zu den unfreien Knechten, von den Angehörigen der Familie des Herrschers bis zu den sporadisch anwesenden Fremden zu Worte kamen. Gewiß, auch Poeten. Aber sie gaben den Ton nicht an. Mochte sonst in ihren Kreisen die Falkenjagd zur Metapher der Liebe, zum Inbegriff galanter Lebensform dienen, mitunter auch zur über sich hinausweisenden Metapher des Lebens, an Friedrichs Hof mied man solches. Nicht, daß der Staufer Gesang oder Frauen verschmähte – er betätigte sich zuweilen selbst als Dichter; es gehörte zur Herrschaftsrepräsentation. Aber keiner seiner Dichter schlug das amouröse Falkenthema an, jeder respektierte mit seiner Kunst die Sphären der Wissenschaft. Und Frauen wußte auch der Kaiser zu lieben, die legitimen Ehefrauen ebenso wie manche andere. Doch ihretwegen vergaß er Herrschaft und Wissenschaft nicht.

In dieser lebendigen Atmosphäre bedurfte es spezialisierten „Hofwissens“, um bestehen zu können; hier stießen die verschiedensten Lebens- und Vorstellungswelten, kooperierenden und widerstreitenden Erwartungen aufeinander und mit ihnen die divergierendsten Wissensschichten, Wissensbedürfnisse, Rezeptions- und sozialen Veränderungspotentia-

le, über welche die zeitgenössische Gesellschaft verfügte. Hohe Fluktuation seiner Besucher aus aller Herren Länder verschaffte dem Hof zugleich eine Weltkenntnis, die ihresgleichen suchte. Hier begegneten alle Kulturen einander, die damals am Mittelmeer in Blüte standen. Wer konnte, brachte Bücher mit. Des Kaisers Wissensdrang war allgemein bekannt.



Mit der eine gewisse Bewegungsfreiheit gewährenden Langfessel wird der Falke an das Reck gebunden; die schriftliche Knotungsanweisung wird hier durch die bildliche illustriert und ergänzt – praktisches Wissen ist zu komplex für menschliche Sprache. [Rom f. 64r]

Hier wurde Wissen aktualisiert, gespeichert und vergegenwärtigt. Analphabeten und Literaten, Lateiner, Griechen, Juden oder Muslime, Occidentalen und Orientalen tauschten sich dabei aus und sorgten in unterschiedlichen Graden für einen Austausch zwischen den verschiedenen Wissensschichten und Wissensfeldern. Der Hof war ein überregionaler Umschlagplatz mündlichen, rituellen, verhaltensimmanenten und schriftlichen Wissens vom allgemeinen Bildungs- bis hin zum speziellen Expertenwissen, wenn auch nicht alles auf dem höchsten jeweils erreichbaren Niveau. Er war eine Drehscheibe der zeitgenössischen profanen und rudimentär auch der klerikalen Wissenskultur, vielleicht ihr vornehmstes Kommunikationszentrum. Des Kaisers eigener Forscherdrang blieb davon nicht unberührt.

**Die Wissenskultur einer Epoche manifestiert sich am Kaiserhof**

Gerade in der Konzentration von Expertenwissen manifestierte sich die reale und virtuelle Zentralfunktion des Königshofes. Religion und Recht, alle Wissenschaften fanden sich repräsentiert, die diversen Formen der Literalität, der Ethik, der praktischen Disziplinen wie der Briefstillehre mit ihren Musterbüchern, Formularsammlungen und Formularbehelfen, die Medizin oder das Kriegs-, Handels-, Geld- oder Hüttenwesen, die Agrikultur und Architektur, die Falken- oder Pferdekunde, die ganze höfische Kultur mit ihren Verhaltenscodes – alles kumulierte dort, sah sich begehrt, aktualisiert, von dort angezogen, dort mit anderem vernetzt, in diverse Subzentren gelenkt und nicht zuletzt mit weiterem Expertenwissen konfrontiert. Beteiligt war an derartigen Vermittlungsprozessen der gesamte Hof als personal wechselndes, im Kern stabiles, nach den Rändern hin offenes Sozialgebilde, keineswegs nur der Adel. Geistliche, Kanoniker und (seltener) Mönche, Gelehrte, Ärzte oder Astrologen, aber auch Bauern, Pferdeknechte, Falkner oder Hundeführer, überhaupt die Träger praktischen und theoretischen Wissens der unterschiedlichsten sozialen Ebenen tummelten sich dort, sammelten und tauschten, was sie wußten, transformierten es auch und unterlagen entsprechenden sozialen Transformationsprozessen. Frauen waren von diesem Prozeß nicht ausgeschlossen, auch wenn ihre Partizipation im einzelnen noch nicht zureichend erforscht ist; Kinder beiderlei Geschlechts wurden hier erzogen und durch diese Welt geprägt.

Beteiligt waren daran aber auch in direkter oder indirekter Weise jene sozialen



Eine Fülle von Beobachtungen zum Vogelzug verschiedener Arten, zu Routen und Flugverhalten wird durch Illustrationen zu den Flugformationen ergänzt. [Rom f. 16r]

Kreise, die nur irgendwie auf den Hof hin orientiert waren und nur locker mit ihm kommunizierten. Das gilt für die königlichen Grundherrschaften ebenso wie für die weltlichen Reichsfürsten, den Reichsklerus, Reichsklöster oder Bettelorden. Dieser vielschichtige Austauschprozeß vollzog sich zumeist mündlich, bediente sich aber in zunehmendem Maße auch der Schrift. Die Wechselwirkungen zwischen mündlicher und schriftlicher, eigen- und fremdsprachlicher, unmittelbarer und vermittelter Kommunikation, der Ausbreitung und Vernetzung von Wissen bedürfen ebenso noch der Erforschung wie die mentale Orientierung diverser sozialer Gruppen und Schichten, ihr Einfluß auf die literarischen Aktivitäten am Hof und im Reich. Die Wissenskultur einer Epoche, soweit sie sich um den Kaiser zentrierte, manifestierte sich hier.

Diese Kultur konnte auf eine bemerkenswerte Vorgeschichte zurückblicken, die den Königshof frühzeitig und vor allem seit dem 12. Jahrhundert in die durch Pilger- und Handelsfahrten, Kreuzzüge oder Wissenschaften sachlich und räumlich expandierenden Wissensfelder einbezog. Daß ein staufischer Königs- oder Kaiserhof für mancherlei Überraschung gut ist, wurde erst unlängst erkannt. Es wurde nämlich entdeckt, daß eines der beiden Einfallstore, durch welches die „Physik“ des Griechen Aristoteles in das lateinische Abendland gelangte – ein Vorgang von wissenschaftsgeschichtlich umstürzender Wirkung –, entgegen allen Erwartungen und bisherigen Annahmen ge-

rade nicht die Universität Paris, sondern der Hof Friedrich Barbarossas mit seinen gelehrten Kapellänen war; daneben spielte Sizilien eine Rolle. Im Umkreis des Rotbarts, Friedrichs II. Großvater, traten Dichter ebenso hervor wie Rechtsgelehrte, Geschichtsschreiber, Theologen oder allerlei sonstige Wissensträger. Geographisches Wissen vereinte sich mit ökonomischem; theologisches und philosophisches mit politischem. Wiederholt wurden paränetische Werke im Umfeld des Hofes verfaßt; jegliches Herrschaftswissen hatte hier seinen Platz. Des Rotbarts gleichnamiger Enkel mochte hier also an manches Vorgefundene anknüpfen; dennoch waren die Intensität, mit der es geschah, und die Weite des Horizonts, die sich dabei abzeichneten, neu.

Erforscht ist das alles und zumal seine Interferenz nur in sehr unvollkommener Weise, wenn überhaupt. Wichtigste Texte sind bislang nicht einmal oder nur bruchstückhaft und unvollkommen ediert, geschweige denn in ihrer wissenschaftlichen und kulturgeschichtlichen Relevanz analysiert. Friedrich selbst intendierte mit der Fal-



Anders als im seldschukischen Beispiel symbolisiert die Falkenjagd in dem elfenbeinernen Spiegelgehäuse aus Frankreich (wahrscheinlich Paris, 3. Viertel 14. Jahrhundert) das seelische Wechselspiel zweier Liebender. Der Austausch von Gesten und Blicken zwischen Mann und Frau spiegelt sich in ihren Falken: Die Sitte der hochgeschlossenen gekeilten Frau, die ihren Blick nicht schweifen läßt, spiegelt sich in ihrem Vogel, der, den Kopf senkend, sich ganz zu ihr beugt. Der Frau beigegeben ist der Hornbläser der Jagd, der die Figur des Wächters im Tagelied des Minnesangs evoziert. Der Mann hingegen blickt die Frau aus großer Nähe intensiv, ja auffordernd an, den aufmerksamsten Falken hält er in einer gewissen Distanz. Ihm ist ein Jagdgehilfe zugeordnet, der mit dem Federspiel einen frei seine Nahrung suchenden Falken anlockt. Über die nach rechts gerichtete Bewegung im Reiten tritt eine nach links zur Frau hin gerichtete innere Entwicklung der Zähmung des Falken: Der angelockte Wildfang wird zum Warten bewegt, um dann – dies vielleicht die Antwort der Frau auf den fragenden Blick – so stark an seine Herrin gebunden zu werden, daß er seine Atzung aus ihrer Hand annimmt. Die gegenläufigen Richtungen der äußeren und inneren Bewegung sind aufgehoben im Moment der schweigenden Kommunikation. [New York, Metropolitan Museum of Art]



Der Reiter (Bild links) ist durch die als Körperschutz verdickte Kleidung und die lockigen Haare des Militärheiligen als Krieger, durch den Vogel, der auf seine Hand zurückkehrt, durch den Falken mit Kranz als Jäger angesprochen. Eine weitere Figur in Kriegerkleidung trägt als Attribute Flügel und eine Zierlanze – ist er ein himmlisches Wesen, die Lanze ein Herrschaftssymbol? Das Schalenfragment in Weißglasur mit Ritzzeichnung stammt aus der 1. Hälfte des 12. Jahrhunderts, wohl aus Korinth. [Korinth, Archäologisches Museum Alt-Korinth]

kenkunde eine neue Wissenschaft, die sich als solche in den Kreis der übrigen, sich etablierenden universitären Wissenschaften einfügen sollte, wenn auch in einem aristokratischen Kontext. Aber er klammerte andere Bereiche nicht aus. Älteste lateinische und deutsche Roßarzneien empfangen ihre Anregung von ihm, ebenso der älteste Traktat zur Drückjagd, der je geschrieben wurde. Beides war auf seinem Feld epochemachend. So gilt es, neben den falknerischen, ornithologischen oder anatomischen Interessen des Kaisers den gesamten Bereich praktischer Disziplinen, was auch immer mit diesen Wissensfeldern verbunden war, sowie ihre Vernetzung mit den „theoretischen“ Wis-

senschaften zu betrachten. Ein weites, weithin unbestelltes Feld...

### Ausgangspunkt für die dynamische Wissensgesellschaft im hohen Mittelalter

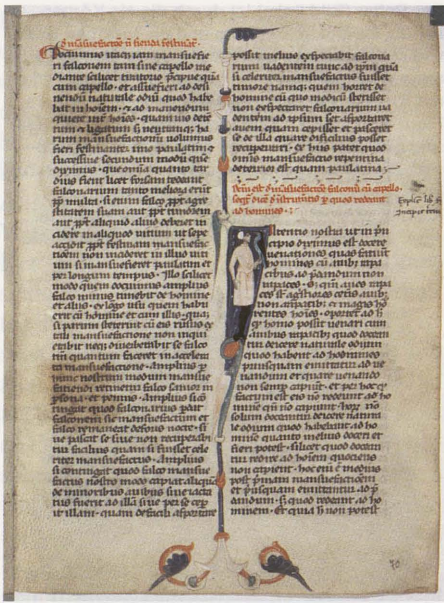
Die Entdeckung des *Liber de avibus et canibus* erlaubt darüber hinaus, die Forschungen zur Wirkungsgeschichte der friderizianischen Ornithologie auf eine breitere Basis zu stellen als bisher. Diese Wirkung kann nun geradezu als Paradigma der Wissensverbreitung vom Hof interpretiert werden; ja, darüber hinaus als Paradigma für die Etablierung der dynamischen Wissensgesellschaft, in die sich die



Turkvölker pflegten wie Abendländer die Beizjagd. Der hier abgebildete türkische Handspiegel ist gleichzeitig mit dem friderizianischen Falkenbuch entstanden (1. Hälfte 13. Jahrhundert). Er zeigt auf seiner Rückseite einen Jäger, der den Falken auf der Linken trägt und ihm mit der Rechten einen Beutevogel weist. Das Pferd ist aufwendig aufgezäumt und durch einen Segenspruch auf dem Zaumzeug geschützt. Ein Hund wird an der Leine mitgeführt, ein wieselartiges Tier flieht nach hinten, eine Schlange wird vom Vorderhuf des Pferdes zertreten, so daß die Figur des Drachentöters naheliegt. Der äußere Kreis zeigt symmetrisch geordnet mythische Wesen: Seeungeheuer, Rinder, Kentauren, Bären und Greifen. Das enge Ineinandergreifen von Vögeln, Landtieren und Mensch ist charakteristisch für die seldschukische Bildgestaltung dieser Zeit, die Jagd ist eingebettet in einen numinosen Kontext. [Istanbul, Topkapi Sarayı Müzesi]



Wenn der Falke – wie im Bild links – den Arm entlang gegen die Schulter zu springt, soll der Falkner den Arm und die Hand gegen sein Gesicht beugen, sich selbst so drehen, daß sich der Falke ihm zuwenden muß und ihn dann schnell auf die Hand zurückziehen. Es folgen Bewegungsanweisungen für die Fälle, daß der Falke die Hand entlang oder in die Höhe springt. Auch hier genügt die sprachliche Beschreibung allein nicht, eine visuelle Ergänzung ist notwendig. In der ganzen Handschrift verdeutlichen 160 Abbildungen das Verhalten des Falkners seinen Vögeln gegenüber. [Rom f. 86r]



Die früheste Handschrift des 'Liber de arte venandi cum avibus' in der 6-Bücher-Fassung befindet sich in der Universitätsbibliothek von Bologna. Sie stammt noch aus der zweiten Hälfte des 13. Jahrhunderts und ist mit stilkritischen Kriterien wahrscheinlich um 1270 anzusetzen. In dieser Zeit sitzt Friedrichs Sohn Enzo, König von Sardinien und passionierter Falkner, nach der Gefangennahme in der Schlacht bei Fossalta 1249 in Bologna im Gefängnis. Es ist möglich, daß die Handschrift des großen Werkes seines Vaters auf ihn zurückgeht. Die Handschrift weist als Schmuck lediglich einige mit Figuren gestaltete Initialen auf, die die Jagdthematik aufgreifen, ohne erläuternden Charakter zu besitzen. [Bologna f. 70r]

europäische Gesellschaft seit dem hohen Mittelalter zunehmend verwandelte. Die Rezeption der beiden kaiserlichen Schriften führte, so zeigt die früheste faßbare Handschriftenüberlieferung des 13. und 14. Jahrhunderts, zunächst allein zur kaiserlichen Familie und an den engeren Hof selbst, sodann erstaunlicherweise weniger in die Welt der Fürsten- und feudalen Adelshöfe, als vielmehr in die städtischen Zentren der Lombardei oder nach Venedig. Das hängt wahrscheinlich mit der Geschichte jeder einzelnen Handschrift mit Werken friderizianischer Provenienz zu-

Nach einer langen Hatz mit Treibern und Hunden endet die Eberjagd mit dem Abstecken durch den Jäger: Hier verbeißen sich die Köpfe dreier Hunde in den Kopf eines Ebers, dessen Flanke der 'Saufeder' preisgegeben ist. Im Vordergrund warten Treiber mit Hunden an der Leine, während sich die Jäger zwischen Bäumen und Büschen versteckt halten. Der Hintergrund gibt den Blick frei auf friedliche Tiere, die einen Übergang von der Wildnis in die Welt der Städte bilden. Die reiche Miniatur schmückte nachträglich die im Jahre 1459 für den Mailänder Herzog angefertigte Abschrift des zweiten Falkenbuches Friedrichs II., des 'Liber de avibus et canibus'. Diese Abschrift wurde wahrscheinlich von der Prachthandschrift genommen, die Friedrich II. im Feldlager vor Parma abhanden kam. Der „Liber de avibus et canibus“ selbst, eine Redaktion verschiedener älterer Schriften, ist auf Geheiß des Kaisers und unter seiner Kontrolle zusammengestellt worden. [Chantilly f. 85r]

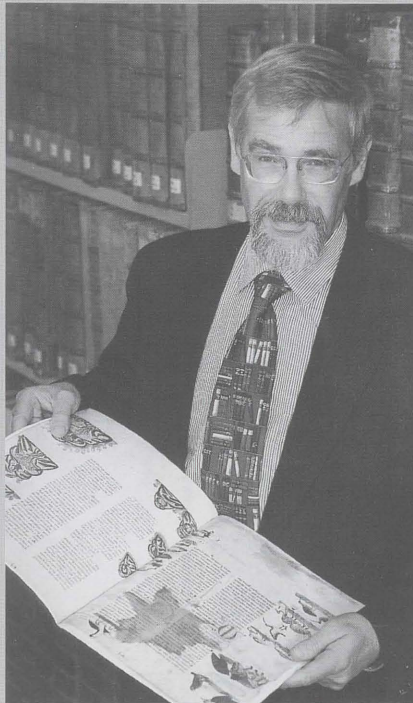
sammen, die schon im Mittelalter zugleich Wissens- und Wertträger, Forschungs- und Handelsobjekte waren. Der Umstand verrät abermals gesellschaftliche Rückwirkungen des gelehrten kaiserlichen Interesses, die nach genauerer Untersuchung der Kommunikationsgemeinschaften verlangen.

Als Friedrich starb, sollte sein Beispiel Schule machen. Die hervorragendsten europäischen Herrscher entdeckten nun plötzlich literarische Ambitionen, die ihren älteren Kollegen noch völlig abgingen. König Manfred von Sizilien, des Kaisers Sohn, orientierte sich ohnehin am Vater; Alfons X. von Kastilien, der Weise, den enge Beziehungen mit dem staufischen Hof verbanden, trat als Gesetzgeber, Literatur und Organisator von Wissenschaft hervor; er ließ gleichfalls den „Moamin“

übersetzen, und zwar in seine Muttersprache, das Kastilische, nicht ins Lateinische wie Friedrich II.; die arabische Vorlage dürfte aber an dessen Hof erworben worden sein; Jakob der Eroberer von Aragón diktierte, hochbetagt, eine Autobiographie, ein Stück köstlichster Geschichtsschreibung; sein Enkel Peter IV. tat es ihm nach; Ludwig der Heilige von Frankreich, erster, frommer, nachdenklicher, versuchte sich an einem Fürstenspiegel; Gaston Phébus endlich, der Graf von Béarn, schrieb das wohl schönste, auf jeden Fall das kostbarste Jagdbuch des Mittelalters überhaupt. Friedrichs Beispiel war ihnen allen vorangegangen; und keines dieser jüngeren Werke erklimmte mehr die wissenschaftlich-forschende Höhe, die der Staufer mit *De arte venandi cum avibus* erstiegen hatte.



Professor Dr. Johannes Fried (55) forscht und lehrt seit 1982 mittelalterliche Geschichte an der Goethe-Universität. Forschungsschwerpunkte sind das Früh- und Hochmittelalter sowie die Geschichte von Bildung und Wissen mit Erinnern und Vergessen im Mittelalter. In der Auseinandersetzung mit den Methoden der Geschichtsschreibung interessiert Fried besonders die Geschichte der Mediävistik des 20. Jahrhunderts. Er ist Autor zahlreicher Werke, u.a. „Die Entstehung des Juristenstandes im 12. Jahrhundert“ (1974), „Der päpstliche Schutz für Laienfürsten. Die politische Geschichte des päpstlichen Schutzprivilegs für Laien (11.-13. Jahrhundert)“ (1980), „Die Formierung Europas 840-1046“ (21993), „Der Weg in die Geschichte. Die Ursprünge Deutschlands bis 1024“ (Propyläen Geschichte Deutschlands 1, 1994). Seit 1996 ist Fried Vorsitzender des Verbandes der Historiker Deutschlands, deren Kongreß im September in Frankfurt stattfinden wird. Er ist Mitglied der Zentralkommission der Monumenta Germaniae Historica und der Mainzer Akademie der Wissenschaften sowie zahlreicher weiterer wissenschaftlicher Vereinigungen und Akademien. Seine wissenschaftliche Ausbildung begann Fried mit dem Studium der Geschichte, Germanistik und Politischen Wissenschaften in Heidelberg, 1970 schloß er



seine Promotion ab; 1977 habilitierte er sich in Heidelberg. 1980 erhielt er einen Ruf an die Universität zu Köln und folgte dann 1983 dem Ruf nach Frankfurt. 1995 war er als Fellow des Institute for Advanced Study in Princeton.

## Literatur

Friderici Romanorum Imperatoris Secundi, De arte venandi cum avibus, hrsg. von Carl A. Willemssen, 2 Bde, Leipzig 1942.

Willemssen, Carl A., Über die Kunst mit Vögeln zu jagen. Kommentar zur lateinischen und deutschen Ausgabe, Frankfurt am Main 1970.

Burnett, Charles S.F., Master Theodore, Frederick II's philosopher, in: Federico II e le nuove culture. Atti del XXXI Convegno storico internazionale, To-di 9-12 ottobre 1994, Spoleto 1995, 225-86.

Fried, Johannes, Kaiser Friedrich II. als Jäger oder: Ein zweites Falkenbuch Kaiser Friedrichs II., Nachrichten der Akademie der Wissenschaften in Göttingen I. Philologisch-historische Klasse 4, 1996.

Fried, Johannes, ...correptus est per ipsum imperatorem. Das zweite Falkenbuch Friedrichs II., in: Mittelalterliche Texte. Überlieferung – Befunde – Deutungen. Kolloquium der Zentralkommission der Monumenta Germaniae Historica am 28./29. Juni 1996, hrsg. von Rudolf Schieffer, Hannover 1996, 93-124.

Haskins, Charles H., Studies in the History of Medieval Science, New York 1967.

van den Abeele, Baudouin, La fauconnerie au moyen âge. Connaissance, affaillage et médecine des oiseaux de chasse d'après les traités latins, s.l. 1994.

## Erläuterung zu den Bildtexten Handschriftenliste

Bologna, Biblioteca Universitaria, ms.lat. 419: 6-Bücher-Fassung des 'Liber de arte venandi cum avibus'.

Chantilly, Musée Condé, ms. 368: zweites Falkenbuch.

Paris, Bibliothèque Nationale, ms.fr. 12400: französische Übersetzung des 'Liber de arte venandi cum avibus'.

Rom, Biblioteca Vaticana, Pal.lat. 1071: Manfred-Handschrift des 'Liber de arte venandi cum avibus'.

ANZEIGE

## Rund um Jagd und Sport



**SEEADLER-OPTIK**  
Nürnberg - Germany

Ferngläser, Spektive, Zielfernrohre, Zubehör



SEEADLER-Ferngläser, Spektive, Zielfernrohre, Lupen für den individuellen Bedarf Kompetenz und Erfahrung aus einer Hand bei Beobachtungs- und Zieloptik seit 1928

"gut" in Stiftung Warentest (10x42 B DGA siehe "test" 3/90, 7x42 B DGA und 8x40 BGA WW BaK-4 siehe "test" 3/93)

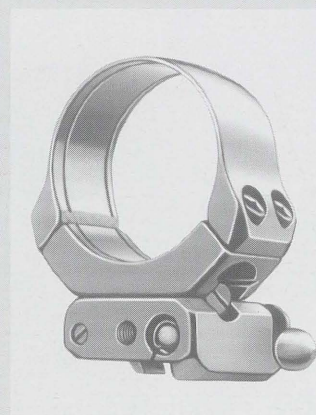
Spitzenoptik zum günstigen Preis exzellenter Service bis zu 15 Jahre Garantie

Erhältlich nur im qualifizierten Fachhandel

**... und Sie sind ganz nah dran**  
SEEADLER-OPTIK ■ Teutoburger Str. 8 ■ D-90491 Nürnberg  
Telefon (09 11) 59 23 33 ■ Fax (09 11) 59 59 68

Neu bei  
**EAW**

## Vario 950



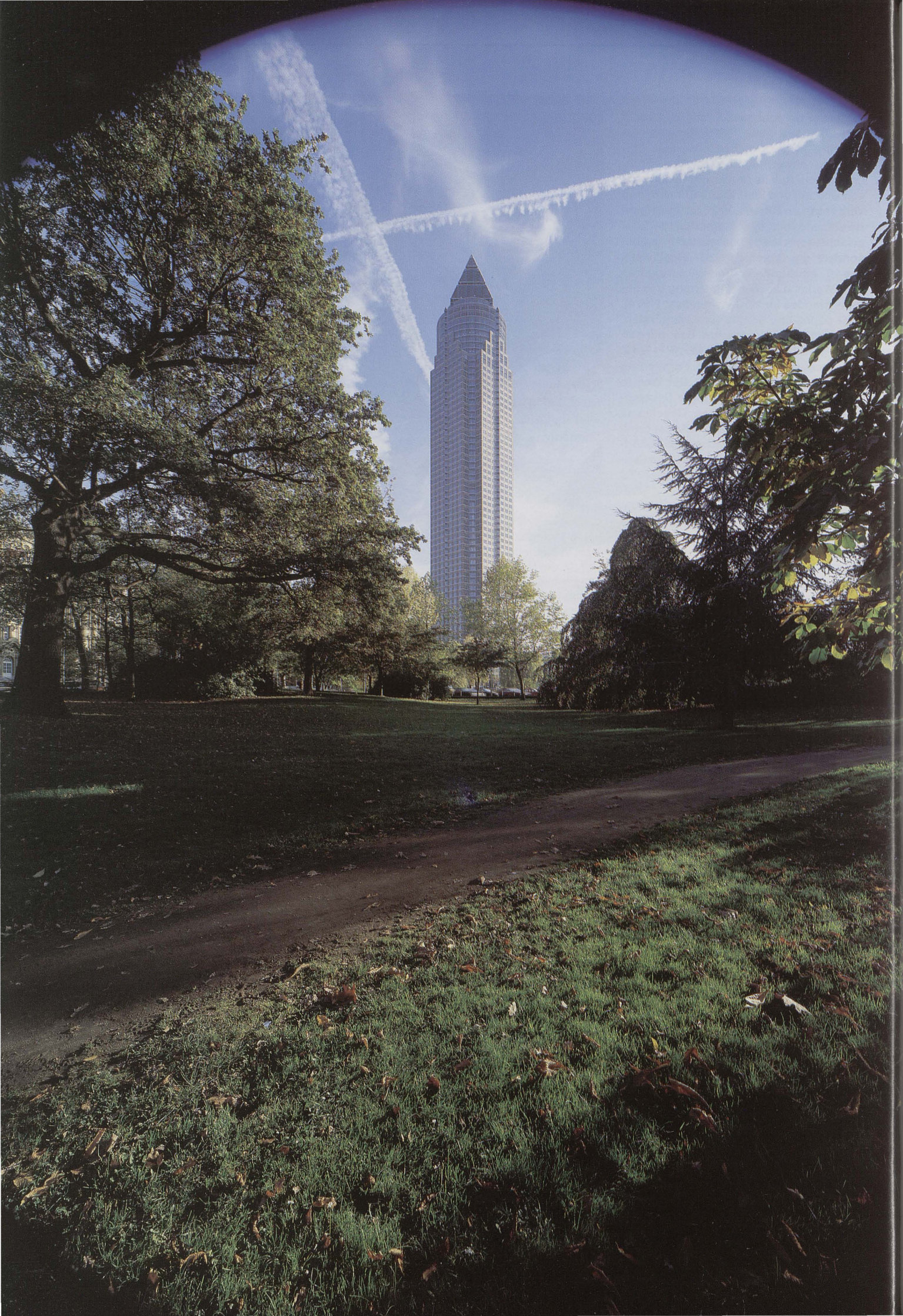
Der neue, patentierte Verschluss speziell für Kipplaufwaffen.

Genial einfach – einfach genial!

- Keine Treffpunktverlagerung nach Wiedereinsetzen des Zielfernrohres
- Mechanische Verriegelung der Montage für höchste Zuverlässigkeit
- Leicht und komfortabel zu bedienen
- Paßt an die bewährten Oberteile (Ring oder Prisma)
- Leichtes Um- bzw. Nachrüsten
- lieferbar mit 12,0/14,5 und 19 mm (BRNO) Prismenbreite, Bauhöhe 9,5 bis 17,0 mm
- 30 Jahre Garantie – jetzt weltweit!

Fragen Sie Ihren Büchsenmacher nach EAW-Montagen.

**ERNST APEL GmbH**, Am Kirschberg 3, D-97218 Gerbrunn  
Tel. 0931/707191 – Fax 0931/707192





# Stadtbäume im Dauerstreß

Von Rüdiger Wittig, Hans-Joachim Ballach, Jan Gövert,  
Sabine Kohlmann und Achim Kuhn

Wer von Großstädten spricht, denkt eher an Steinwüsten als an Bäume. In der Tat gibt es in jeder Großstadt völlig baumfreie Bereiche. Insgesamt gesehen sind Städte aber in der Regel erheblich reicher an Bäumen als intensiv genutzte Agrarlandschaften, wie sie in der Umgebung vieler Städte zu finden sind. Bäume beleben nicht nur das Stadtbild, sondern verbessern das Stadtklima, indem sie sommerliche Hitze durch Schattenwurf und Transpirationskühlung abmildern [1] und mit ihren Blättern Staub absorbieren [2]. Außerdem repräsentieren sie einen nicht unerheblichen Wert- und Kostenfaktor im Haushalt einer Stadt. Der Wert eines dreißigjährigen Stadtbaumes beträgt unter Berücksichtigung der Pflanz- und Pflegekosten circa 15.000 DM [3]. Eine nähere Beschäftigung mit den Stadtbäumen erscheint also im wahrsten Sinnes des Wortes lohnend. Der Gesundheitszustand vieler unserer Stadtbäume, dies zeigen die im folgenden vorgestellten Untersuchungsergebnisse, ist allerdings besorgniserregend.

An typisch städtischen Standorten wie Straßen, Parkplätzen, Gewerbegebieten, müssen Bäume vielfältigen Streß aushalten (Abb. 1), verursacht durch Verkehrsabgase, Staub, Bodenversiegelung, Bodenverdichtung, Trockenheit und mechanische Schädigung. Hinzu kommt noch die winterliche Belastung durch Streusalze, die aber in jüngster Zeit deutlich reduziert wurde, weil Streusalz durch Sand oder Split ersetzt wurde.



Urban forest: Die grüne Zeil im Herzen Frankfurts.

Die Luftqualität wird in Großstädten, insbesondere in Frankfurt am Main [4, 5], maßgeblich durch Emissionen des Kfz-Verkehrs wie Benzol, Stickstoffoxide ( $\text{NO}_x$ ) und Kohlenmonoxid ( $\text{CO}$ ) beeinträchtigt. Daß sich Kfz-Abgase negativ auf Pflanzen auswirken, haben spätestens seit dem Auftreten des sogenannten Waldsterbens zahlreiche Untersuchungen belegt, nicht zuletzt auch Arbeiten des Zentrums für Umweltforschung (ZUF) der Goethe-Universität. Die von Kraftfahrzeugen emittierten Stickstoffoxide wir-

ken direkt (Düngeneffekt) und indirekt (über die Bildung von Ozon und Salpetersäure) pflanzenschädigend [6, 7]. Die Einführung des Katalysators, der die Bildung von  $\text{NO}_x$  und  $\text{CO}$  verhindert, war eine Folge derartiger Untersuchungsergebnisse. Der Katalysator hat allerdings, wie Abbildung 2 exemplarisch für Stickstoffdioxid zeigt, noch keinen entscheidenden Durchbruch gebracht: Die Durchschnittskonzentration in Frankfurt liegt im Jahre 1996 immerhin noch fünfmal höher als in ländlichen Regionen und etwa zwölfmal so hoch wie in Reinluftgebieten. Offensichtlich wird der positive Effekt des Katalysators zu einem großen Teil durch die erhöhte Zahl der Kraftfahrzeuge kompensiert.

## Staubauflage beeinträchtigt wichtige Lebensfunktionen der Bäume

Der von Kraftfahrzeugen emittierte Ruß sowie aufgewirbelter Staub stellen insbesondere an Straßen ein weiteres Problem für Pflanzen dar. Wie stark die Belastung mit Ruß und Staub im Vergleich zu einem verkehrsfernen Ort ist, zeigt ein einfaches Experiment: Ein weißer Filter, durch den circa  $150 \text{ m}^3$  Luft des jeweiligen Standortes angesaugt wurden, ist an der Frankfurter Miquelallee (Verkehrsaufkommen durchschnittlich 60.000 Fahrzeuge pro Tag) von einer dicken Rußauflage geschwärzt, auf dem Feldberg bildet sich lediglich ein leichter Grauschleier (Abb. 3). Ruß und

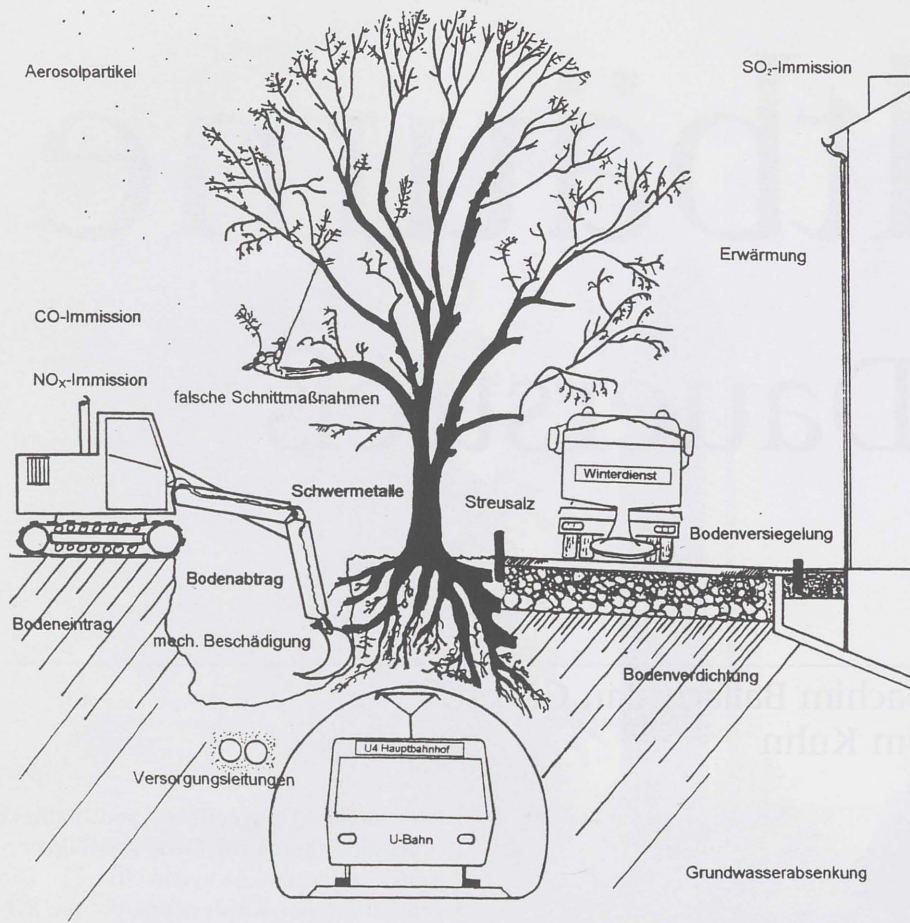
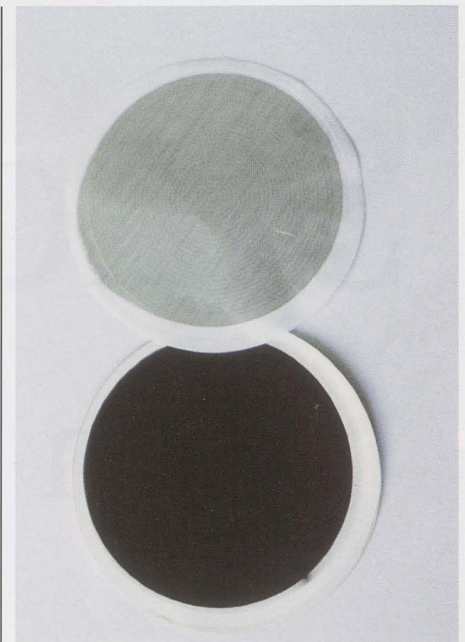


Abb. 1: Auf Straßenbäume in urbanen Gebieten einwirkende Störfaktoren.

Abb. 3: Färbung eines ehemals weißen Filterpapiers nach Durchsatz von circa 150 m<sup>3</sup> Luft von der Miquelallee in Frankfurt (unten) und vom Feldberg im Taunus (oben).

Staub auf den Pflanzen [2] lassen weniger Licht in die Blätter eindringen und somit vermindert sich auch die Photosyntheseleistung. Staubaufgaben führen bei Sonneneinstrahlung zu einer verstärkten Erwärmung der Blätter, denn dunkle Oberflächen erwärmen sich schneller als helle. Das erhöht wiederum die Transpiration, dadurch wird den Pflanzen, die ohnehin schon unter der Trockenheit der städtischen Standorte leiden, zusätzlich Wasser entzogen. Zudem kann die Funktion der Spaltöffnungen, die für die Regulation des Gas- und Wasserhaushaltes verantwortlich sind, durch Staub beeinträchtigt werden, was ebenfalls zu erhöhten Wasserverlusten führen kann. Bei Temperaturerhöhung verstärkt sich außerdem die Atmung, so daß Reservestoffe abgebaut bzw. weniger neue Pflanzensubstanz gebildet wird. Verluste an Reservestoffen wirken sich für die Pflanzen insbesondere dann negativ aus, wenn ein erhöhter Bedarf für z.B. schadstoffbedingte Reparaturprozesse vorliegt.

### Im Boden herrscht oft Sauerstoffmangel

Bodenverdichtung und Bodenversiegelung behindern die Sauerstoffversorgung der Wurzeln. Hieraus ergibt sich folgende Wirkungskette: Abnahme der Wurzelatmung, Hemmung des Wurzelwachstums, Hemmung der Wasser- und Nährsalzaufnahme und des Nährstofftransports in das Wurzelinnere. Sauerstoffmangel im Boden wird gelegentlich auch durch undichte Erdgasleitungen hervorgerufen. Dies erfolgt auf zweierlei

## Jahresmittel Stickstoffdioxid 1969-1996

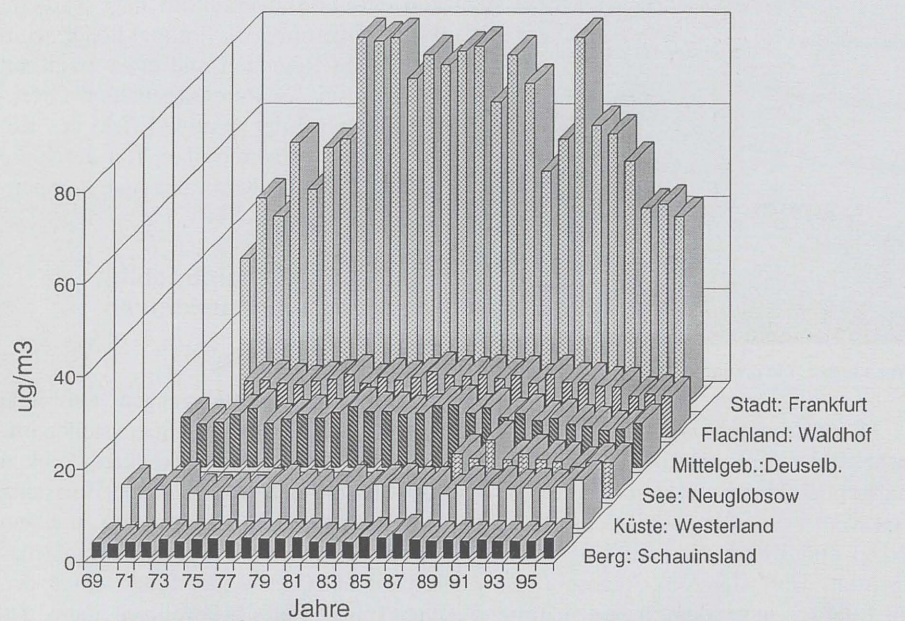


Abb. 2: Jahresmittel der Stickstoffdioxid-Konzentrationen von 1969 bis 1996 in Frankfurt und an fünf nicht-städtischen Orten Deutschlands. [Quelle: Umweltbundesamt, Fachgebiete II 4.5 und II 4.3]. Die Jahresmittel der Stickstoffdioxid-Konzentrationen zeigen hohe Werte mit leichter Minderngstendenz in den letzten Jahren. Deutlich wird der große Unterschied zwischen Messungen in der Stadt und außerhalb von Ballungsgebieten: In Frankfurt liegen die Werte im Durchschnitt bei über 50 µg/m<sup>3</sup>, in Waldhof in der Lüneburger Heide bei durchschnittlich 12 µg/m<sup>3</sup>, an der Küste in Westerland auf Sylt werden im Mittel nur 8 µg/m<sup>3</sup> gemessen und im Schwarzwald auf dem 1.205 m hohen Schauinsland sogar nur 4 µg/m<sup>3</sup>.

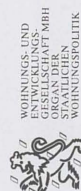
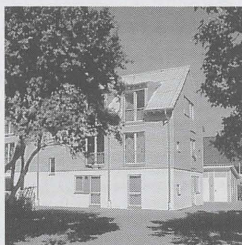
## Geobotanik: Pflanzen und die komplexe Umwelt

In seinem Lehrbuch „Allgemeine Geobotanik“ definiert Professor Dr. Heinrich Walter die Geobotanik als eines der beiden großen Teilgebiete der Lehre von den Pflanzen (Phytologie). Als solches steht die Geobotanik nach Walter gleichberechtigt neben der Botanik, dem anderen Teilgebiet der Phytologie. Botanik und Geobotanik untersuchen die gleichen Objekte (Pflanzen), jedoch mit unterschiedlichen Fragestellungen und dementsprechend auch, zumindest größtenteils, unterschiedlichen Methoden.

Die Botanik untersucht die Pflanze „an sich“, d.h. losgelöst von ihrer Umwelt unter kontrollierten Bedingungen. Deshalb arbeitet der Botaniker überwiegend in seinem Institut, wo er die Pflanze unter dem Mikroskop betrachtet, in Klimakammern und Gewächshäusern Experimente durchführt, Einzelteile (Zellen oder Zellbestandteile) isoliert und mit diesen experimentiert oder aber auch die Pflanze in ihre chemischen Bestandteile auflöst bzw. sich nur noch mit einzelnen chemischen Komponenten (Eiweiß, DNS) beschäftigt.

Der Geobotaniker dagegen fragt nach den Beziehungen der Pflanze zu ihrer komplexen Umwelt. Alle Fragestellungen gehen daher aus Geländebeobachtungen hervor und müssen, zumindestens teilweise, auch im Gelände beantwortet werden. Die Geobotanik hat vier Teilgebiete: die floristische Geobotanik beschäftigt sich mit der aktuellen Zusammensetzung der Flora; die historische Geobotanik fragt danach, welche geschichtlichen Vorgänge die heutige Zusammensetzung verursacht haben; die soziologische oder zöologische Geobotanik untersucht die Gesetzmäßigkeiten der Vergesellschaftung von Pflanzenarten; die ökologische Geobotanik fragt nach den Zusammenhängen zwischen dem Vorkommen von Pflanzenarten und der Beschaffenheit des Standortes. Zur Beantwortung der letzteren Fragen sind häufig unterstützende Experimente in Gewächshäusern und Klimakammern erforderlich. Die ökologische Geobotanik leitet zur Pflanzenökologie bzw. Ökophysiologie und damit zur Botanik über.

## WIR GEBEN IHNEN RAUM



**NASSAUISCHE  
HEIMSTÄTTE**

ENTWICKELN  
PLANEN  
PROJEKTIEREN  
FINANZIEREN  
BAUEN  
VERWALTEN  
BERATEN  
VERMIETEN  
PFLEGEN  
ERHALTEN  
MODERNISIEREN  
SANIEREN  
VERKAUFEN  
BEVORRATEN

## IHR PARTNER IN SÜDHESSEN

Seit 75 Jahren verwirklichen wir das Recht auf Wohnen.

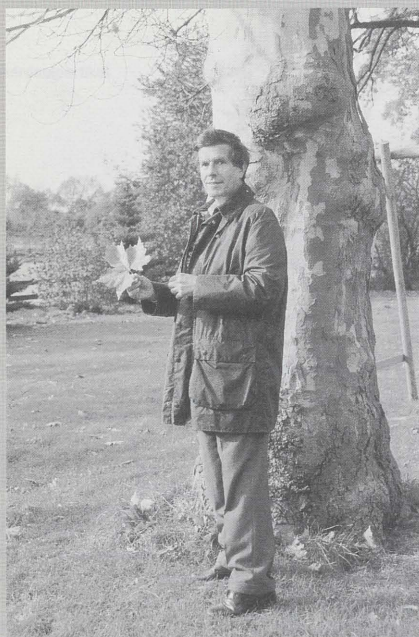
Im Rahmen unserer Tätigkeit als Dienstleister rund um das Baugeschäft pflegen wir den Dialog mit Studenten und Hochschulen, um übereinander und voneinander zu lernen.

Wenn Sie mehr über uns erfahren möchten, besuchen Sie uns im Internet oder rufen Sie uns an:

Nassauische Heimstätte  
Wohnungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH  
- Öffentlichkeitsarbeit -  
Schaumainkai 47  
60596 Frankfurt am Main  
Telefon 069 6069 320/321  
Telefax 069 6069 303

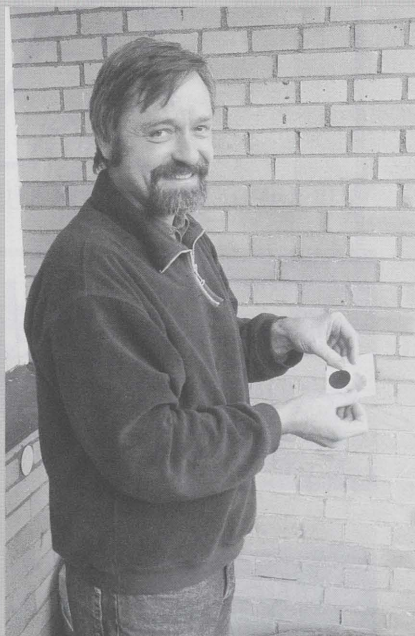
<http://www.naheimst.de>  
eMail [post@naheimst.de](mailto:post@naheimst.de)

WOHNUNGEN  
EIGENHEIME  
STÄDTE  
INDUSTRIEFLÄCHEN  
GRUNDSTÜCKE  
MILITÄRFLÄCHEN  
GRÜNANLAGEN  
DENKMÄLER



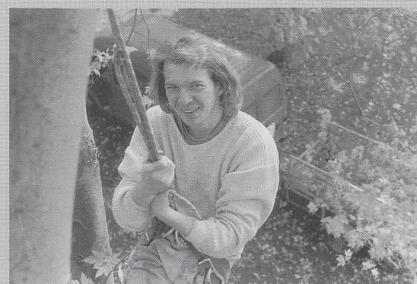
Professor Dr. Rüdiger Wittig (51) ist Leiter der Abteilung Geobotanik und Pflanzenökologie des Botanischen Institutes und zur Zeit Geschäftsführender Direktor des Zentrums für Umweltforschung. Er studierte Biologie und Chemie an der Westfälischen Wilhelms-Universität in Münster, legte dort im Jahre 1973 das Staatsexamen ab (Thema der Examensarbeit: Die ruderal Vegetation der Münsterschen Innenstadt), promovierte anschließend (1976) am Botanischen Institut mit einer Arbeit über die Vegetation der Wallhecken der Westfälischen Bucht und habilitierte sich wenige Jahre später (1980) am Lehrstuhl Landschaftsökologie der Universität Münster (Thema der Habilitationsschrift: Die geschützten Moore und oligotrophen Gewässer der Westfälischen Bucht – Flora, Vegetation, Schutzeffizienz und Pflegevorschläge). Noch im selben Jahr wurde er auf die neu geschaffene Professur für Geobotanik an der Universität Düsseldorf berufen und dort mit dem Aufbau und der Leitung der Abteilung Geobotanik betraut. 1988 folgte er einem Ruf an die Johann Wolfgang Goethe-Universität in Frankfurt auf die ebenfalls neue Professur für Geobotanik und Pflanzenökologie. Forschungsgebiet von Wittig und seinen Mitarbeitern ist die anthropogene Veränderung von Flora, Vegetation und Lebensräumen. Innerhalb dieses komplexen Gebietes werden vier Schwerpunkte gesetzt: Flora und Vegetation der Städte; gefährdete Arten, Gesellschaften und Biotope; Veränderungen der Waldvegetation, insbesondere der Buchenwälder; Savannenvegetation in Westafrika (im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 268 der Deutschen Forschungsgemeinschaft „Kulturentwicklung und Sprachgeschichte im Naturraum westafrikanische Savanne“). Zum Thema Stadt hat Wittig ein Buch verfaßt (Ökologie der Großstadtflora) und eines zusammen mit einem Kollegen (Sukopp) herausgegeben

(Stadtökologie). Ein drittes soll im Rahmen seines Forschungsfreiemesters fertiggestellt werden. Auch mehrere Hefte seiner Schriftenreihe „Geobotanische Kolloquien“ sind der Stadt gewidmet (z.B. Heft 10: Stadtökologie in Frankfurt am Main). Das Photo zeigt ihn vor einem häufigen Stadtbaum, der Platane (*Platanus x hybrida*).

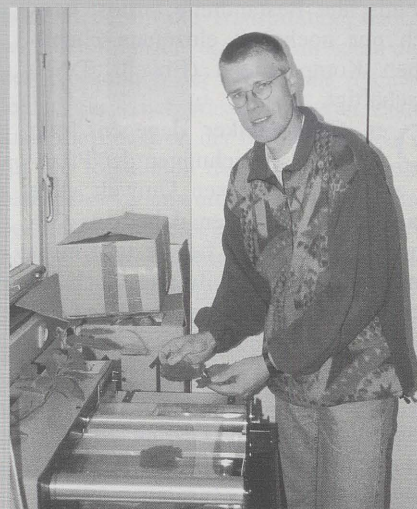


Privatdozent Dr. Hans-Joachim Ballach (44) ist als Akademischer Oberrat für den Laborbetrieb in der von Professor Wittig geleiteten Abteilung Geobotanik und Pflanzenökologie verantwortlich. Er studierte Biologie und Chemie an der Westfälischen Wilhelms-Universität in Münster, wo er sich im Rahmen seiner Staatsexamens- und Doktorarbeit zunächst mit Algen befaßte (Thema der Doktorarbeit „Pigmentanalysen des Phytoplanktons mit der HPLC-Methode unter besonderer Berücksichtigung der Chlorophylle und Chlorophyllabbauprodukte“). Anschließend war er als Wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung „Recht/Umweltschutz“ des Gesamtverbandes des Deutschen Steinkohlebergbaus in Essen tätig. Dort beschäftigte er sich mit dem Themenkomplex „Luftverschmutzung/Saurer Regen/Waldsterben“. Angeregt durch diese Arbeiten wechselte er an die Universität Essen, wo er in der Arbeitsgruppe von Professor Dr. Robert Guderian Untersuchungen zur Phytotoxizität komplexer Schadstoffgemische durchführte (1986-1988). Seit 1989 ist er in Frankfurt tätig. Hier habilitierte er sich 1996 mit dem Thema „Expositionsversuche und Freilanduntersuchungen zur Schadstoffbelastung von Pflanzen unter besonderer Berücksichtigung der Gattung *Populus*“.

Jan Gövert (31) und Sabine Kohlmann (28) absolvierten zunächst eine Lehre als Landschaftsgärtner/in, ehe sie das Studium der Biologie an der Goethe-Universität begannen. Dieses schlossen sie im



Jahre 1997 mit dem Diplom ab. Die Themen der Diplomarbeiten lauteten: „Jahringanalytische Untersuchungen zur Vitalitätsbeurteilung an Frankfurter Stadtbäumen“ (Kohlmann) und „Vitalitätsvergleich von Frankfurter Straßenbäumen mit Hilfe der Kronenansprache“ (Gövert). Die Fotos zeigen Sabine Kohlmann, wie sie einen Baumstamm erbohrt, um eine Holzprobe für die Jahringanalyse zu entnehmen, und Jan Gövert, wie er auf einen Baum klettert, um das jährliche Längenwachstum zu messen.



Achim Kuhn (30) absolvierte das Studium der Chemietechnik an der Fachhochschule Darmstadt und studierte anschließend an der Universität Siegen Chemie. Bereits in seiner Diplomarbeit untersuchte er das Vorkommen von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) in der Atmosphäre. Zur Zeit fertigt er seine Doktorarbeit an der Goethe-Universität in Frankfurt am Botanischen Institut in der Arbeitsgruppe von Professor Wittig an. Hierbei steht die Frage im Vordergrund, wie PAK von den Pflanzen aufgenommen werden und diese schädigen. Das Foto zeigt ihn bei der Arbeit an einem Blattflächen-Meßgerät.



Bäume zwischen Asphalt, Steinen und Beton.



In den intensiv genutzten Agrarlandschaften in Stadtnähe findet man oft weniger Bäume als in der Stadt.



Grüne Inseln in der Stadt – der Frankfurter Grüneburgpark.



Straßenbaum an der Frankfurter Miquelallee mit ausgeheiliter Stammverletzung. Derartige Schäden werden meist durch parkende Autos verursacht.

Weise: einerseits wird der Sauerstoff vom ausströmenden Erdgas mechanisch aus dem Boden verdrängt, und andererseits oxidieren Methanbakterien das im Erdgas enthaltene  $CH_4$  unter Sauerstoffverbrauch zu Kohlendioxid und Wasser. Sinkt der  $O_2$ -Gehalt in der Bodenluft unter circa 12 bis 14 Prozent, so ersticken die Baumwurzeln [8].

### Auch Wasser ist meist ein Mangelfaktor

Stadtstandorte sind aus vielerlei Gründen in der Regel erheblich trockener als Flächen im Stadtumland [detaillierte Zusammenstellung in 9]: Aufgrund von Bauungs- und Drainagemaßnahmen ist das Grundwasser in der Stadt häufig abgesenkt. Außerdem hat sich im Zentrum von Städten meist im Laufe von Jahrhunderten bis Jahrtausenden eine Schicht von „Kulturschutt“ angehäuft, so daß sich der Abstand des Grundwasserspiegels von der Bodenoberfläche auch auf diese Weise vergrößert hat. Die starke Oberflächenversiegelung und der daraus resultierende verstärkte oberflächliche Abfluß der Niederschläge bewirken, daß sich in der Stadt weniger Grundwasser neu bilden kann als im Umland. Verringert ist auch die Verdunstung und dementsprechend die Luftfeuchtigkeit. Erhöht ist in Städten dagegen die Temperatur, so daß Pflanzen stärker transpirieren und mehr Wasser benötigen als im Umland.

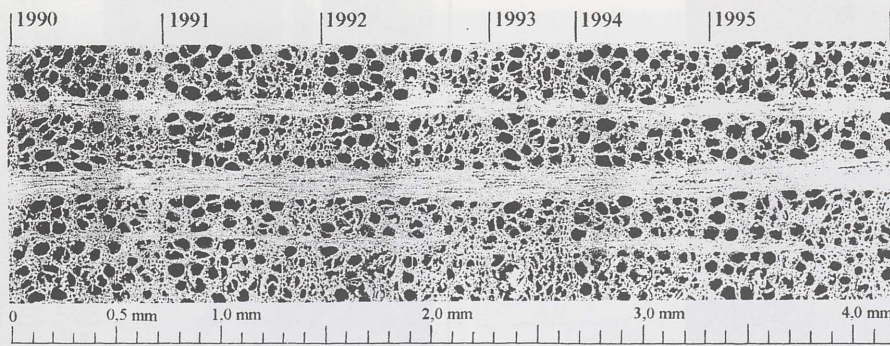
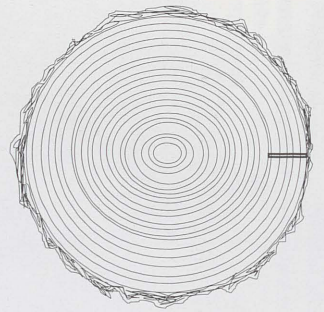


Abb. 4: Mikroskopisches Bild (links) einer radialen Holzprobe aus dem äußeren Stammbereich (schwarz umrahmter Bezirk, in der Schemazeichnung rechts) von *Platanus x hybrida*. Die unterschiedlichen Jahringzuwächse sind deutlich erkennbar.



Weißblühende Roßkastanie in Vollblüte – dieser beliebte Stadtbaum ist den Streßbedingungen allerdings nicht sehr gut angepaßt.

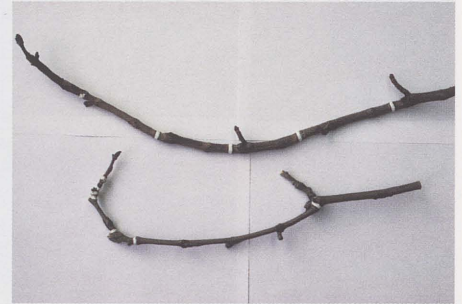


Abb. 5: Sechsjähriger Triebzuwachs einer Roßkastanie aus dem Grüneburgpark (oben) und von der Zeppelinallee (unten). Die Grenzen des jährlichen Zuwachses (Triebbasisnarben) sind weiß markiert. Der Parkbaum weist ein stärkeres Wachstum auf als der Straßenbaum. Insbesondere in den letzten drei Jahren ist beim Straßenbaum nur noch ein minimales Wachstum erkennbar.

Im Vergleich zu naturnahen Standorten ist die Mineralstoffnachlieferung in Städten zumindest erschwert. Insbesondere an Straßen wird alljährlich das Laub entfernt und damit der natürliche Kreislauf der Humusbildung und Nährstoffrückgewinnung unterbrochen. Zusätzlich führt der hohe pH-Wert der meisten Stadtböden dazu, daß die Nährstoffe in wasserunlöslicher oder zumindest schwer löslicher Form vorliegen, so daß die Pflanzen sie nicht erschließen können. Außerdem erschwert die unzureichende Wasserversorgung die Nährstoffaufnahme, denn die Pflanzen können ihre Nährstoffe nur in gelöster Form aufnehmen, also zusammen mit Wasser.

### Verletzungen des Baumes

In den Städten werden den Baumstämmen häufig mechanische Verletzungen zugefügt: Daran sind die Autos ebenso beteiligt wie Tiefbaumaßnahmen (Verlegung und Reparatur von Strom-, Wasser-, Erdgas-, Telefon- und Abwasserleitungen, Straßenneu- und -umbau, Ausschachtungsarbeiten für Hochbauten, U-Bahnbau), die besonders den Wurzelraum beschädigen können. Derartige Verletzungen erleichtern es Schadpilzen, in den Baum einzudringen. Ob Stadtbäume häu-



Idylle im Park: Weniger Streß für die Bäume.



Eine typisch städtische Platanenallee – auch im Winter ist diese Baumart mit ihrem gescheckten Stamm gut zu erkennen.

angelegte Holz anders gebaut ist als das im restlichen Jahreszeitraum entstandene (Abb. 4). Die Stärke dieser Jahrringe, also der jährliche Holzzuwachs, läßt sich mit Hilfe eines Binokulars, in das ein Maßstab eingebaut ist, messen. Auch der jährliche Zuwachs der Haupttriebe der Krone ist meßbar (Abb. 5), da die Knospen, aus der der jährliche Zuwachs im Frühjahr hervorsproßt, von Knospenschuppen umgeben sind. Diese hinterlassen nach ihrem Abfallen Narben, die als Triebbasisnarben bezeichnet werden. Während man mit der Jahrringanalyse bis ins „Kindesalter“ des Baumes zu-

rückgehen kann, sind die Triebbasisnarben oft nicht länger als zehn Jahre sichtbar. Die Ergebnisse sind daher in beiden Fällen nur für die letzten zehn Jahre dargestellt (Abb. 6). Wie stark der jährliche Zuwachs ist, hängt verständlicherweise vom Gesundheitszustand des Baumes sowie von seinem Alter ab, wird aber auch von der Standortbeschaffenheit (Temperatur, Niederschläge, Nährstoffversorgung) beeinflusst. Bei annähernd gleichem Baumalter und ähnlichen Standortbedingungen sind Zuwachsminderungen also auf einen schlechten Gesundheitszustand zurückzuführen.

figer durch Pilze geschädigt sind als Bäume des Umlandes, konnte allerdings bisher noch nicht nachgewiesen werden.

### Vergleich von Straßen- und Parkbäumen

Um Aufschluß über den Gesundheitszustand der Frankfurter Straßenbäume zu bekommen, hat unsere Arbeitsgruppe im Jahre 1996 Zuwachsmessungen an Stamm und Krone ausgewählter Straßenbäume durchgeführt und die Ergebnisse mit denen entsprechender Untersuchungen von Parkbäumen verglichen. Für diese Arbeiten wurden die Platane (*Platanus x hybrida*) und die Roßkastanie (*Aesculus hippocastanum*) ausgewählt, da beide in Frankfurt sowohl an Straßen als auch in Parks relativ häufig anzutreffen sind: der Anteil der Platane am Frankfurter Stadtbauumbestand beträgt circa 20 Prozent, der der Roßkastanie circa 11 Prozent. Dabei achteten wir darauf, daß die Vergleichsbäume jeweils ein annähernd gleiches Alter aufwiesen.

Wie man an einem frisch gefällten Baum leicht sehen kann, weist das Holz der einheimischen Bäume im Querschnitt eine ringförmige Struktur auf. Dies beruht darauf, daß das im Frühjahr

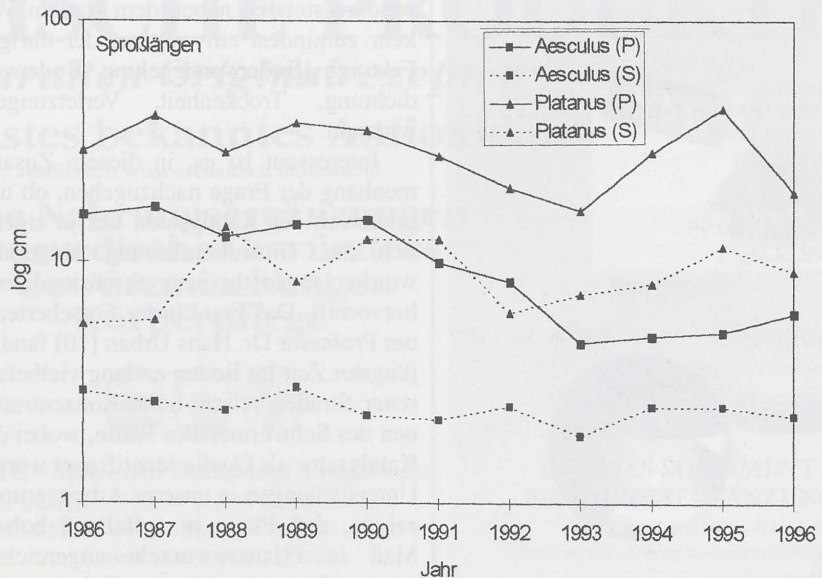
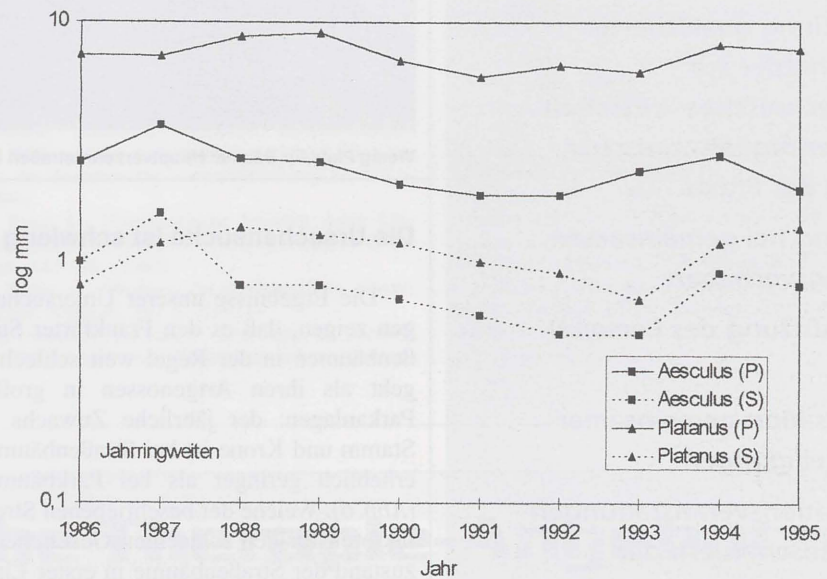


Abb. 6: Jahrringweiten (oben) und Sproßlängen der Roßkastanie (*Aesculus*) und der Platane (*Platanus*) in einer Frankfurter Parkanlage (P) und an einer stark befahrenen Straße (S). Beide Baumarten zeigen sowohl verringertes Sproß- als auch Stammwachstum bei Straßenbäumen im Vergleich zu Parkbäumen.

# FORSCHUNG ENTWICKLUNG BERATUNG

vermittelt die Abteilung Wissenstransfer der Universität Frankfurt zur Förderung der Innovationskraft und Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen, Verbänden und Kommunen durch

- Information über transferrelevante Forschungskapazitäten an der Universität
- Vermittlung qualifizierter Wissenschaftler zur Lösung technischer, wirtschaftlicher oder organisatorischer Probleme der Praxis
- Beratung bei gemeinsamen Forschungsvorhaben
- Unterstützung des Personaltransfers
- Organisation gemeinsamer Messebeteiligungen
- Informationsveranstaltungen mit Wissenschaftlern der Universität zu Fragestellungen der Praxis

Johann Wolfgang Goethe-Universität  
Abteilung Wissenstransfer  
Senckenberganlage 31  
Postfach 11 1932  
60054 Frankfurt am Main  
Telefon (0 69) 7 98-2 82 95  
Fax (0 69) 7 98-2 26 73



Wenig Platz für Bäume: Hauptverkehrsstraßen in der Innenstadt.

## Die Ursachensuche ist schwierig

Die Ergebnisse unserer Untersuchungen zeigen, daß es den Frankfurter Straßenbäumen in der Regel weit schlechter geht als ihren Artgenossen in großen Parkanlagen: der jährliche Zuwachs an Stamm und Krone ist bei Straßenbäumen erheblich geringer als bei Parkbäumen (Abb. 6). Welche der beschriebenen Streßfaktoren für den schlechten Gesundheitszustand der Straßenbäume in erster Linie verantwortlich sind, läßt sich mit Hilfe dieser Ergebnisse nicht aussagen. Nirgendwo wirkt nämlich nur ein Faktor, sondern stets ist neben dem starken Verkehr zumindest ein weiterer der übrigen Faktoren (Bodenversiegelung, Bodenverdichtung, Trockenheit, Verletzungen) wirksam.

Interessant ist es, in diesem Zusammenhang der Frage nachzugehen, ob und inwieweit der Katalysator, der ja eigentlich zur Umweltentlastung eingeführt wurde, langfristig neue Streßsituationen hervorruft. Das Frankfurter Forscherteam um Professor Dr. Hans Urban [10] fand in jüngster Zeit im Boden entlang vielbefahrener Straßen relativ hohe Konzentrationen des Schwermetalles Platin, wobei der Katalysator als Quelle identifiziert wurde. Untersuchungen in unserer Arbeitsgruppe zeigen, daß Platin in auffallend hohem Maß in Pflanzenwurzeln angereichert wird und von bestimmten Konzentrationen an auch Wasserstreß bei Pflanzen auslösen kann [11, 12, 13], da die Wasseraufnahme verringert wird.

## Blätter filtern krebserzeugende PAK

Wie wichtig vitale Bäume in der Stadt sind, soll an einem Beispiel dargestellt werden. Seit Jahren beobachtet man einen drastischen Anstieg der Konzentrationen an krebserzeugenden polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (kurz PAK) in der Stadtluft von den Sommer- zu den Wintermonaten hin. Hauptquellen der PAK sind Hausbrand und Dieselmotorkraftfahrzeuge, wobei an verkehrsreichen, nicht von Wohnhäusern gesäumten Straßen wie der Miquelallee im Bereich Palmengarten/Botanischer Garten die Kfz-Emissionen deutlich vorherrschen und diese auch noch schneller in der Atmosphäre durch das Sonnenlicht abgebaut werden. Bislang wurde dies damit erklärt, daß in den Sommermonaten weniger der meist an Rußteilchen gebundenen PAK emittiert werden. Unsere Arbeitsgruppe [14] konnte jedoch zeigen, daß die PAK in hohem Maße von Blättern absorbiert werden (Abb. 7). Bäume „filtern“ somit die PAK regelrecht aus der Umgebungsluft und verringern so zweifellos die Konzentrationen der PAK in der Stadtluft erheblich; dies ist einer der Gründe dafür, daß in den Wintermonaten (wenn die Blätter abgefallen sind) höhere PAK-Gehalte in der Luft zu messen sind.

Sowohl die Platin- als auch die PAK-Untersuchungen stehen noch am Anfang. In beiden Fällen sind weitere interessante Ergebnisse zu erwarten.





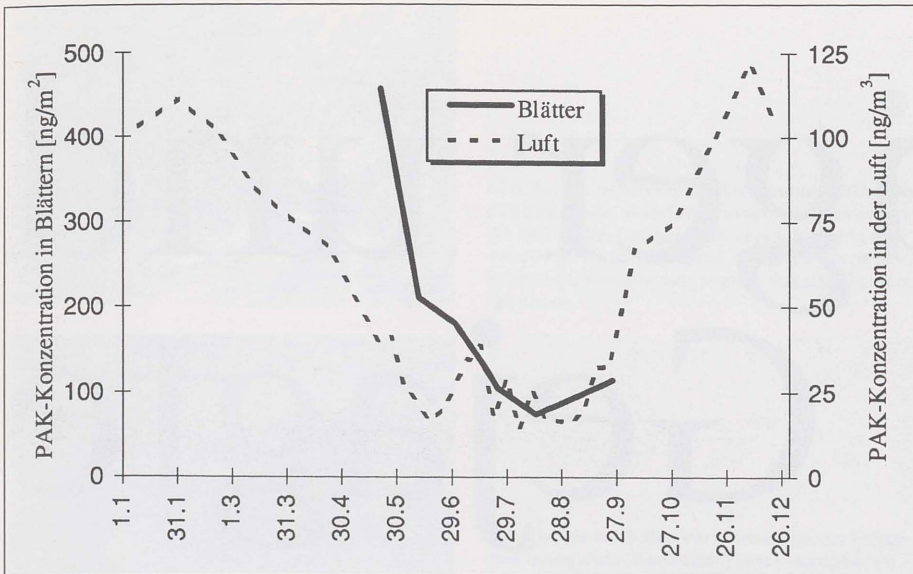


Abb. 7: PAK-Konzentrationen in der Umgebungsluft und in Blättern der Schwarz-Pappel (*Populus nigra* cv. Loenen) in Frankfurt, Miquelallee, 1996. Man beachte, daß die Konzentration der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) im Frühjahr erst hoch ist und dann abnimmt. Insgesamt steigt jedoch die Menge an PAK, die von einem Baum aus der Luft gefiltert wird, da die Blattfläche im Frühsommer zunimmt. Mit seiner enorm großen Blattfläche entzieht ein Baum der Umgebungsluft eine erhebliche Menge an PAK und dient so zur Verbesserung der Luftqualität in Städten.

**Literatur**

[1] Kuttler, W.: Stadtklima. In Sukopp, H., Wittig, R. (Hrsg.): Stadtoökologie, Gustav Fischer, Stuttgart, Jena, New York, 113-153, (1993).  
 [2] Steubing, L.: Bioindikation von Luftverunreinigungen im Ballungsgebiet Untermain: Überblick über die Jahre 1968-1992. Geobot. Kolloq. 10, 23-34, (1994).  
 [3] Krieter, M.: Bodenaufbau am innerstädtischen Straßenbaumstandort. Das Gartenamt 42, 492-499, (1993).  
 [4] Georgii, H.-W.: Das Frankfurter Stadtklima. Geobot. Kolloq. 10, 13-22, (1994).  
 [5] Jaeschke, W., Grieser, J., Kessel, M., Sattler, T.: Messung und Modellierung von Luftschadstoff-

Flüssen im Frankfurter Stadtwald. Geobot. Kolloq. 10, 35-44, (1994).  
 [6] Krupa, S.K.: Air Pollution, People, and Plants. APS Press, St. Paul, Minnesota, 197 S. (1997).  
 [7] Schaub, H., Joestel, A., Knorre, U., Kuprian, M., Nitzsche, I., Weil, M., Winkler, K.: Untersuchungen zur Wirkung von Automobilabgasen auf Pflanzen. Ber. des Zentrums für Umweltforschung 22, 272 S. (1994).  
 [8] Ruge, U.: Physiologische Schäden durch Umweltfaktoren. In Mayer, F.H. (Hrsg.): Bäume in der Stadt, 143-198, (1982).  
 [9] Wittig, R.: Ökologie der Großstadtflora. Gustav Fischer, Stuttgart, 261 S. (1991).  
 [10] Urban, H., Zereini, F., Skerstupp, B., Zientek, C.: Emissionen von Platingruppenelementen aus

Automobilabgaskatalysatoren. Forschung Frankfurt 3, 21-25, (1995).  
 [11] Ballach, H.-J.: Accumulation of platinum in roots of poplar cuttings induces water stress. Fresenius Envir. Bull. 4, 719-724, (1995).  
 [12] Ballach, H.-J.: Ozone and heavy metals from automobile catalytic converters. Environ. Sci. & Pollut. Res. 4, 131-139, (1997).  
 [13] Ballach, H.-J., Wittig, R.: Reciprocal effect of platinum and lead on the water household of poplar cuttings. Environ. Sci. & Pollut. Res. 3, 3-9, (1996).  
 [14] Kuhn, A., Ballach, H.-J., Wittig, R.: Vegetation as a sink for PAH in urban regions. Tagungsband der Int. Conference Urban Ecology, Leipzig 1997, (1998).

ANZEIGE

# Ganzheitliche Therapie-Angebote

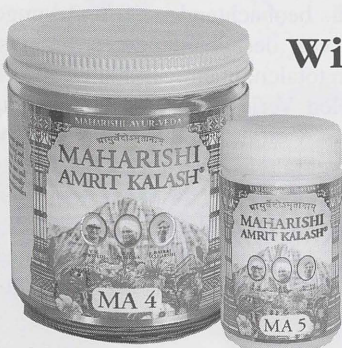
## AYURVEDISCHE PRODUKTE

nach uralten Originalrezepten

Wirksamstes bekanntes Antioxidans

ausführlich wissenschaftlich untersucht!

Neue Nahrungsergänzungen  
 Ayurvedische Gewürztees  
 Gewürzmischungen  
 Körperpflege



**MAHARISHI AMRIT KALASH®**  
 ayurvedische Nahrungsergänzung  
 wirksamstes bekanntes Antioxidans,  
 stärkt die Abwehrkräfte, mehr Energie,  
 mehr Vitalität, fördert das Wohlbefinden.



MTC - Maharishi Technology Corporation  
 Postfach 1126 • 41845 Wassenberg  
 Tel. (02432) 2494 • Fax (0031-475) 404055  
 e-mail: mtc@ayurveda.nl

**NEU**



**GROSSES SORTIMENT AN NAHRUNGSERGÄNZUNGEN**  
 Alle Produkte schadstoffgeprüft.  
 Fordern Sie unseren kostenfreien Katalog an!

# Jäger und Gejagte

## Wie und warum solitäre Wespenarten ihre Beute paralisieren

von Werner Gnatzy und Michael Ferber

Zu den faszinierendsten „Waffen“, die wir in der Tierwelt finden, gehören ohne Frage die Gifte. Sie können die unterschiedlichsten und raffiniertesten Wirkungen besitzen, mannigfaltig sind ihre Anwendungsformen und Verwendungszwecke – so zur Abwehr von Bedrohungen oder Konkurrenten, zum Schutz vor dem Gefressenwerden oder zum Beutefang.

Auch unter den Insekten sind Gifte weit verbreitet, etwa bei den Hymenopteren oder Hautflüglern. Während die Wirkung der Wehrgifte von staatenbildenden Hymenopteren wie Bienen und Wespen (z.B. gewöhnlichen Faltenwespen, Hornissen) aufgrund ihrer medizinischen Bedeutung bereits intensiv untersucht wurde, ist über die Mechanismen der Giftwirkung solitär lebender Wespenarten wie Schlupfwespen, Brackwespen, Dolchwespen und Grabwespen (Abb. 1) vergleichsweise wenig bekannt. Dabei haben sich die Insektenforscher schon seit langem [Fabre, 1855] mit dem auffälligen Jagd- und Brutpflegeverhalten dieser Tiere beschäftigt [Piek, 1986].

Eine Besonderheit der solitären Wespen ist, daß nur die Weibchen andere Insekten oder Spinnen jagen und mit ihrem Gift paralisieren (lähmen), um ihre künftige Brut zu versorgen. Dazu legen sie an oder in die Beute ein Ei ab. Daraus

schlüpft dann nach kurzer Zeit die Wespenmade, die sich von der Beute ernährt.

Im Unterschied zu den Giften staatenbildender Hymenopteren dienen die Gifte solitär lebender Wespen primär also nicht zur Abwehr von Feinden. Ihre wesentliche Funktion besteht darin, die potentielle Beute zu lähmen und damit die Eiablage und letztlich die erfolgreiche Entwicklung der Wespennachkommen sicherzustellen, die von der Beute leben. Die in der Beute vorhandene Energie (in Form von Proteinen, Polysacchariden und Lipiden) sollte den heranwachsenden Wespenmaden möglichst vollständig zukommen, deshalb ist gleichzeitig zu verhindern, daß nach der Eiablage durch das Wespenweibchen zuviel dieser Energie vom Wirtstier selbst verbraucht wird. Ein weiterer Punkt ist, daß der Räuber dafür sorgt, daß das Wirtstier sich nicht seines Parasiten entledigt. Diese Ziele werden bei den solitären Wespenarten auf sehr unterschiedliche Art und Weise erreicht. Bei denjenigen, deren Nachkommen sich ektoparasitisch, d.h. auf ihrem Wirt, entwickeln (wie im Falle der von uns untersuchten Grabwespenart *Liris niger*), wird der Wirtsorganismus zumeist durch das Wespengift paralytisiert und an einen sicheren Ort (kein Zugriff durch Feinde, optimales Mikroklima etc.) verbracht, bevor das oder die Eier abgelegt werden. Bei solitären Wespenarten,

deren Nachkommen sich endoparasitisch, also im Wirt, entwickeln, paralisieren die Weibchen die Beute oft nur unvollständig oder gar nicht. Hier sorgen spezielle Mechanismen dafür, daß die Eier, die von diesen Wespenarten in das Wirtstier injiziert wurden, z.B. durch das Immunsystem des Wirtes nicht zerstört werden. Auffällig ist, daß solitäre Wespenarten, deren Maden sich endoparasitisch entwickeln, meist sehr viel kleiner als ihre Wirtstiere sind.

Die an der Beute als Folge eines Stiches zu beobachtenden Giftwirkungen reichen von der vollständigen Paralyse, d.h. dem totalen, in einigen Fällen auch irreversiblen Verlust der Bewegungsfähigkeit, über vielfältige, durch das Gift bewirkte Verhaltensänderungen bis hin zur Beeinflussung des Hormonsystems. Die Gifte wirken entweder auf das periphere und/oder das zentrale Nervensystem, wobei der Wirkort durch das Stechverhalten der Wespe vorgegeben sein kann.

### Das Räuber-Beute-System „Grabwespe gegen Grille“

Wir untersuchen seit längerem das Räuber-Beute-System „Grabwespe gegen Grille“. Hier jagen und paralisieren die Weibchen der Grabwespenart *Liris niger* verschiedene Grillenarten und tra-



Abb. 1a: Weibchen der Grabwespenart *Liris niger*, das ihre Beute, eine Grille, durch Giftinjektion in die thorakalen Ganglien bereits lauffähig gemacht hat. Es ist nun dabei, die Grille durch einen Stich ins Unterschlundganglion vollständig zu paralisieren.



Abb. 1b: Die Weibchen der Grabwespenart *Philanthus triangulum* (Bienenwolf) jagen Honigbienen, die sie an deren Form und Geruch erkennen. Die Beute wird durch nur einen Stich gelähmt und dann Bauch an Bauch zum Nestgang transportiert.



Abb. 1c: Sandwespen jagen und paralisieren ausschließlich unbehaarte Schmetterlingsraupen. Die abgebildete, im tropischen Westafrika heimische Art, bearbeitet ihre Beute mit den Mundwerkzeugen.



Abb. 1d: Kennzeichen der Schlupfwespen oder Ichneumoniden ist ihr langer dünner Legebohrer. Hier sucht eine Schlupfwespe nach im Holz verborgenen Insektenlarven. Sie prüft dazu mit ihren Fühlern den Untergrund.



Abb. 1e: Die Weibchen von *Apantheles glomeratus*, einem Vertreter der Brackwespen oder Braconidae, legen mehrere Eier in Raupen des Kohlweißlings. Die erwachsenen Larven verlassen den Wirt und verpuppen sich, wie hier zu sehen, in dünnwandigen Kokons auf bzw. neben der Raupe.

gen sie zur Versorgung ihrer künftigen Brut ein. Ziel unserer bisherigen neuroethologischen Analyse war es, an diesem System modellhaft umfassende Einsichten in das Abwehr- bzw. Jagdverhalten dieser Tiere zu gewinnen und die artspezifische, zentralnervöse Organisation von Räuber und Beutetier aufzuklären, die diese Verhaltensweisen steuern [Gnatzy, 1996].

Ausgangspunkt waren zunächst sehr auffällige und komplexe Verhaltensweisen wie Kopfstand, Stelzstand und der Abwehrkick der Grille als Beute, die bei den Begegnungen und Attacken des jagenden *Liris*-Weibchen ausgelöst werden. Unsere Untersuchungen setzten auf der Ebene von Struktur und Funktion bestimmter cuticularer Mechanorezeptoren, den cercalen Fadenhaaren und campaniformen Sensillen ein (Abb. 2a-d), über die die Verhaltensreaktionen Kopfstand und Abwehrkick ausgelöst werden. Wir haben aber auch die zentralnervöse Verarbeitung und die motorischen Antworten analysiert, die über die beiden Mechanorezeptortypen ausgelöst werden können. Ein weiterer Komplex der Untersuchungen befaßte sich mit dem Brutpflegeverhalten der Grabwespenweibchen und seinen vielfältigen Teilaspekten wie Beutesuche und -auswahl.

Durch Verwendung natürlicher Reize und durch Ausschaltversuche ist es uns gelungen, über das Abwehrverhalten der Grillen Zugang zur spezifischen Leistungsfähigkeit des peripheren und zentralen Nervensystems der Beute zu bekommen. Dadurch konnte u.a. das neuronale Netzwerk, das die sensorischen Informationen im Cercalsystem der Grillen verarbeitet, mit einem Reizrepertoire, wie es für die Systemanalyse peripherer Systeme typisch ist, entschlüsselt und in Beziehung zum Informationsfluß im gesamten Zentralnervensystem der Grille gebracht werden.

Ein weiteres Anliegen unserer Untersuchungen war es, die Verhaltensleistungen von Räuber und Beute bis auf die Ebene von identifizierten Einzelneuronen zu verfolgen. Dies ist uns u.a. mit extra- und intrazellulären Ableitungen und iontophoretischen Anfärbungen gelungen, bei denen elektrisch bestimmte Farbstoffe, wie Lucifer Yellow und Kobaltchlorid, in einzelne Nervenzellen injiziert werden. Wir haben aber auch die zentralnervösen Korrelate des Verhaltens der Grillen unter Freilandbedingungen bei Attacken von Faltenwespen analysiert. In jüngster Zeit haben wir insbesondere die Wirkung des *Liris*-Giftes auf den Stoffwechsel und das Zentralnervensystem der paralytierten Grillen untersucht.

Abb. 2a: Grillen wie das hier abgebildete Heimchen tragen am Hinterleibsende zwei gabelförmig angeordnete Anhänge (Pfeile), die Cerci. Diese sind mit verschiedenen Sensillentypen, u.a. mit den mechanosensitiven Fadenhaaren, sowie den ebenfalls mechanosensitiven campaniformen Sensillen bestückt.

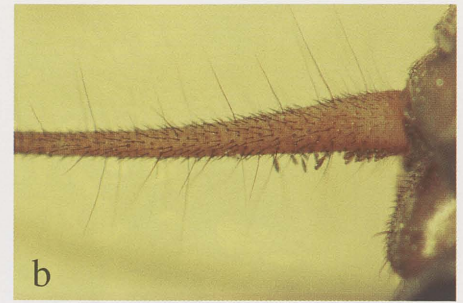


Abb. 2b: Die Fadenhaare, die gleichmäßig über den gesamten Cercus verteilt sind und weit über die Cercuscuticula hinaus ragen, werden durch geringste Luftbewegungen ausgelenkt.

Abb. 2c: Unter dem Rasterelektronenmikroskop ist zu erkennen, daß die cercalen Fadenhaare in einem cuticularen Becher inserieren. Die auf der Abbildung erkennbaren campaniformen Sensillen (Pfeile) kommen nur bei großen Fadenhaaren, d.h. solchen mit langem Haarschaft, vor.

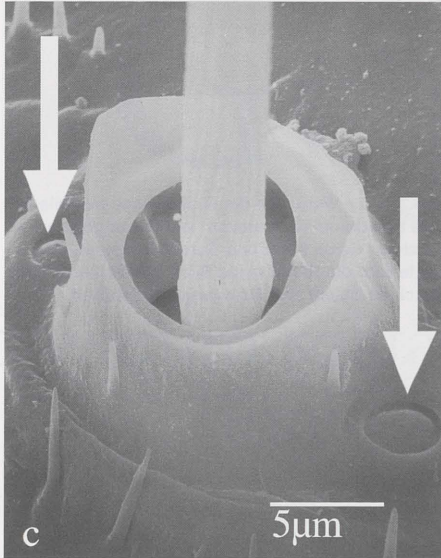


Abb. 2d: Grundbauplan eines Fadenhaares mit einem campaniformen Sensillum. Die große bipolare Sinneszelle (rot gezeichnet) des Fadenhaares (Fh) ist mit ihrem sensiblen äußeren Dendritensegment an den beweglichen Haarschaft angeköpelt. Der sensible Abschnitt des Dendriten der Sinneszelle des campaniformen Sensillum (Cs) endet in der von außen sichtbaren cuticularen Kappe (vgl. Abb. 2c) direkt unter der Cuticulaoberfläche. Bei beiden Sensillentypen sind die Hüllzellen grau dargestellt.

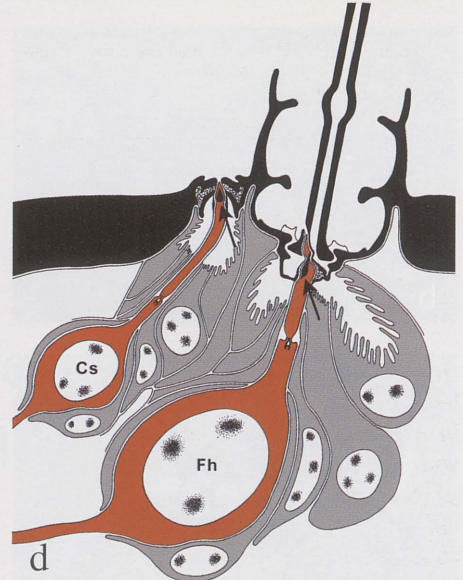


Abb. 3a: Bevorzugte Habitate der Weibchen von *Liris niger* sind vegetationsarme, nach Süden hin exponierte Sand- oder Lößwände, u.a. in der Provence. In diesen „Jagdrevieren“ finden und paralyisieren die Grabwespenweibchen auch ihre Beutetiere, die Grillen. Es wird jeweils eine Grille in einen, zuvor in den Boden gegrabenen, Nestgang eingetragen.

### Vorkommen und Lebensweise des Räubers und ihrer potentiellen Beute

Die Grabwespenart *Liris niger* ist ein typisches Faunenelement des mediterranen Raumes und kommt an geeigneten Stellen in der Provence noch relativ häufig vor. Die Bebauung geeigneter Habitate, die intensive Umgestaltung von Weinbergen und die damit verbundene hohe Insektizidbelastung verringern jedoch zunehmend die Überlebenschancen von *Liris niger*. In Deutschland wurde diese Art zuletzt 1967 im Kaiserstuhlgebiet, einer ausgesprochenen Wärmeinsel, nachgewiesen.

Das typische „Jagdrevier“ von *Liris* ist vegetationsarm und zeichnet sich durch geschützte Lage, starke Hangneigung bzw. steile Böschungswinkel und Südexposition aus (Abb. 3). Das führt zu hohen Temperaturen im Bodenbereich (bis zu +50°C) im Tagesverlauf, auch dann, wenn im Frühjahr der Mistral bläst und die Umgebungstemperatur tagsüber trotz strahlendem Sonnenschein oft +20°C nicht übersteigt. Ein weiterer Faktor, der das Vorkommen des Räubers wesentlich beeinflusst, ist die Bodenbeschaffenheit. Sand- oder Lößboden ist ideal. Nur dann können die Grabwespenweibchen ihre Nester, bis zu 10 cm lange Gänge (Durch-



Abb. 3b: Ein Weibchen von *Liris niger* vor dem Eingang zu einem Nestgang in einer Lößwand. Die natürliche Größe beträgt nur wenig mehr als einen Zentimeter.

messer < 0,5 cm), in den Boden graben, die sie zur Versorgung ihrer künftigen Brut anlegen. Die Nestgänge befinden sich z.B. am Fuß von Weinbergterrassen und Straßenböschungen, aber auch in Lößwänden (Abb. 3).

Die nur etwa einen Zentimeter großen Weibchen von *Liris niger* – und nur sie – jagen zur Versorgung ihrer künftigen Brut ältere Larven oder ausgewachsene (max. bis 2 cm) große Grillen. Dabei ist die



Abb. 4a: Mit einem Kopfstand reagieren Grillen, wenn sich ein jagendes *Liris*-Weibchen bei seinen schnellen Suchläufen plötzlich von hinten oder von der Seite nähert.



Abb. 4b: Beim Stelzstand hebt die von einem *Liris*-Weibchen attackierte Grille nicht nur den Hinterleib, sondern auch den übrigen Körper plötzlich an.



Abb. 4c: Dieser Grille ist es durch gezieltes und schnelles Schlagen (Kicken) mit einem der bedornten Hinterbeine gerade gelungen, das angreifende Grabwespenweibchen wegzuschleudern.

Beute nicht nur größer, sondern auch um ein mehrfaches schwerer als der Räuber. Eine Grillenart, die stets von den *Liris*-Weibchen als Beutetier angenommen wird, ist *Acheta domesticus*, besser als *Heimchen* bekannt (Abb. 2a). Diese Grillenart kommt in Südfrankreich, anders als in unseren Breiten, ganzjährig im Freiland vor.

Nach eigenen, langjährigen Beobachtungen beginnen die Grabwespenweibchen in der Provence mit ihrer Jagd nach Grillen bereits Ende März/Anfang April und sollen nach anderen Angaben [Steiner, 1962] bis in den Juli hinein nach Beute jagen. Die neue Grabwespengeneration schlüpft dann im Herbst. Während die Männchen nach der Paarung sterben, überwintern die Weibchen und beginnen im Frühjahr mit der Jagd. Uns ist es gelungen, über Jahre *Liris niger* unter Laborbedingungen zu züchten [Gnatzy und Heußlein, 1986]. Unter diesen konstanten Bedingungen (hohe Temperaturen und gleichmäßiger Hell-Dunkel-Rhythmus im Zuchtraum) entwickeln sich circa zehn Generationen pro Jahr, gegenüber nur einer Generation im Freiland [Steiner, 1962].

### Verhaltensreaktionen der Beute auf Attacken des Räubers

Was geschieht, wenn sich ein Grabwespenweibchen in Jagdstimmung bei ihren äußerst schnellen (bis zu 50 cm/s) Suchläufen nach Beute einer Grille plötzlich nähert? Typische Abwehrreaktionen der Grillen auf die Annäherung bzw. Attacken eines *Liris*-Weibchens sind der Kopfstand, der Stelzstand und der Abwehrkick.

Beim Kopfstand hebt die Grille, wenn sich das jagende Grabwespenweibchen von hinten bzw. von der Seite nähert, den Hinterleib ganz unvermittelt aus der Ruhelage (Abb. 4a). Beim Stelzstand hebt die attackierte Grille nicht nur das Abdomen, sondern auch den übrigen Körper plötzlich an (Abb. 4b). Zusätzlich im Verhaltensrepertoire der Grillen gibt es den Abwehrkick. Dabei wehrt sich eine attackierte Grille durch gezieltes und schnelles Ausschlagen (Kicken) mit einem der bedornten Hinterbeine gegen das angreifende Grabwespenweibchen. In vielen Fällen gelingt es ihr dadurch, die angreifende Grabwespe einige Zentimeter weit wegzuschleudern (Abb. 4c).

### Wie der Räuber die Beute lähmt

In den meisten Fällen läuft die Begegnung mit dem Räuber für die Grillen nicht so glimpflich ab. Denn *Liris*-Weibchen in Jagdstimmung gelingt es meist, die Grille blitzschnell durch eine mehr oder weniger stereotype Stichfolge zu paralisieren (Abb. 5a). Dieser Vorgang läuft jedoch erst ab, nachdem das *Liris*-Weibchen zuvor – nach kurzem Antennenkontakt – die Grille als Beute akzeptiert hat. Sie versucht dann, auf den Rücken der Grille zu kommen, krümmt das Abdomen und bringt dadurch den Stachel in die Nähe der Basis, zuerst der Hinterbeine, der Grille. Gelingt dem *Liris*-Weibchen das trotz der heftigen Abwehrreaktionen der Grille, führt es den Stachel in die nur in diesem Bereich dünne, weichhäutige Cuticula zwischen Sternalplatte und Coxa der Hinterbeine ein und sticht zu (Abb. 8). Es folgen noch zwei weitere Stiche in die übrigen Thoraxsegmente in einer mehr oder weniger stereotypen Reihenfolge. In den gestochenen Thoraxsegmenten schwindet unmittelbar nach dem jeweiligen Stich jede Bewegung der Beine. Der Grille ist es nun unmöglich, irgendwelche



Abb. 5a: Nachdem das *Liris*-Weibchen zuvor, nach kurzem Antennenkontakt, die Grille als Beute akzeptiert hat, injiziert es zunächst ihr Gift in die drei thorakalen Ganglien. Durch einen Stich in das Unterschlundganglion der Grille werden außerdem deren Mundwerkzeuge und die Antennen für einige Zeit vollständig gelähmt.



Abb. 5b: Vor dem Abtransport der Grille wird der Bereich zwischen den Vorder- und Mittelbeinen der paralytisierten Beute von dem Grabwespenweibchen ausgiebig bearbeitet (malaxiert). An dieser Stelle heftet dann das *Liris*-Weibchen im Nestgang ihr Ei fest.



Abb. 5c: Die Unfähigkeit der paralytisierten Grille, sich zu bewegen, erleichtert dem Grabwespenweibchen den Abtransport der, im Vergleich zum Jäger, sehr viel größeren Beute.

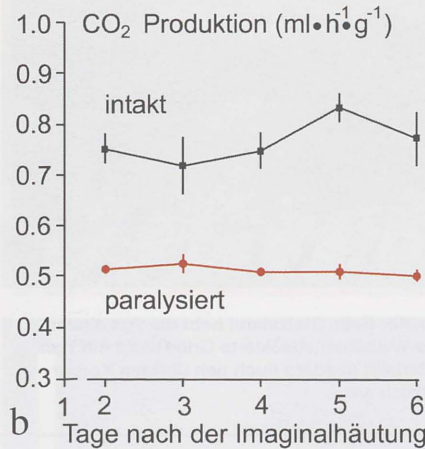
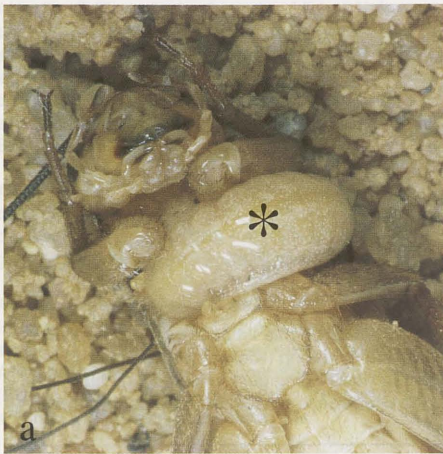


Abb. 6a.: Aus dem zwischen den Vorder- und Mittelbeinen der paralysierten Beute abgelegten Ei schlüpft nach ca. zwei Tagen die Liris-Made (\*). Sie ernährt sich extraintestinal von der zunächst noch lebenden Grille.

Abb. 6b.: Die Stoffwechselaktivität, hier gemessen anhand der CO<sub>2</sub>-Produktion, von paralysierten Grillen ist gegenüber nicht paralysierten Kontrolltieren signifikant niedriger. So ist sichergestellt, daß möglichst viel der in der Beute steckenden Energie der heranwachsenden Grabwespenmade zugute kommt [verändert nach Roces und Gnatzy 1997].

Abwehrbewegungen auszuführen oder zu fliehen. Durch den (vierten) Stich in die Halsregion (ins Unterschlundganglion) werden außerdem die Mundwerkzeuge und Antennen gelähmt. Unterbleibt einer der vier Stiche, wird die Motorik des entsprechenden Körpersegments nicht beeinträchtigt. Die Phase der Inaktivität (Lähmung) kann bis zu einer Stunde andauern. Während dieser Zeit transportiert die Grabwespe die Grille dann zu einer vorher angelegten Höhle. Die Unfähigkeit der Grille, sich zu bewegen, erleichtert dabei den Abtransport der im Vergleich zum Jäger „riesigen“ Beute (Abb. 5c).

Im Nestgang legt das *Liris*-Weibchen ein Ei zwischen den Vorder- und Mittelbeinen der Grille (Abb. 6a) ab und verschließt anschließend von außen den Gang. In der Zwischenzeit kehrt bei der Grille die neuronale Aktivität und damit die Fähigkeit zu aktiven Bewegungen langsam wieder zurück. Wir konnten dies durch Experimente nachweisen, bei denen die motorische Aktivität in peripheren Nerven der paralysierten Grillen und gleichzeitig deren Verhalten über längere Zeit aufgezeichnet wurde [Gnatzy und Otto, 1996]. Für die Entwicklung der Wespenmade ist es lebenswichtig, daß die Grille, wenn auch eingeschränkt, weiterlebt. Ein totes Wirtstier würde sonst unter den mikroklimatischen Bedingungen im Nestgang sehr schnell in Verwesung übergehen. Damit würden sich die Lebensbedingungen für die Wespenlarve dramatisch verschlechtern.

Mit der Rückkehr der neuronalen Aktivität des Wirtstiers ergibt sich jedoch ein neues Problem. Um sicherzustellen, daß die *Liris*-Made ihre Entwicklung abschließen kann, darf das Wirtstier (Grille) sich nicht befreien können bzw. zuviel Energie bei Befreiungsversuchen verbrauchen. Dieses Ziel wird durch die „Fürsorge“ des Grabwespen-Weibchens auf zwei

verschiedenen Wegen erreicht: Zum einen ist der Bewegungsspielraum des Wirtstieres in dem engen, dunklen Nestgang stark eingeschränkt, zum zweiten bewirkt der Stich in das Unterschlundganglion der Grille eine irreversible Verhaltensänderung beim Wirtstier. Eine in das Unterschlundganglion gestochene Grille zeigt kein Spontanverhalten mehr, d.h. sie bewegt sich nur noch, wenn sie starken äußeren Reizen ausgesetzt wird. Unter den Bedingungen im Nestgang bleibt sie passiv. Gleichzeitig ist ihr Sauerstoffverbrauch und damit auch ihr Energieverbrauch deutlich reduziert [Roces und Gnatzy, 1997]. So ist sichergestellt, daß das Wirtstier sich nicht zu befreien versucht und dabei Energie verschwendet, die doch der Wespenlarve zugute kommen soll (Abb. 6b).

Das lähmende Gift wird in einem Drüsenapparat produziert, der im Hinterleib zwischen Nervensystem und Enddarm des *Liris*-Weibchens liegt. Er besteht aus zwei verzweigten Giftdrüsen-schläuchen und dem Giftdrüsenreservoir (Abb. 7).

Der Ausführgang des Reservoirs mündet in den Stachelapparat. In Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe von Professor Herbert Zimmermann (Biozentrum Niederursel) konnten wir durch SDS-Gelelektrophorese das Polypeptidmuster der Giftdrüse und einzelner Gifttropfen analysieren [Gnatzy et al. 1992].

Die Frage, wohin die Grabwespen ihr Gift injizieren, ob direkt ins Zentralnervensystem oder nur in die Körperhöhle, wird seit langem sehr kontrovers diskutiert [Steiner, 1986]. Für *Liris* konnten wir inzwischen diese Frage klären, indem wir anhand von Schnittserien durch den Thorax von Grillen den Abstand zwischen den Einstichstellen und den thorakalen Ganglien gemessen haben. Außerdem haben wir die Länge des ausgefahrenen Stachels bestimmt. Es stellte sich heraus, daß der Stachel so lang ist (circa 1,5 Millimeter), daß er beim Stechvorgang weit in das jeweilige Ganglion der Beute eindringen kann. Ferner haben wir unter mikroskopischer Kontrolle an Grillen, denen wir ein „Fenster“ in das Metathorakalsternit ge-

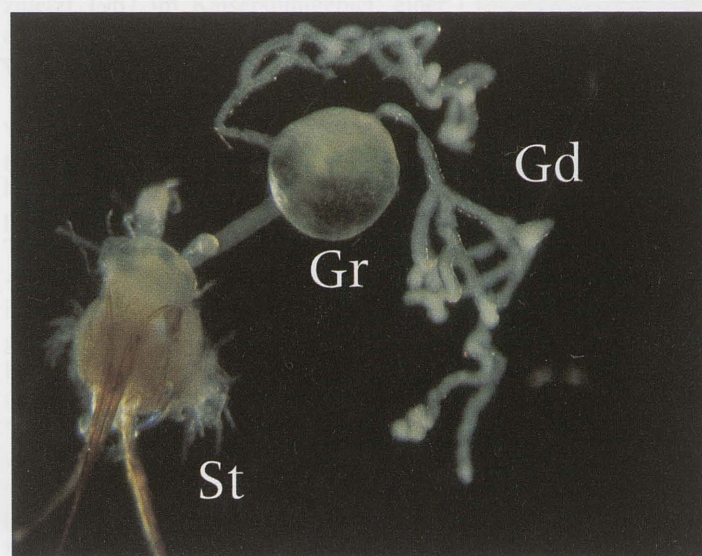


Abb. 7: Das lähmende Gift wird in einem Drüsenapparat produziert, der im Hinterleib des *Liris*-Weibchens liegt. Er besteht aus zwei verzweigten Giftdrüsen-schläuchen (Gd) und dem Giftdrüsenreservoir (Gr). Über einen Ausführgang des Reservoirs gelangt das Gift bei Bedarf in den Stachelapparat (St) und wird mit dem Stachel in die Ganglien der Beute injiziert.

schnitten hatten (Abb. 8), den Weg des *Liris*-Stachels in das Ganglion verfolgt. Gleichzeitig konnten wir elektrophysiologisch den Zeitpunkt der Giftwirkung auf das Zentralnervensystem der Grille feststellen. Fazit: Es genügt nicht, daß das Gift nur in die Körperhöhle der Beute gelangt, vielmehr muß es direkt in eines der Grillenganglien injiziert werden. Gift, lediglich auf ein Ganglion aufgebracht, kann nicht durch das Perilemm ins Neurilemm des Ganglions eindringen, da die Giftmoleküle zu groß sind. Das Gift enthält zahlreiche Polypeptide mit einem Molekulargewicht zwischen 19 und 120 Kda.

**Mechanismen der Liris-Giftwirkung**

Bei unseren bisherigen Untersuchungen haben wir uns vor allem mit den Mechanismen beschäftigt, die die kurzzeitige vollständige Paralyse im Nervensystem der gelähmten Grille bewirken. Das war uns möglich, weil wir auch experimentell unter in vitro-Bedingungen eine vollständige Paralyse auslösen können, indem wir mit einer sehr feinen Glaskapillare Gift in das Zentralnervensystem der Grille injizieren. Die auf diese Weise ausgelöste vollständige Paralyse dauert genau so lang wie unter natürlichen Bedingungen. Wir konnten so auf der physiologischen Ebene die verschiedenen Phasen der Giftwirkung untersuchen. Unabhängig von der Art und Weise der Giftinjektion (Wespe oder Mikroinjektion) ist die erste physiologisch nachweisbare Wirkung des Giftes ein Anstieg der Entladungsrates der im „gestochenen“ Ganglion gelegenen Nervenzellen. Dies führt dazu, daß sich die

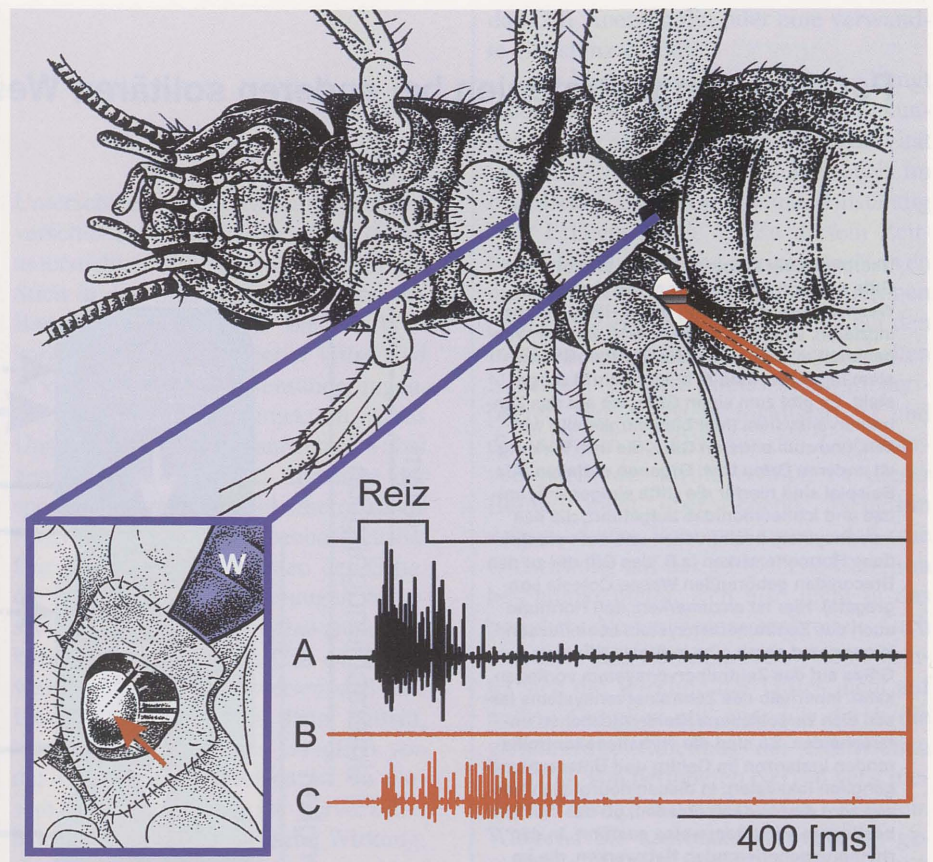


Abb. 8: Blick auf die Bauchseite einer Grille. An Grillen, bei denen ein „Fenster“ in das Metathorakalsternit geschnitten war, ließ sich der Weg des Liris-Stachels (Pfeil) in das Grillenganglion verfolgen. Das Bild – der Vorgang wurde anhand von Einzelbildern aus einer Videosequenz rekonstruiert – zeigt die letzte Phase des Eindringens des Stachels in das Ganglion. Parallel dazu wurden extrazellulär von einem Hinterbeinnerv die elektrischen Signale im Nerv abgeleitet. Spur A gibt die Aktivität im Beinnerv vor der Giftinjektion, Spur B unmittelbar nach und Spur C etwa eine Stunde nach Giftinjektion in das Metathorakalganglion wieder.

Muskulatur des betroffenen Segmentes krampfartig kontrahiert und somit die Bewegung der Grillenextremitäten unterbunden wird. Diese kurze Phase starker Erregung im Nervensystem der Grill-

le, die auf den Stich von *Liris* folgt, kann verschiedene Ursachen haben. So ist es möglich, daß das Gift Transmitter enthält, die die Motoneuronen erregen. Tatsächlich gibt es Hinweise darauf, daß

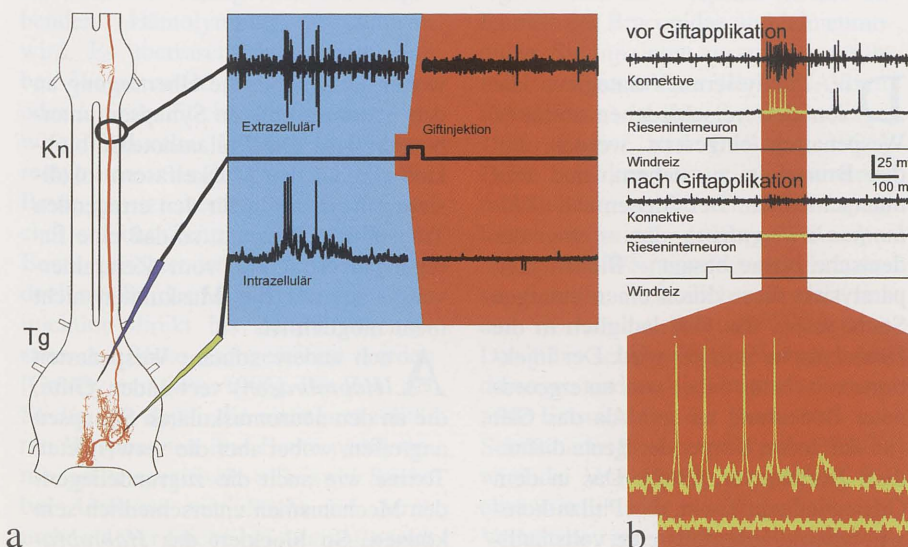
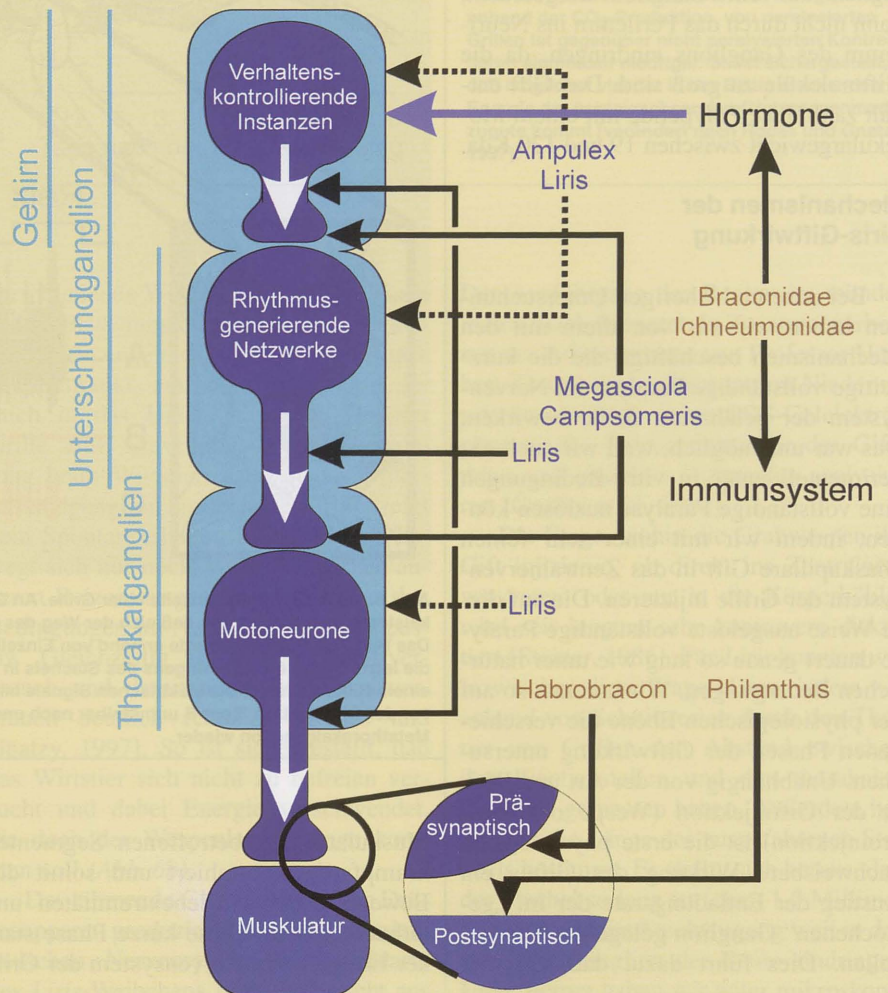


Abb. 9a: Schematische Darstellung der Ableitungssituation, mit der die Daten zur Giftwirkung auf das Cercalsystem der Grillen gewonnen wurden. Die elektrische Aktivität in einzelnen Rieseninterneuronen (rot) wurde intrazellulär (gelbe Elektrode) vor (blau unterlegt), während und nach (rot unterlegt) der Liris-Giftinjektion (blaue Elektrode) im Terminalganglion der Grille (Tg) abgeleitet. Gleichzeitig wurde auch die elektrische Aktivität im Konnektiv (Kn) extrazellulär abgeleitet (schwarze Elektrode). Während die extrazelluläre Ableitung nur Aussagen über die Entladungsrates von Neuronen zuläßt, können durch intrazelluläre Ableitungen auch Informationen über den Wirkmechanismus des Giftes von *Liris* niger gewonnen werden.

Abb. 9b: Hier ist die Antwort (rot unterlegt) des Cercalsystems einer Grille auf einen Windreiz vor und nach der Giftapplikation dargestellt. Nur vor der Giftapplikation wird der Windreiz mit einer Salve von Aktionspotentialen im Cercalsystem beantwortet. Vergleicht man die intrazellulär abgeleitete Antwort eines Rieseninterneurons vor und nach der Giftinjektion, so erkennt man, daß außer den Aktionspotentialen auch andere Potentiale verschwinden, d.h. die elektrische Aktivität im betroffenen Ganglion kommt vollständig zum Erliegen.

## Paralysierungsstrategien bei anderen solitären Wespenarten

Überblick über bisher bekannte Wirkorte der Gifte solitärer Wespenarten. Die Namen der Wespenarten, die ihr Gift in die Hämolymphe injizieren, sind in brauner Schrift, die der Wespenarten, die ihr Gift in das Zentralnervensystem injizieren, sind in blauer Schrift dargestellt. Es gibt zum einen Gifte, die auf das Zentralnervensystem (hier blau dargestellt) wirken, und zum anderen Gifte, die ihre Wirkung an anderen Orten bzw. Organen entfalten. Als Beispiel sind hierfür die Gifte einiger Braconidae und Ichneumonidae aufgeführt, die das Immunsystem beeinflussen und auf verschiedene Hormone wirken (z.B. das Gift der zu den Braconiden gehörenden Wespe *Cotesia congregata*). Hier ist anzumerken, daß Hormone auch das Zentralnervensystem beeinflussen können und somit eine indirekte Wirkung des Giftes auf das Zentralnervensystem vorliegen kann. Innerhalb des Zentralnervensystems lassen sich verschiedene Hierarchieebenen unterscheiden. So sind die verhaltenskontrollierenden Instanzen im Gehirn und Unterschlundganglion lokalisiert. In diesen neuronalen Netzen wird darüber entschieden, ob das Tier eine bestimmte Verhaltensweise ausführt. In den rhythmusgenerierenden Netzwerken, die im Unterschlundganglion und den Thorakalganglien lokalisiert sind, werden die neuronalen Aktivitätsmuster, die einer Bewegung zugrundeliegen, erzeugt (z.B. das Aktivitätsmuster, das für eine Beinbewegung notwendig ist). Die Motoneuronen als unterste Hierarchieebene transportieren diese Information zu den Muskeln, die dann die Bewegung erzeugen. Alle diese Hierarchieebenen können durch die Gifte von Wespen beeinflusst werden, wobei einzelne Gifte oder Giftwirkungen auch mehrere Ebenen beeinflussen können. Das Gift von *Liris niger* blockiert die Weiterleitung von Aktionspotentialen in allen bisher untersuchten Neuronen (Pfeile) und wirkt somit auf alle Hierarchieebenen, sofern diese in Ganglien lokalisiert sind, in die das Gift injiziert wurde. Ähnliches gilt auch für die Gifte von *Megasciola flavifrons* und *Campsomeris sexmaculata* (Dolchwespen), welche die synaptische Übertragung im Zentralnervensystem unterbinden (Pfeile). Verhaltensänderungen, wie sie durch das Gift von *Liris niger* oder *Ampulex compressa* hervorgerufen werden, lassen sich auf veränderte Eigenschaften von neuronalen Netzwerken zurückführen, wobei der Wirkungsmechanismus jedoch noch nicht bekannt ist (gestrichelte Pfeile). Die Informationsübertragung vom Zentralnervensystem zur Muskulatur wird z.B. vom Gift des Bienenwolves *Philanthus triangulum* oder auch durch das Gift von *Habrobracon hebetor* unterbunden.



Die Paralysierungsstrategien, die von den verschiedenen solitären Wespenarten eingesetzt werden, um den Bruterfolg zu sichern, sind sehr unterschiedlich. Der Bienenwolf (*Philanthus triangulum*), der – wie der deutsche Name besagt – Bienen jagt, paralyisiert diese durch einen einzigen Stich, wobei das Gift lediglich in die Hämolymphe injiziert wird. Der Injektionsort scheint dabei von untergeordneter Bedeutung zu sein, da das Gift frei durch den Körper der Beute diffundiert [Rathmayer, 1962]. Das in dem Gift enthaltene Toxin, das Philanthotoxin, bewirkt jedenfalls eine vollständige, langandauernde Paralyse der Beute,

wobei die synaptische Übertragung an den neuromuskulären Synapsen unterbunden wird. Das Philanthotoxin blockiert die auf den Muskelfasern lokalisierten Rezeptoren für den erregenden Transmitter Glutamat, so daß eine Erregungsübertragung vom Zentralnervensystem auf die Muskulatur nicht mehr möglich ist.

Auch andere solitäre Wespenarten (*Habrobracon*) verwenden Gifte, die an den neuromuskulären Synapsen angreifen, wobei aber die verwendeten Toxine wie auch die zugrundeliegenden Mechanismen unterschiedlich sein können. So blockiert das *Habrobracon*-Gift vermutlich die Ausschüttung



von Transmittern (Glutamat) aus den synaptischen Endigungen der Motoneuronen. Generell besteht jedoch bei einer totalen und langandauernden Paralyse das Problem, daß die Wirtstiere den Stich nicht lange überleben, offensichtlich weil dadurch die Atmung gelähmt wird. Die *Philanthus*-Weibchen versuchen, mögliche Degenerationsprozesse am Wirtstier, die z.B. von Bakterien oder Pilzen ausgelöst werden können, durch „Sterilisieren“ der Beute zu verhindern. Das zu diesem Zweck abgegebene Sekret enthält vermutlich Faktoren, die das Wachstum dieser Mikroorganismen unterdrücken. Nicht nur in ihren Paralysestrategien, auch in der Art und Weise, wie sie die Beute abtransportieren, unterscheiden sich die verschiedenen solitären Wespenarten. So sticht die Grabwespenart *Ampulex compressa* ihre Beute, es sind große Schabenarten, in das Prothorakal- und in das Unterschlundganglion, wobei es zu keiner vollständigen Paralyse kommt. Als Folge dieses Stiches in das Unterschlundganglion läßt sich die im Vergleich zum Jäger riesige Schabe von der Wespe abführen, wobei die Wespe die Schabe durch Ziehen an den Antennen in die gewünschte Richtung, d.h. zu einem Nestgang, bugsiert [Piek, 1984; Fouad et al. 1994, 1996].

Diese Eingriffe in die Funktionsweise des Zentralnervensystems erfordern jedoch eine gezielte Giftapplikation, da das Nervensystem durch das Perilemm sehr gut von der umgebenden Hämolymphe abgeschirmt wird. Es überrascht daher nicht, daß bei Wespenarten wie z.B. *Ampulex* oder *Liris* die Stiche, im Gegensatz etwa zu *Philanthus*, sehr präzise und stereotyp immer an die gleiche Stelle der Beute gesetzt werden, wobei der Stachel auf das Zentralnervensystem der Beute gerichtet ist. Bisher konnte jedoch nur für das *Liris*-System die Giftinjektion direkt ins Zentralnervensystem der Beute nachgewiesen werden [Gnatzy und Otto, 1996]. Die Zahl der Stiche, mit denen die einzelnen solitären Wespenarten ihre Beute paralisieren, ist artspezifisch, z.B. zwei Stiche bei *Ampulex*, vier Stiche bei *Liris*, mehr als vier Stiche bei *Amophila* oder *Megascolia*. Auch gibt es auffällige

Unterschiede im Stichverhalten bei den verschiedenen Arten. In allen bisher untersuchten Fällen erfolgt jedoch ein Stich in das Unterschlundganglion der Beute. Charakteristisch für die Wirkung solcherart applizierter Gifte sind in vielen Fällen Verhaltensänderungen, die als Folge der Giftinjektion in das Unterschlundganglion auftreten, wobei generell eine deutliche Abnahme der spontan auftretenden lokomotorischen Aktivität der Beute zu beobachten ist. Die Wirkungsmechanismen der Gifte, die diese Verhaltensänderungen verursachen, sind bis jetzt unbekannt. Wir konnten jedoch für das Gift der Grabwespe *Liris niger* nachweisen, daß eine Langzeitwirkung auch dann auftritt, wenn nur ein einzelnes Ganglion von der Giftwirkung betroffen ist. In diesem Zusammenhang ist hervorzuheben, daß sich die spezifische Wirkung, die ein bestimmtes Gift auf eine Nervenzelle hat, in verschiedenen neuronalen Schaltkreisen, den neuronalen Netzwerken, sehr unterschiedlich auswirken kann.

Eine irreversible Paralyse des Wirtstieres als Folge von Stichen in das Zentralnervensystem ist von den Dolchwespen (Scolicidae) *Campsomeris sexmaculata* und *Megasciola flavifrons* bekannt. Die Gifte dieser solitären Wespen blockieren die synaptische Übertragung, vermutlich durch eine irreversible Entleerung der (präsynaptischen) Transmitterspeicher [Piek et al. 1984]. Eine andere Paralysestrategie haben als Wespenarten aus der Familie der Braconidae und Ichneumonidae. Sie injizieren zusammen mit ihren Eiern auch Viren (PolyDNAViren, Baculoviren) in ihre Beute [Beckage, 1996; Lavine und Beckage, 1995]. Diese bewirken vermutlich zusammen mit Substanzen, die von den Wespenlarven sezerniert werden, und Komponenten des Wespengiftes eine Immunsuppression. Zusätzlich verändert sich der Hormonhaushalt der Wirtstiere. Das führt seinerseits zu Verhaltensänderungen und verhindert auch die normale Entwicklung der Beute, d.h. von Schmetterlingsraupen. In vielen Fällen wird die Verpuppung unterdrückt, die ebenso wie damit zusammenhängende Verhaltensweisen hormonell gesteuert wird.

das Gift Acetylcholin oder eine verwandte Substanz enthält.

Die Phase gesteigerter Erregung klingt jedoch schon nach weniger als 30 Sekunden wieder ab und die neuronale Aktivität in den peripheren Nerven, wie auch im betroffenen Ganglion, kommt vollständig zum Erliegen (Abb. 8). Zu diesem Zeitpunkt läßt sich in den peripheren Nerven nur die Aktivität sensorischer Neuronen (von Sinnesorganen) ableiten. Da bei den Insekten der größte Teil der sensorischen Neuronen (primäre Sinneszellen) im peripheren Nervensystem lokalisiert ist und die Injektion des Giftes in das Zentralnervensystem der Grille erfolgt, ist dieser Befund nicht überraschend. Weiterhin zeigen diese Beobachtungen, daß die Giftwirkung auf das gestochene Ganglion beschränkt bleibt, sich also nicht in das periphere Nervensystem ausbreitet. Auch innerhalb des Zentralnervensystems breitet sich die Wirkung des Giftes nicht auf andere Ganglien aus, was wir durch die gleichzeitige Ableitung der elektrischen Aktivität von peripheren Nerven verschiedener Ganglien nachweisen konnten. Während die neuronale Aktivität im gestochenen Ganglion aufhört, bleibt sie in ungestochenen Ganglien unverändert bestehen. Durch intrazelluläre Ableitungen (Abb. 9) von verschiedenen Typen von Nervenzellen haben wir zudem gezeigt, daß die Wirkung des *Liris*-Giftes nicht auf einen bestimmten Neuronentyp (z.B. Mo-

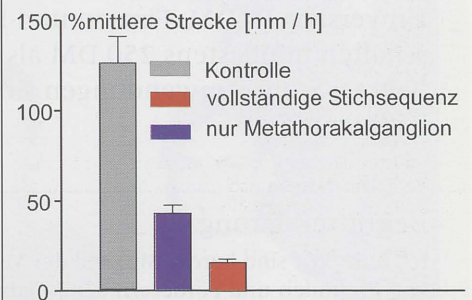


Abb. 10: Durch den Stich von *Liris niger* ändert sich das Verhalten von Grillen (*Acheta domestica*). Videoaufzeichnungen der Laufaktivität von Grillen über mehrere Tage zeigen, daß die mittlere pro Stunde zurückgelegte Strecke bei nicht gestochenen Grillen unverändert bleibt (Kontrolle, grauer Balken). Bei Grillen, die nur in das Metathorakalganglion gestochen wurden (blauer Balken), reduziert sich die zurückgelegte Wegstrecke auf circa 40 Prozent des Ausgangswertes. Grillen, die in alle Thorakalganglien sowie das Unterschlundganglion gestochen wurden (roter Balken), legen nur noch circa 20 Prozent der Ausgangsstrecke zurück. Um die Daten von verschiedenen Tieren vergleichen zu können wurde die mittlere Wegstrecke in Millimeter pro Stunde gemessen, über einen Zeitraum von 24 Stunden vor dem Stich gleich 100 Prozent gesetzt und die mittlere Wegstrecke nach dem Stich auf diesen Wert bezogen. Die Messdaten beinhalten einen Zeitraum von mindestens 48 Stunden nach dem Stich.

# Vereinigung von Freunden und Förderern der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main e.V.

Es ist das Ziel der Vereinigung, die Goethe-Universität bei der Erfüllung ihrer Aufgaben zu unterstützen, ihr vor allem Mittel für die Errichtung neuer sowie für die Vergrößerung und Unterstützung bestehender Institute und für wissenschaftliche Arbeiten zur Verfügung zu stellen. Sie bemüht sich, nach Möglichkeit Finanzierungslücken zu schließen und solche Projekte durch Zuschüsse zu fördern, die aus anderen Quellen nicht finanziert werden können.

Dank der Hilfsbereitschaft ihrer Mitglieder und Förderer konnte die Vereinigung neben der Dotierung von Geldpreisen für besonders fähige Nachwuchswissenschaftler allein in den letzten fünf Jahren mehr als 5 Mio. DM der Universität zuleiten und rund 1 Mio. DM Darlehen gewähren. Damit beseitigte sie immer wieder finanzielle Engpässe in den verschiedenen Fachbereichen.

Mitglied der Freundesvereinigung können sowohl Einzelpersonen als auch Firmen und Körperschaften werden. Einzelmitglieder zahlen mindestens 50 DM, Studenten der Universität 10 DM, Firmen und Körperschaften mindestens 250 DM als Jahresbeitrag; Sonderzuwendungen sind herzlich willkommen.

Die Bestrebungen der Vereinigung sind im Sinne der geltenden steuerlichen Bestimmungen als gemeinnützig anerkannt. Die Geschäftsstelle erteilt für jede Beitragszahlung oder Spende eine zum Steuerabzug berechtigte Quittung. Dabei werden zweckgebundene Spenden (z.B. für bestimmte Forschungsvorhaben) auftragsgemäß weitergeleitet.

Jedes Mitglied erhält das Wissenschaftsmagazin FORSCHUNG FRANKFURT, den UniReport – eine periodisch erscheinende Zeitung der Universität, die auch Mitteilungen der Vereinigung veröffentlicht – sowie den Jahresbericht.

Die Geschäftsstelle der Vereinigung befindet sich in der Universität, Senckenberganlage 31, 3. Etage, Postfach 11 19 32, 60054 Frankfurt, Telefon 069/798-23931, Frau Sieglinde Schmidt.

Geschäftsführer ist Herr Dr. Olaf Wegner, Telefon 069/910-33055.

#### Konten:

Deutsche Bank AG 700 0805 (BLZ 500 700 10)  
Metallbank GmbH 215 8384 (BLZ 502 204 00)  
Postbank Ffm. 55500-608 (BLZ 500 100 60)

#### Beitrittserklärung

Ich bin / Wir sind bereit, Mitglied der Vereinigung von Freunden und Förderern der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main e. V. (Postanschrift: Senckenberganlage 31, Postfach 11 19 32, 60054 Frankfurt am Main) mit Wirkung vom 1. Januar \_\_\_\_\_ zu werden und einen Jahresbeitrag von \_\_\_\_\_ DM zu zahlen.

Name, Vorname bzw. Firma \_\_\_\_\_

Beruf \_\_\_\_\_

Straße, Nr. bzw. Postfach \_\_\_\_\_

PLZ, Ort \_\_\_\_\_

Datum \_\_\_\_\_

Unterschrift \_\_\_\_\_

#### Abbuchungserklärung

Ich bin / Wir sind damit einverstanden, daß der Jahresbeitrag von meinem / unserem Konto vom \_\_\_\_\_ an abgebucht wird.

Konto-Nr. \_\_\_\_\_

BLZ \_\_\_\_\_

Bankinstitut \_\_\_\_\_

Ort \_\_\_\_\_

Datum \_\_\_\_\_

Unterschrift \_\_\_\_\_

toneuronen) beschränkt ist. Alle von uns untersuchten Neuronen verloren als Folge der Giftinjektion die Fähigkeit, Aktionspotentiale zu erzeugen. Das Gift verhindert auch, daß Aktionspotentiale entlang von Axonen weitergeleitet werden.

Durch intrazelluläre Ableitungen aus verschiedenen Nervenzellen haben wir inzwischen nachgewiesen, daß das Membranpotential wie auch der Eingangswiderstand dieser Nervenzellen durch das Gift nicht oder nur in sehr geringem Umfang beeinflusst wird. Zur Zeit führen wir Experimente durch, die klären sollen, ob das Gift Substanzen enthält, die Membrankanäle blockieren können. Wir haben Hinweise, daß das Gift Natriumkanäle reversibel blockiert. Im Anschluß an die Phase völliger Inaktivität kehrt die neuronale Aktivität langsam wieder zurück. Extrazelluläre Ableitungen wie auch Verhaltensexperimente zeigen jedoch, daß die ursprüngliche Aktivität nicht mehr erreicht wird (Abb. 10). Dies gilt auch dann, wenn nur in ein Ganglion Gift injiziert wird. Ein Stich in das Unterschlundganglion ist für das Entstehen von Langzeiteffekten somit nicht zwingend notwendig,

er ist aber für die Unterdrückung des spontanen Verhaltens essentiell. Die Mechanismen, die der Langzeitwirkung von Giften solitärer Wespenarten zugrunde liegen, konnten bisher in keinem Fall aufgeklärt werden. Wir untersuchen diese Frage derzeit für das *Liris*-Gift.



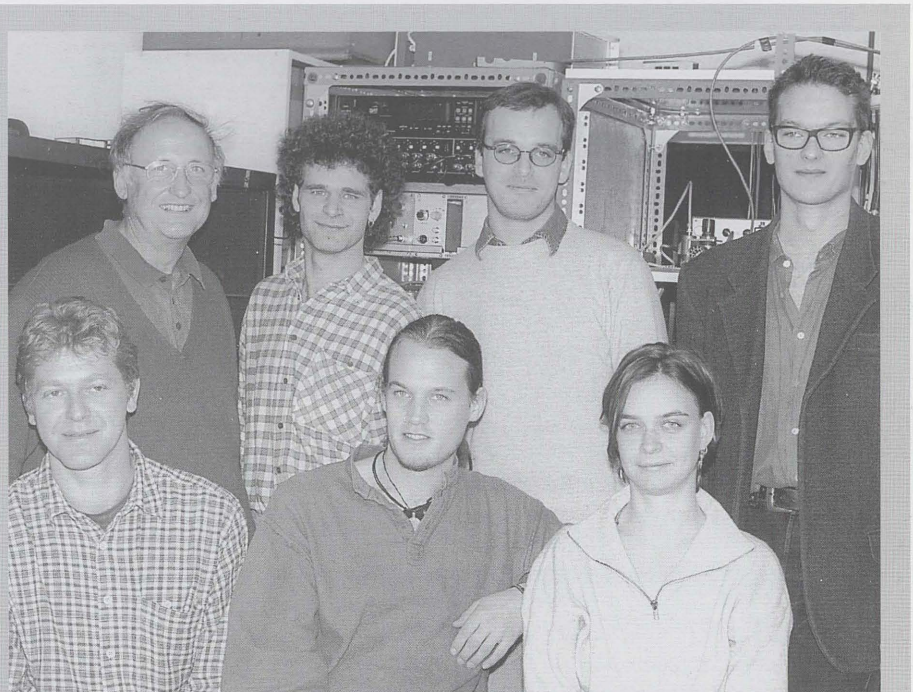
### Literatur

- Beckage N E (1996) Interactions of Viruses with Invertebrate Cells. In: New Directions in Invertebrate Immunology (Soderhall K, Iwanaga S, Vasta G R eds), pp. 375-399. SOS Publications. Fair Haven, N.J.
- Fabre J H (1855) Observations sur les moeurs de *Cerceris* et sur la cause de la longue conservation des coléoptères dont ils approvisionnent leurs larves. *Ann Sci Nat* 4, 124-150.
- Fouad K, Libersat F, Rathmayer W (1994) The venom of the cockroach-hunting wasp *Ampulex compressa* changes motor thresholds: A novel tool for studying the neural control of arousal? *Zoology* 98, 23-34.
- Fuad K, Libersat F, Rathmayer W (1996) Neuromodulation of the escape behaviour of the cockroach *Periplaneta americana* by the venom of the parasitic wasp *Ampulex compressa*. *J. comp. Physiol.* 178, 91-100.
- Gnatzy W (1996) Digger wasp vs. cricket: Neuroethology of a predator-prey interaction. In: Information processing in Animals (Lindauer M. ed.), Vol. 10, pp. 1-92. G. Fischer Stuttgart.

- Gnatzy W, Otto D (1996) Digger wasp vs. cricket: Application of the paralytic venom by the predator and changes in behavioural reactions of the prey after being stung. *Naturwissenschaften* 83, 467-470.
- Gnatzy W, Heußlein R (1986) Digger wasp against crickets: I. Receptors involved in the antipredator strategies of the prey. *Naturwissenschaften* 73, 212-215.
- Gnatzy W, Volkandt W, Otto D, Haas M (1992) Digger wasp vs. cricket: Action of the predator's paralytic poison on the CNS of the prey. In: Rhythmogenesis in neurons and networks. Proceedings of the 20th Göttingen Neurobiology conference (Elsner E, Richter D W eds) p 169. Thieme, Stuttgart, New York.
- Lavine M D, Beckage N E (1995) Polyadenoviruses: Potent mediators of host insect immune dysfunction. *Parasitology today* 11, 357-398.
- Piek T (1986) Venoms of the Hymenoptera. *Biochemical, Pharmacological and Behavioral Aspects*, pp 1-570. Academic Press London.
- Rathmayer W (1962) Das Paralysisproblem beim Bienenwolf *Philanthus triangulum* F (Hym. Sphecidae). *Zeitschrift vergl. Physiol* 45, 413-462.
- Roces F, Gnatzy W (1997) Reduced metabolic rate in crickets paralysed by a digger wasp. *Naturwissenschaften* 84, 362-366.
- Steiner, A. L. (1962): Etude du compartement prédateur d'un hyménoptère sphegien: *Liris nigra* V.d.L. (= *Notogonia pompiliformis* Pz). *Ann. Sci. Nat. Zool. Biol. Anim. Ser.12*, 1-126.
- Steiner A L (1986) Stinging behaviour of solitary wasps. In: Venoms of the Hymenoptera (Piek T ed), pp. 63-160. Academic Press London.

Professor Dr. Werner Gnatzy (57) studierte Biologie, Chemie und Sport für das Lehramt an Höheren Schulen an der Johannes Gutenberg Universität in Mainz. Nach seinem ersten Staatsexamen (1966) erfolgte die Promotion zum Dr. rer. nat. 1970. Ebenfalls in Mainz wurde er 1975 für das Fach Zoologie mit einer vergleichenden, funktionsmorphologischen Untersuchung über Insekten-sensillen habilitiert. 1975 folgte er einem Ruf auf eine Professur an das Zoologische Institut der Goethe-Universität. Von 1974 bis 1977 lag der Schwerpunkt seiner von der DFG geförderten wissenschaftlichen Untersuchungen auf dem Gebiet der Sinnesphysiologie. Er war Mitglied im abgeschlossenen Sonderforschungsbereich 45 „Vergleichende Neurobiologie des Verhaltens“. Schwerpunkte seiner bisherigen wissenschaftlichen Untersuchungen waren funktionsmorphologische Aspekte von Arthropodengewebe, die funktionelle Morphologie cuticularer Sinnesorgane von Spinnentieren, Krebsen und Insekten und die zentralnervöse Integration sensorischer Eingänge bei Insekten und Krebsen. In den letzten Jahren beschäftigte er sich in erster Linie mit der Analyse der Neuroethologie des Räuber-Beute-Systems „Grabwespe gegen Grille“.

Dr. rer.nat. Michael Ferber (38) studierte Biologie an der Universität Konstanz und schloß diese Ausbildung 1986 mit dem Diplom im Hauptfach Zoologie ab. Ebenfalls



Das Bild zeigt Mitarbeiter der Arbeitsgruppe, die derzeit an den Untersuchungen zur Wirkungsweise des *Liris*-Giftes beteiligt sind. Von links nach rechts: Werner Gnatzy, Olaf Dittberner, Udo Pfeil, Peter Böhm (alle obere Reihe), Michael Ferber, Dominik Heyers, Viola Westerbarkey.

in Konstanz promovierte er 1990 mit einer Arbeit über Neuronen mit bilateralen Axonen in Abdominalganglien von Heuschrecken. Von 1990 bis Mitte 1994 war er wissenschaftlicher Mitarbeiter am Zoologischen Institut der Universität Göttingen. Seitdem ist er wissenschaftlicher Mitar-

beiter am Zoologischen Institut der Goethe-Universität. Zu seinem Arbeitsgebiet gehören Untersuchungen an sensomotorischen Systemen von Wanderheuschrecken sowie zur Wirkung neuromodulatorischer Substanzen auf das Zentralnervensystem von Insekten.



HOLZ u. KOHLEN

Handwritten text from a newspaper or document, mostly illegible due to blurring and low resolution.

BEI...

WIR...

# Ungleichheit und Sozialpolitik

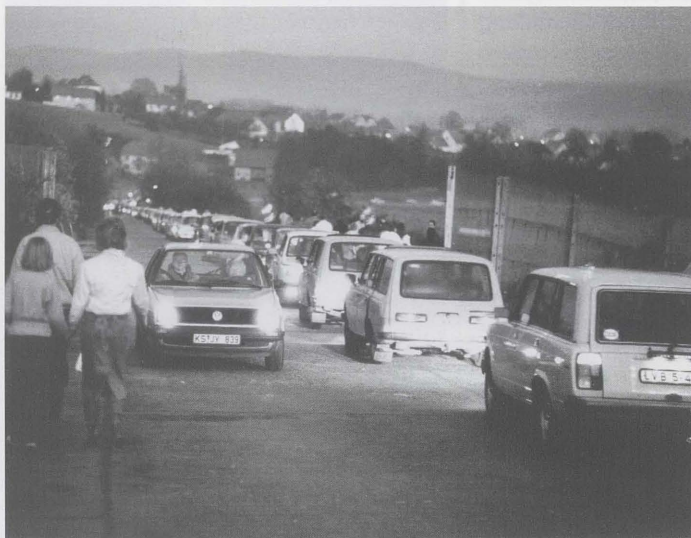
## in den neuen Bundesländern

von Richard Hauser

Die Wiedervereinigung im Jahr 1990 stellt für Deutschland eine historische Zäsur dar, die im politischen, gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Bereich noch auf Jahrzehnte nachwirken wird, obwohl der staatsrechtliche und institutionelle Transformationsprozeß innerhalb kurzer Zeit abgeschlossen war. Wie steht es aber mit der angestrebten Angleichung der objektiven Lebensverhältnisse und der subjektiven Bewertung dieser Lebensverhältnisse? Ist diese Angleichung schon eingetreten, oder sind wir in der größer gewordenen deutschen Gesellschaft noch so weit davon entfernt, daß man eigentlich noch von zwei getrennten Teilgesellschaften auf einem Staatsgebiet sprechen muß?

Kurz nach der deutschen Wiedervereinigung schlug der Wissenschaftsrat vor, eine „Kommission für die Erforschung des sozialen und politischen Wandels in den neuen Bundesländern“ (KSPW) einzusetzen und ihr die Aufgabe zu übertragen, den bereits zu DDR-Zeiten in Gang gesetzten Transformationsprozeß wissenschaftlich zu begleiten und u.a. in sechs zusammenfassenden Berichten verschiedene Dimensionen des Transformationsprozesses bis 1995 nachzuzeichnen. Aus dem Bericht der Arbeitsgruppe II über Ungleichheit und Sozialpolitik, an dem sich ein Frankfurter Wissenschaftlerteam maßgeblich beteiligte, sollen im folgenden einige wichtige Ergebnisse zusammengefaßt werden [1].

Die Leitfragen des Berichts über „Ungleichheit und Sozialpolitik“ lauteten: Welche grundlegenden Entwicklungen in



Abendliche Rückkehr aus dem Konsumparadies im Westen: In den ersten Tagen nach der Öffnung der Grenzen rissen die Trabi- und Lada-Kolonnen auf den Ost-West-Strecken nicht ab. Euphorie und Konsumwünsche prägten damals die Grundstimmung der Ostdeutschen. Der Stachelndraht, der wie hier Hessen und Thüringen Jahrzehnte lang getrennt hatte, fiel und damit waren die wichtigsten Verbindungsstraßen endlich wieder passierbar. Was ist aus der Aufbruchstimmung in den vergangenen sieben Jahren geworden?

den sozialstrukturellen und sozialpolitischen Dimensionen des Transformationsprozesses haben sich gegenüber dem Ausgangszustand in der DDR 1989 ergeben, und welche sozialpolitischen Problemlagen und Problemgruppen sind im bisherigen Verlauf sichtbar geworden? Inwieweit hat der durch den Systemwechsel und die Vereinigung in Gang gesetzte Transformationsprozeß die beiden Landesteile dem Ziel der Gleichwertigkeit der Lebensverhältnisse näher gebracht? Welchen Beitrag hat die Sozialpolitik hierzu geleistet? Wird der Transformationsprozeß auf mittlere Sicht zu einer Gleichwertigkeit der Lebensverhältnisse in den beiden Landesteilen führen, so daß die Unterschiede auf ein auch zwischen den alten Bundesländern übliches Maß zurückgehen und keine unterschiedlich ausge-

prägte Sozialpolitik mehr erforderlich sein wird?

### Spuren des Systemwechsels in der Sozialpolitik

Die Effekte des Systemwechsels – wie er sich auch in anderen ehemals sozialistischen Staaten vollzog – und die Wirkungen der Wiedervereinigung müssen zunächst grundsätzlich auseinandergehalten werden, so daß nicht der Wiedervereinigung Konsequenzen zugerechnet werden, die eigentlich aufgrund des Systemwechsels eingetreten sind. Beispielsweise waren die ostdeutschen Kombinate mit Arbeitskräften stark überbesetzt. Ein Übergang zu einem marktwirtschaftlichen, mit dem Weltmarkt in Austausch tretenden System ohne Wiedervereinigung hätte da-

her ebenfalls zu hoher Arbeitslosigkeit geführt, aber die Hilfestellung der alten Bundesrepublik wäre vermutlich weit geringer gewesen. Seit der Wiedervereinigung beläuft sich diese Hilfestellung in Form von Transfers auf verschiedenen Ebenen auf jährlich circa 120 bis 140 Mrd. DM, das sind etwa 4 bis 5 Prozent des westdeutschen Bruttoinlandsprodukts.

Der Bericht konzentriert sich auf den Systemwechsel in der Sozialpolitik, deren Aufgabe es in einer sozialen Marktwirtschaft ist, Lebenslagen so zu beeinflussen, daß sie Gerechtigkeitsvorstellungen besser entsprechen, als sie es in einer rein kapitalistischen Marktwirtschaft täten. Dies geschieht im Bereich der Arbeitsmarktordnung und der laufenden Arbeitsmarktpolitik sowie im Bereich der sozialen Sicherung. Auf beiden Feldern war mit dem sozialistischen Wirtschaftssystem eine andere Rolle der Sozialpolitik verbunden: Im Bereich des Arbeitsmarktes war das „Recht auf Arbeit“ garantiert, und es fand eine intensive direkte Steuerung von Arbeitsangebot, Arbeitsnachfrage, Lohnsätzen und Berufsausbildung

statt. Im Bereich der sozialen Sicherung herrschte ein umfassendes Einheitsssystem. Auch übernahmen die sozialistischen Betriebe wichtige soziale Absicherungs- und Betreuungsaufgaben, die über die reine Produktion weit hinausgingen, während freie Wohlfahrtsverbände weitgehend fehlten. Auch die Preisverhältnisse wurden in der DDR unter sozialpolitischer Perspektive durch Subventionen für Grundbedarfsgüter und Zusatzbelastungen für höherwertige und Luxusgüter stark beeinflusst.

Diese Aufgabenzuweisung für die Arbeitsmarktpolitik, das soziale Sicherungssystem und die Betriebe hat sich durch das mit der Wiedervereinigung übertragene System der sozialen Marktwirtschaft stark gewandelt. Im einzelnen ergeben sich folgende Veränderungen: Das „Recht auf Arbeit“ und viele direkte arbeitsmarktpolitische Steuerungsmechanismen wurden abgeschafft. An dessen Stelle tritt eine aktive Arbeitsmarktpolitik, die sich allerdings weitgehend auf indirekte Steuerungsmaßnahmen (Subventionen an Betriebe, Arbeitsbeschaffungsmaßnahmen und Be-

schäftigungsgesellschaften) beschränkt und die durch eine passive Arbeitsmarktpolitik ergänzt wird. Das bedeutet: Es werden Transferleistungen wie Arbeitslosengeld, Arbeitslosenhilfe, Kurzarbeitergeld, Unterhaltsgeld als Lohnersatzleistungen für Arbeitslose gewährt; auch die westdeutsche Sozialhilfe wurde eingeführt. Die Lohnfindung ist an die Tarifvertragsparteien übertragen worden. Die Betriebe orientieren ihre Produktion und Beschäftigung an Marktpreisen, die sich kaum mehr vom westdeutschen Preisgefüge unterscheiden; sie betreiben nur noch freiwillige betriebliche Sozialpolitik. Für lokale sozialpolitische Maßnahmen sind nunmehr die Kommunen oder die neu gegründeten freien Wohlfahrtsverbände zuständig, die ihre Einrichtungen erst aufbauen mußten. Das staatliche Gesundheitssystem wurde völlig nach dem westdeutschen Muster umgestellt. Das auf niedrige und wenig differenzierte Renten ausgerichtete Rentensystem – ein großer Teil der DDR-Rentner erhielt nur eine einheitliche Mindestrente – wurde nach dem westdeutschen Prinzip der Lebensstandardsicherung umgestaltet, wobei



Rentnern geht es besser als zu DDR-Zeiten: Die Renteneinkommen der älteren Menschen in den neuen deutschen Ländern stiegen weit überdurchschnittlich. Bedingt durch die Arbeitsmarktlage in Ostdeutschland gibt es wesentlich mehr über 55jährige, die in vorzeitigen Ruhestand gehen mußten und die durch die Gesetzliche Rentenversicherung auskömmlich abgesichert sind.

ein Sozialzuschlag für Niedrigrenten Sozialhilfebedürftigkeit verhindern und Aufwülfbeiträge eine Besitzstandswahrung gewährleisten sollten.

### Innerdeutscher Integrationsprozeß abhängig von Annäherung an hohe soziale Standards

Bei dem durch die Vereinigung vollzogenen Wechsel der politischen, gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Ordnung in Ostdeutschland kam der Sozialpolitik ein vorrangiger Stellenwert zu. Diese entscheidende Rolle der Sozialpolitik bestand aber nicht nur in einer sozialpolitischen „Abfederung“ der transformationsbedingten Wirtschafts- und Beschäftigungsprobleme. Der innerdeutsche Integrationsprozeß, in dem es auch darum geht, wieweit die Wiedervereinigung akzeptiert wird, muß sich daran messen lassen, ob die Einkommen und Sozialleistungen an die hohen Standards in Westdeutschland angenähert werden können. Dabei spielt die Sozialpolitik, vor allem die Arbeitsmarktpolitik und die soziale Sicherung, eine ausgleichende und kompensierende Rolle. In diesem Zusammenhang sind auch die hohen West-Ost-Transfers.

Die anfänglichen skeptischen Prognosen des „Sachverständigenrates zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung“ sowie einzelner Wirtschafts- und Sozialwissenschaftler sind weitgehend eingetroffen, wie die im weiteren dargestellten Ergebnisse (Stand 1994) zeigen. Die optimistischen Vorhersagen vieler Politiker erwiesen sich dagegen als Fehleinschätzung. Den folgenden Ergebnissen liegt als Datenquelle das Sozio-ökonomische Panel [2] zugrunde, das in der alten Bundesrepublik seit 1984 jährlich erhoben wird und das kurz vor der Währungsunion im Juni 1990 auf die damalige DDR ausgedehnt werden konnte. Dieses Panel umfaßt die deutsche und die ausländische Wohnbevölkerung und weist einen Stichprobenumfang von etwa 4.600 westdeutschen und circa 2.000 ostdeutschen Haushalten auf.

Neben den wesentlichen Veränderungen, die in den ersten fünf Jahren nach der Wiedervereinigung zu beobachten waren, werden in der Studie auch einige Entwicklungstrends für die kommende Dekade aufgezeigt. Diese Entwicklungen treten aber nicht zwangsläufig ein, sondern sie sind durch gesellschafts-, wirtschafts- und sozialpolitische Maßnahmen in gewissen Grenzen noch beeinflussbar. Dafür müßten aber Anstrengungen unternommen werden, sich abzeichnende unerwünschte Konsequenzen zu vermeiden.



Die Geburtenrate in den neuen Bundesländern ist extrem niedrig – sie sank in den ersten fünf Jahren der Wiedervereinigung um fast 60 Prozent.



Plattenbauten prägen das Gesicht der ostdeutschen Trabantenstädte.

### Demographische Entwicklung: Dauerhafter Ost-West-Pendlerstrom

Die soziodemographische Entwicklung war gekennzeichnet durch einen Rückgang der Bevölkerung in der ehemaligen DDR von 16,4 auf 15,5 Millionen Personen. Von 1990 bis 1994 siedelten fast 1,6 Millionen Personen von Ost- nach Westdeutschland über; gleichzeitig gab es jedoch eine West-Ost-Wanderung von knapp einer halben Million Personen; etwa 250.000 ostdeutsche Personen gingen ins Ausland. Gegenwärtig pendeln regelmäßig noch über 300.000 Personen mehr von Ost nach West als umgekehrt. Im Gefolge der Wiedervereinigung trat auch ein extremer Geburtenrückgang auf. Die Zahl der Lebendgeborenen je 1.000 Einwohner

pro Jahr sank von 1989 bis 1994 um etwa 60 Prozent. Die durchschnittliche Lebenserwartung war in der DDR und ist auch jetzt noch in den neuen Bundesländern um zwei bis drei Jahre geringer als in den alten Bundesländern.

Es zeichnet sich aber eine Angleichung zwischen Ost- und Westdeutschland ab. Denn die extrem niedrig gewordenen Geburtenraten werden wieder ansteigen; ebenso wird die Lebenserwartung zunehmen. Auf lange Sicht wird die Bevölkerung im Westen wie im Osten schrumpfen; gleichzeitig werden mehr Menschen nach Deutschland einwandern und der Anteil an Alten wird sich deutlich erhöhen. Für Gesamtdeutschland wird von 1990 bis 2030 ein Anstieg des Anteils der Älteren (über 59 Jahre) an der Bevölkerung von circa 20 auf circa 35 Prozent prognostiziert. Dieser Alterungsprozeß wird neue und zusätzliche Anforderungen an das System der sozialen Sicherung stellen, die besondere Hilfen für die neuen Bundesländer immer schwieriger machen werden.

### Wirtschaftliche Entwicklung und anfängliche Euphorie

Die wirtschaftliche Entwicklung verlief, soweit es Einkommen und Verfügbarkeit der Güter betrifft, im Vergleich zum Ausgangszustand zwar sehr positiv, blieb aber hinter den anfänglich euphorischen Erwartungen zurück. Die ostdeutsche Arbeitsproduktivität hat – ausgehend von einem Drittel – erst gut die Hälfte des westdeutschen Wertes erreicht. Die durchschnittlichen Lohnstückkosten liegen in den neuen Bundesländern immer noch um etwa 30 Prozent höher als in den alten Bundesländern. Diese Diskrepanz hemmt den Aufholprozeß entscheidend. Der Produktivitätszuwachs müßte im Osten etwa ein Vierteljahrhundert lang um drei Prozentpunkte pro Jahr höher

sein als im Westen, damit ein Gleichstand erreicht würde. Erst dann wären gleich hohe Löhne ökonomisch tragbar. Dies ist ein äußerst ehrgeiziges Ziel, das keineswegs mit hoher Wahrscheinlichkeit erzielt werden wird. Man muß daher damit rechnen, daß es noch eine Generation, d.h. 20 bis 25 Jahre, dauern wird, bis eine völlige Angleichung der ökonomischen Verhältnisse erreicht sein wird. Auch besondere West-Ost-Transfers dürften noch für eine ähnlich lange Periode erforderlich sein. Eine Umsteuerung eines größeren Teils dieser Transfers von konsumtiver zu investiver Verwendung, d.h. von Einkommensersatzleistungen zu gezielten wachstumsfördernden Investitionshilfen, wäre daher dringend angebracht.

### Einkommensverteilung: ein Ost-West-Vergleich

Im Ost-West-Vergleich hat sich das verfügbare Durchschnittseinkommen der privaten Haushalte von 47,7 Prozent (1991) auf 78 Prozent (1994) erhöht. Zwischenzeitlich ist die Annäherung noch weiter vorangekommen. Das Preisniveau ist zwar ebenfalls stark gestiegen, liegt jedoch immer noch etwas niedriger als im Westen, so daß der Unterschied in den Realeinkommen noch etwas geringer ist.



Sehen und gesehen werden: Trabrennen im Berliner Hoppegarten (im Osten der Stadt) haben sich zum gesellschaftlichen Ereignis entwickelt, bei dem auch die neue ostdeutsche Oberschicht nicht fehlen darf. Das Produktivvermögen im Osten wird sich auch in Zukunft bei einer schmalen ostdeutschen Schicht und zu einem wesentlichen Teil bei Westdeutschen konzentrieren. Bisher gibt es keine Maßnahmen, um breite ostdeutsche Bevölkerungsschichten an der Vermögensbildung zu beteiligen.



Moderne Produktionsstätten sollen die Arbeitsmarktlage verbessern und die Konjunktur im Osten ankurbeln – Opel baute ein neues Werk in Eisenach.

Die Bruttoeinkommen aus unselbständiger Arbeit machten im Osten 1994 noch 91,5 Prozent des Volkseinkommens aus, während sie im Westen bei 70,1 Prozent liegen. Der Anteil der empfangenen Transfers am Haushaltseinkommen, wie Arbeitslosengeld, Krankengeld, Renten, Sozialhilfe, ist in den neuen Bundesländern noch weit höher als im Westen. In beiden Punkten besteht ein Anpassungsbedarf in den neuen Bundesländern, der zu starken sozialen Konflikten führen kann.

Die Verteilung der Arbeitseinkommen und der gewichteten Nettoeinkommen pro Kopf (hierbei wird durch unter 1 liegende Gewichte für weitere Haushaltsmitglieder berücksichtigt, daß sich beim gemeinsamen Wirtschaften in einem Haushalt Einsparungen ergeben) war in der ehemaligen DDR wesentlich weniger ungleich als in den alten Bundesländern. Die Ungleichheit hat in den neuen Bundesländern jedoch deutlich zugenommen, wenn sie auch noch nicht das Ausmaß der westdeutschen Einkommensungleichheit er-

reicht hat. Auf- und Abstiege waren anfänglich viel häufiger als im Westen, inzwischen ist jedoch eine Stabilisierung eingetreten. Personen der obersten Schicht hatten die wenigsten Abstiege zu verzeichnen. Der Anteil der Einkommensarmen, d.h. jener Personen, denen weniger als die Hälfte des durchschnittlichen Nettoäquivalenzeinkommens zur Verfügung steht, ebenso wie der Anteil der Sozialhilfeempfänger hat in den neuen Bundesländern zwar deutlich zugenommen, aber das westdeutsche Niveau noch nicht erreicht. Alle Indizien deuten darauf hin, daß die Ungleichheit der Einkommensverteilung im Osten noch weiter zunehmen wird. Ebenso muß man im Osten noch damit rechnen, daß die Anteile der Sozialhilfeempfänger und der Langzeitarbeitslosen weiter steigen. Dies wird die Kommunen als Kostenträger zunehmend belasten und ihre Möglichkeiten einschränken, in die Infrastruktur zu investieren.

Ein Rückgang der Arbeitslosigkeit auf ein sozialpolitisch erträgliches Ausmaß dürfte sich erst im zweiten Jahrzehnt des nächsten Jahrhunderts – vor allem aus demographischen Gründen – ergeben. Arbeitsförderungsmaßnahmen und soziale Absicherung von Arbeitslosen werden von großer Bedeutung bleiben, wenn man



nicht eine gravierende Verschlechterung ihrer Lebenslage hinnehmen will.

### Ungleichmäßige Vermögensverteilung zwischen den privaten Haushalten in Ostdeutschland

Das Vermögen ist unter den Privathaushalten in den neuen Bundesländern weit ungleichmäßiger verteilt als in den alten. Dies rührt aber nicht von einer stärkeren Konzentration der Anteile am Unternehmensvermögen her, das im Osten erst im Aufbau begriffen ist. Grund ist vielmehr, daß sich die im Wert extrem gestiegenen Grundstücke und Gebäude in den neuen Bundesländern in Händen von nur etwa 27 Prozent der Haushalte befinden, während im Westen gut 50 Prozent der Haushalte Haus- und Grundbesitz aufweisen. Ein wesentlicher Teil des privatisierten Staatsvermögens ist in die Hände von Westdeutschen und Ausländern übergegangen.

Es ist daher zu erwarten, daß in den neuen Bundesländern der Aufbau und die breitere Streuung privater Vermögen noch langsamer vor sich gehen wird als die Angleichung der Einkommensniveaus und kaum innerhalb einer Generation das durchschnittliche westdeutsche Niveau

erreichen dürfte. Damit wird die ergänzende Alterssicherung durch Vermögens-einkommen und Vermögensverzehr im Osten noch auf lange Zeit deutlich geringer ausfallen als im Westen. Auch werden sich Ansprüche auf Betriebsrenten nur ganz allmählich ausbreiten, so daß erst in Jahrzehnten mit einem dem westdeutschen vergleichbaren Niveau zu rechnen sein wird. Das Produktivvermögen im Osten wird sich künftig bei einer schma-



Ein Blick in Wohnstraßen im Osten von Berlin. Bei den Automarken vollzog sich die Angleichung zwischen Ost und West in einem rasanten Tempo, Trabis gelten inzwischen schon als museale, sogar schützenswerte Objekte. Wesentlich schleppender verläuft der Trend zum Eigenheim: Nur 27 Prozent der ostdeutschen Haushalte nennen ein Haus ihr Eigentum, gut 50 Prozent sind es im Westen.

len ostdeutschen Schicht und zu einem wesentlichen Teil bei Westdeutschen konzentrieren, wenn nicht verstärkt Maßnahmen ergriffen werden, breite ostdeutsche Schichten an der Vermögensbildung zu beteiligen. Ein wichtiger Ansatzpunkt ist auch die Förderung der Eigentumsbildung bei Grund- und Hausvermögen. Trotzdem dürfte es kaum möglich sein, die westdeutsche Eigentümerquote innerhalb einer Generation zu erreichen.

### Arbeitslosigkeit – besonders betroffen sind Frauen, Jugendliche und ältere Personen

Die Arbeitsmarktlage ist durch einen Rückgang der Beschäftigung von 9,7 Millionen (1989) auf 6,7 Millionen (1995) gekennzeichnet. Trotz weitreichender Maßnahmen, wie vorzeitiger Übergang in den Ruhestand, Umschulung und Beschäftigung in Sonderprogrammen, stieg die Arbeitslosenquote auf etwa 15 Prozent. Allerdings ist Personen über 55 in viel größerem Ausmaß als im Westen die Möglichkeit eingeräumt worden, vorzeitig in den Ruhestand zu gehen, der auch durch die Gesetzliche Rentenversicherung auskömmlich abgesichert wird.



Noch hinkt die Produktivität der meisten ostdeutschen Betriebe der Konkurrenz im Westen hinterher: Die durchschnittliche Lohnstückkosten liegen in den neuen Bundesländern um etwa 30 Prozent höher als in den alten Bundesländern. Der Produktivitätszuwachs müßte im Osten etwa ein Vierteljahrhundert lang um drei Prozentpunkte pro Jahr höher sein als im Westen, um den angestrebten Gleichstand zu erreichen.

Zu den durch den Transformationsprozeß weit überdurchschnittlich Betroffenen zählen insbesondere Arbeitslose, alleinerziehende Frauen, Jugendliche und „unfreiwillige“ Vorrühständler. Dagegen stiegen die Renteneinkommen der älteren Menschen weit überdurchschnittlich, so daß sich deren relative Position gegenüber DDR-Zeiten wesentlich verbesserte. Die verfügbaren Indizien deuten darauf hin, daß Alleinerziehende im Osten wie im Westen eine besonders ungünstig gestellte Problemgruppe bleiben werden. Ihr bisher größerer Anteil im Osten dürfte sich vermutlich aufgrund des starken Geburtenrückgangs dem geringeren westlichen Anteil annähern. Die hohe Erwerbsbeteiligung der Frauen in der DDR wird sich in der kommenden Dekade nicht wieder erreichen lassen; es ist eher damit zu rechnen, daß sich die niedrigere Frauenerwerbsquote im Westen und die höhere im Osten auf einem mittleren Niveau einpendeln. Die Gefahr, daß die Jugendarbeitslosigkeit zunimmt und daß zu wenig Lehrstellen zur Verfügung stehen, dürfte auf längere Zeit bestehen bleiben. Die Arbeitsmarktprobleme der neuen Bundesländer werden sich durch die durchlässigen Grenzen zu den östlichen, ökonomisch schlechter gestellten Anrainerstaaten anhaltend verschärfen. Insgesamt besteht die Gefahr von zunehmenden sozialen Konflikten, die durch Arbeitslosigkeit – insbesondere Jugendarbeitslosigkeit – hervorgerufen werden können.

Die in den ersten Jahren des Transformationsprozesses extrem hohe Mobilität des beruflichen Status, der Arbeitseinkommen und auch der Nettoeinkommen hat sich bereits deutlich reduziert und wird sich in Kürze auf das westdeutsche Ausmaß einpendeln; d.h. die soziale Struktur wird sich in den kommenden Jahren verfestigen, die Chancen des Aufstiegs, aber auch die Gefahren des Abstiegs werden sich weiter reduzieren. Die neuen Mittelschichten der Angestellten und akademischen Berufe und die Gruppe der Selbständigen werden in den neuen Bundesländern zunehmen und auch eine Änderung der Werthaltungen bewirken.

### Stärkere Differenzierung des Bildungswesens

Im Gefolge der Umstellung des Bildungswesens sind sowohl die Anteile der Abiturienten und Studenten als auch der Schulabgänger ohne Hauptschulabschluß angestiegen. 1989 begannen in Ostdeutschland 14,1 Prozent eines Jahrgangs ein Studium, 1994 waren es bereits 23,6

Prozent. Für Westdeutschland lauten die Vergleichszahlen 27,8 Prozent bzw. 34 Prozent. Der Anteil der Schulabgänger ohne Hauptschulabschluß lag in den neuen Bundesländern 1992 zwischen 1,5 Prozent (Sachsen) und 12,2 Prozent (Sachsen-Anhalt) und vergrößerte sich bis 1994 in fast allen Ländern. Insgesamt hat sich das Bildungswesen also stärker ausdifferenziert. Mit einer weiteren Differenzierung der Bildungschancen und auch der Schulabschlüsse sowie mit höheren Absolventenquoten des tertiären Bildungswesens ist zu rechnen.

### Wohnversorgung im Osten: Geringere Fläche, geringerer Mietanteil am Nettoeinkommen

Die Wohnversorgung war 1989 in der DDR durch eine deutlich geringere Wohnfläche je Einwohner (27,4 qm gegenüber 36,7 qm in der alten Bundesrepublik Deutschland), schlechtere Ausstattung, geringeren Mietanteil am Nettoeinkommen sowie eine weit geringere Eigentümerquote gekennzeichnet. Inzwischen ist der Rückstand in der Wohnfläche um 2 qm verringert und auch die Ausstattung



Alleinerziehende haben es im Osten wie im Westen besonders schwer und sind häufig auf Sozialhilfe angewiesen. Noch ist der Anteil an Alleinerziehenden im Osten höher, doch er wird sich vermutlich wegen des starken Geburtenrückgangs dem Anteil in den alten Bundesländern annähern.



Jugendliche ohne Arbeit und Lehrstelle – besonders betroffen sind Hauptschüler ohne Abschluß, deren Zahl in den neuen Bundesländern deutlich angestiegen ist, und junge Ausländer in den westdeutschen Metropolen.

verbessert worden. Aber auch die Mietbelastung stieg stark an: 1990 mußten in Ostdeutschland durchschnittlich vier Prozent des Haushaltsnettoeinkommens für Bruttokaltmiete aufgewendet werden, 1995 bereits 17,9 Prozent. Im Westen betrug die Mietbelastung dagegen 1995 24 Prozent. Angesichts der hohen erforderli-

chen Investitionen dürfte der Rückstand der ostdeutschen Länder im Wohnungswesen nur langsam abgebaut werden; damit wird eine weitere überproportionale Mietsteigerung verbunden sein, so daß auch der Anteil für Mietausgaben am verfügbaren Einkommen weiter zunehmen dürfte.

## Kaum Unterschiede zwischen den neuen Bundesländern

Die wirtschaftliche Situation und die ökonomischen Verhältnisse der Bevölkerung in den neuen Bundesländern waren zum Zeitpunkt der Wiedervereinigung sehr ähnlich, wenn man Ostberlin als Sonderfall unbeachtet läßt. Große regionale Disparitäten, wie sie zwischen den alten Ländern zu finden sind, gab es nicht. In den ersten Jahren des Transformationsprozesses haben die regionalen Diskrepanzen zwischen den neuen Bundesländern nur leicht zugenommen. Allerdings muß man mit einer weiteren Auseinanderentwicklung rechnen.

## Wie zufrieden sind die Ostdeutschen?

Die durch Befragungen ermittelte subjektive Zufriedenheit der ostdeutschen Bevölkerung mit ihrem Leben liegt im Durchschnitt niedriger als im Westen. Sie hat in den ersten Jahren nach der Wiedervereinigung aber etwas zugenommen.



Die Plattenbausiedlungen prägen immer noch große Wohngebiete ostdeutscher Städte. Zu DDR-Zeiten zahlte man in diesen Wohnsilos extrem niedrige Mieten. Aber die Mietbelastung stieg in den vergangenen Jahren stark an: 1990 mußten in Ostdeutschland durchschnittlich vier Prozent des Haushaltsnettoeinkommens für die Bruttokaltmiete aufgewendet werden, 1995 bereits 17,9 Prozent (im Westen 24 Prozent).

Auf die Frage „Was meinen Sie, wie zufrieden sind Sie gegenwärtig – alles in allem – heute mit Ihrem Leben?“ reichte sich eine repräsentative Auswahl von Befragten auf einer Punkteskala von 0 (völlig unzufrieden) bis 11 (völlig zufrieden) im Durchschnitt folgendermaßen ein: Ostdeutschland im Jahr 1990 6,6 Punkte, im Jahr 1993 6,9 Punkte. Westdeutschland im Jahr 1990 7,9 Punkte, im Jahr 1993 7,9 Punkte. Fragt man nach der Zufriedenheit in einzelnen Lebensbereichen, so ergaben sich in Ostdeutschland auch 1993 noch deutlich niedrigere Werte für die Bereiche Wohnung, Freizeit, Arbeitsplatz, Lebensstandard, Haushaltseinkommen, soziale Sicherung und öffentliche Sicherheit. Die für das künftige fünfte Jahr nach dem Befragungszeitpunkt erwartete Lebenszufriedenheit lag 1990 im Osten fast so hoch wie im Westen; inzwischen sind die Erwartungen in beiden Landesteilen deutlich zurückgeschraubt worden, und zwar im Osten noch stärker als im Westen.

Positive Aspekte der subjektiv wahrgenommenen Lebensqualität, wie Glück und Zufriedenheit, sind auch in den neuen



Das Geschäft der Kohlehändler floriert in dem meisten Altbaubezirken der ostdeutschen Städte noch immer. Dagegen funktionierte in den Plattenbauten die Versorgung mit Fernwärme bereits zu DDR-Zeiten fast flächendeckend.



Modernisierungsmaßnahmen insbesondere von Altbauten im Osten werden die Mieten in den kommenden Jahren auf Westniveau steigen lassen.

Bundesländern in großem Umfang vorhanden, aber doch deutlich seltener als in den alten. Negative Aspekte, die sich in Besorgnis- und Anomiesymptomen ausdrücken, sind in Ostdeutschland stärker verbreitet. Man kann vermuten, daß sich in den neuen Bundesländern individualistische, karriere- und statusorientierte sowie hedonistische Werthaltungen und Mentalitäten weiter verstärken. Allerdings dürfte sich in den neuen Bundesländern im nächsten Jahrzehnt noch keine Angleichung der subjektiv wahrgenommenen Lebensqualität an das westdeutsche Niveau ergeben. Ein deutlich größerer Bevölkerungsanteil wird trotz der großen Fortschritte in der Angleichung der Lebensverhältnisse zu den Unzufriedenen gehören.

### Noch auf lange Sicht Unterstützung durch die alten Bundesländer

Zusammenfassend läßt sich festhalten: Zwar ist die deutsche Wiedervereinigung staatsrechtlich längst abgeschlossen; aber im Hinblick auf Gleichwertigkeit der Lebensverhältnisse, wirtschaftliche Basis, Sozialstruktur, objektive Lebensverhältnisse und subjektiv wahrgenommene Lebensqualität sowie Werthaltungen und Mentalitäten ist noch ein weiter Weg zu gehen, bis sich die Unterschiede zwischen beiden Landesteilen auf ein Ausmaß verringert haben, das auch zwischen den westdeutschen Bundesländern als akzeptabel angesehen wird. Dieser Weg wird noch auf lange Sicht Unterstützung durch die alten Bundesländer erfordern.



### Anmerkungen

[1] Richard Hauser, Wolfgang Glatzer, Stefan Hradil, Gerhard Kleinhenz, Thomas Olk, Eckart Pankoke: Ungleichheit und Sozialpolitik, Berichte zum sozialen und politischen Wandel in Ostdeutschland, Bd. 2, Opladen 1996, (Leske und Budrich). Der Bericht stützt sich auf von der KSPW geförderte Forschungsarbeiten, eigene Studien und in Auftrag gegebene Expertisen, die in drei Bänden veröffentlicht wurden: Wolfgang Glatzer und Gerhard Kleinhenz (Hrsg.): Wohlstand für alle?, Opladen 1996 (Leske und Budrich); Stefan Hradil und Eckart Pankoke (Hrsg.): Aufstieg für alle?, Opladen 1996 (Leske und Budrich); Richard Hauser und Thomas Olk (Hrsg.): Soziale Sicherheit für alle?, Opladen 1997 (Leske und Budrich).

[2] Das Sozio-ökonomische Panel, eine jährlich bei denselben Haushalten wiederholte Befragung, wurde im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 3 „Mikroanalytische Grundlagen der Gesellschaftspolitik“ der Universitäten Frankfurt und Mannheim entwickelt und nach dessen Auslaufen vom Deutschen Institut für Wirtschaftsforschung, Berlin, fortgeführt.

Professor Dr. Richard Hauser (61) forscht und lehrt seit 1977 als Professor für Sozialpolitik am Fachbereich Wirtschaftswissenschaften der Goethe-Universität. Vor seinem Studium absolvierte Hauser eine Ausbildung bei der Deutschen Bank und war dort anschließend als Bankkaufmann tätig. Hauser studierte Volks- und Betriebswirtschaftslehre sowie Politische Wissenschaften in München und an der Yale University, New Haven (USA). Von 1974 bis 1977 war er Ordentlicher Professor für Wirtschaftspolitik, insbesondere Arbeitsmarkt- und Sozialpolitik an der Technischen Universität Berlin. 1977 nahm Hauser dann den Ruf an die Goethe-Universität an. Er war

Sprecher und stellvertretender Sprecher des Sonderforschungsbereichs 3 der Deutschen Forschungsgemeinschaft, der sich von 1979 bis 1990 mit mikroanalytischen Grundlagen der Gesellschaftspolitik befaßte. Von 1986 bis 1988 war Hauser Vizepräsident der Goethe-Universität. Von 1991 bis 1996 fungierte der Frankfurter Professor als Sprecher der Arbeitsgruppe II der Kommission für die Erforschung des sozialen und politischen Wandels in den neuen Bundesländern. Zu seinen Forschungsgebieten zählen: soziale Sicherung, Armutsproblematik, internationaler Vergleich sozialer Sicherungssysteme, Einkommens- und Vermögensverteilung.



Professor Dr. Richard Hauser (ganz rechts) gestaltete als Mitglied der vom Wissenschaftsrat vorgeschlagenen „Kommission für die Erforschung des sozialen und politischen Wandels in den neuen Bundesländern“ mit seinem Frankfurter Team aus Wirtschaftswissenschaftlern und Soziologen maßgeblich die Arbeitsgruppe „Ungleichheit und Sozialpolitik“. Zu dem Team gehörten u.a. (von links): Diplom-Volkswirt Wolfgang Knoke, Diplom-Soziologin Susanne von Below, Professor Dr. Wolfgang Glatzer, Diplom-Soziologe Joachim Ritter.

## Reiseträume



### Mehr Beratung. Mehr Service. Mehr Urlaub.

Mit 30 Jahren Erfahrung in hochwertiger, individueller Reiseplanung:

- weltweit unterwegs zu Discount-Preisen
  - spontan gepackt mit aktuellen Kurzfristangeboten
  - vom Spezialisten beraten ab in die iberische Welt
  - perfekt organisiert und gut gelaunt auf Studien- und Gruppenreise
- Fragen Sie auch nach unserem Firmendienst Business Plus.

Kirchnerstraße 3  
im höchsten Bürogebäude  
Europas (Commerzbank)  
60311 Frankfurt  
Tel. (0 69) 91 33 70-0  
Fax (0 69) 91 33 70-70  
e-mail: [ibero@t-online.de](mailto:ibero@t-online.de)



**Ibero**  
**International**  
**Lufthansa**  
**City Center**

Wir kämpfen für

# WELTPARK ANTARKTIS

**GREENPEACE** Für Informationen über Greenpeace bitte 3,60 DM in Briefmarken beilegen! Vorsetzen 53, 20459 Hamburg

# ARKTIS

19. Dezember 1997  
bis 19. April 1998  
in Bonn

iii Kunst- und  
Ausstellungshalle  
der Bundesrepublik  
Deutschland

Museumsmeile Bonn · Friedrich-Ebert-Allee 4  
U-Bahn-Station Heussallee

Öffnungszeiten:

Dienstag und Mittwoch: 10.00 bis 21.00 Uhr  
Donnerstag bis Sonntag: 10.00 bis 19.00 Uhr  
Montags geschlossen.

<http://www.kah-bonn.de>

Mit freundlicher Unterstützung

**SONY** **Tektronix**

# ANTARKTIS

**Den Erfolg  
mitemleben:  
von Anfang  
an.**



**AKATINOL**  
Memantine®



Maria Sibylla **MERIAN** (1647 - 1717)



*Künstlerin und  
Naturforscherin  
zwischen Frankfurt  
und Surinam*

**Ausstellung**  
zum 350. Geburtstag

**Historisches Museum**

Frankfurt am Main  
Saalgasse 19  
Tel. (069) 212 3 55 99

Öffnungszeiten:  
Di - So 10 - 17 Uhr  
Mi 10 - 20 Uhr  
Mo geschlossen

Vom Hauptbahnhof zum  
Museum am Römerberg  
mit der U4 in 5 Minuten

18. Dezember 1997 bis 1. März 1998

Aus der Grundsatzerklärung

**DEN ARMEN GERECHTIGKEIT:**

... Eine wesentliche Ursache für  
die Verarmung und  
den Hunger in der  
Dritten Welt liegt in der  
**Macht/Recht-**  
losigkeit der Menschen ...

Informieren Sie mich über Auftrag, Anspruch und Motivation Ihrer Arbeit.

Name \_\_\_\_\_

Straße \_\_\_\_\_

PLZ/Ort \_\_\_\_\_

Bitte senden Sie mir das Heft  
„Den Armen Gerechtigkeit“.  
(Gegen 2,- DM in Briefmarken)

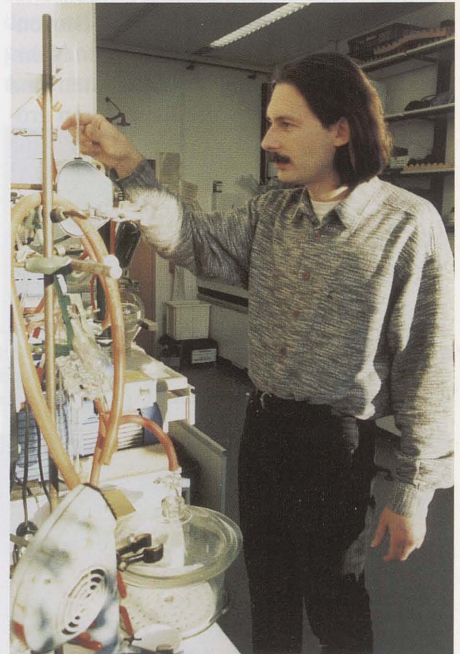
**Brot**  
für die Welt

Postgiro Köln 500 500 500  
Postf. 10 11 42 · 70010 Stuttgart

# Handarbeit am Gedächtnisprotein

## Was hilft gegen den Abbau des Gehirns?

Forscher am Biozentrum feilen an Schlüsseln für den NMDA-Rezeptor



von Simone Humml

Er sitzt an jeder Nervenzelle im Gehirn. Er ist verantwortlich für das Lernen und das Gedächtnis. Aber ihm wird auch die Schuld an Schlaganfall, Epilepsie, Alzheimer-Erkrankung und Parkinson-Syndrom gegeben. Grund genug, daß weltweit hunderte Arbeitsgruppen den NMDA-Rezeptor (N-Methyl-D-Aspartat) erforschen und etliche davon wirksame Medikamente für Krankheiten suchen, die aufgrund der höheren Lebenserwartung immer mehr Menschen bedrohen. In Deutschland sterben jährlich etwa 60.000 Menschen an Schlaganfall, dem plötzlichen Tod vieler Hirnzellen. Etwa 800.000 Menschen sind von der Alzheimer-Erkrankung betroffen, bei ihnen wird das Gehirn und damit das Gedächtnis immer weiter zerstört. Knapp 200.000 Menschen leiden unter dem Parkinson-Syndrom, sie zittern und können ihre Bewegungen immer weniger steuern. Ihre Nervenzellen im Gehirn leiten die Gedanken nicht mehr zu den ausführenden Gliedmaßen. Auch bei Bewußtlosigkeit und Krämpfen epileptischer Anfälle ist die Koordination der Hirnzellen kurzzeitig unmöglich. Sollte ein einziger Rezeptor in all diese Krankheiten involviert sein?

NMDA-Rezeptoren steuern unter anderem den Einstrom von Calcium in die Nervenzellen, was für die Reizweiterlei-



tung in den Nerven wichtig ist. Calcium schaltet zudem viele Enzyme in den Nervenzellen an, die unter anderem auch zum Lernen und Erinnern notwendig sind. Strömen jedoch zu viele Calciumionen in die Nervenzelle ein, so werden die Enzyme darin zu stark aktiviert, sie bringen das gesamte Zellmilieu durcheinander und führen im schlimmsten Fall zum Tod der Zelle. Ein fehlgesteuerter NMDA-Rezeptor läßt zu viel Calcium in die Gehirnzellen ein. Er gilt daher als wichtiges Puzzlestück für Gehirnkrankheiten, bei denen Nervenzellen allmählich (Alzheimer-Er-

krankung, Parkinson-Syndrom) oder auch plötzlich (Schlaganfall) zerstört werden.

Die medizinische Datenbank „medline“ verzeichnet derzeit etwa 10.000 Fachartikel zum NMDA-Rezeptor. Der Name ist historisch bedingt, weil der Rezeptor sich durch die künstliche Chemikalie N-Methyl-D-Aspartat stimulieren läßt. Ziel der Arbeiten: einerseits Struktur und Funktion des Rezeptors zu erforschen, andererseits Wirkstoffe zu finden, die den NMDA-Rezeptor beeinflussen und damit verhindern, daß bei bestimmten Krankheiten zu viel Calcium in die Zellen ein-

strömt. Am Institut für Pharmazeutische Chemie sucht ein Team junger Forscher um Professor Dr. Christian Noe nach Arzneistoffen, die den Rezeptor steuern, und versucht zugleich einen Beitrag zur Aufklärung der Rezeptorfunktion zu leisten. Dieses Protein faszinierte den Pharmazeuten und Chemiker Noe schon vor zehn Jahren, und er brachte seine Ideen mit, als er Ende 1991 von der Technischen Universität Wien nach Frankfurt wechselte. Das 1993 in Betrieb genommene Biozentrum bot für das Thema den idealen Nährboden, da dort schon Pharmazeuten und Biochemiker über andere Rezeptoren große Erfahrung gesammelt hatten. „Ich habe in meiner Gruppe die Arbeit am NMDA-Rezeptor systematisch vertieft und ausgeweitet.“ In seinem Team arbeiten heute zehn Wissenschaftler, die sich dem

NMDA-Rezeptor mit verschiedenen Techniken und wissenschaftlichen Methoden nähern (Abb. 1). Diese Vielfalt macht den Reiz und – so hoffen die Forscher – auch den Erfolg des Teams aus. Zudem sind eine Reihe weiterer Forscher im Biozentrum daran beteiligt (Abb. 2).

### Wie ein wertvoller Tresor

Der Rezeptor bietet viel Forscherfutter. „Wie ein besonders wertvoller Tresor durch mehrere Schlüssel aufgeschlossen wird, so hat der NMDA-Rezeptor mehrere Liganden“, erläutert Noe. Zwei „Schlüssel“ – die Aminosäuren Glutamat und Glycin – sind unbedingt nötig, um den Calciumkanal zu öffnen (Abb. 3). Daneben gibt es mehrere „Rädchen“, die die Stärke des Calciumstroms steuern: Das

sind die Bindungsstellen für Polyamine, Zinkionen und Magnesiumionen. Zusätzlich wurden Moleküle gefunden, die den Kanal gänzlich verstopfen wie die als „Angel Dust“ bekanntgewordene gefährliche Droge Phencyclidin (PCP) und die in Testsystemen viel verwendete Entwicklungssubstanz MK-801.

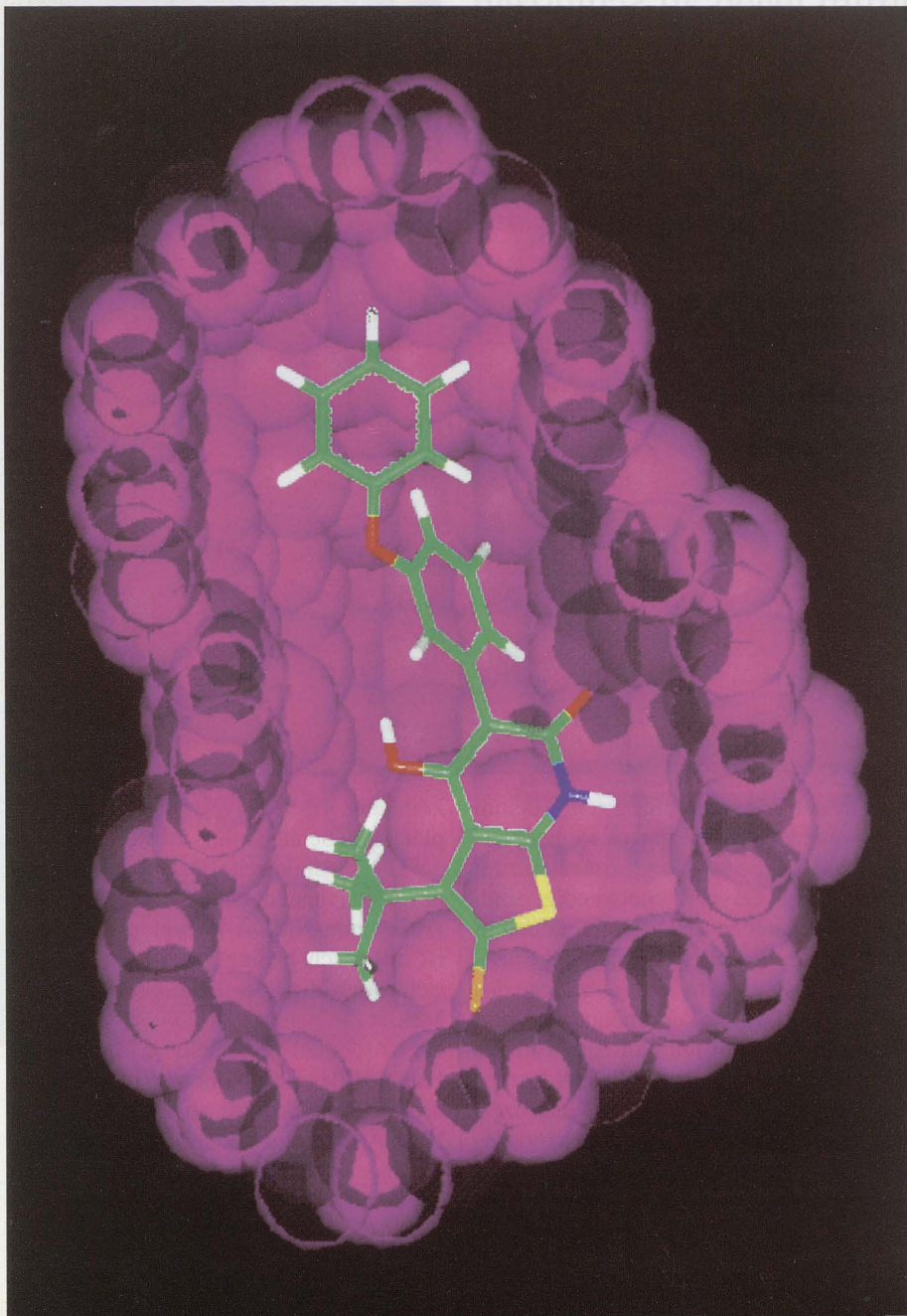
1991 hat eine japanische Arbeitsgruppe um Shigetada Nakanishi das Gen für die Untereinheit NR1 des Rezeptors entschlüsselt und in der renommierten Zeitschrift „Nature“ [Vol. 354, S. 31] veröffentlicht. „Schon damals glaubten viele Wissenschaftler, daß der ‚Heilige Gral‘ geknackt ist“, sagt Noe. „Bis dahin hatte man gedacht, dieser wichtige Rezeptor sei anders aufgebaut als alle anderen Rezeptoren – er ist aber normaler als angenommen.“ Auch er sitzt in der Zellmembran, bildet einen Ionenkanal, wird von Botenstoffen gesteuert und gibt über einen Ioneneinstrom letztlich die Information dieser Boten an das Zellinnere weiter.

Vom Gen bis zum wirksamen Medikament ist es jedoch ein langer, mühsamer Weg. Denn das Gen bietet nur einen groben Bauplan für den Rezeptor, ähnlich wie eine Mustervorgabe zum Auffädeln einer Perlenkette. Auch eine Kette, deren Perlenmuster man genau kennt, läßt sich ja zu Millionen verschiedener Strukturen zusammenknäulen. Die genaue Struktur des Rezeptors ist noch unbekannt, zudem würde sie nur wenig über seine Funktion sagen. So gibt es auch sechs Jahre nach dem Entschlüsseln der Gensequenz – abgesehen von dem bereits länger bekannten Wirkstoff Memantine – noch keinen Arzneistoff, der den NMDA-Rezeptor gezielt steuert.

### Langer Weg zum optimalen Testmodell

Das wichtigste, um einen Wirkstoff zu finden, sind die richtigen Werkzeuge. Weil ein Rezeptor im Gehirn schwer zu untersuchen ist, versuchte die Biologin Annegret Heidl im Noe-Team, das gerade entschlüsselte Gen schon 1992 in das Bakterium *Escherichia coli* einzubauen. Dieses „Lieblingstier“ der Genetiker sollte als Studienobjekt dienen und den Rezeptor produzieren. Doch es gelang nicht, das Protein zu erhalten. Erst die nachfolgenden Biologen Dr. Ziyu Li und Dr. Jürgen Becker haben ein Modell entwickelt, an dem Arzneistoffe leicht zu prüfen sind. Li versuchte 1995, Hefezellen dazu zu bringen, den Rezeptor zu produzieren. Hefe ist bei Pharmaforschern beliebt, denn sie läßt sich leicht vermehren und hat dennoch viele Ähnlichkeit mit menschlichen Zellen.

Abb. 1: Vorläufiges Modell: Ein potentieller Wirkstoff liegt in der Glycinbindungsstelle des NMDA-Rezeptors. Anhand der bekannten Strukturen von gut haftenden Verbindungen versucht Ralf Lyssy vom Team um Professor Christian Noe, die Struktur der Bindungsstelle zu konstruieren.





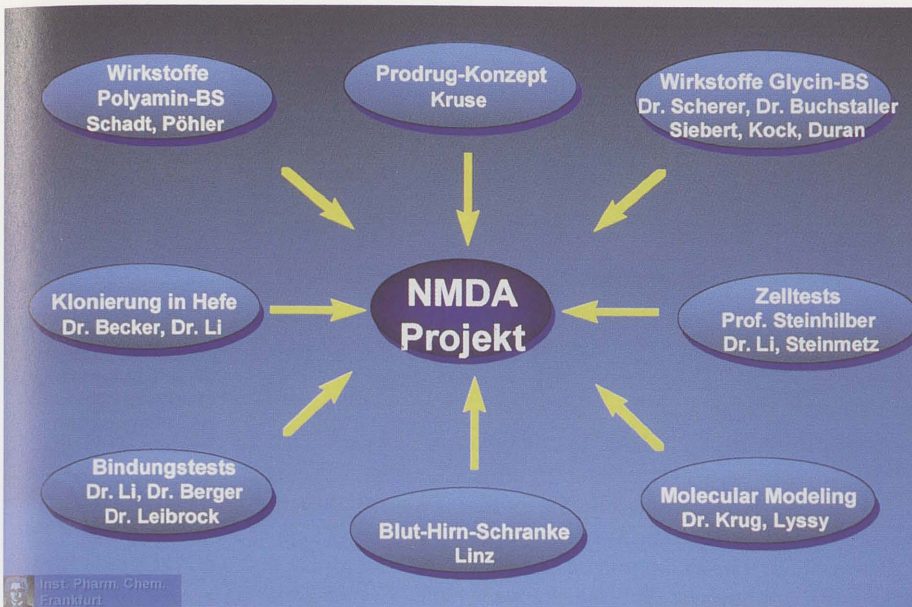


Abb. 2: Die Vielfalt der Forscher, die in Frankfurt am NMDA-Rezeptor arbeiten, macht den Reiz und – so hoffen die Forscher – auch den Erfolg des Projektes aus.

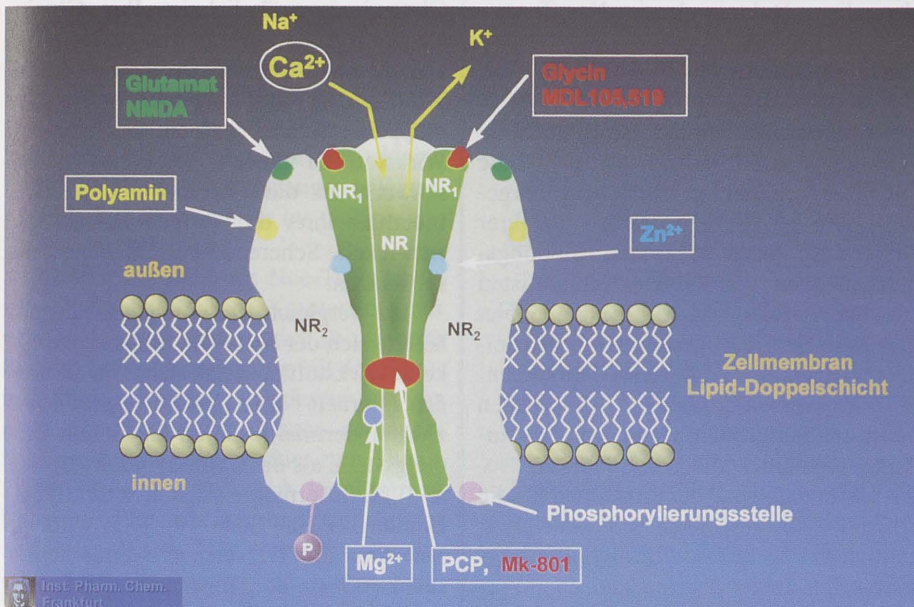


Abb. 3: Der NMDA-Rezeptor wird für viele Krankheiten des Gehirns mitverantwortlich gemacht. Er sitzt in der Zellhülle und läßt vor allem Calcium-Ionen, aber auch andere Ionen in die Zelle einströmen. Gesteuert wird der Einstrom unter anderem durch Polyamine, Glycin und Glutamat. Bei Erkrankungen des Gehirns ist der NMDA-Rezeptor fehlgeleitet. Die Gruppe um Professor Noe sucht Wirkstoffe, die an den Bindungsstellen der körpereigenen Botenstoffe angreifen.

Nach sieben Monaten stellte die Hefe das Protein her – doch es war ebenfalls nicht funktionstüchtig. Grund: Li hatte zunächst nur das Gen für eine Untereinheit (NR1) des Rezeptors in die Hefezellen übertragen. Für den Rezeptor ist jedoch noch eine zweite Einheit (NR2) nötig, wie später bekannt wurde. Das gab neue Hoffnung. Doch auch das Anfang 1997 komplettierte Rezeptormodell schien in den Hefezellen nicht zu funktionieren. „Das war schon sehr frustrierend“, meint Li noch heute. „Man denkt ständig darüber nach und versucht, eine Lösung zu finden.“ Im April 1997 prüfte Li den Rezeptor in einem Verdrängungstest mit

der neuen Vergleichssubstanz MDL 105.519. Unter diesen neuen Bedingungen funktionierte der Rezeptor tatsächlich.

Damit hat die Laborgruppe von Noe ein brauchbares Hefe-Modell für den NMDA-Rezeptor in der Hand. Bei ihrem Hefetest bindet Li schwach radioaktives MDL 105.519 an die Glycin-Bindungsstelle. Ein potentieller neuer Wirkstoff wird daran gemessen, wie gut er diesen Radioliganden verdrängt. Die verbleibende Radioaktivität läßt sich leicht feststellen. Derzeit laufen in der Gruppe Arbeiten zum Einbau von NMDA-Rezeptorgenen in verschiedene Zelllinien. In einer insti-

tutsinternen Zusammenarbeit mit Professor Dr. Dieter Steinhilber hat dabei der Doktorand im pharmazeutischen Graduiertenkolleg, Ralf Steinmetz, ein elegantes Testsystem aufgebaut: Er kann die Wirkung von potentiellen Wirkstoffen unmittelbar an dem Verhindern des Zelltodes messen. Auch Professor Dr. Theodor Dingermann vom Institut für Pharmazeutische Biologie ist in die Forschung zur Herstellung von Testmodellen eingebunden und stand vor allem in der schwierigen Anfangsphase dem Noe-Team hilfreich zur Seite.



Mit leicht radioaktiven Testsubstanzen prüft Dr. Ziyu Li, ob die im Labor von Professor Noe entwickelten Stoffe auch fest an den NMDA-Rezeptoren der Hefezellen haften.

Wie man heute weiß, existiert die NR2-Untereinheit im menschlichen Gehirn in den vier verschiedenen Formen NR2A bis NR2D. Je nach Ort und genauer Funktion des Rezeptors werden verschiedene Formen der NR2-Untereinheit eingebaut. Für ein gutes Hefemodell genügt es nicht, daß das NMDA-Rezeptorprotein hergestellt wird, der Rezeptor muß auch in der äußeren Membran der Hefezellen sitzen – so daß das Modell dem der Nervenzellen möglichst ähnlich ist. Das prüft der Biologe Becker nach.

### Orange leuchten die Rezeptoren

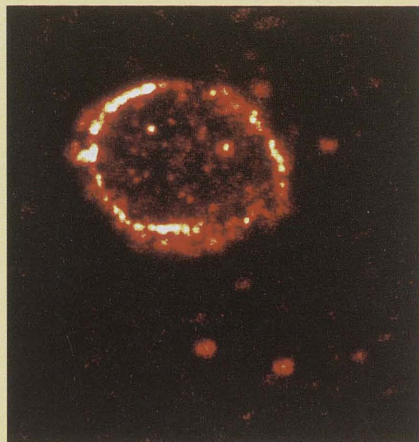
Er klopfte zunächst bei der Arbeitsgruppe von Professor Dr. Jürgen Bereiter-Hahn am Biozentrum an, die gerne bereit war, ihre Erfahrungen in der Zellmikroskopie weiterzugeben. In Zusammenarbeit mit Ralf Schindler vom Team um Be-

reiter-Hahn entwickelte Becker eine Methode, um die Rezeptoren abzubilden. Rot-orange leuchten die Rezeptoren nun unter dem Fluoreszenz-Mikroskop [vgl. Informationskasten zur Hefezelle, s.u.].

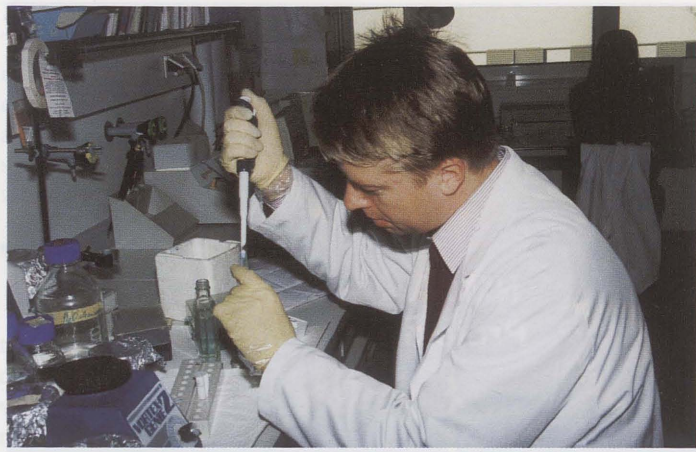
Haben die Wirkstoffe die erste Testrunde im Haus erfolgreich bestanden, kommen sie an der Universität Wien ins nächste Prüfverfahren: Dort sitzt der Biochemiker Dr. Michael Berger, der als Spezialist für die molekulare Pharmakologie des NMDA-Rezeptors das Bindungsverhalten der Substanzen eingehend studiert. Die dritte Runde im Testlauf übernimmt die Firma Merck in Darmstadt, die eng

## Hefezelle

Viele Schritte sind nötig, damit die NMDA-Rezeptoren in der Hefezellmembran unter dem Mikroskop leuchten. Zunächst fixiert Becker die Hefezellen auf einen Objektträger. Die dicke Zellwand wird abgelöst, so daß nur noch die feine äußere Hülle (Zellmembran), in der die NMDA-Rezeptoren sitzen, übrig bleibt. Mit Methanol und Aceton macht Becker die Membran für sogenannte primäre spezifische Antikörper durchlässig. Diese Antikörper setzen sich an die Innenseite der NMDA-Rezeptoren. An diese Antikörper heftet Becker nun sekundäre Antikörper an, die mit einem Farbstoff gekoppelt sind, der durch Licht zum Fluoreszieren angeregt wird. Doch auch mit diesem Farbstoff sieht man oft nur einen „leuchtenden Klumpen“ im Mikroskop. Wichtig ist daher, daß man mit dem sogenannten konfokalen Laser-Scanning-Mikroskop nahezu beliebig viele optische Schnitte von einer Zelle machen kann. In solche dünne Scheiben geschnitten erkennt man am Rand der Zelle nun gut die gefärbten NMDA-Rezeptoren.



Fluoreszenz-mikroskopische Schnitte



Der Biologe Dr. Jürgen Becker hat zusammen mit seiner Kollegin Dr. Ziyuli ein Hefemodell entwickelt, an dem Arzneistoffe zu prüfen sind. Zudem bringt er Hefezellen zum Leuchten.

mit dem Noe-Team kooperiert. Sie prüft die Wirkstoffe in eigenen Systemen und unter veränderten Bedingungen erneut. Besonders erfolgreiche Substanzen werden an Tieren geprüft. Ein Wirkstoff ist sogar schon patentiert – er stammt von Dr. Hans-Peter Buchstaller, dem Pionier und ehemaligen Doktoranden im Noe-Team.

## Harte Konkurrenz

An ihrem Hefemodell hat Li auch die Wirkung von Substanzen überprüft, die von ihrer Kollegin Dr. Uta Scherer hergestellt wurden. Scherer suchte in ihrer Dissertation nach speziellen Bindungsmechanismen von Glycin-Antagonisten am NMDA-Rezeptor. Auf diesem Gebiet gibt es in der Pharmaindustrie bereits einen heftigen Wettlauf, denn Medikamente für Alterskrankheiten versprechen künftig einen großen Markt. Ein Glycin-Antagonist eines anderen Labors hat sogar schon die Phase der klinischen Studie erreicht – ob diese Wirkstoffklasse letztendlich Erfolg haben wird, ist allerdings noch offen. In der pharmazeutischen Forschung sind ja immer nur wenige der getesteten Wirkstoffe letztlich erfolgreich. Bei solchen Projekten konkurrierten häufig Forscher der Universitäten mit gut ausgestatteten Labors der Pharmaindustrie, stellt der Pharmazeut Ralf Lyssy fest. Besonders die Firma Glaxo Wellcome habe ihre Forscher darauf angesetzt. „Da stehen auf einer Publikation fast 20 Leute drauf“, sagt er. Doch auch sie haben bis jetzt noch keinen Arzneistoff auf dem Markt.

Glycin-Antagonisten lagern sich in die Bindungsstelle für Glycin ein, ohne jedoch – wie dieses – den Calciumkanal zu öffnen. Wenn ein falscher Schlüssel im Schloß steckt, kann der richtige – das Glycin – nicht mehr hinein, um aufzuschließen. Mit einem Glycin-Antagonisten könnte daher der krankhaft hohe Einstrom von Calcium in die Zelle und damit der Zelltod verhindert werden.

## Zweihundertfache Verbesserung

Wichtig ist, daß der Antagonist gut an die Glycin-Stelle bindet. Ausgangssubstanz bei den Arbeiten der Gruppe von Professor Noe war die Carboxyindolessigsäure, die sowohl Glycin als auch der Glutaminsäure ähnlich ist. Ihre Glycin-antagonistische Wirkung war bereits 1991 von einem Team um Professor Noe in Wien und parallel von anderen Arbeitsgruppen gefunden worden. Doch um als Wirkstoff zu dienen, band sie viel zu schwach an die Glycin-Bindungsstelle. Innerhalb ihrer dreijährigen Dissertation entwickelte Scherer 33 verschiedene Testsubstanzen.

Im Vergleich zur Ausgangssubstanz heftete sich der beste von Scherer entwickelte Wirkstoffkandidat, dem Uta Scherer den internen Namen ECDI gegeben hat, zweihundertmal fester an die Glycin-Bindungsstelle als die Carboxyindolessigsäure [vgl. Informationskasten zur Glycin-Bindungstasche, Seite 49]. Nun wird die Substanz im Tierversuch weiter untersucht – ob sie dort Bestand hat, ist ungewiß. Die Arbeit an der Strukturklasse läuft in jedem Fall weiter: Scherer hat die Staffel im Forscherwettbewerb an den neuen Doktoranden, Michael Kock, weitergegeben. Er versucht seit 1997, den Liganden ECDI zu verbessern. Die Chemikerin selbst hat nach Abschluß ihrer Dissertation einen Posten bei einem Schweizer Pharmaunternehmen gefunden.

## Stopp an der Blut-Hirn-Schranke

Mit der Verbindungsklasse der Doktorarbeit von Scherer beschäftigt sich auch noch eine weitere Wissenschaftlergruppe im Noe-Team. Denn auch eine Substanz, die an Rattenhirnmembranen oder Hefen beste Ergebnisse erzielt, hat später in Tier und Mensch noch die – wohl härteste – Bewährungsprobe zu bestehen: das Eindringen ins Gehirn. Dazu muß sie die sogenannte Blut-Hirn-



Aufbauend auf die Arbeiten von Dr. Uta Scherer entwickelt der Doktorand Michael Kock Substanzen, die an der Glycin-Bindungsstelle des NMDA-Rezeptors haften.

Schranke überwinden, die eigens dazu da ist, das Gehirn vor schädlichen Substanzen wie Giften oder auch Viren aus dem Blut zu schützen. Viele, vor allem kleine Moleküle wie Alkohol, gelangen bekanntlich durch diese Schranke ins Gehirn, wie jeder Rausch beweist.

Unterstützt wird das Noe-Team dabei von Professor Dr. Jörg Kreuter, der nur wenige Schritte entfernt im Biozentrum forscht. Im Zusammenhang mit der Friedrich-Merz-Stiftungsgastprofessur ist es eben erst Professor Kreuter gelungen, hochkarätige Wissenschaftler zum Thema „Blut-Hirn-Schranke“ nach Frankfurt zu bringen. „Wir arbeiten unglaublich viel zusammen“, sagt Noe – im Wintersemester läuft eine gemeinsam organisierte Vortragsreihe zur Blut-Hirn-Schranke. Dem Team um Kreuter war es kürzlich unter anderem gelungen, Wirkstoffe in winzige Kunststoffkugeln einzuschließen und durch die Blut-Hirn-Schranke zu transportieren. Dieser Weg bietet sich auch für spezielle Anwendungsmöglichkeiten von NMDA-Antagonisten an. Auf die Ergebnisse warten die Forscher gespannt.

Die Gruppe um Noe folgt auf diesem Feld auch anderen Wegen. Es ist eine altbekannte Tatsache, daß lipophile Substanzen in der Regel leichter ins Gehirn gehen. Abgesehen davon gibt es auch eine Reihe von Transportsystemen, welche die wichtigsten im Gehirn benötigten Biomoleküle aktiv transportieren. So gibt es auch einen Transporter, der Milchsäure durch die Blut-Hirn-Schranke hindurchschleust. Der Chemiker Jens Kruse untersucht nun, ob es möglich ist, nicht Gehirn-

gängige Wirkstoffe an Milchsäure oder andere Träger zu heften, damit sie auf diesem Weg die Barriere passieren können.

## Glycin-Bindungstasche

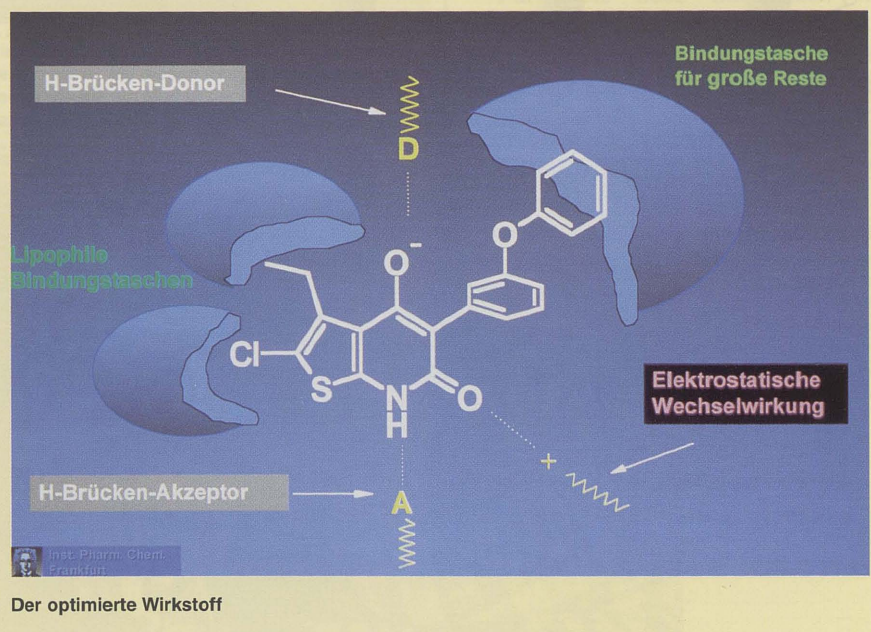
Nach langer Laborarbeit stellte sich heraus, daß ein potentieller Ligand an der Glycin-Bindungsstelle verschiedene strukturelle Eigenschaften aufweisen muß: Unter anderem sollte er an einem Ende eine möglichst polare Aminogruppe (NH) sitzen. Um die NH-Bindung möglichst stark zu polarisieren, sollten die Elektronen über kon-

Das Ziel von Kruse ist somit, Prodrugs – also Wirkstoffvorläufer – zum Transport durch die Blut-Hirn-Schranke zu entwickeln (Abb. 4). Als Prodrug könnte der Wirkstoff die Blut-Hirn-Schranke überwinden. Geeignete Träger könnten dann auch bei anderen Wirkstoffklassen angewandt werden. Die Krux: Da der an das Trägersystem gekoppelte Wirkstoff in der Regel nicht mehr so gut an der Bindungsstelle des Rezeptors haftet, läßt sich derzeit der Erfolg eines solchen Konzeptes nur in aufwendigen Tierversuchen erforschen.

## Künstliches Modell statt Tierversuche

Für seine Versuche wird Kruse eine Reihe von Substanzen verändern. Carsten Siebert und Adil Duran sollen gar völlig Neue synthetisieren, die von sich aus durch die Barriere gelangen und zugleich eine hohe Wirksamkeit aufweisen. Jeder Wirkstoffkandidat muß möglichst schnell an der Blut-Hirn-Schranke getestet werden, was eine Reihe von Tierversuchen erfordern würde. Da Professor Noe diese

jugierte Kohlenstoffdoppelbindungen zu einem Sauerstoffatom (=O) geleitet werden. Sehr gut band ein Molekül zudem, wenn an einem Kohlenstoffring zwei Chloratome (Cl) angefügt wurden und wenn es an einer Region größere Molekülteile (hier ein Malonyldiester) besaß. Der beste Ligand war die als ECDI bezeichnete Verbindung.



Mein dickes Fell...

... nutzt mir bald auch nichts mehr, wenn Sie uns weiter so einheizen. Denn in Deutschland steigt der Ausstoß an klimabedrohenden Gasen wieder an. Dabei könnten alleine durch eine effektive Wärmedämmung 20% des Treibhausgases CO2 vermieden und die Hälfte der Heizenergie eingespart werden. Zusätzlich gäbe es noch viele Arbeitsplätze - wenn die Häuser in Deutschland auch ein dickeres Fell bekämen." Deshalb ergreift jetzt der WWF die Initiative und fordert von der Bundesregierung ein Klimaschutzgesetz. Unterstützen Sie die KLIMA-NOVELLE des WWF mit Ihrer Unterschrift und einer Spende!

Werden Sie jetzt klima-aktiv!



Sehr geehrter Herr Bundeskanzler,

helfen Sie, das Netzwerk des Lebens zu bewahren!

- 1. Bleiben Sie standhaft bei der Verpflichtung der Bundesregierung, den klimaschädlichen CO2-Ausstoß in Deutschland bis 2005 um 25% gegenüber 1990 zu senken und tun Sie etwas dafür!
2. Schaffen Sie den gesetzlichen Rahmen für wirklich energiesparende Neubauten und Altbaurenovierungen, damit hier in Zukunft über die Hälfte der Heizenergie - also auch des CO2-Ausstoßes - eingespart werden kann. Das hilft dem Klima und schafft Arbeitsplätze:

Bitte setzen Sie die KLIMA-NOVELLE des WWF in die Tat um!

NAME
VORNAME
STRASSE
PLZ, ORT
UNTERSCHRIFT

Ich bin an einer Mitgliedschaft im WWF interessiert, bitte schicken Sie mir Informationen.

Bitte den Coupon ausfüllen und an den WWF senden. Sollte er schon fehlen, rufen Sie an: 069 - 60 50 03 - 42



Umweltstiftung WWF-Deutschland Infodienst Hedderichstraße 110, 60591 Frankfurt oder 069 - 60 50 03 - 16

FAX

Internet http://www.wwf.de Spendenkonto 2000 DG Bank, BLZ 500 604 00, Stichwort: „Klima-Novelle“



WWF 2000 THE LIVING PLANET CAMPAIGN

IND X

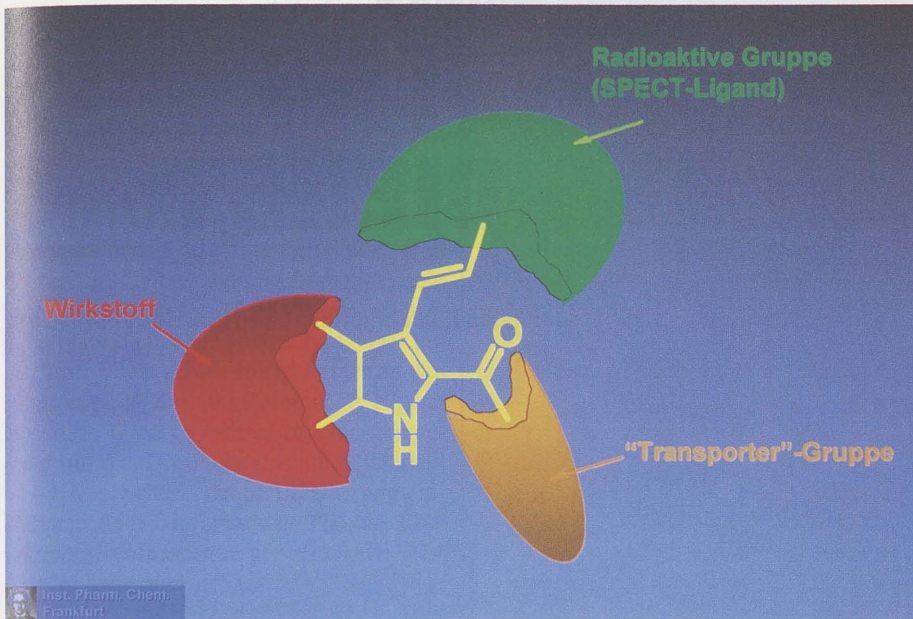


Abb. 4: Ein potentieller Wirkstoff wurde mit einem Transportmolekül und einem leicht radioaktiven Molekül (SPECT-Ligand) verbunden. Ersteres soll den Transport durch die Blut-Hirn-Schranke erleichtern. Mit Hilfe des radioaktiven Teils können Forscher die Verteilung des Moleküls etwa im Tierkörper erkennen.

jedoch vermeiden will, soll die neue Doktorandin, Birgit Linz, ein Modell der Blut-Hirn-Schranke entwickeln.

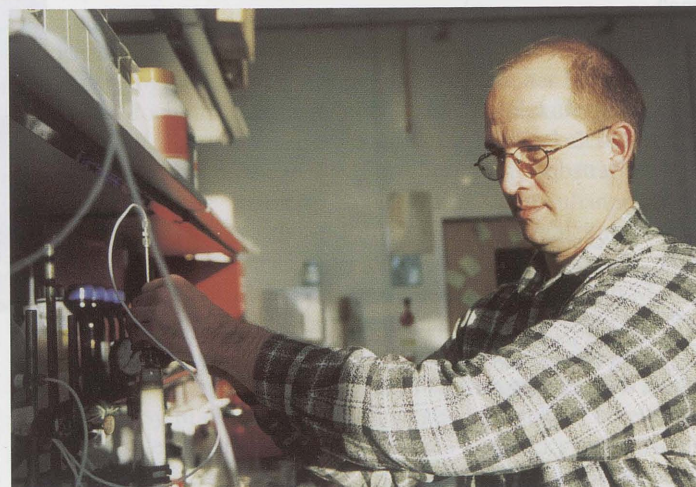
In einer Zusammenarbeit mit Professor Dr. Peter Friedl von der Technischen Universität Darmstadt will die Doktorandin ein Modell aus zwei Kammern bauen, zwischen die eine Membran gespannt ist, die auf einer Seite mit speziell gezüchteten Schweinehirnzellen (Endothelzellen) und auf der anderen Seite mit ZNS-Stützgewebe bewachsen ist. Die Endothelzellen kleiden Blutgefäße ähnlich wie eine Tapete von innen aus. Diese Zellen haben erst kürzlich Biochemiker um Professor Friedl gentechnisch verändert. Es wurden bei ihnen Wachstums-Kontrollgene zerstört, so daß sie – ähnlich wie Krebszellen – nicht aufhören können, sich zu teilen. Damit nicht für jeden Versuch ein Tier geopfert werden muß, sind die Endothelzellen nun quasi unsterblich gemacht worden.

Ein halbes Jahr hat die Pharmazeutin für Literaturrecherche und die Suche nach geeigneten Zellen benötigt. Nunmehr sind beide Zelllinien im Haus, so daß die Anzucht der Endothelzellen und des Stützgewebes aufeinander abgestimmt werden kann. Zum Glück hat die Nachbargruppe um Professor Dr. Jürgen Bereiter-Hahn große Erfahrung in der Zellkultivierung. „Wenn ich ganz allein auf dem Problem säße, wäre es bestimmt noch schwieriger“, meint Linz.

Die Membran mit den beiden Zellarten wird der Blut-Hirn-Schranke ähneln und nur bestimmte Moleküle durchdringen lassen. Später kann Linz in Kammer 1 des Modells neu synthetisierte Wirkstoff-



Die Zellkulturen von Doktorandin Birgit Linz mögen es warm. Mit diesen unsterblich gemachten Zellen will sie ein Modell der Blut-Hirn-Schranke bauen.



Damit die Wirkstoffe durch die Blut-Hirn-Schranke gelangen können, baut Diplom-Chemiker Jens Kruse eine Transport-Gruppe daran. Wie nach jeder chemischen Reaktion müssen die erhaltenen Verbindungen wieder von Nebenprodukten gereinigt werden.

kandidaten geben und messen, wieviele Moleküle durch die Membran in Kammer 2 dringen. Das System muß natürlich anhand bekannter Wirkstoffe sorgfältig austariert werden, bevor man verlässliche Versuche damit machen kann.

### Drehen an feinen Rädchen

Während an der Glycin-Bindungsstelle angreifende Wirkstoffe schon getestet werden, steckt die Forschung an anderen Stellen noch am Anfang. Der Doktorand im pharmazeutischen Graduiertenkolleg, Oliver Schadt, sucht Substanzen für die Polyamin-Bindungsstelle des NMDA-Rezeptors. Polyamine (wie Spermin und Spermidin) sind zwar keine Hauptschlüssel für den Rezeptor, sie drehen aber an seinen „Rädchen“ zur Feinabstimmung und öffnen den Kanal etwas stärker, so daß mehr Calcium in die Zelle einströmen kann. Ziel ist ein Stoff, der an denselben „Rädchen“ angreift wie Polyamine, sie aber in die andere Richtung dreht, also den Kanal eher schließt.

Aufbauend auf einer Kohlenstoffkette mit Thiophenring hat Schadt schon 25 Testsubstanzen in gut zwei Jahren gebaut [vgl. Informationskasten zu Liganden der Polyamin-Bindungsstelle, Seite 53]. Die Beste soll radioaktiv markiert werden und dann als Meßplatte für neue Wirkstoffe dienen. Ziel ist es, ein Testsystem für die Polyamin-Bindungsstelle zu entwickeln, wie es Li mit ihrem Hefesystem bereits an der Glycin-Bindungsstelle getan hat. Die neuen Verbindungen sollten den radioaktiv markierten Teststoff verdrängen. Anhand der verbleibenden radioaktiven Testsubstanz läßt sich leicht eine Zahlenangabe über die Haftung der neuen Wirkstoffe treffen.

Für viele neue Substanzen muß Schadt neue Synthesewege finden. Ausgangsstoff ist häufig ein Ester mit acht Kohlenstoffatomen, an dem in rund einem Dutzend Reaktionen verschiedene Atom-

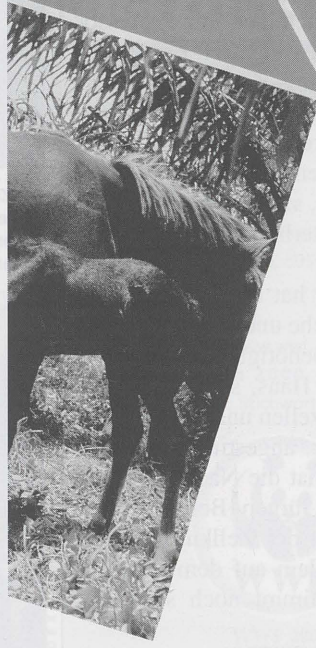
# FORTBILDUNGSORGAN DES VETERINÄRWESENS IM ÖFFENTLICHEN DIENST

● Fachzeitschrift für Lebensmittelhygiene, Fleischhygiene, Tierschutz, Tierseuchenbekämpfung und Tierarzneimittel

- aktuell
- umfassend
- fortschrittlich
- übersichtlich
- kompetent
- objektiv

Fordern Sie ein  
kostenloses Probe-  
exemplar an.

Tel.: 06206-9390  
**FAX-ORDER**  
06206-939232



Ich / Wir bestelle(n)

1 Abonnement ab Ausgabe

zum Jahresbezugspreis von DM 65,-  
(Einzelpreis DM 14,80 zuzügl. DM 1,45  
Porto und Verpackung inkl. 7% MwSt;  
Bezugspreis DM 16,25 x 4 Ausgaben).

Name / Vorname

Firma (oder Firmenstempel)

Straße / Postfach

PLZ / Ort

Datum

Unterschrift

WIDERRUFSRECHT: Ich habe davon Kenntnis genommen, daß ich die Bestellung schriftlich durch Mitteilung an ALPHA Informationsgesellschaft mbH, Finkenstraße 10, 68623 Lampertheim, innerhalb von 7 Tagen widerrufen kann. Zur Fristwahrung genügt die rechtzeitige Absendung des Widerrufs (Datum des Poststempels).

Datum

Unterschrift

gruppen angehängt werden. Nach jeder Reaktion wird die gewünschte Substanz aus dem Reaktionsgemisch isoliert und charakterisiert. Erst dann kann die nächste starten. Als Endausbeute bleiben zwei bis drei Prozent der Ausgangssubstanz.

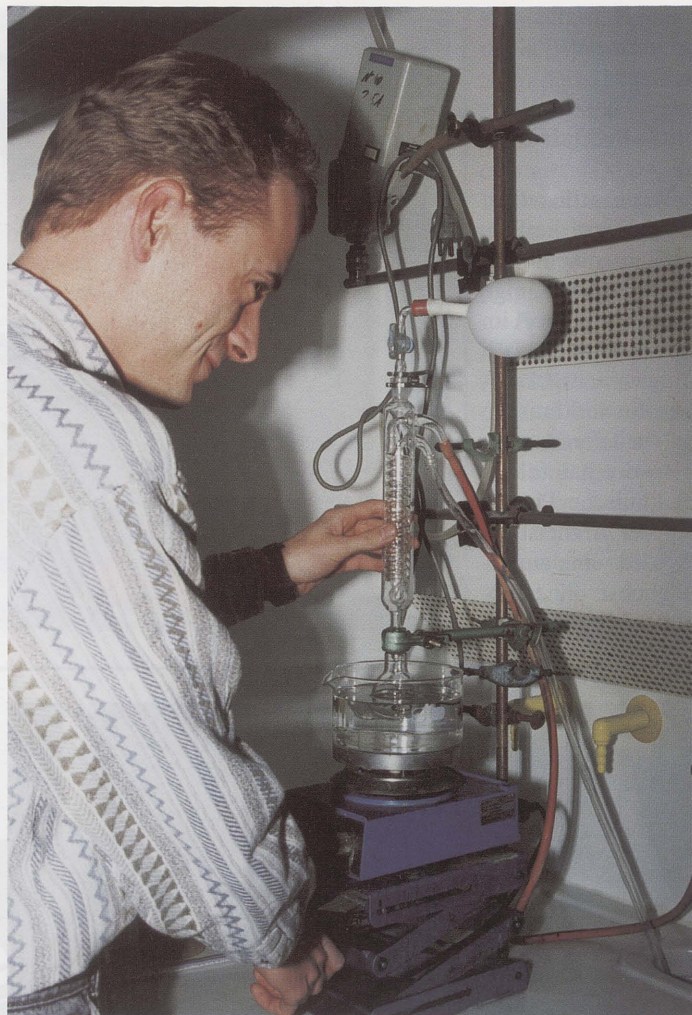
„Wenn alles so klappt, wie es soll, dann dauert es vier Wochen, bis eine neue Substanz fertig ist, aber ich habe auch schon ein halbes Jahr gebraucht“, sagt Schadt und ergänzt: „Die Ergebnisse entschädigen dann aber doch schon.“ Der beste Stoff binde schon 15mal besser an den Rezeptor als der physiologische Ligand Spermin, doch er will noch eine Steigerung um das Dreifache erreichen. Derzeit ist Oliver Schadt damit befaßt, gemeinsam mit dem Diplomanden Thomas Pöhler eine Synthesestrategie zu entwickeln, bei der eine viel größere Zahl von Testmolekülen in kürzerer Zeit hergestellt werden kann als bisher.

Schadts Ergebnisse liefern auch Hinweise auf die Struktur der Polyamin-Bindungsstelle; denn er weiß genau, wie seine Stoffe aussehen. Die Bindungsstelle selbst aber ist weitgehend unbekannt: „Wir machen immer Schlüssel für ein

## Liganden der Polyamin-Bindungsstelle

**K**leine Veränderungen an den Verbindungen für die Polyamin-Bindungsstelle zeigen große Wirkung. Der  $IC_{50}$ -Wert gibt an, wie stark die Substanz am Rezeptor haftet. Er nennt die Konzentration eines Stoffes (in Mikromol), die man zugeben muß, um eine halbmaximale Hemmung einer Wirkung zu erreichen. Je niedriger der Wert, desto fester die Bindung. Schadt sucht nicht primär einen Wirkstoff, sondern eine Modellschubstanz, um potentielle Wirkstoffe zu testen. Er entwickelt zunächst Substanzen, die möglichst fest an der Polyamin-Bindungsstelle haften. An diesen Liganden muß sich später ein Wirkstoff messen lassen.

Chemical Structure	$IC_{50}$ [µM]
<chem>CCCCCCCCCCCCCCCCN</chem>	0,33
<chem>CCCCCCCCCCCCCCCCN(C)C</chem>	4,5
<chem>CCCCCCCCCCCCCCCCN(C)C(C)C</chem>	333
<chem>CCCCCCCCCCCCCCCCN(C)C(C)C(C)C</chem>	0,6
<chem>CCCCCCCCCCCCCCCCN(C)C(C)C(C)C(C)C</chem>	2,5
<chem>CCCCCCCCCCCCCCCCN(C)C(C)C(C)C(C)C(C)C</chem>	18,1



Der Chemiker Oliver Schadt synthetisiert Substanzen, die an der Polyamin-Bindungsstelle des NMDA-Rezeptors haften. Nach jeder Reaktion muß der Doktorand die Verbindungen isolieren und charakterisieren.

Schloß, daß wir noch nicht kennen“, meint Schadt.

### Schöne Bilder vom Rezeptor

Obwohl die Sequenz des NMDA-Rezeptors entschlüsselt wurde, kennen die Forscher noch immer nicht dessen exakte Struktur. Bekannt ist eben nur die Reihenfolge der „Perlen“, und die Forscher wissen noch nicht exakt, zu welcher Struktur sich die Kette aus Proteinbausteinen zusammengeknäuel hat. Natürlich gibt es gewisse Richtlinien, nach der sich Proteinketten falten, und eine grobe Struktur des Rezeptors schwirrt schon durch die Computerprogramme der Molekülkonstrukteure, doch im Detail sind noch viele Fragen offen. Es würde die Wirkstoffsuche sehr erleichtern, wenn die Forscher die Bindungsstelle kennen. Doch Noe weiß: „Häufig gibt es schöne Bilder, die eine Präzision vortäuschen, aber der derzeitige Stand reicht nicht aus, um einen Wirkstoff nur aufgrund von Molecular Modeling Ergebnissen zu bauen.“

Die Sequenz des NMDA-Rezeptors hat Ralf Lyssy in ein Programm eingegeben. Er vergleicht sie mit ähnlichen Proteinen, deren genaue Struktur bekannt ist.

Zudem rechnet das Programm die wahrscheinlichste Struktur von einigen Proteinabschnitten aus. Doch bei 920 Aminosäuren, die etwa im Protein NR1 aneinandergereiht sind, ist selbst der beste Computer überfordert. „Schon bei einer Kette von 35 Aminosäuren gibt es tausende plausible Möglichkeiten. Das Programm zeigt ohnehin nur zehn Vorschläge an“, erläutert Lyssy. Daher konzentriert er sich auf vergleichsweise kleine Abschnitte wie die Glycin-Bindungsstelle oder die Polyamin-Bindungsstelle.

Daher erscheint es Lyssy sinnvoller, vom Wirkstoff auf die Bindungsstelle zu schließen. Er hat seinen Computer schon mit der Hälfte der rund 100 verschiedenen Moleküle gefüttert, die in den Noe-Labors entwickelt wurden. Mit diesem sogenannten Substrat-Modeling können die Zusammenhänge zwischen Rezeptorbindung und molekularer Struktur eines potentiellen Wirkstoffs herausgefunden werden. So wurde ein Modell für die Interaktionsstellen zwischen Wirkstoff und der Bindungsstelle erstellt. Nun versuchen die Forscher, die Wirksamkeit eines neuen Moleküls bereits vorherzusagen, ohne es vorher synthetisiert und getestet zu haben. Eine restlos befriedigende Struktur für die

Glycin-Bindungsstelle konnten die verwendeten Computerprogramme jedoch bisher noch nicht vorschlagen.

### Kein Medikament ohne Industrie

Ist ein optimaler Wirkstoffkandidat gefunden, beginnt eigentlich erst die Entwicklung zum marktreifen Arzneimittel. Die Firma Merck hat zwar schon einige der Substanzen aus dem Noe-Labor im Tierversuch geprüft, aber bislang ist noch keine über dieses Stadium hinausgekommen. Falls eine Substanz die vorklinische Phase der Entwicklung, bei der nur am Tier getestet wird, überstanden hat, folgen bis zur Zulassung drei klinische Phasen am Menschen, in denen der Arzneistoffkandidat streng geprüft wird: eine ausgezeichnete Wirkung möglichst ohne Nebenwirkungen ist gefragt. Sollte ein Gly-



In Reih und Glied – Vorbereitung zu einem Versuch.

Der Doktorand Ralf Lyssy entwickelt Modelle der NMDA-Bindungsstellen und arbeitet an Bildern, die den NMDA-Rezeptor anschaulich machen.



an den Universitäten kann nicht dazu da sein, daß man in Konkurrenz zu den Firmen Wirkstoffe entwickelt.“ Erfolgsversprechende Substanzen müßten früher oder später zu treuen Händen in ein industrielles Umfeld gebracht werden.

Dabei gibt es eine Gratwanderung zwischen Patentanträgen, offener Forschung und Industrielaboratorien. Um die Kosten der Arzneistoffentwicklung zu tragen, muß ein Wirkstoff unbedingt patentiert sein. Doch schon das benötigt einen hohen Aufwand an Geld und Zeit. Während die Industrie eher darauf achtet, auch nach einer Patentanmeldung ihre Substanzen – wie erlaubt – möglichst lange geheim zu halten, sind gerade junge Forscher an den Universitäten darauf ange-

cinantagonist tatsächlich auf den Markt kommen, erwartet Noe einen zusätzlichen Auftrieb für die Forschung auf dem NMDA-Gebiet. „Denn dann will die Konkurrenz dieser Firma den Markt doch nicht alleine überlassen.“ Die Unternehmen suchen dann nach Schwächen des ersten Produkts und versuchen, einen besseren Arzneistoff zu entwickeln.

„Der Sieger im Wettlauf um den ersten Wirkstoff am NMDA-Rezeptor werden wir sicher nicht sein“, meint Noe. Aber die Grundlagen für ein erstes Nachfolgeprodukt könnten schon aus dem Frankfurter Labor stammen. Bislang ist eine Substanz patentiert. Die Universität sei natürlich bei der Wirkstoffentwicklung auf Pharmaunternehmen angewiesen. „Klar ist, an den Unis kann man ein solches Projekt nicht durchziehen. Das dauert etwa zehn Jahre und kostet mehr als eine halbe Milliarde Mark bis zum Medikament“, sagt Noe. „Die Forschung



Das Team um Professor Noe arbeitet an vielerlei Teilbereichen des NMDA-Rezeptors. Daneben haben die Forscher zu diesem Thema einige Kooperationen mit weiteren Gruppen im Biozentrum aufgebaut.



wiesen, möglichst viel zu veröffentlichen. Noe: „Wenn wir Universitätsleute heute ein Patent anmelden, können wir morgen einen Vortrag darüber halten.“

### Rund 50 neue Wirkstoffe weltweit

Insgesamt kommen mehr als 99,9 Prozent der im Labor entwickelten Substanzen niemals auf den Markt. Doch der Wirkstoff, der das Apothekerregal schließlich erreicht, baut auf unzähligen Erfahrungen auf, die mit den anderen gesammelt wurden. „Die Universitäten bereichern auch auf diese Weise das Potential der Pharmaforschung“, meint Noe.

Dennoch: „Es träumen schon auch viele an der Uni davon, einen Wirkstoff auf den Markt zu bringen.“

1995 erreichten weltweit nur 39 neue Arzneistoffe Marktreife – davon stammten nur zwei aus Deutschland. Die geringe Zahl sei schon bemerkenswert, wenn man bedenke wieviel tausend Forscher in Deutschland an Wirkstoffen arbeiten, meint Noe. Neue Arzneistoffe können allerdings später in vielen Arzneimittelländern. Allein der Wirkstoff von Aspirin, die Acetylsalicylsäure, steckt weltweit in mehr als 300 Medikamenten. 1996 kamen insgesamt nur rund 50 neue Arzneistoffe auf dem Markt – etwa gegen Diabetes,

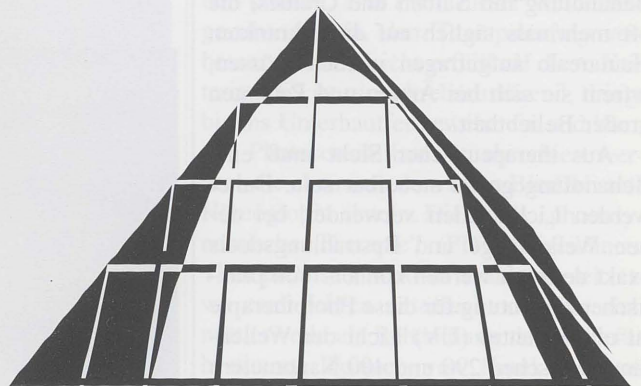
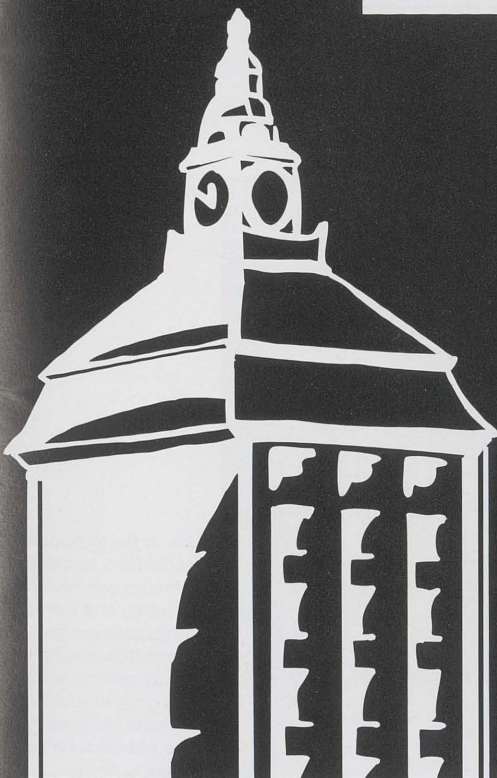
Krebs und Migräne. „Bemerkenswert ist, daß die deutsche Firma Boehringer Ingelheim dabei mit drei Neueinführungen an zweiter Stelle unter allen Firmen lag“, sagt Noe. Er hofft, daß bald auch ein neuer am NMDA-Rezeptor angreifender Wirkstoff unter den Neueinführungen vertreten sein wird.

*Die Diplom-Biologin Simone Humml (32) hat von 1988 bis 1994 an der Universität Frankfurt studiert. Seit 1990 arbeitet sie als freie Mitarbeiterin für FORSCHUNG FANKFURT. Nach einem Volontariat bei der Deutschen Presse-Agentur (dpa) ist Simone Humml seit Januar 1997 dort Redakteurin im Ressort Wissenschaft.*



# Merck verbindet

Tradition & Zukunft



# MERCK

# Die Schuppenflechte in einem neuen Licht

## Langwelliges rotes Licht als mögliche Alternative zu ultraviolettem Licht in der Therapie entzündlicher Hautkrankheiten

von Wolf-Henning Boehncke und Roland Kaufmann

Sonnenschein ist ein in unseren Breiten eher knappes Gut, gerade in der jetzigen Jahreszeit; er wird schmerzlich vermißt und daher gesucht. Die Sonne steigert unser Wohlbefinden, besonders über die stimmungsaufhellende Wirkung des Lichts. Für den Hautarzt ist insbesondere der ultraviolette Anteil des Sonnenlichts von großem Interesse; denn dieser hat eine entzündungshemmende Wirkung, was u.a. zur Therapie von Hautkrankheiten wie Neurodermitis oder Schuppenflechte ausgenutzt werden kann. Weil eine derartige Lichttherapie darüber hinaus erheblich angenehmer ist als eine Behandlung mit Salben und Cremes, die oft mehrmals täglich auf die erkrankten Hautareale aufgetragen werden müssen, erfreut sie sich bei Ärzten und Patienten großer Beliebtheit.

Aus therapeutischer Sicht muß eine Behandlung genau steuerbar sein. Daher werden Lichtquellen verwendet, bei denen Wellenlänge und Bestrahlungsdosis exakt definiert werden können. Von praktischer Bedeutung für diese Phototherapie ist ultraviolettes (UV) Licht der Wellenlänge zwischen 290 und 400 Nanometern (nm), also der sogenannte UV-B-(290-315nm) und UV-A- (315-400nm) Bereich (Abb. 1). Um den gewünschten therapeutischen Effekt zu verstärken, kann die Haut vor der Bestrahlung noch durch den Einsatz von Photosensibilisatoren lichtempfindlicher gemacht werden. Diese können als Salbe auf die Haut aufgetragen, in Tablettenform eingenommen oder mittels

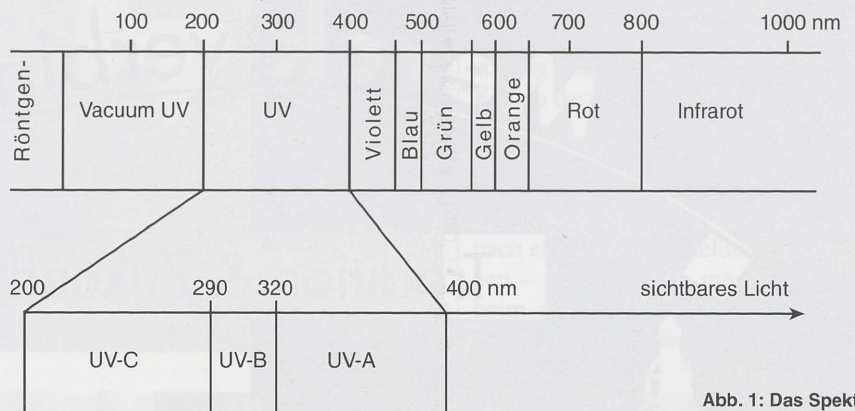


Abb. 1: Das Spektrum des Sonnenlichts.



Abb. 3: Die Schuppenflechte ist durch das Auftreten von handtellergroßen und mit einer groblamellösen asbestartigen Schuppung bedeckten rötlichen Plaques gekennzeichnet und kann die gesamte Körperoberfläche betreffen.

Infusionen verabreicht werden. Ihre Wirkung beruht auf der Fähigkeit, die Energie des einfallenden Lichts zu absorbieren und damit chemische Reaktionen auszulösen. Man kann die sich im Gewebe anhäufenden Photosensibilisatoren unter Ausnutzung dieses Effektes sichtbar machen, indem man sie durch Belichtung zur Fluoreszenz anregt (Abb. 2). Ein Zuviel an absorbierter Energie äußert sich in sonnenbrandartigen Hautreaktionen. Im Falle der kombinierten Anwendung eines Photosensibilisators und Licht spricht man von „Photochemotherapie“. Am bekanntesten ist die PUVA-Therapie, ein Akro-

nym für Psoralen und UV-A-Licht, wobei die Substanz Psoralen den Photosensibilisator darstellt. [Gupta und Anderson 1987]

PUVA gehört zu den wichtigsten Therapieformen für eine Reihe schwerer Hautkrankheiten und hat insbesondere zur Behandlung der Schuppenflechte (Psoriasis) eine große Bedeutung erlangt. Bei der Schuppenflechte treten handtellergröße und mit einer groblamellösen asbestartigen Schuppung bedeckte rötliche Plaques auf (Abb. 3). Die gesamte Körperoberfläche kann betroffen sein. Die Erkrankung verläuft in Schüben. Nur diese Schübe

können behandelt werden, eine Heilung ist bislang nicht möglich. In Deutschland sind etwa zwei bis drei Prozent der Bevölkerung an Schuppenflechte erkrankt. Zu den Kennzeichen der Psoriasis gehört eine stark ausgeprägte Entzündung in der Unterhaut, die zu einer massiv gesteigerten Vermehrung der Oberhaut-Zellen, der Keratinozyten, führt [Christophers und Sterry 1993].

Wo viel Licht ist, ist viel Schatten: Vor dem Hintergrund der Hautkrebs auslösenden Wirkung des UV-A-Anteils des Sonnenlichts und der speziellen Wirkungsweise des Photosensibilisators Psoralen, welcher sich in den Doppelstrang des Erbmoleküls DNS einlagert, wurde befürchtet, daß die PUVA-Therapie zu einer erhöhten Hautkrebsrate bei entsprechend therapierten Patienten führen könnte. In jüngster Zeit häufen sich die Hinweise, daß dies tatsächlich der Fall ist [Stern 1991]. Daher stellt sich die Frage nach einer alternativen Photochemotherapie, welche die etablierte PUVA-Therapie zumindest zur Behandlung prinzipiell gutartiger Hautkrankheiten wie der Schuppenflechte ersetzen könnte.

#### Verlockungen des „Rotlicht-Milieus“

Ein wesentlicher Schritt, um die Gefahr einer Hautkrebsentstehung durch therapeutische Bestrahlungen zu vermeiden, besteht in dem Versuch, unbedenklichere Wellenlängenbereiche nutzbar zu machen. Darüber hinaus wäre eine Wellenlänge vorteilhaft, die eine ausreichend tiefe Gewebepenetration aufweist, also möglichst Licht mit einer größeren Wellenlänge als UV-Licht. Schließlich könnten Photosensibilisatoren, die in dem entsprechenden Spektralbereich eingesetzt werden können, also Licht dieser Wellenlänge absorbieren, den Therapieerfolg verbessern. Rotes Licht erfüllt all diese Kriterien: Es ist nicht krebsauslösend, dringt bis ins Unterhautfettgewebe ein und kann von Photosensibilisatoren absorbiert werden, die chemisch dem roten Blutfarbstoff Hämoglobin ähneln. Dieser als „photodynamische Therapie“ (PDT) bezeichnete Therapieansatz wird in Frankfurt seit etwa zwei Jahren untersucht und hat sich mittlerweile als Behandlung der Wahl für bestimmte Formen von Hautkrebs etabliert.

Bei der PDT wird der Photosensibilisator mittels Rotlicht-Bestrahlung vom Grundzustand S0 in den energiereicheren

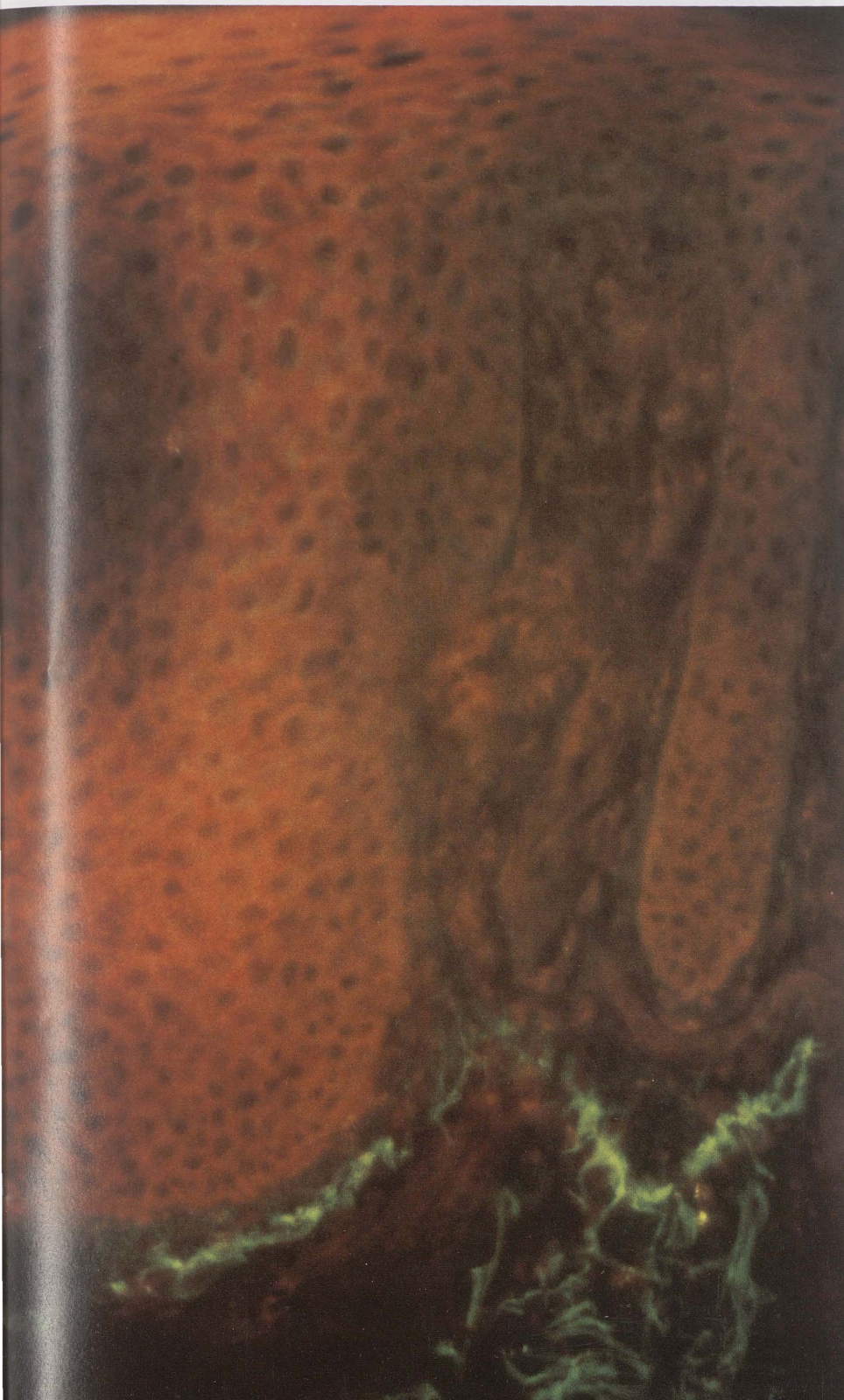


Abb. 2.: Die Anreicherung des Photosensibilisators in den hochgradig aktivierten Keratinozyten eines Psoriasis-Plaques läßt sich durch die orange Fluoreszenz sichtbar machen (grün: Eigenfluoreszenz des Bindegewebes).



# Dermatop®

Für jedes Ekzem  
Nur 1x täglich auftragen

## Dermatop® Salbe / -Fettsalbe / -Creme / -Lösung

**Wirkstoff:** Prednicarbat - Verschreibungspflichtig. **Zusammensetzung:** Arzneilich wirksamer Bestandteil: 1 g Dermatop Salbe, -Fettsalbe, -Creme und -Lösung enthalten je 2,5 mg Prednicarbat. **Sonstige Bestandteile:** Salbe: Edetinsäure, Glycerolmonooleat, Magnesiumsulfat, 2-Octyldodecanol, weiße Vaseline, gereinigtes Wasser. Fettsalbe: Glycerolmonooleat, 2-Octyldodecanol, weiße Vaseline. Creme: Benzylalkohol, Edetinsäure, Fettalkohole (1-Octadecanol = Stearylalkohol, 1-Hexadecanol = Cetylalkohol, 1-Tetradecanol = Myristylalkohol), 2-Octyldodecanol, dünnflüssiges Paraffin, Polysorbat 60, Sorbitanstearat, gereinigtes Wasser. Lösung: Alkohol (Ethanol), Edetinsäure, Polyolfettsäureester (Poly(oxyethylen)-7-glycerolmonoalkanoat), Propylenglykol, gereinigtes Wasser, Zitronensäuremonohydrat. **Indikationen:** Auf Kortikoide ansprechende entzündliche Hautkrankheiten. **Lösung:** Psoriasis, atopisches Ekzem an behaarten Körperstellen, Handflächen, Fußsohlen. **Dosierung:** 1 x tgl. dünn auftragen. **Kontraindikationen:** Hauterscheinungen infolge von Impfungen, Syphilis, Tuberkulose, Befall mit Pilzen, Bakterien oder Viren (z.B. Windpocken). Periorale Dermatitis, Rosacea. Nicht am Auge anwenden. Bekannte Überempfindlichkeit gegen Inhaltsstoffe. **Großflächige Anwendung** (mehr als 30 % der Körperoberfläche) im 1. Drittel der Schwangerschaft. Auch während der restlichen Schwangerschaft und in der Stillzeit sollte großflächige Anwendung vermieden werden. Während der Stillperiode keine Anwendung im Brustbereich. Lösung: Säuglinge. **Hinweis:** Bei der Behandlung mit Dermatop Creme, -Salbe oder -Fettsalbe kann es wegen des Hilfsstoffs dünnflüssiges Paraffin bzw. weiße Vaseline bei gleichzeitiger Anwendung von Kondomen aus Latex zu einer Verminderung der Reißfestigkeit und damit zur Beeinträchtigung der Sicherheit solcher Kondome kommen. **Nebenwirkungen:** Die vorliegenden Erfahrungen zeigen, daß Nebenwirkungen wie deutliches Dünnerwerden der Haut (Hautatrophie), Teleangiektasien, Striae distensae bei bestimmungsgemäßem Gebrauch nicht zu erwarten sind (Behandlungsdauer bis zu 4 Wochen). Unter allen Dermatop-Zubereitungen können in seltenen Fällen Juckreiz, Follikulitis oder allergische Hautreaktionen (z.B. mit Rötung, Nässen, Pusteln und ebenfalls Brennen) auftreten. Angaben gekürzt - weitere Einzelheiten entnehmen Sie bitte der Fach- bzw. Gebrauchsinformation, die wir Ihnen auf Wunsch gerne zur Verfügung stellen. Stand Juni 1997.  
Hoechst AG, Hoechst Marion Roussel Deutschland GmbH, 65926 Frankfurt/Main. LI 661 7202

Hoechst Marion Roussel

Hoechst

Hoechst Marion Roussel  
Das Pharma-Unternehmen von Hoechst

Singulettzustand S1 überführt (Abb. 4), der ohne Freisetzung von Strahlung in den langlebigen Triplettzustand mündet. Die gespeicherte Energie wird nun auf Sauerstoff übertragen, so daß Singulett-sauerstoffmoleküle entstehen; dabei wird der Photosensibilisator deaktiviert und geht wieder in den Grundzustand S0 über. Der entstandene sehr reaktionsfähige Singulett-sauerstoff stellt das Wirkprinzip der

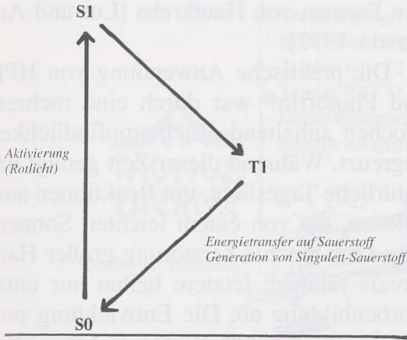


Abb. 4: Bei der PDT wird der Photosensibilisator durch Bestrahlung angeregt, bevor er in den Triplettzustand T1 übergeht und schließlich durch Bildung von Singulett-sauerstoff seine Wirkung entfaltet.

PDT dar [Landthaler et al. 1994]. In der Regel bindet der Photosensibilisator an biologische Membranen. Aufgrund der kurzen Halbwertszeit des Singulett-sauerstoffs – sie liegt im Bereich von Mikrosekunden – und der daraus resultierenden geringen Diffusionsstrecken (etwa 0,01 bis 0,1 Mikrometer) entfaltet sich die zellschädigende Wirkung der PDT an diesen

Strukturen, wobei sowohl die Membran der Zelle als auch von Zell-Organellen, insbesondere der Mitochondrien, betroffen sein können. Die Folgen einer PDT reichen von einer Störung bestimmter Zellfunktionen (z.B. Produktion und Ausschüttung von entzündungsauslösenden Botenstoffen) bis hin zum Zelltod [Valenzano 1987]. Zur Behandlung entzündlicher Hautkrankheiten wie der Schuppenflechte genügt die Beeinträchtigung der Zellfunktion, die Zerstörung der Zelle hingegen ist das Behandlungsziel im Fall von Hautkrebs.

**Selektivität ist Trumpf**

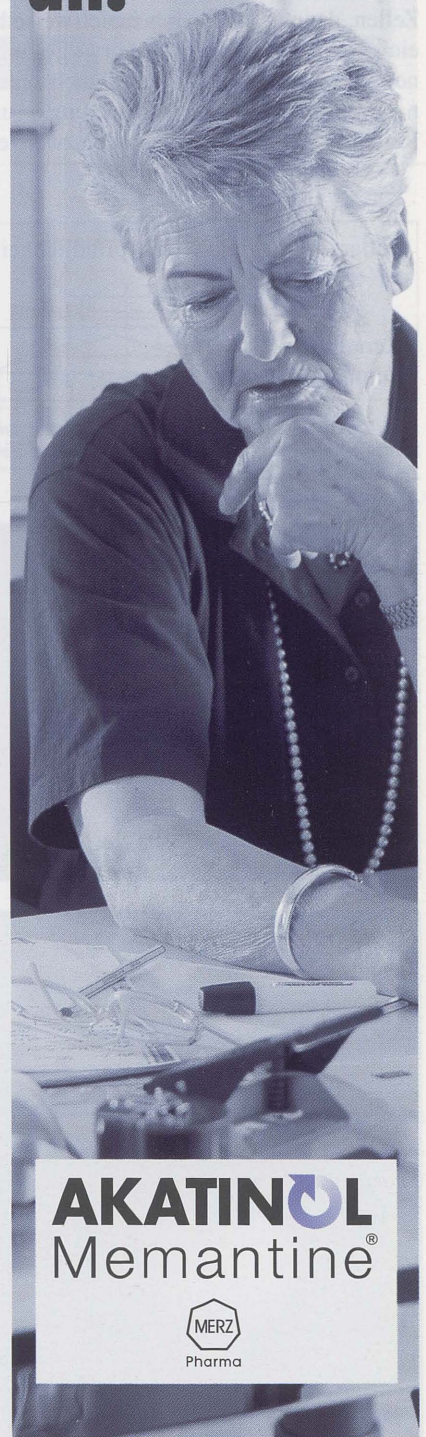
Plant man den Einsatz der PDT bei Erkrankungen wie der Psoriasis, die sich durch den Befall großer Hautareale auszeichnet, wäre es besonders wünschenswert, die photochemischen Reaktionen auf bestimmte Zielzellen zu beschränken. Im Fall der Psoriasis wird angestrebt, die Aktivität der Entzündungszellen im Bereich der Unterhaut sowie die massiv gesteigerte Keratinozyten-Proliferation zu hemmen. Die „Matrix“ der Haut, also u.a. das Bindegewebe oder die Blutgefäße, sollte möglichst wenig in Mitleidenschaft gezogen werden.

Tatsächlich konnten wir zeigen, daß beispielsweise Entzündungszellen wie die Lymphozyten etwa um den Faktor 10 empfindlicher gegenüber PDT sind als Keratinozyten oder Bindegewebszellen (Abb. 5). Ein Grund für diese gravierend unterschiedliche Empfindlichkeit ist darin zu sehen, daß nach Gabe des Photosensibilisators dieser von Lymphozyten in sehr viel höherem Maß aufgenommen wird als

Zellart	relative Empfindlichkeit	
	monochromatisches Licht (Laser)	polychromatisches Licht (konventionelle Rotlicht-Quelle)
T-Lymphozyt	4	1
B-Lymphozyt	10	5
Bindegewebe	>30	>30
Keratinozyt	>30	>30

Abb. 5: Vergleich der Empfindlichkeit verschiedener Zellarten gegenüber PDT.

# Den Erfolg miterleben: von Anfang an.



von Keratinozyten. Dies läßt sich mittels Fluoreszenzmikroskopie sowohl in der Zellkultur als auch in den Hautveränderungen von Patienten nachweisen (Abb. 6) [Boehncke et al. 1996].

Aber auch innerhalb derselben Zellart bestehen erhebliche Unterschiede. Mit verschiedenen Wachstumsfaktoren stimulierte Keratinozyten weisen eine gegenüber nicht-stimulierten Zellen deutlich höhere Empfindlichkeit für PDT auf (Abb. 7). Dieser Effekt ist jedoch zumindest bei Keratinozyten auch abhängig vom Reifegrad der Zellen, denn er läßt sich beispielsweise bei einigen aus Keratinozyten hervorgegangenen „unreifen“ Tumorzellen nicht mehr nachweisen (Abb. 7). Aktivierungs- und Reifegrad der Zielzelle sind also zwei zen-

Zellart	relative Empfindlichkeit	
	in Ruhe	aktiviert
Keratinozyt	1	>4
Tumorzelle	>4	>4

Abb. 7: Aktivierungs- und Reifungsgrad sind zwei zentrale Parameter, die die Empfindlichkeit einer Zielzelle für PDT determinieren.

trale Parameter, die die Empfindlichkeit für PDT determinieren.

Häufig bestehen hinsichtlich dieser beiden Parameter Unterschiede zwischen erkrankter und nicht-erkrankter Haut. Dies gilt insbesondere für Psoriasis, wo die Keratinozyten in den Plaques hochgradig aktiviert sind und sich auch in ihrer Ausreifung von Keratinozyten der benachbarten unbefallenen Haut abgrenzen. Daher reichert sich der Photosensibilisator bevorzugt in den Psoriasis-Plaques an. Im Rahmen der nachfolgenden Bestrahlung laufen die therapeutisch gewünschten Reaktionen dann selektiv in diesen Hautarealen ab.

### Von der Theorie zur Praxis

Prinzipiell ist es also möglich, mittels PDT Effekte an den gewünschten Zielzellen hervorzurufen. Beobachtungen über therapeutische Effekte des Sonnenlichts nach Kontakt mit damals noch nicht näher charakterisierbaren Photosensibilisatoren gehen zurück bis zum Jahr 1903. Heute weiß man, daß es sich dabei um Effekte des roten Spektralbereichs des Sonnenlichtes handelte, vermittelt durch dem Hä-

moglobin verwandte Stoffe und somit definitionsgemäß eine Form der PDT. Systematisch wird die PDT jedoch erst seit etwa drei Jahrzehnten betrieben. In dieser Zeit erhielten die meisten Patienten Photosensibilisatoren, die ebenfalls chemisch dem Hämoglobin ähneln, nämlich das Hämatoporphyrin-Derivat® (HPD) und das daraus gewonnene Photofrin®, das die teilweise gereinigten photoaktiven Komponenten des HPD enthält. Der weitaus größte Teil dieser Patienten litt unter kleinflächigen Veränderungen, im dermatologischen Bereich etwa an verschiedenen Formen von Hautkrebs [Lui und Anderson 1992].

Die praktische Anwendung von HPD und Photofrin® war durch eine mehrere Wochen anhaltende Lichtempfindlichkeit begrenzt. Während dieser Zeit genügt das natürliche Tageslicht, um Reaktionen auszulösen, die von einem leichten Sonnenbrand bis hin zur Zerstörung großer Hautareale reichen; letztere heilen nur unter Narbenbildung ab. Die Entwicklung moderner Photosensibilisatoren hat neben der Aktivierung durch längerwelliges und damit tiefer ins Gewebe dringendes Licht das Ziel, Abbau und Ausscheidung des

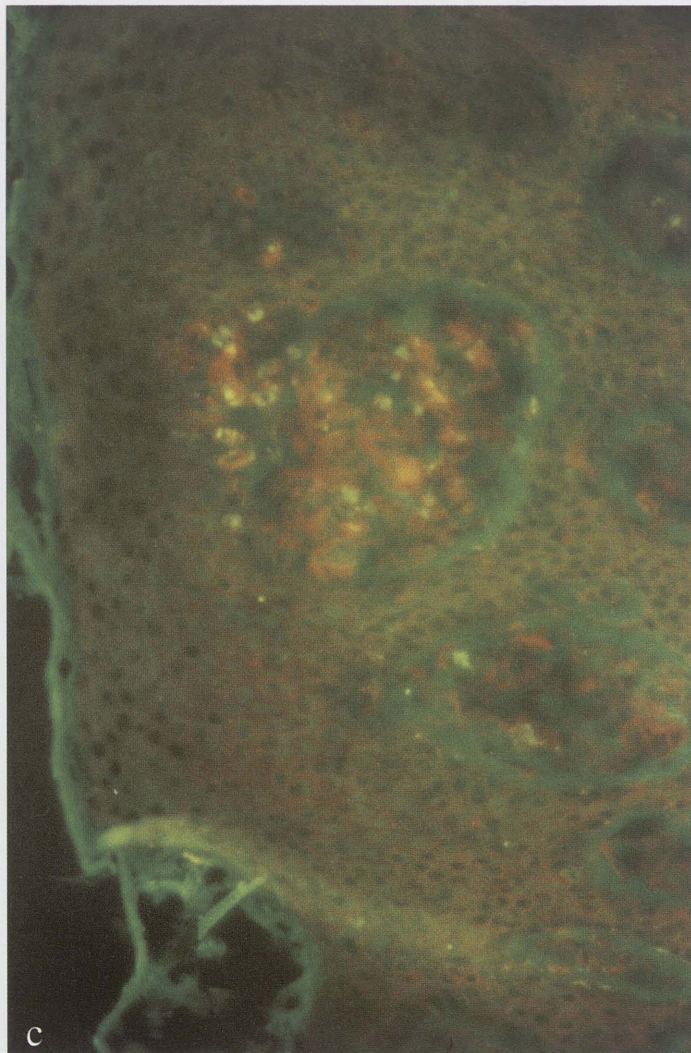
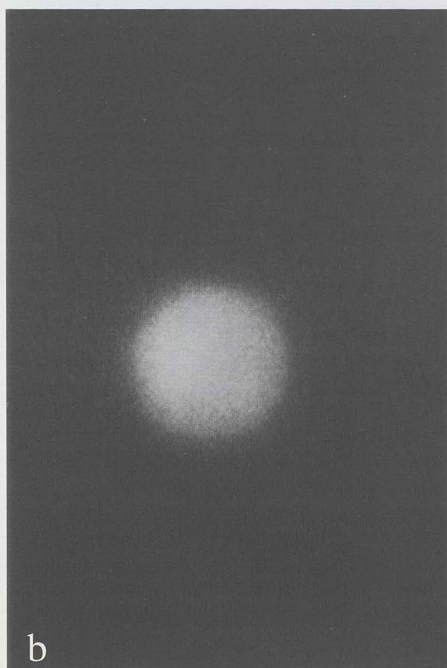


Abb. 6: Der Fluoreszenz-Unterschied zwischen einem Keratinozyten (a) und einem Lymphozyten (b) ist Ausdruck der unterschiedlichen starken Aufnahme eines Photosensibilisators durch diese beiden Zellarten. Er ist auch in Hautveränderungen von Patienten zu beobachten (c); grün: Eigenfluoreszenz der Bindegewebszellen; rot: schwache Fluoreszenz der Keratinozyten; orange: starke Fluoreszenz der Lymphozyten).

# Kurorte

# und

# Kliniken

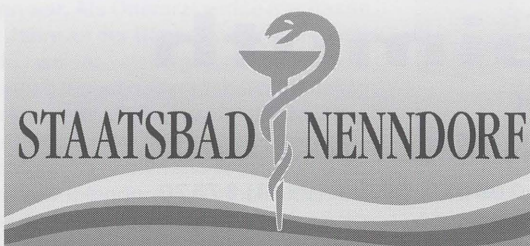
Taunus Therme  
 Werner Wicker KG  
 Seedammweg  
 61352 Bad Homburg v.d. Höhe  
 Telefon 0 61 72 / 40 64 - 0  
 Telefax 0 61 72 / 4 20 03  
 taunus@thermen.de  
 http://www.thermen.de



Quelle der Erholung



Öffnungszeiten: täglich von 9:00-23:00 Uhr,  
 Mittwoch, Freitag und Samstag bis 24:00 Uhr



**Wir sind IHR kompetenter Partner bei der Behandlung der Psoriasis (Schuppenflechte)**

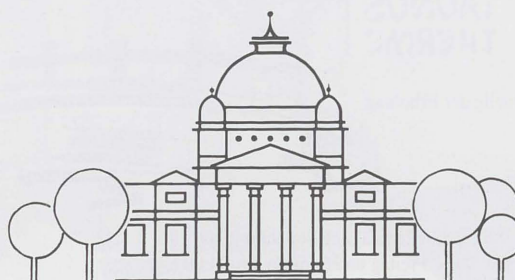
**Wir bieten das gesamte Spektrum der Balneo-Phototherapie**

**Ausführliche Informationen:**  
 Telefon: 05723/702-653  
 Telefax: 05723/702-699

**Postanschrift:**  
 Poststraße 4  
 31542 Bad Nenndorf

DIAGNOSTIK • THERAPIE • REHABILITATION

NIEDERSÄCHSISCHES STAATSBAD NENNDORF: IHRE CHANCE FÜR MEHR GESUNDHEIT



**Seit 10 Jahren erfolgreich:  
 Balneo-Photo-Therapie  
 im Kaiser-Wilhelms-Bad, Bad Homburg**

Das Kaiser-Wilhelms-Bad in Bad Homburg v. d. Höhe bietet ein breites Spektrum wirksamer Verfahren der Balneo-Photo-Therapie. Dazu zählen die Sole-Photo-Therapie, die Bade-PUVA-Therapie, die UVA-1-Phototherapie und das Licht-Öl-Bad (Cleopatra-bad).

Seit 10 Jahren erzielen wir im Kaiser-Wilhelms-Bad mit diesen Therapieformen gute Erfolge, und das bei Erwachsenen wie bei Kindern. Zahlreiche Hauterkrankungen werden behandelt, so zum Beispiel Psoriasis und Neurodermitis.

Entstanden aus der Erkenntnis des heilsamen Zusammenwirkens von Salzwasser und Sonnenlicht, ist die Balneo-Photo-Therapie heute wissenschaftlich anerkannt. In Bad Homburg haben wir den Ansatz nach neuesten Erkenntnissen weiterentwickelt. Unser umfassendes Therapieangebot verhilft immer mehr Patienten zu Linderung und Heilung.

**Kur- und Kongreß-GmbH Bad Homburg v. d. Höhe  
 Kaiser-Wilhelms-Bad im Kurpark  
 61348 Bad Homburg v. d. Höhe**

Auskünfte und Termine:  
 Tel. (06172) 675-160 Fax (06172) 675-166  
 Internet: <http://www.bad-homburg.de>  
 E-Mail: [info@Bad-Homburg.de](mailto:info@Bad-Homburg.de)

# Kurorte

# und

# Kliniken

Taunus Therme  
 Werner Wicker KG  
 Seedammweg  
 61352 Bad Homburg v.d. Höhe  
 Telefon 0 61 72 / 40 64 - 0  
 Telefax 0 61 72 / 4 20 03  
 taunus@thermen.de  
 http://www.thermen.de



Quelle der Erholung



Öffnungszeiten: täglich von 9:00-23:00 Uhr,  
 Mittwoch, Freitag und Samstag bis 24:00 Uhr

*Wählen Sie  
 für Ihre  
 Gesundheit  
 nur das  
 Beste!*

**Erleben Sie das Tote Meer -  
 gelobtes Land für  
 Haut- und Gelenkkrankheiten**

**IMTS** ist Ihr Spezialist für medizinische  
 Reisen an das Tote Meer und ist bundes-  
 weit Partner vieler Krankenkassen.  
 Schreiben Sie uns oder rufen Sie an.  
 Wir sind immer für Sie da, denn Service  
 ist unsere Stärke.

**IMTS**

**ISRAELISCHER  
 MEDIZINISCHER  
 THERAPIE SERVICE  
 FLUGREISEN GMBH**

In Zusammenarbeit mit  
**DEAD SEA MOR**  
 Dermatology & Rheumatology Clinic  
 Solarium, Ein Bokek, Dead Sea, Israel

Georg-Friedrich-Händel-Str. 10 • 72766 Reutlingen E-Mail: IMTS@IMTS.de  
 Telefon 071 21 / 479220 • Telefax 071 21 / 479251 Internet: http://www.imts.de

# Renata Freimuth

Ihr Spezialbüro für

**KLIMA-HEILBEHANDLUNG AM TOTEN MEER / JORDANIEN**

**D-32423 Minden • Kampstraße 28 • Telefon (05 71) 205 07 • Telefax (05 71) 873 70**

## Bio-Licht

Gesundes Licht

- = ausgezeichnetes Sehen
- = weniger Ermüdung
- = weniger Streß
- = besseres Wohlbefinden
- = gesünderes Leben



Licht steuert alle lebenswichtigen Hormon- u. Stoffwechselfunktionen  
 Natürliches Vollspektrumlicht für Gesundheit, Arbeit und gutes Sehen

**Bio-Licht** Jetzt *eigene* Vollspektrum-Tageslicht-Röhren

Damit endlich erheblich billiger! - mindestens gleiche Qualität wie vorher  
 Deutsche Fertigung = Erhalt unserer Arbeitsplätze! 1 Jahr Garantie!

- EVG **flickerfreies** Licht - 35 % Stromkosten
- Decken-, BAP-, Hänge-, System-Leuchten
- Tisch-, Schwenkarm-, Arbeitstisch-Leuchten
- Atelier- + **Lichttherapie-Leuchten**  
 (gegen Winterdepressionen u.a. Erkrankungen)
- Licht-Pionierarbeit seit 1982
- Erfahrung und gute Beratung
- **preisgünstige Qualität**
- erfolgreich: über 10.000 Kunden
- 2 Jahre Garantie: andere Artikel

Vertrieb an: Groß- und Fachhandel  
 Industrie, Wirtschaft, Behörden, alle  
 Infoschrift 'Gesundes Licht' 24 S.

**BIO-LIGHT**® Kurz von Schmeling  
 D-84579 Unterneukirchen 23, Obergünzlstr. 46  
 Tel. 08634-5002, -5003; Fax 08634-6362

## Ihr erfahrener Partner

bei der Herstellung von  
 Dokumentationen, Festschriften,  
 Programmheften  
 mit Anzeigenwerbung

**Anzeigenagentur Alpha  
 Verlagsgesellschaft mbH  
 Verlagspartner für  
 Universitäten und Institutionen  
 des öffentlichen Rechts**

Postfach, 68604 Lampertheim  
 Finkenstraße 10, 68623 Lampertheim  
 Telefon: 0 62 06 / 9 39 - 0  
 Telefax: 0 62 06 / 9 39 - 232

**ALPHA**



Photosensibilisators zu beschleunigen und damit die Phase der therapeutisch nicht notwendigen und damit unerwünschten Lichtempfindlichkeit zu minimieren. Auch bei diesen Substanzen handelt es sich um Porphyrin-Derivate, also hämoglobinartige Moleküle. Die Phase der Lichtempfindlichkeit beträgt dabei weniger als eine Woche. Derartige Photosensibilisatoren stehen seit Anfang der neunziger Jahre für die klinische Anwendung im Rahmen wissenschaftlicher Untersuchungen zur Verfügung. Im dermatologischen Bereich bietet die lokale Anwendung des Photosensibilisators in Sal-

benform eine zusätzliche Strategie, um eine generalisierte Lichtempfindlichkeit zu vermeiden.

Die gebräuchlichsten Lichtquellen für PDT waren aus historischen Gründen bisher Laser, die rotes Licht einer genau definierbaren Wellenlänge aussenden: Führend auf dem Gebiet der PDT waren Urologen und Chirurgen, die eine Bestrahlung von Tumoren in Körperhöhlen des Menschen wie der Harnblase oder Speiseröhre anstrebten. Die Möglichkeit, den Laserstrahl in flexible Lichtleiter einzukoppeln und eine Bestrahlung mit etablierten endoskopischen Techniken

durchzuführen, stellte für diese Anwendungsform einen großen Vorteil dar. In der Dermatologie jedoch ist dies entbehrlich. Darüber hinaus sind die physikalischen Eigenschaften eines Laserpulses, insbesondere die Aussendung von Licht einer ganz genau definierten Wellenlänge („Monochromasie“) nicht erforderlich, um photodynamische Reaktionen auszulösen. Für die Behandlung großer Hautareale sind Laser nicht geeignet, da sich ihr Strahl nur sehr begrenzt aufweiten läßt. Vor dem Hintergrund der hohen Kosten von Lasersystemen erscheint daher der Einsatz technisch einfacherer und damit

Professor Dr. Roland Kaufmann (43, rechts im Bild) erhielt 1994 seinen Ruf auf die Professur für Dermatologie und Venerologie am Klinikum der Johann Wolfgang Goethe-Universität. Seit 1995 leitet er das Zentrum der Dermatologie und Venerologie als Geschäftsführender Direktor. Nach dem Studium in Bern, einer internistisch-pädiatrischen Weiterbildung und einem Forschungsaufenthalt am Queensland Melanoma Project folgte die Ausbildung zum Dermatologen und Allergologen. In dieser Zeit bereits verfaßte er zusammen mit seinem aus der Frankfurter Schule um Professor Oscar Gans stammenden Lehrer Professor Erich Landes ein Standardwerk über die operative Dermatologie, das auch in der zweiten Auflage rasch vergriffen war. Als Oberarzt wirkte Kaufmann acht Jahre an der Ulmer Universitätshautklinik, wo er sich grundlagenwissenschaftlich insbesondere mit funktionellen Aspekten von Adhäsionsmolekülen in der Tumorprogression und Immunantwort beschäftigte. So habilitierte er 1990 über die Rolle von Integrinrezeptormolekülen bei Hauterkrankungen. Kaufmann ist an der Frankfurter Universität Mitglied des neubegründeten Sonderforschungsbereichs der Deutschen Forschungsgemeinschaft „Intrazelluläre Organisation von Regulations- und Transportprozessen“ (SFB 474) und leitet zusammen mit seinem Mitarbeiter Privatdozent Dr. rer. nat. August Bernd ein Teilprojekt, das sich in Kooperation mit der Arbeitsgruppe um Professor Jürgen Bereiter-Hahn (Zellbiologie, Biozentrum der Universität) mit Fragen der Transduktion mechanischer Signale in Hautzellen auseinandersetzt. Ein klinisch orientierter Schwerpunkt seiner Forschung war zusammen mit dem Ulmer Physiker Privatdozent Dr. Raimund Hibst die Neuentwicklung von Lasergeräten zum schonenden Einsatz dieser Technologie bei verschiedenen dermatologischen Indikationen, insbesondere der gezielten Abtragung oberflächlicher Hautveränderungen unter Vermeidung thermischer Nebenwirkungen oder der selektiven Photothermolyse von Pigmenten. So geht der heute weltweit verbreitete Einsatz der Hautablation („skin-resurfacing“



z.B. Glättung der Hautoberfläche bei Aknenarben oder bei sonnengeschädigter Altershaut) mittels des Erbium: YAG-Lasers auf diese Arbeiten zurück. Ferner hat er das Konzept der topischen photodynamischen Therapie unter Verwendung einer neuentwickelten Strahlenquelle zur vereinfachten großflächigen äußerlichen Anwendung am Hautorgan eingeführt und für verschiedene dermatologische Indikationen zusammen mit Privatdozent Dr. Wolf-Henning Boehncke bereits in der Ulmer Zeit nutzbar gemacht.

Dr. Wolf-Henning Boehncke (34), Hochschuldozent und Oberarzt am Zentrum für Dermatologie und Venerologie des Frankfurter Universitätsklinikums, forscht seit zehn Jahren auf dem Gebiet der Psoriasis, der Schuppenflechte. Neben der Grundlagenforschung sucht er besonders nach Wegen, die Therapie zu verbessern. Dazu gehören insbesondere seine klinischen Studien zur photodynamischen Therapie (PDT). Auch in seiner Habilitationsschrift, die Boehncke 1995 vorlegte, beschäftigt er sich mit der Schuppenflechte – Thema „Alterationen

des kutanen Immunsystems bei Psoriasis vulgaris“. Zu seinem wissenschaftlichen Werdegang: Boehncke studierte Humanmedizin in Kiel und Glasgow und absolvierte nach dem ersten Staatsexamen ein Praktikum am Humangenetischen Institut der Universität Aarhus (Dänemark). Nach dem dritten Staatsexamen und der Promotion (1988) ging er als Postdoc zum National Institute of Health, Bethesda, Maryland (USA); im Anschluß an seine wissenschaftliche Tätigkeit in dem dortigen Immunologischen Institut absolvierte Boehncke auch seine Ausbildungsphase „Arzt im Praktikum“ in Bethesda. Als Assistenzarzt war er später in Kiel und Ulm tätig, wo seine enge Kooperation mit Professor Kaufmann begann. 1994 machte Boehncke seinen Facharzt für Haut- und Geschlechtskrankheiten, ein Jahr später erwarb er die Zusatzbezeichnung „Allergologie“. 1996 erhielt Boehncke einen Ruf auf eine Dozentur an der Universitätshautklinik Frankfurt. Der Dermatologe hat bereits einige wissenschaftliche Aufsätze in renommierten Fachzeitschriften wie Nature und Lancet veröffentlicht.

erheblich billigerer Rotlichtquellen in der Dermatologie sinnvoll, ja sogar vorteilhaft. Tatsächlich wurden einige der initialen PDT-Studien in den USA mit Bestrahlungsquellen durchgeführt, welche Licht verschiedener Wellenlängen emittieren, u.a. mit Diaprojektoren oder gefilterten Xenonlampen. Die Universitätsklinik in Frankfurt und Regensburg entwickelten zusammen mit einem Anbieter medizinischer Bestrahlungseinheiten eine für die Anforderungen in der Dermatologie optimierte Lichtquelle (Abb. 8). Ziel war eine bedienungsfreundliche Lampe mit homogenem Emissionsspektrum im roten Spektralbereich zwischen 600 und 700 Nanometern und ausreichender Leistungsstärke, um größere Hautareale in einer praktikablen Zeit zu bestrahlen. Das in Abbildung 8 gezeigte Gerät erfüllt diese Anforderungen und besitzt die Zulassung gemäß Medizin-Geräteverordnung.

### Erste klinische Erfahrungen

Mittlerweile werden mehrere moderne Photosensibilisatoren bereits in klinischen Studien angewandt. Geeignete Lichtquellen zur großflächigen Bestrahlung befinden sich in einem fortgeschrittenen Entwicklungsstadium. Vor diesem Hintergrund lassen vor allem zwei experimentelle Befunde die Psoriasis als besonders geeignet für eine PDT erscheinen:

- ▶ Die für das Entzündungsgeschehen bei der Psoriasis besonders relevanten Lymphozyten sind von vornherein relativ empfindlich für PDT.
- ▶ Entzündungsprozesse haben einen positiven Einfluß auf die Anreicherung von Photosensibilisatoren.

Der Vorschlag, Psoriasis herde photodynamisch zu behandeln, stammt aus dem Jahr 1937. Diese Strategie wurde in den achtziger Jahren aufgegriffen, nachdem die Grundlagen der PDT erforscht und medizinisch einsetzbare Photosensibilisatoren entwickelt worden waren.

Da die Psoriasis keine bösartige Erkrankung wie z.B. Hautkrebs ist, besteht prinzipiell die Möglichkeit einer relativ schonenden PDT, da die Zielzellen nicht zerstört werden müssen, sondern die Beeinflussung des Funktionszustandes dieser Zellen für den therapeutischen Effekt ausreichend ist. Außerdem zwingen schon rein praktische Gründe zu einer möglichst „milden“ PDT: Viele der mit Porphyrin-Derivaten behandelten Patienten berichten über Brennen oder Schmerzen im Bestrahlungsfeld, die mit zunehmender Lichtdosis stärker werden. Für die Behandlung gutartiger Hautkrankheiten scheint sich daher eher eine Therapie in mehreren Sitzungen unter Verwendung

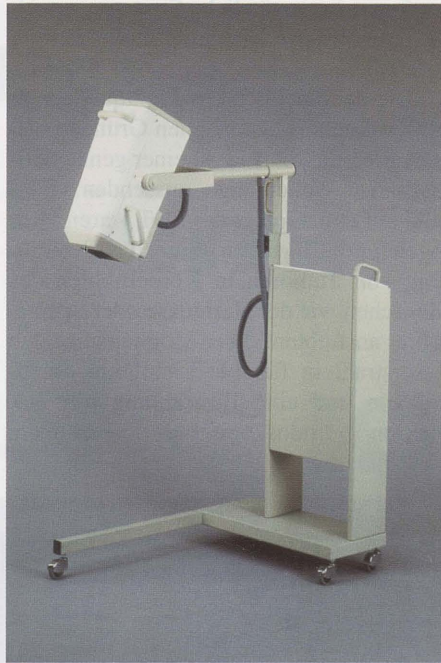


Abb. 8: Prototyp einer Bestrahlungsquelle für die PDT bei großflächigen Hautkrankheiten.

vergleichsweise niedriger Dosierungen von Photosensibilisator und Licht anzubieten. Für erste Behandlungen von Psoriasis-Patienten wählten wir daher ein Therapieschema, wonach wöchentlich drei Bestrahlungen erfolgten; der Photosensibilisator wurde als Salbe auf ein vorher ausgewähltes Testareal aufgetragen, das nicht mehr als fünf Prozent der Körperoberfläche betrug. Mit diesem Therapieschema konnte die Psoriasis zur Abheilung gebracht werden, ohne daß unerwünschte Nebenwirkungen auftraten. Ein Brennen während der Bestrahlung spürten jedoch alle Patienten, stuften es jedoch als „aushaltbar“ ein [Boehncke et al. 1994].

Bei jeder Form der Lichttherapie wird zwangsläufig auch gesunde Haut mitbestrahlt. Daher sollten diese Behandlungen nur bei schwereren Fällen einer Psoriasis mit Befall großer Hautareale angewandt werden. Um eine PDT für diese Patienten praktikabel zu gestalten, erscheint eine systemische Gabe des Photosensibilisators, wie dies auch bei der PUVA-Therapie erfolgt, sinnvoll. Derzeit führen wir am Frankfurter Universitätsklinikum, Zentrum der Dermatologie und Venerologie, eine klinische Studie zur Erprobung dieses Ansatzes durch. Dabei erfolgt die Gabe des Photosensibilisators – eines modernen Porphyrin-Derivats, das bereits für verschiedene andere Anwendungsgebiete in Amerika, Europa und Asien zugelassen ist – als Kurzinfusion über 10 Minuten direkt in eine Vene. Eine bis drei Stunden später wird eine Bestrahlung durchgeführt. Ziel dieser Studie ist es, unter Verwendung eines bewährten Photosensibili-

sators eine Photochemotherapie zu entwickeln, mit der auch schwere Formen der Psoriasis behandelt werden können. Falls diese weltweit einzigartige Studie erfolgreich verlaufen sollte, könnte diese Therapie eine wertvolle Alternative für die PUVA-Behandlung der Psoriasis werden [Boehncke und Kaufmann 1996].

Im Gegensatz zur PDT mit systemischer Gabe des Photosensibilisators in Tabletten- oder Infusionsform ist der Ansatz unter Verwendung der beschriebenen Lichtquelle und einer Photosensibilisatorhaltigen Salbe bereits gut etabliert. Am Zentrum der Dermatologie und Venerologie des Frankfurter Universitätsklinikums stellt er seit etwa zwei Jahren die Therapie der Wahl bei einigen Formen von Hautkrebs dar und ist eine wertvolle Alternative in Fällen, wo andere Behandlungsformen nicht eingesetzt werden können. Dies gilt z.B. für

- ▶ flächenhaft auftretende Vorläufer und Frühformen von Hautkrebs
- ▶ Hautkrebs in mit Röntgenstrahlen verhandelten Bestrahlungsarealen
- ▶ schwierig zu operierender und großer Hautkrebs (z.B. an der Ohrmuschel)
- ▶ eine große Zahl von bösartigen Hautveränderungen (Hautkrebs) bei demselben Patienten
- ▶ Hautkrebs bei Patienten, denen aufgrund ihres allgemeinen Gesundheitszustandes eine Operation nicht zugeordnet werden kann.

In den letzten beiden Jahren wurden etwa 30 Patienten mit sehr gutem Erfolg mittels dieser Form der PDT behandelt.



### Literatur

- Gupta A.K., Anderson T.F. Psoralen photochemotherapy. *J Am Acad Dermatol* 1987, 17: 703-734.
- Christophers E., Sterry W. Psoriasis. In: Fitzpatrick T.B., Eisen A.Z., Wolff K., Freedberg I.M., Austen K.F. (Hrsg.): *Dermatology in general medicine*. 4th edition. McGraw Hill, New York, 1993: 489-514.
- Stern R.S. Risks of cancer associated with long-term exposure to PUVA in humans: current status 1991. *Blood Cells* 1991, 18: 91-97.
- Landthaler M., Rück A., Szeimies R.-M. Photodynamische Therapie von Tumoren der Haut. *Hautarzt* 1994, 44: 69-74.
- Valzeno D.P. Photomodification of biological membranes with emphasis on singlet oxygen mechanisms. *Photochem Photobiol* 1987, 46: 147-160.
- Boehncke W.-H., Rück A., Naumann J., Sterry W., Kaufmann R. Comparison of sensitivity towards photodynamic therapy of cutaneous resident and infiltrating cell types in vitro. *Lasers Surg Med* 1996, 19: 451-457.
- Lui H., Anderson R.R. Photodynamic therapy in dermatology. *Arch Dermatol* 1992, 128: 1631-1636.
- Boehncke W.-H., Sterry W., Kaufmann R. Successful treatment of psoriasis by topical photodynamic therapy using polychromatic light. *Lancet* 1994, 343: 801.
- Boehncke W.-H., Kaufmann R. Die photodynamische Therapie an der Schwelle zur klinischen Anwendung bei disseminierten Dermatosen. *Hautarzt* 1996, 47: 825-831.

# Event-Partner

In unserem Sonderteil Event-Partner präsentieren sich Firmen, die das nötige Know-how besitzen, um ihre Produkte und Dienstleistungen ansprechend und fachgerecht darzustellen.

Ein Blick in unseren Sonderteil hilft Ihnen, sich schnell und gezielt einen Überblick über Anbieter zur Durchführung Ihrer Events, Messen, Produktpräsentationen, Marketingstrategien etc. zu verschaffen.

## Folgende Partner stehen Ihnen mit speziellen Angeboten zur Seite:

Fa. ALPHA	Anzeigenagentur S. 68
Fa. CEWE	Marketing-Service S. 69
Congresszentrum Düsseldorf	Congress-Center S. 67
Congresszentrum Frankfurt	Congress-Center S. 68
Fa. Heuvelmann	Sound & Vision S. 65
Fa. MSS	Mediensysteme S. 66
Marriot Hotel	Congress-Hotel S. 68
Fa. PASS	Audiovisual-Systeme S. 69
Schloß Marbach	Seminar- und Tagungszentrum S. 67

SIE wollen sich präsentieren? – WIR machen aus Ihrem Messeauftritt ein

## - MULTIMEDIALES EREIGNIS -

• Konzeption • Beratung • Logistik • Planung • Durchführung • techn. Betreuung

### unser Mietpark:

- Vidiwall 100 Hz, Video + Daten (hochauflösend)
- Großbildprojektion mit 5 dv DMD, ILA, Talaria, Barco, Sony...
- Beschallung für PA-, Konferenz-, TV-Bereich
- Ü-Wagen bis 8 Kameras/16:9 umschaltbar
- Kameratechnik Industrie + Broadcast
- mobile Regie in Seriell-/Digital-Technik

Interesse geweckt? Dann Anzeige ausschneiden, Firmenstempel drauf und an eine der u.g. Fax-Nummern senden. Sie erhalten umgehend unseren Produktkatalog + jede Menge Info...

**HEUVELMAN**  
SOUND & VISION



Der Dienstleister mit über 25 Jahren Erfahrung  
**ALLES AUS EINER HAND**

... für IHRE nächste Messe.

**HEUVELMANN MAINZ**  
Tel.: 061 35-9266-0  
Fax: 061 35-9266-66

**KÖLN**  
Tel.: 022 33-96366-0  
Fax: 022 33-96366-99

**HOLLAND**  
Tel.: 0031-346-585858  
Fax: 0031-346-564258

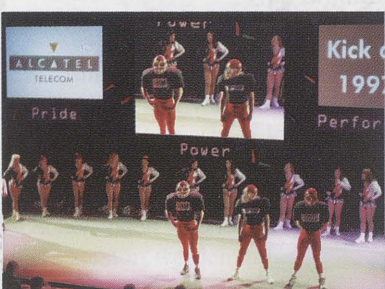
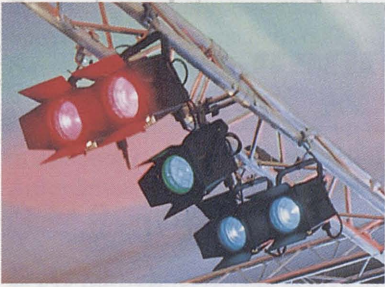
**BELGIEN**  
Tel.: 0032-9-3426200  
Fax: 0032-9-3426201

**KONGRESSE, PRODUKTPRÄSENTATIONEN, MESSEN, FERNSEHSHOWS, KONZERTE, HAUPTVERSAMMLUNGEN**

Ihr kompetenter Partner in Sachen Video

★ MSS Medien System Service GmbH ★  
**MSS**

## Bild, Ton und Licht – Präsentationsservice für Messen und Veranstaltungen



**MSS**

**Medien System Service GmbH**

Zeppelinstraße 1

D-73274 Notzingen

Telefon: 0 70 21/92 30-0

Telefax: 0 70 21/92 30-30

Internet:

<http://www.mss-medien.de>

**Stützpunkte in:**

Köln • Hamburg • Berlin • Leipzig

### ■ Ideen, Konzepte, technische Lösungen...

... wir integrieren innovative Videoanwendungen in Messe- und Veranstaltungskonzepte und liefern Ihnen die dazugehörige Technik. Als eines der führenden Video System- und Dienstleistungsunternehmen setzen wir Maßstäbe. Mietservice und Verkauf – in unserem Gerätepark finden Sie modernste Mediensysteme für die perfekte Videopräsentation: VideoWall-Anlagen, Video-/Daten-Großbildprojektoren, Bildrechner, Monitoren, Technik für die Durchführung von Videospielen, Video-Präsentier, Plasma Displays, mobile Fernsehstudios für Live-Übertragungen, Show- und Effektlightsysteme mit Traversen, Bühnenausstattungen sowie Beschallungsanlagen.

**Wir beraten Sie gerne –  
Anruf oder Fax genügt!**

### ■ Präsentationstechnik im Detail

Wir sind einer der ersten Anbieter der neuen **DLP™**-Rückprojektionsboxen **Lite-master 800** von Synelec. Durch die Digital Light Processing-Technologie erreicht die Großbilddarstellung eine Qualität, die bisher als nicht realisierbar erschien.

Für die Video- und Daten-Großbildprojektion kommen bei uns u. a. die **Hughes/JVC ILA-Projektoren** zum Einsatz. In unserem Bestand befinden sich derzeit 6 ILA-Projektoren, davon 4 ILA-460 mit 6000 ANSI-Lumen - Projektion in Kinoqualität.

Eine weitere innovative Lösung für die Video- und Datenpräsentation sind die neuen **Plasma Displays** von **JVC**. Die Flachbauweise garantiert eine platzsparende Montage in Wände und Konsolen. Ein Vorteil für den Messebau.

**JVC**  
PROFESSIONAL

# Event-Partner

Schloß Marbach inspiriert.



## Ein Traum von einem Tagungshotel. Schloß Marbach.

Schloß Marbach ist viel mehr als ein Hotel mit Tagungsräumen. Schloß Marbach macht Tagungsträume wahr. Weil Sie unter sich bleiben und alles für sich haben: Traumlage direkt am Bodensee. 10-ha-Naturpark, Schloß-ambiente und modernste Tagungstechnik, großes Fitness- und Wellness-Angebot, Gourmetküche. Schloß Marbach inspiriert. Und macht die Köpfe frei. Weil wir uns ganz auf Ihre Wünsche einstellen. Zum Beispiel mit unserem „Impulsprogramm“, das Ihre Tagung mit ausgesuchten Freizeit-, Sport- und Kultur-Aktivitäten ideal ergänzt und so zum anregenden Erlebnis werden läßt. Übrigens: Schloß Marbach können Sie auch exklusiv buchen. So wird Ihr Traum vom „eigenen“ Tagungszentrum wahr. Wir informieren Sie gerne.

Seminar- und Tagungszentrum  
Schloß Marbach GmbH  
D-78337 Öhningen  
Telefon 0 77 35/81 30  
Telefax 0 77 35/81 31 00



Johann Jacobs Stiftung  
SCHLOSS MARBACH

## Erfolgreiche Veranstaltungen haben eine gute Adresse:

Das **CCD**. Congress Center Düsseldorf ist Ihr Tagungszentrum für jeden Anlaß. Weil es die richtige Form, das optimale Equipment und die ideale Atmosphäre bietet.

- teilbarer Saal für über 2.600 Personen
- 30 Räume für 20 bis 1.200 Teilnehmer
- 6000qm großzügige Foyerzonen
- flexible Bühne mit Hubpodien
- modernste Kommunikationstechnik
- Großbildleinwände für 3-fach Projektion
- Videostudio
- fernsehgerechte Ausleuchtung für Präsentationen und Shows
- Kulinarisches vom Snack bis zum exquisiten Menü
- Erlebnisgastronomie in 2 Restaurants für bis zu 850 Gäste
- Last but not least: Die Vorteile einer Großstadt mit besten Verkehrsverbindungen und internationalem Flair.

### CCD. Congress Center Düsseldorf GmbH

Postfach 10 10 06  
D - 40001 Düsseldorf  
Stockumer Kirchstraße 61  
D - 40474 Düsseldorf

Tel. (0211) 45 60 - 03  
Fax (0211) 45 60 - 6 09  
InfoFax (021 1) 45 60 - 86 950

Internet <http://www.ccd.de>  
E-Mail: [info@ccd.de](mailto:info@ccd.de)



## Congress Center Düsseldorf

Basis für Kommunikation

## Frankfurt Zimmer 4416 - will morgens eine halbe Stunde länger schlafen.

Durch die ideale Lage des Frankfurt Marriott Hotels in unmittelbarer Nachbarschaft der Johann Wolfgang Goethe Universität, können Sie morgens eine halbe Stunde länger schlafen, in Ruhe das Frühstücksbuffet genießen und sich auf den bevorstehenden Tag vorbereiten. 10 Konferenzräume bieten ideale Voraussetzungen für Ihre erfolgreichen Tagungen, Konferenzen und Bankette.

WHEN YOU'RE COMFORTABLE YOU CAN DO ANYTHING.™

FRANKFURT  
**Marriott**  
HOTEL

Hamburger Allee 2-10 · 60486 Frankfurt · Tel.: 0 69/79 55-0 · Fax: 0 69/79 55-24 32

## Ihr erfahrener Partner

bei der Herstellung von  
Dokumentationen, Festschriften,  
Programmheften  
mit Anzeigenwerbung

**Anzeigenagentur Alpha  
Informationsgesellschaft mbH  
Verlagspartner für  
Universitäten und Institutionen  
des öffentlichen Rechts**

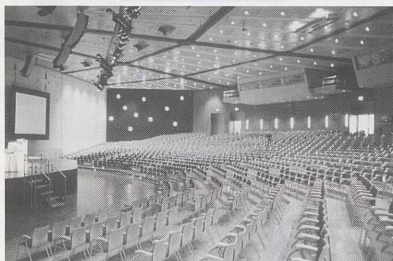
Postfach, 68604 Lampertheim  
Finkenstraße 10, 68623 Lampertheim  
Telefon: 0 62 06/9 39 -0  
Telefax: 0 62 06/9 39 -2 32

**ALPHA**

# Event-Partner Event-Partner Event-Partner Event-Partner Event-Partner



Congress Center Messe Frankfurt



Plenum im Saal Harmonie

## Tagen, Wohnen, Ausstellen unter einem Dach

Das *Congress Center Messe Frankfurt*, würdiger Nachbar der Festhalle und des Meseturms, rundet das Angebot der Messe Frankfurt sinnvoll ab. Im großen, multifunktionalen *Saal Harmonie* können bis zu 2.200 Personen miteinander kommunizieren. Dank der unmittelbaren Verbindung mit den 290.000 qm Ausstellungsfläche der Messe Frankfurt und dem direkten Zugang in das Maritim Hotel Frankfurt bietet es buchstäblich unbegrenzte Möglichkeiten für Tagungen, Wohnen, Ausstellen unter einem Dach.

Sie möchten gern mehr wissen? – Kein Problem, wir freuen uns, von Ihnen zu hören!

Congress Center Messe Frankfurt  
Messe Frankfurt GmbH  
Ludwig-Erhard-Anlage 1  
60327 Frankfurt am Main

Tel: 0 69 - 75 75 - 30 00  
Fax: 0 69 - 75 75 - 30 01  
e-mail: congresscenter@messefrankfurt.de  
Internet: <http://www.congresscenter.de>

**CongressCenter  
Messe Frankfurt**





Ihre Veranstaltung soll ein voller Erfolg werden? Sie haben keine Zeit für Presse, Mailings, Messebau, Werbemittel, Behörden, Künstler, Location, Catering etc.?

**Sie wollen Lösungen, keine Probleme?**

**c e w e**  
Marketing Services

fon 0 89 / 697 12 50 • fax 0 89 / 692 67 51 • Postfach  
901150 • 81511 München • Christine Wittmann  
info@cewe-marketing.de • http://www.cewe-marketing.de



**Wir sind Ihr kompetentes Event-Team!**  
Ob Jubiläen, Premieren, Messen, Road-Shows, Kongresse etc.! Sie erhalten Konzept, Organisation, Presse und Erfolg!

Fordern Sie uns heraus!

# Event-Partner Event-Partner Event-Partner Event-Partner

FOX  
ELECTRONICS

**Neu**  
9200er BARCO Video & Daten-  
projektoren im Mietpark!

UNGÜNSTIGE BEDINGUNGEN  
FÜR DIAPROJEKTIONEN? WIR  
HABEN DIE PERFEKTE LÖSUNG!

## Licht- starke

HTI UND XENON DIAPROJEK-  
TOREN FÜR DIE DIAFORMATE  
KLEINBILD 24x36, SUPER-SLIDE  
4x4, MITTELFORMAT 6x6 UND  
GROSSFORMAT 18x18,5.

VERANSTALTUNGSSERVICE,  
VERKAUF, FESTINSTALLATION.

PROFESSIONAL AUDIOVISUAL SYSTEMS &  
SERVICES GMBH  
WEILIMDORFER STRASSE 47  
70825 KORNTAL  
TELEFON 07 11/8 38 09 11  
TELEFAX 07 11/8 38 00 44



Warum versprechen wir uns?

Was bewirkt Melatonin in unserem Körper?

Wie sieht es im Inneren der Erde aus?

Ist das Aroma im Joghurt natürlich?

Wie badeten Frauen in der Antike?

Kommen auch Männer ins Klimakterium?

Wie kann man Botschaften perfekt verschlüsseln?

Was steckt hinter dem Urknall?

Wie lockt MTV seine jugendlichen Zuschauer an?

Warum meiden Frauen Naturwissenschaften?

Wie orientieren sich die Zugvögel?

Antworten auf diese und viele andere Fragen geben Forscher und Forscherinnen  
4 x im Jahr im Wissenschaftsmagazin der Goethe-Uni

**FORSCHUNG FRANKFURT**

**Abo zum Sonderpreis**  
für Schülerinnen und Schüler, Studentinnen und Studenten  
**4 x FORSCHUNG FRANKFURT**  
nur 15,- DM



Wissenschaftsmagazin  
der Johann Wolfgang Goethe-Universität

## Impressum

### Herausgeber

Der Präsident der Johann Wolfgang Goethe-Universität  
Frankfurt am Main

### Redaktion

Ulrike Jaspers, Referentin für Wissenschaftsberichterstattung,  
Senckenberganlage 31, 60054 Frankfurt am Main,  
Raum 1053, Telefon (069) 798-23266, Telefax (069) 798-28530

### Vertrieb

Ingrid Steier, Senckenberganlage 31, 60054 Frankfurt am  
Main, Raum 1052, Telefon (069) 798-22472

### Anzeigenverwaltung und Druck

Anzeigenagentur Alpha, Informationsgesellschaft mbH,  
Finkenstraße 10, Postfach 14 80, 68623 Lampertheim, Te-  
lefon (06206) 939-0, Telefax (06206) 939-232

### Herstellung, Layout, Reprographie

Rudolf J. Manke, Computerservice, Sperlingweg 3, 68623  
Lampertheim, Telefon (06206) 910313, Telefax (06206)  
910315

### Gestaltung

Martin Steinacker, Togostraße 79, 13351 Berlin, Telefon  
(030) 4525514, und Ulrike Jaspers

### Bezugsbedingungen

FORSCHUNG FRANKFURT kann gegen eine jährliche  
Gebühr von 20,- DM, abonniert werden. Das Einzelheft  
kostet 5,- DM bei Versand zzgl. Porto. Einzelverkauf u.a.  
im Buch- und Zeitschriftenhandel in Uni-Nähe und beim  
Vertrieb.

Die Beilage „FORSCHUNG FRANKFURT extra“ er-  
scheint zur Buchmesse im Oktober und wird kostenlos mit  
der vierten Ausgabe des Wissenschaftsmagazins geliefert.

Für Mitglieder der Vereinigung von Freunden und Förde-  
rern der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt  
am Main e.V. sind die Abonnementgebühren für FOR-  
SCHUNG FRANKFURT im Mitgliedsbeitrag enthalten.

Hinweis für Bezieher von FORSCHUNG FRANKFURT  
(gem. Hess. Datenschutzgesetz): Für Vertrieb und Abonne-  
mentverwaltung von FORSCHUNG FRANKFURT wer-  
den die erforderlichen Daten der Bezieher in einer automa-  
tisierten Datei gespeichert, die folgende Angaben enthält:  
Name, Vorname, Anschrift, Bezugszeitraum und - bei  
Teilnahme am Abbuchungsverfahren - die Bankverbin-  
dung. Die Daten werden nach Beendigung des Bezugs ge-  
löscht.

Die Beiträge geben die Meinung der Autoren wieder. Der  
Nachdruck von Beiträgen ist nach Absprache möglich.

16. Jahrgang

ISSN 0175-0992

## Bildnachweis

**Titelbild:** Chantilly, Musée Condé, ms. 368; zweites  
Falkenbuch.

**Inhalt:** Foto (Stadtbäume) Uwe Dettmar, Frankfurt;  
Foto (Insektenneurobiologie) Werner Gnatzy; Foto  
(Sozialpolitik) Martin Steinacker, Berlin; Foto (Arznei-  
mittelforschung) Simone Humml, Hamburg; Foto  
(Photodynamische Therapie) Wolf-Henning Boehncke.  
**Wissenschaft im Mittelalter:** alle Bilder zusammen-  
gestellt von Gundula Grebner und Johannes Fried,  
Quellenangaben am Ende des Beitrags (S.13).

**Stadtbäume:** alle Grafiken und Autorenfotos von  
Rüdiger Wittig; Seite 14 u. 15 Foto Uwe Dettmar,  
Frankfurt; Seite 19 Foto oben links Martin Steinack-  
er, Berlin, Foto oben rechts und Foto Mitte Wittig,  
Foto unten Dettmar; Seite 20 Foto Mitte Wittig, Foto  
unten Steinacker; Seite 21 Foto Wittig; Seite 22 Foto  
Dettmar.

**Insektenneurobiologie:** alle Fotos und Grafiken von  
Werner Gnatzy und Michael Ferber.

**Sozialpolitik:** alle Fotos Martin Steinacker, Berlin;  
Seite 38 Foto unten von Opel.

**Arzneimittelforschung:** alle Grafiken von Christian  
Noe und seinem Team, alle Fotos Simone Humml,  
Hamburg.

**Photodynamische Therapie:** alle Grafiken und Fotos  
von Wolf-Henning Boehncke.

# Forschung Frankfurt Abonnement

FORSCHUNG FRANKFURT, das Wis-  
senschaftsmagazin der J. W. Goethe-  
Universität, stellt viermal im Jahr  
Forschungsaktivitäten der Frankfurter  
Universität vor. Es wendet sich an die  
wissenschaftlich interessierte Öffent-  
lichkeit und die Mitglieder und Freunde  
der Universität innerhalb und  
außerhalb des Rhein-Main-Gebietes.

FORSCHUNG FRANKFURT macht Arbeiten aus allen an der J. W. Goethe- Universität  
vertretenen Disziplinen über die engeren Fachkreise hinaus bekannt.

Hiermit bestelle ich FORSCHUNG FRANKFURT zum Preis von DM 20,- pro Jahr  
einschließlich Porto. Die Kündigung ist jeweils zum Jahresende möglich.

Hiermit bestelle ich FORSCHUNG FRANKFURT zum Preis von DM 15,- als Schüler-  
bzw. Studentenabo einschließlich Porto (Kopie des Schüler- bzw. Studentenausweises  
lege ich bei).

Name

Vorname

Straße, Nr.

PLZ, Wohnort

(nur für Universitätsangehörige): Hauspost-Anschrift

Datum

Unterschrift

**Widerrufsrecht:** Mir ist bekannt, daß ich diese Bestellung innerhalb von zehn Tagen  
schriftlich beim Präsidenten der Johann Wolfgang Goethe-Universität, Vertrieb  
FORSCHUNG FRANKFURT, widerrufen kann und zur Wahrung der Frist die  
rechtzeitige Absendung des Widerrufs genügt. Ich bestätige diesen Hinweis durch  
meine zweite Unterschrift:

Datum

Unterschrift

Gewünschte Zahlungsart bitte ankreuzen:

Ich bin damit einverstanden, daß die Abonnementsgebühren aufgrund der obigen  
Bestellung einmal jährlich von meinem Konto abgebucht werden:

Konto-Nr.

Bankinstitut

Bankleitzahl

Ort

Datum

Unterschrift

Ich zahle die Abonnementsgebühren nach Erhalt einer Rechnung per Einzahlung  
oder Überweisung.

Bitte richten Sie Ihre Bestellung

An den Präsidenten der Johann Wolfgang-  
Goethe-Universität,  
„FORSCHUNG FRANKFURT“,  
Postfach 111932, 60054 Frankfurt

# Das Schöne und das Biest

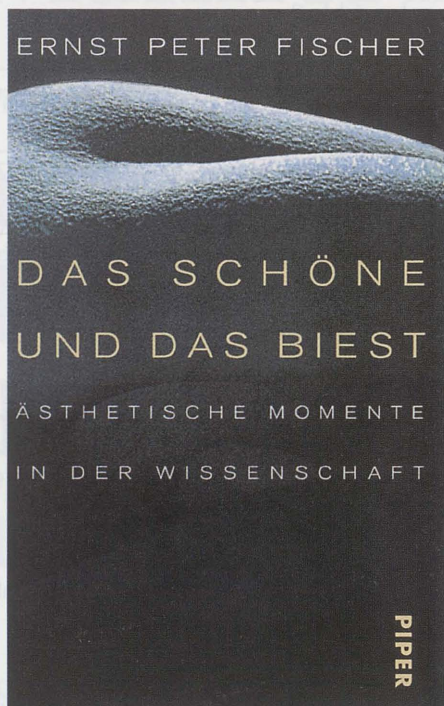
„Idealmaße“ als Anreiz für die Ästhetik in der Wissenschaft

Wenn jemand das neue Buch von Ernst Peter Fischer nicht mag, könnte es an seinen Abmessungen liegen: Sie entsprechen nicht dem eines „goldenen Rechtecks“, das die meisten Menschen als schönstes Maß empfinden. Und um die Schönheit als Ziel und Zweck der Wissenschaft geht es in „Das Schöne und das Biest“.

Kopernikus' Weltbild, Einsteins Gleichungen, die Doppelhelix von Watson und Crick – hinter all diesen Erkenntnissen steht die Suche nach Schönheit, so Fischer. Das Streben nach Gleichmäßigkeit, Ästhetik und „einfachen“ Formeln treibe die Menschen an. „Lieber schön als richtig“, überspitzt er seine Theorie in einer Kapitelüberschrift – und meint damit: symbolische Bilder und vereinfachende Formeln brauchen wir zum Erklären unserer Welt. Zum Verständnis der Vererbung ist die Doppelhelix unentbehrlich, ebenso die Atommodelle für die Chemiker oder bildhafte Vergleiche für die komplizierten Theorien in der Physik. „Die Menschen orientieren sich an Modellen, weil sie ihnen ästhetisch zusagen und gefallen.“

Gesetze gliedern die Welt, machen sie verständlich – und damit schön. Nach einer langatmigen Einführung schildert Fischer dies an vielen Beispielen der Wissenschaftsgeschichte, die besonders in seinem eigenen Fachgebiet Biologie und Physik äußerst lebhaft und verständlich wird. Seine Theorie untermauert er mit Hilfe von Philosophen, Künstlern und Naturwissenschaftlern von den alten Griechen bis in heutige Zeiten. Manchmal wirkt dies etwas wahllos und aufgezehlt, da jeder irgendwann das Wort „schön“ in den Mund genommen hat.

„Schönheit“ wird für Fischer zum Transportmittel für lebendige Wissenschaftsgeschichte und Philosophie – und an diesen Stellen wird das Buch spannend: etwa wenn er die Suche nach einer



Ernst Peter Fischer: *Das Schöne und das Biest*, Piper Verlag, München 1997, Preis 39,80 DM

Beschreibung der Atome und ihrer Bewegungen Anfang unseres Jahrhunderts schildert – und die Verzweiflung der Wissenschaftler, als Planck mit den Lichtquanten eine Erklärung findet, die die klassische Welt der Physik ins Schwanken bringt. „Schön“ ist wertvoll, ästhetisch, harmonisch, erfreuend, symmetrisch; und Fischer nutzt diese Worte als Pseudonym für Tiefe und Verständnis, für Begeisterung und Einsicht. Gerade diese vielen Facetten des Begriffs „Schönheit“ lassen den Text an mancher Stelle sehr „beliebig“ und unklar wirken. Manchmal scheint es, als sei die Suche nach dem Schönen nur ein Vorwand, um den Entstehungsprozeß von Wissenschaft mit spannenden Geschichten zu schildern.

Faszinierend ist die enge Verflechtung von Naturwissenschaft und Philosophie, die dem Wissenschaftshistoriker Fischer gelingt. Es ist selten genug, daß sich alle Disziplinen derart einander nähern und miteinander verflochten werden. Der Autor kapituliert nicht vor der Fülle des heutigen Wissens, sondern versucht sich seinen eigenen Weg durch dieses Dickicht zu bahnen. Der Leser vermag ihm zu folgen – wenn er auch manche Schlüsse mit Stirnrnzeln oder Kopfschütteln begleiten mag.

Erst ganz am Ende des Buches greift der Autor das zweite Wort des Titels wieder auf: das „Biest“ Wissenschaft. „Heute fürchtet man sich vor den Fortschritten der Wissenschaft, deren Auswirkungen immer mehr ein Gefühl der Ohnmacht auszulösen scheinen.“ Konsequenterweise schließt Fischer, daß eben der Schönheit in der Forschung nicht mehr genug Platz eingeräumt wird – daß sich alles nur noch am Nutzen orientiert. Ziel solle dagegen „ein Wert (sein), den man durch sinnliche Erfahrung bzw. Wahrnehmung erfassen kann, und ein Beispiel dafür ist das, was wir unter Schönheit verstehen.“ Mehr Besinnung auf die „künstlerische“ Seite könne der Forschung ihre Schönheit und damit ihre Wertschätzung zurückgeben.

Die Gedankengänge von „Das Schöne und das Biest“ nachzuvollziehen, ist – Zeit und Muße vorausgesetzt – anregend. Das Buch gibt Anstöße, sich Forschern und ihren Beweggründen in der Wissenschaft zu nähern. Wenn es etwa um das Schönheitsideal der Menschen geht, kommt auch die Unterhaltung nicht zu kurz.

Auch wenn das Buchformat sich dem „goldenen Rechteck“ nur grob nähert – es liegt gut in der Hand und bietet gehaltvolle Gedankenregungen. Ein bißchen „schön“ und ein bißchen „biestig“.

**Dr. Anja Störiko**  
Biologin und Wissenschaftsjournalistin

Die Arbeitshilfe für jeden Wissenschaftler:

# Forschungshandbuch '98

**2. Auflage**  
**360 Seiten**  
**23,50 DM**

*Nach der großen Resonanz auf die Erstausgabe ist jetzt die 2. aktualisierte und wesentlich erweiterte Auflage erhältlich. Mit diesem Handbuch verschaffen Sie sich den optimalen Überblick über die deutsche und europäische Förderungslandschaft.*

*Fast 500 hochschul- und wissenschaftsfördernde Institutionen und Stiftungen werden vorgestellt, darunter zahlreiche Neueinträge.*

*Wissenschaftlern, Hochschullehrern und dem wissenschaftlichen Nachwuchs erleichtert es die Suche nach Finanzierungsmöglichkeiten für Forschungsprojekte erheblich.*

*Der redaktionelle Teil liefert jetzt noch mehr Insiderwissen über die Forschungsförderung. Bestellen Sie sofort!*

*Adresse für Bestellungen:*

*Dr. Peter Großkreutz, Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Weiterbildung,  
Postfach 3220, 55022 Mainz, Telefax (06131) 162800*

Ich bestelle auf Rechnung

\_\_\_\_\_Exemplar(e) des

**Forschungshandbuchs '97**

(Hochschul- und wissenschafts-  
fördernde Institutionen und  
Programme) zum Preis von  
23,50 DM pro Stück zzgl.  
Versandkosten.

Besteller:

Datum:

Unterschrift:

## Bestellung



**Schon in der ersten  
Pause werden Sie  
für Ihre Entscheidung  
belohnt**

Tagen, Wohnen, Ausstellen unter einem Dach  
im Congress Center Messe Frankfurt.

In direkter Nachbarschaft zum 256 m hohen  
Messeturm und zur ehrwürdigen Festhalle  
von 1909 finden Sie auf vier Kongreßebenen  
alles, was Sie sich für Ihren Kongreß wün-  
schen – und mehr. Das Konzept der kurzen  
Wege – direkte Anbindung an das 290.000 qm  
große Messegelände und an das Maritim  
Hotel Frankfurt – spart Zeit. Zeit, um in aller  
Ruhe eine Tasse Kaffee zu genießen. Über-  
zeugen Sie sich selbst, im Congress Center  
Messe Frankfurt. Weitere Informationen  
erhalten Sie unter: Congress Center Messe  
Frankfurt, Messe Frankfurt GmbH,  
Postfach 15 02 10, 60062 Frankfurt am Main,  
Tel. (0 69) 75 75-30 00, Fax (0 69) 75 75-30 01,  
Internet <http://www.congresscenter.de/>

**Tagen im Zentrum Europas**

**CongressCenter  
Messe Frankfurt**

