

LEHRERTAGE DRESDEN (LTD)

Internetseite: <http://www.mpipks-dresden.mpg.de/~ltd03>

Die aktuelle Diskussion über die naturwissenschaftliche Wissensvermittlung an den Schulen zeigt neben vielen polemischen Verwerfungen doch ein offensichtliches Problem auf. Wie können immer schneller wachsende naturwissenschaftliche Erkenntnisse adäquat dargestellt werden, so daß sie Schülern und damit der nächsten Generation potentieller Wissenschaftler vermittelbar sind? Wie können Schüler befähigt und begeistert werden, ein naturwissenschaftliches Studium aufzunehmen? Diesen Aufgaben stellen sich im wesentlichen die Lehrer an den Schulen. Allerdings kann ihnen die Verantwortung nicht allein aufgebürdet werden. Die Naturwissenschaften haben hier die existentielle Verpflichtung, aktuelle Entwicklungen verständlich zu machen und so darzustellen, daß Lehrer und Schüler sich mit den faszinierenden Fortschritten vertraut machen können.

Eine besondere Rolle kommt hierbei der Physik zu, da sie in einer Gesamtschau die Komplexität der experimentellen Erscheinungen mit Hilfe der Theorie in ein überschaubares Gebäude ordnet. Dementsprechend widmet sich seit einigen Jahren der Lehrrertag im Rahmen der Frühjahrstagung der Physikalischen Gesellschaft dem Anliegen, Themen der aktuellsten Forschung für die Schule aufzubereiten. In diesem Jahr findet die Frühjahrstagung des Arbeitskreises Festkörperphysik in Dresden statt.

Das Programm des diesjährigen Lehrrertages orientiert sich an dem Weg von experimenteller Entdeckung bis zur theoretischen Beschreibung. In einem ersten Teil stehen das Lernen durch Experimentieren im Vordergrund. Hier liegt der Schwerpunkt auf Experimenten zum Themenkreis Licht, die auch an Schulen durchgeführt werden können und auf pädagogischen Fragen des Unterrichtes. Im zweiten Teil werden die Grundlagen der Mikrostrukturen, die in den Anwendungen aus unserem Leben nicht mehr wegzudenken sind, dargestellt. Hier reichen die Vorträge von Fragen des Stromtransportes in Atomen über Transport in Nanostrukturen und Spineigenschaften bis hin zur Kernspintomographie. In einem dritten Teil widmen wir uns der faszinierenden experimentellen Möglichkeit, Informationen über solche Mikrostrukturen durch extreme kurze Laserpulse zu erhalten. Diese Spektroskopie von Quantenzuständen eröffnet ganz neue Einblicke in die mikroskopische Welt. Neben diesen Einlicken in die Mikrostruktur, stellen wir in einem vierten Teil am Samstag die überraschende Welt der Selbstorganisation und Komplexität vor, wie sie in dynamischen Systemen der Alltagswelt und in biologischen Systemen anzutreffen ist. In einem letzten Teil möchten wir dann Ausblicke auf die großskaligen Grenzen unserer Erkenntnis geben indem wir zwei Themen der aktuellen Astrophysik gewählt haben.

Die Teilnahme an den Lehrrertagen ist kostenlos und als Veranstaltung der Lehrerfortbildung anerkannt. Außer den herzlich eingeladenen Lehrern möchten wir ausdrücklich Schüler der Oberstufe ermutigen, die Chance zu nutzen, aktuelle Physik kennenzulernen und direkt mit Forschern ins Gespräch zu kommen.

Klaus Morawetz
Max-Planck-Institut für Physik komplexer Systeme
Noethnitzer Str. 38
01187 Dresden
E-Mail: morawetz@mpipks-dresden.mpg.de

ÜBERSICHT DER HAUPTVORTRÄGE

(Hörsaal HSZ/04)

Hauptvorträge

LTD I	Fr	09:30	(HSZ/04)	Vom Kienspan zur Energiesparlampe -eine experimentelle Zeitreise durch die Geschichte der Beleuchtungstechnik, <u>Hans-Joachim Wilke</u>
LTD II	Fr	10:30	(HSZ/04)	Lernen durch Experimentieren, <u>Manfred Euler</u>
LTD III	Fr	11:15	(HSZ/04)	Stromtransport durch einzelne Atome, Moleküle und Cluster, <u>Elke Scheer</u>
LTD IV	Fr	13:30	(HSZ/04)	Nanostrukturen, <u>Siegmar Roth</u>
LTD V	Fr	14:15	(HSZ/04)	Mit dem Nanokompass durch die Datenflut - Der Spin in der Mikroelektronik, <u>Dirk Grundler</u>
LTD VI	Fr	15:00	(HSZ/04)	Kernspintomographie: dreidimensionale (Sub)millimeter-Auflösung mit Meterwellen, <u>Nikolaus Nestle</u>
LTD VII	Fr	16:00	(HSZ/04)	Kurzpulslaser und Anwendungen, <u>Holger Zellmer</u>
LTD VIII	Fr	16:45	(HSZ/04)	Spektroskopie von Quantenpunkt-Atomen, <u>Christian Schüller</u>
LTD IX	Fr	17:30	(HSZ/04)	Spinnt die Elektronik des 21. Jahrhunderts ?, <u>Michael Oestreich</u>
LTD X	Sa	08:30	(HSZ/04)	Nichtlineare Dynamik, Selbstorganisation und Wahrnehmungsprozesse, <u>Manfred Euler</u>
LTD XI	Sa	09:30	(HSZ/04)	Was haben ein betrunkenener Seemann, deterministisches Chaos und fraktale Transportkoeffizienten miteinander zu tun?, <u>Rainer Klages</u>
LTD XII	Sa	10:15	(HSZ/04)	Biophysik des Zytoskeletts, <u>Karsten Kruse</u>
LTD XIII	Sa	11:15	(HSZ/04)	Neutrinos - Neues von den Geisterteilchen, <u>Georg Raffelt</u>
LTD XIV	Sa	12:00	(HSZ/04)	Die Suche nach der Dunklen Materie im Universum, <u>Josef Jochum</u>

Hauptvorträge

Hauptvortrag

LTD I Fr 09:30 HSZ/04

Vom Kienspan zur Energiesparlampe -eine experimentelle Zeiterose durch die Geschichte der Beleuchtungstechnik — •HANS-JOACHIM WILKE — IAPD (Institut für Angewandte Physik und Didaktik der Physik), TU Dresden, D-01062 Dresden

Das elektrische Licht ist aus unserer modernen Welt nicht mehr wegzudenken. Es ist jedoch erst reichlich 100 Jahre her, dass die ersten Bogen- und Glühlampen zur Beleuchtung von Plätzen, Straßen und Cafés sowie einzelnen Wohnungen benutzt wurden. Im Vortrag wird die historische Entwicklung der Lichtquellen mit überraschenden Experimenten nachgestaltet. Ausgangspunkt sind der Kohlelichtbogen und das Glühen von Drähten in Glühlampen. Die Untersuchung der Glimmentladung führt dann zum bunten Licht der Gase, das noch heute für Werbezwecke benutzt wird. Besondere Aufmerksamkeit wird den Experimenten mit Leuchtstofflampen und ihrem interessanten Wirkprinzip gewidmet. Sie ermöglichen es mit hohem Wirkungsgrad Licht aller Farben bis hin zum Ultraviolett zu erzeugen. Außerdem werden Ausblicke auf weitere Anwendungen der Elektrizitätsleitung in Gasen gegeben (Schwingungserzeugung, Prinzip der Elektronenorgel).

Hauptvortrag

LTD II Fr 10:30 HSZ/04

Lernen durch Experimentieren — •MANFRED EULER — Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN) an der Universität Kiel

In naturwissenschaftlichen Lern- und Erkenntnisprozessen spielt das Verhältnis von Theorie und Empirie eine entscheidende Rolle. Im derzeitigen Unterricht sprechen alle Evidenzen dafür, dass die Balance zu Gunsten der Fakten- und Wissensorientierung verschoben ist, während der Kernbereich naturwissenschaftlicher Methodik, die adäquate Verschränkung des Experimentierens mit der Theoriebildung, zu kurz kommt. Unter welchen Bedingungen kann man erwarten, dass Schülerinnen und Schüler durch Experimente lernen? Dieser Frage wird aus unterschiedlichen Perspektiven nachgegangen.

Hauptvortrag

LTD III Fr 11:15 HSZ/04

Stromtransport durch einzelne Atome, Moleküle und Cluster — •ELKE SCHEER — Universität Konstanz, Fachbereich Physik, D-78457 Konstanz

Die fortschreitende Miniaturisierung in der Mikroelektronik läßt erwarten, daß bereits in wenigen Jahren funktionelle Strukturen in integrierten Schaltungen nur noch aus wenigen Atomen oder Molekülen bestehen werden. Um solche Strukturen mit gewünschten elektrischen Eigenschaften maßschneidern zu können, muß der Zusammenhang zwischen den chemischen und physikalischen Eigenschaften ihrer Bauelemente, deren Anordnung und den resultierenden Transporteigenschaften bekannt sein. Als einfachste vorstellbare Struktur untersuchen wir einen Kontakt, der nur durch ein einziges Atom gebildet wird. Ein größeres Anwendungspotential besitzen Kontakte aus wohlbekannten Atomanordnungen wie Cluster oder Moleküle, da sich damit möglicherweise auch Schalter, Dioden oder Transistoren realisieren lassen. In diesem Vortrag werden die experimentelle Realisierung solcher Kontakte, einige ihrer elektronischen Eigenschaften sowie die Konzepte des Stromtransports auf dieser Größenskala vorgestellt.

Hauptvortrag

LTD IV Fr 13:30 HSZ/04

Nanostrukturen — •SIEGMAR ROTH — Max Planck Institut für Festkörperforschung, Stuttgart

Nanostrukturen sind solche, bei denen mindestens eine Dimension kleiner als 100 nm ist. Dazu gehören also dünne Schichten, kleine Kugeln ("cluster", "quantum dots") und dünne Drähte ("quantum wires"). Der Vortrag wird Kohlenstoff-Nanoröhrchen als Prototyp der synthetischen Nanostrukturen diskutieren. Nach einem Überblick über physikalische Phänomene im Nanobereich werden elektrische Bauelemente aus Nanoröhrchen besprochen (Leiterbahnen, Transistoren) und anhand dieser werden Probleme und Erwartungen beim Übergang von der Mikroelektronik zur Nanoelektronik erörtert.

Hauptvortrag

LTD V Fr 14:15 HSZ/04

Mit dem Nanokompass durch die Datenflut - Der Spin in der Mikroelektronik — •DIRK GRUNDLER — Institut für Angewandte Physik und Zentrum für Mikrostrukturforschung, Universität Hamburg, Jungiusstraße 11, D-20355 Hamburg

Die Speicherdichte auf magnetischen Festspeicherplatten wächst zur Zeit mit der höchsten Steigerungsrate seit dem Jahr 1957, als IBM großtechnisch magnetische Speichermedien einführte. Dies macht u.a. der Riesenmagnetowiderstands-Effekt möglich, der im Jahr 1988 entdeckt wurde und seit 1998 in der Lesekopf-Technologie eingesetzt wird. Zuerst liegt dem Effekt das Phänomen des spin-abhängigen Ladungstransports in magnetischen und metallischen Nanostrukturen. Hier ist neben der Ladung insbesondere die Eigenrotation (der Spin) der Elektronen wichtig. Die Kombination von Magnetismus und Mikroelektronik hat sich gerade in letzter Zeit in Forschung und Entwicklung als äusserst tragfähig für neuartige Bauelemente erwiesen, z.B. für Sensorik und Datenspeicherung. In dem Vortrag werden die Physik und Technologie in der sich rapide entwickelnden Spin-Elektronik vorgestellt.

Hauptvortrag

LTD VI Fr 15:00 HSZ/04

Kernspintomographie: dreidimensionale (Sub)millimeter-Auflösung mit Meterwellen — •NIKOLAUS NESTLE — Institut für Wasserchemie, TU München, D-81377 München und Libera Università di Bolzano, Via Castel Weinegg 2, I-39100 Bozen/Südtirol

Die Kernspintomographie - oder Magnetresonanztomographie (MRT) - ist mittlerweile zu einem der wichtigsten bildgebenden Verfahren in der medizinischen Diagnostik geworden. Die physikalische Grundlage der Kernspintomographie ist die Zeeman-Aufspaltung der Energieniveaus von Wasserstoffkernen in einem angelegten Magnetfeld. Die in üblichen Magnetfeldern erreichbaren Energieaufspaltungen sind sehr klein und entsprechen Quantenenergien im Radiowellenbereich. Trotz der langwelligen Strahlung (die Auflösung optischer Abbildungsverfahren wird durch die Wellenlänge begrenzt) können hiermit tomographische Abbildungen mit Auflösung im Submillimeterbereich am Menschen und mit weniger als 10 Mikrometern an kleineren Objekten erreicht werden. Der Vortrag stellt die physikalischen Grundlagen dieser nichtoptischen Abbildungsmethode vor und beschreibt verschiedene Anwendungen der Kernspintomographie in Medizin, Material- und Umweltforschung.

Hauptvortrag

LTD VII Fr 16:00 HSZ/04

Kurzpulslaser und Anwendungen — •HOLGER ZELLMER — Friedrich-Schiller-Universität Jena, Institut für Angewandte Physik, Max-Wien-Platz 1, 07743 Jena

Moderne Kurzpulslaser erzeugen Pulse mit einer Dauer von unter 100 fs, das entspricht der Zeit, die das Licht braucht um eine Entfernung zurückzulegen, die der Dicke eines menschlichen Haares entspricht. Da die gesamte Energie des Laserpulses in diesem kurzen Zeitintervall enthalten ist, werden Spitzenleistungen im Gigawattbereich erreicht. Hochenergiephysik wird auf einmal in einem normalen optischen Labor möglich. Bei der Wechselwirkung kurzer Pulse mit Materie treten andere Effekte als bei herkömmlichen ns-Laserpulsen auf. Beispielsweise in der Lasermaterialbearbeitung. Da aufgrund der geringen Pulsdauer während des Pulses keine Wärmeleitung im Werkstück auftritt, lassen sich besonders kleine Strukturen ohne störende Schmelzränder herstellen. Ferner verursachen die hohen Intensitäten starke nichtlineare Effekte, die beispielsweise zur Erzeugung von weißem Licht benutzt werden können.

Die Erzeugung kurzer, intensiver Laserpulse und deren Anwendung in Grundlagenforschung, Materialbearbeitung und Messtechnik werden im Vortrag vorgestellt.

Hauptvortrag

LTD VIII Fr 16:45 HSZ/04

Spektroskopie von Quantenpunkt-Atomen — •CHRISTIAN SCHÜLLER — Institut für Angewandte Physik und Zentrum für Mikrostrukturforschung, Universität Hamburg, Jungiusstraße 11, 20355 Hamburg

Die Miniaturisierung in der Herstellung von Halbleiterchips schreitet rasend voran und man wird in absehbarer Zeit zum Schalten eines Transistors auf einem Mikrochip nur noch wenige Elektronen bewegen. In

der Forschung kann man schon seit längerem mit den Möglichkeiten der modernen Halbleiter-Technologie Strukturen im Nanometerbereich definieren, in die Ladungsträger - Elektronen oder Löcher - quantenmechanisch eingeschlossen werden können. Aufgrund der sehr kleinen Abmessungen dieser sogenannten Quantenpunkte sind die Energiezustände der Ladungsträger - ähnlich wie in Atomen - in allen drei Raumrichtungen quantisiert. Man spricht daher auch von "künstlichen" Atomen, da sich die Eigenschaften dieser Quantenpunkt-Atome in gewissen Grenzen maßschneidern lassen. Die Quantisierungsenergien sind in der Regel wesentlich kleiner als in richtigen Atomen und man hat deshalb ein interessantes Wechselspiel zwischen der Quantisierung und der Coulomb-Wechselwirkung zwischen den eingeschlossenen Ladungsträgern. Es ist möglich, gezielt einzelne Elektronen in die Quantenpunkte zu laden, was eine detaillierte Untersuchung der Wechselwirkungseffekte erlaubt. In diesem Vortrag berichten wir über die Herstellung solcher Quantenpunkte und ihre Untersuchung mit optischen Methoden. Diese empfindlichen Methoden erlauben im Extremfall sogar die Untersuchung einzelner Quantenpunkte.

Hauptvortrag LTD IX Fr 17:30 HSZ/04
Spinnt die Elektronik des 21. Jahrhunderts ? — ●MICHAEL OESTREICH — Universität Hannover, Institut für Festkörperforschung, Apellstrasse 230167 Hannover

Halbleiterbauelemente basieren seit der Entdeckung des Germaniumtransistors auf der exakten Kontrolle der elektrischen Ladung. Elektronen besitzen jedoch nicht nur eine elektrische Ladung sondern auch einen wohldefinierten Spin, und die Nutzung dieses bisher vernachlässigten Freiheitsgrades könnte den nächsten Evolutionsprung in der Welt der Elektronik bedeuten und das Zeitalter der Spinelektronik in Halbleitern, genannt Spintronik, einläuten. Die der Spintronik zugrundeliegende Physik reicht von Spindephasierungsmechanismen und dem Rashba-Effekt über Magnetismus und Oberflächenphänomenen bis zur kohärenten Dynamik und der Kopplung von quantenmechanischen Spinzuständen. Aber was werden die Vorteile der Spintronik im Vergleich zur konventionellen Halbleiterelektronik und zur Magnetoelektronik sein?

Hauptvortrag LTD X Sa 08:30 HSZ/04
Nichtlineare Dynamik, Selbstorganisation und Wahrnehmungsprozesse — ●MANFRED EULER — Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN) an der Universität Kiel

Dynamische Systeme der Alltagswelt (Pendel, Uhren, Musikinstrumente) zeigen eine Reihe überraschender Verhaltensweisen, wenn man sie hinreichend weit ins Nichtgleichgewicht treibt. Nichtlinearitäten spielen dabei eine bemerkenswerte, konstruktive Rolle. Das komplexe Verhalten dieser einfachen Systeme zeigt enge Zusammenhänge zur Dynamik wirklich komplexer adaptiver Systeme, beispielsweise aus dem biologischen Bereich (Bildung und Erkennung von Mustern, Prozesse der Informationsverarbeitung und der Wahrnehmung, Verhaltenssteuerung, kognitive Prozesse). Im Vortrag werden einfache Experimente aus den Bereichen Mechanik, Akustik und Thermodynamik vorgestellt, die es erlauben, Prinzipien der Selbstorganisation und der Strukturbildung zu untersuchen und Zugänge auf unterschiedlichen Ebenen des Verständnisses zu entwickeln.

Hauptvortrag LTD XI Sa 09:30 HSZ/04
Was haben ein betrunkener Seemann, deterministisches Chaos und fraktale Transportkoeffizienten miteinander zu tun? — ●RAINER KLAGES — Max-Planck-Institut für Physik komplexer Systeme, Nöthnitzer Str. 38, 01187 Dresden

Seit der kinetischen Theorie L. Boltzmanns Ende des 19. Jahrhunderts wird versucht, die makroskopischen Eigenschaften von Gasen und Flüssigkeiten ausgehend von den Stößen der einzelnen Fluidteilchen untereinander zu verstehen. Stellt man sich die Moleküle stark vereinfacht als klassische Billardkugeln vor, so produzieren Sequenzen von Kollisionen *deterministisches Chaos* auf einer mikroskopischen Skala. Ziel neuer theoretischer Beschreibungsweisen ist es, auf dieser Grundlage und im Zusammenspiel mit Methoden der statistischen Physik von Vielteilchensystemen den mikroskopischen Ursprung von Transporteigenschaften wie z.B. Viskosität, elektrische Leitfähigkeit und Diffusion besser zu verstehen.

In diesem Vortrag wird eine kurze Einführung in die Beschreibung eines Diffusionsprozesses auf der Grundlage einer einfachen Zufallsbewegung gegeben. Diese zufällige Dynamik wird anschließend durch deterministisches Chaos ersetzt. Als Resultat ergeben sich unter bestimmten Bedingungen interessante fraktale Strukturen im Diffusionskoeffizienten. Ein

Beispiel für eine mögliche praktische Anwendung dieser Theorie betrifft den Transport von granularen Teilchen auf vibrierenden Oberflächen.

Kernfragen des Vortrags sind: Was ist ein Diffusionskoeffizient? Was versteht man unter deterministischem Chaos? Und wie hängt das alles mit fraktalen Strukturen zusammen?

Hauptvortrag LTD XII Sa 10:15 HSZ/04
Biophysik des Zytoskeletts — ●KARSTEN KRUSE — Max-Planck-Institut für Physik komplexer Systeme, Nöthnitzer Str. 38, 01187 Dresden

Das Zytoskelett ist von herausragender Bedeutung im Leben tierischer Zellen. Es ermöglicht ihnen, den intrazellulären Transport von Metaboliten zu organisieren, sich zu teilen sowie sich fortzubewegen. Auch bestimmt es deren mechanische Eigenschaften. Strukturell ist das Zytoskelett ein Netzwerk von Filamenten, die über viele verschiedene Proteine miteinander wechselwirken. Motorproteine z.B. wandeln chemische in mechanische Energie um und transportieren auf diese Art Lasten entlang der Filamente oder erzeugen Spannungen im Netzwerk. In diesem Vortrag werden verschiedene Aspekte vorgestellt, unter denen sich Physiker mit diesem System beschäftigen. Inzwischen gut untersucht sind Lösungen und Gele von Filamenten, die interessante Materialeigenschaften aufweisen. Gleiches gilt für die Motorproteine. Insbesondere haben einfache Beschreibungen der Dynamik dieser Moleküle zur Voraussage interessanter kollektiver Effekte vieler miteinander wechselwirkender Motoren geführt. Diese Effekte ermöglichen z.B. eine Erklärung der Bewegung von Spermien als auch der Antworteseigenschaften von Hörsinneszellen. Inzwischen wenden sich immer mehr Physiker der Untersuchung von Filament-Motor-Gemischen zu. Diese Systeme zeigen Musterbildung als Folge dynamischer Instabilitäten.

Hauptvortrag LTD XIII Sa 11:15 HSZ/04
Neutrinos - Neues von den Geisterteilchen — ●GEORG RAFFELT — Max-Planck-Institut für Physik (Werner-Heisenberg-Institut), Föhringer Ring 6, 80805 München

Neutrinos entstehen in Sternen, in Kernreaktoren, der Erdkruste und der Erdatmosphäre, und selbst der Urknall des Universums erzeugte eine kosmische "Hintergrundstrahlung" dieser Teilchen. Da sie jedoch keine elektrische Ladung tragen, sind diese Geisterteilchen nur sehr schwer dingfest zu machen—sie durchströmen jedwede Materie praktisch wechselwirkungsfrei. Gleichwohl kann man mittlerweile Neutrinos systematisch von vielen dieser Quellen messen. Die früher sehr rätselhaften Anomalien solcher Beobachtungen können nun zweifelsfrei auf das Phänomen der Oszillationen zwischen verschiedenen Neutrinosorten zurückgeführt werden, das unter anderem beweist, dass Neutrinos kleine Massen besitzen, die allerdings nicht ausreichen, um die kosmische dunkle Materie zu erklären. In Zukunft könnten Neutrinos eine wichtige Rolle als astrophysikalische Botschafter spielen, denn es sollte möglich sein, mit den im Aufbau befindlichen, gigantischen "Neutrinooteleskopen" ganz neue, hochenergetische Quellen im Weltall aufzuspüren.

Hauptvortrag LTD XIV Sa 12:00 HSZ/04
Die Suche nach der Dunklen Materie im Universum — ●JOSEF JOCHUM — Physik Department E15, Technische Universität München, 85747 Garching

Immer deutlicher wird der Zusammenhang zwischen Astrophysik und Kosmologie auf der einen und der Teilchenphysik auf der anderen Seite. Viele Vorgänge im Universum lassen sich ohne ein Verständnis der Eigenschaften der Elementarteilchen nicht verstehen. Andererseits können wir viel über Elementarteilchen durch astrophysikalische Beobachtungen lernen. Dieses Zusammenspiel ist das Feld der Astroteilchenphysik.

So gibt es zahlreiche Hinweise darauf, dass der überwiegende Anteil der Masse des Universums aus dunkler Materie besteht, d.h. bisher unbeobachtete Materie deren Natur uns unbekannt ist. Auch hier spielen neue Elementarteilchen wahrscheinlich eine entscheidende Rolle. Diese Elementarteilchen direkt nachzuweisen ist eine große experimentelle Herausforderung. Die Rate der zu erwartenden Streueignisse der Teilchen der Dunklen Materie an der normalen Materie der Detektoren ist extrem niedrig. Pro Sekunde würden etwa eine Milliarde dieser Teilchen durch unseren Körper strömen, von denen pro Tag jedoch höchstens eine Hand voll von uns Notiz nehmen würden. Um die seltenen Ereignisse erkennen zu können, müssen die Experimente sehr gut vor Untergrund-Strahlung durch Umgebungs-Radioaktivität und kosmischer Strahlung abgeschirmt sein. Die Projekte sind deshalb in tiefen Minen oder in Tunneln, wie zum Beispiel dem Gran Sasso Labor in Italien, aufgebaut. Auch modernere Detektor-Technologien, wie z.B. Tieftemperatur-Kalorimeter spie-

len hierbei zur Erkennung von Untergrund-Ereignissen eine zunehmend | grosse Rolle.

Euler, Manfred	..... LTD II, LTD X	Kruse, Karsten	..... LTD XII	Roth, Siegmur	..... LTD IV	Zellmer, Holger	..... LTD VII
Grundler, Dirk	..... LTD V	Nestle, Nikolaus	..... LTD VI	Scheer, Elke	..... LTD III		
Jochum, Josef	..... LTD XIV	Oestreich, Michael	..... LTD IX	Schüller, Christian	..... LTD VIII		
Klages, Rainer	..... LTD XI	Raffelt, Georg	..... LTD XIII	Wilke, Hans-Joachim	..... LTD I		