

Traditio et Innovation

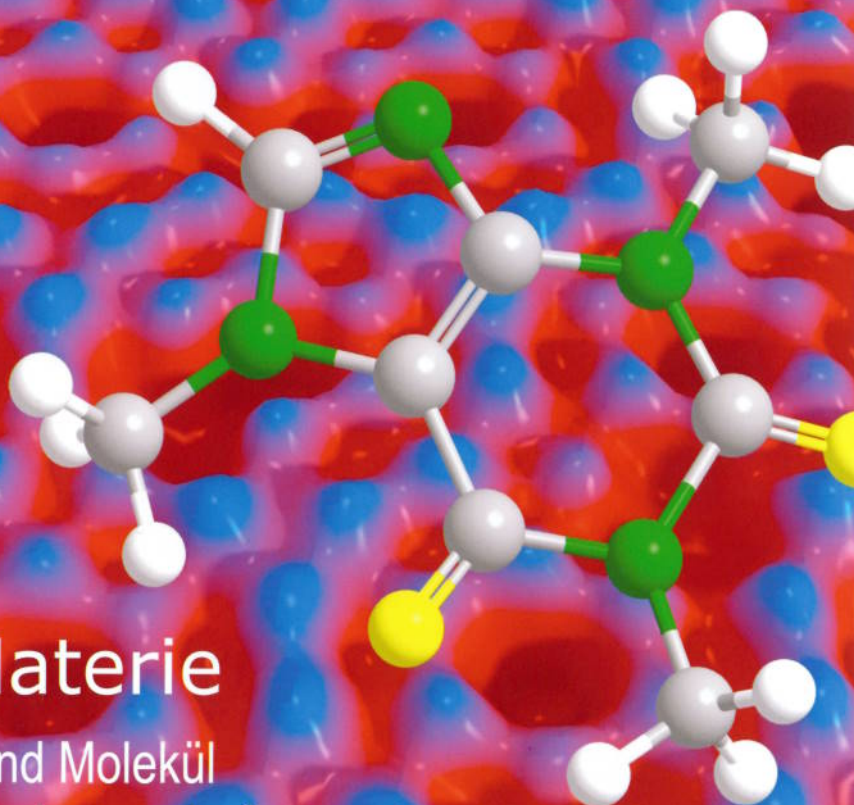


Forschungsmagazin der Universität Rostock

14. Jahrgang | Heft 3 | 2010 | ISSN 1432-1513 | 4,50 Euro

Leben, Licht und Materie

Die Rolle von Licht und Molekül
in Natur- und Lebenswissenschaften



„Leuchtende Nachtwolken“

Mit modernster Lasertechnik den globalen Klimawandel verstehen lernen

Franz-Josef Lübken



Abbildung 1: Das Leibniz-Institut für Atmosphärenphysik e. V. an der Universität Rostock (IAP) in Kühlungsborn. Mit dem grünen Laserstrahl werden empfindliche Messungen bis zu einer Höhe von etwa 100 km durchgeführt.

Sogenannte „leuchtende Nachtwolken“ erscheinen gelegentlich im Sommer in mittleren Breiten. Nach ihrer englischen Bezeichnung „noctilucent clouds“ werden diese Wolken kurz als „NLC“ bezeichnet. Es handelt sich bei diesem Phänomen um Sonnenlicht, das an Eisteilchen in etwa 83 km Höhe gestreut wird. Man kann die Wolken mit dem bloßen Auge sehen, allerdings nur in der Zeit kurz nach Sonnenuntergang bzw. kurz vor Sonnenaufgang. Dies liegt daran, dass das gestreute Licht schwach ist und der Beobachter im Dunkeln stehen muss. Wenn dagegen die Sonne zu weit unter dem Horizont steht, werden die Eisteilchen nicht mehr angestrahlt. Man weiß aus Laser- und Satellitenmessungen, dass NLC zu polaren Breiten hin verstärkt auftreten. Die Eisteilchen entstehen paradoxerweise im Sommer, weil

dann in der oberen Atmosphäre trotz praktisch permanenten Sonnenscheins extrem niedrige Temperaturen von bis zu $-150\text{ }^{\circ}\text{C}$ herrschen. Im Winter dagegen ist es trotz Dunkelheit um bis zu 70 Grad wärmer. NLC sind also Anzeichen eines sehr merkwürdigen Zustandes der Atmosphäre und somit interessanter Forschungsgegenstand in der Atmosphärenphysik. Wichtig ist auch, dass „leuchtende Nachtwolken“ möglicherweise empfindliche Indikatoren für Klimaänderungen in der oberen Atmosphäre sind.

Größte Datensammlung am Leibniz-Institut für Atmosphärenphysik

NLC-Teilchen werden seit etwa 20 Jahren mit modernen Lasermethoden ver-

messen. Das Leibniz-Institut für Atmosphärenphysik an der Universität Rostock mit Sitz in Kühlungsborn (IAP) verfügt hierbei über die weltweit meisten und am weitesten zurückreichenden Daten. Entsprechende Messungen werden hauptsächlich in Kühlungsborn und in Nordnorwegen (69°N) durchgeführt. Bevor man NLC als mögliche Klimaindikatoren nutzen kann, muss man die natürlichen Variationen verstehen. Hierbei hat es in den letzten Jahren einige Überraschungen gegeben. Man hat allgemein angenommen, dass eine große Aktivität der Sonne eine geringe NLC-Häufigkeit zur Folge hat, da starke Sonnenstrahlung den zur Bildung von Eisteilchen erforderlichen Wasserdampf zerstört. Seit 2002 nimmt die solare Aktivität stetig ab und befindet sich seit etwa drei Jahren im Minimum. Die NLC-Häufigkeit

stieg jedoch nicht so stark wie erwartet, sondern nahm teilweise sogar ab. Erst im Jahre 2009 haben wir dann doch einen starken Anstieg der Häufigkeit und Helligkeit gemessen und teilweise sogar Rekordwerte beobachtet. Was bedeutet das? Wodurch wird die Variation der NLC bestimmt?

Den Ursachen für Schwankungen von NLC-Parametern auf der Spur

Modellrechnungen des IAP zeigen, dass neben dem Einfluss der Sonne auch tiefere Schichten (Stratosphäre) die NLC-Häufigkeiten beeinflussen können, da sie zu einer kleinen, aber bedeutsamen Temperaturänderung in NLC-Höhen führen. NLC reagieren also sehr empfindlich auf Änderungen der Bedingungen in der Atmosphäre, die ihrerseits durch verschiedene Prozesse beeinflusst werden. Um die Ursachen für natürliche und vom Menschen verursachte Schwankungen von NLC-Parametern beurteilen zu können, müssen auch die mikrophysikalischen Prozesse bei der Entstehung von Eisteilchen verstanden

sein. Bisher war man davon ausgegangen, dass winzige Staubteilchen, die aus dem Verdampfen von Meteoriten entstehen, als Nukleationskeime dienen. Neue Messungen mit Höhenforschungsraketen am IAP, sowie Modellrechnungen in Schweden und den USA legen jedoch den Verdacht nahe, dass die Anzahl dieser Staubteilchen im Sommer zu gering ist. Jetzt untersuchen wir alternative Szenarien, wie zum Beispiel die Bedeutung von geladenen Teilchen für die Eisbildung. Die Untersuchung von leuchtenden Nachtwolken mit Lasern und die Erforschung von geladenen Staubplasma passt hervorragend ins Department „Leben, Licht & Materie“ der Universität Rostock.

Ziel dieser Forschungen ist es, mit modernster Messtechnik und Modellrechnungen besser zu verstehen, wie der globale Klimawandel funktioniert und wie er sich in den oberen Schichten der Atmosphäre auswirkt. Unsere Forschungen liefern dazu wichtige Erkenntnisse. Wir stehen am Anfang hoch spannender Forschungen, die mit Sicherheit noch für einige Überraschungen sorgen werden. ■

Der Autor



Prof. Dr. rer. nat. Franz-Josef Lübken

1954 geboren in Lönningen, Niedersachsen; Diplom und Promotion (1985) am Physikalischen Institut der Universität Bonn; Gastaufenthalt an der York University in Toronto; 1993 Habilitation Univ. Bonn; 1994 Professor am Phys. Inst. Univ. Bonn; 1999 Berufung an die Universität Rostock; Direktor des IAP in Kühlungsborn; Mitglied in verschiedenen Gremien des DLR, DFG, ESA, WGL, SCOSTEP etc.; Sprecher des Schwerpunktprogramms CAWSES der DFG; Mitherausgeber internationaler Fachzeitschriften; ca. 160 Publikationen

Forschungsschwerpunkte:

Atmosphärenphysik von der Tropo- bis zur Thermosphäre, Messungen auf Höhenforschungsraketen, Lidars, Spurengase, thermische und dynamische Struktur der Mesosphäre, Turbulenz, Eisschichten an der Mesopause, leuchtende Nachtwolken, polare Radarechos

Leibniz Institut

für Atmosphärenphysik e. V.
an der Universität Rostock
Schlossstr. 6, 18225 Kühlungsborn
Fon +49(0)38293 680
Mail luebken@iap-kborn.de

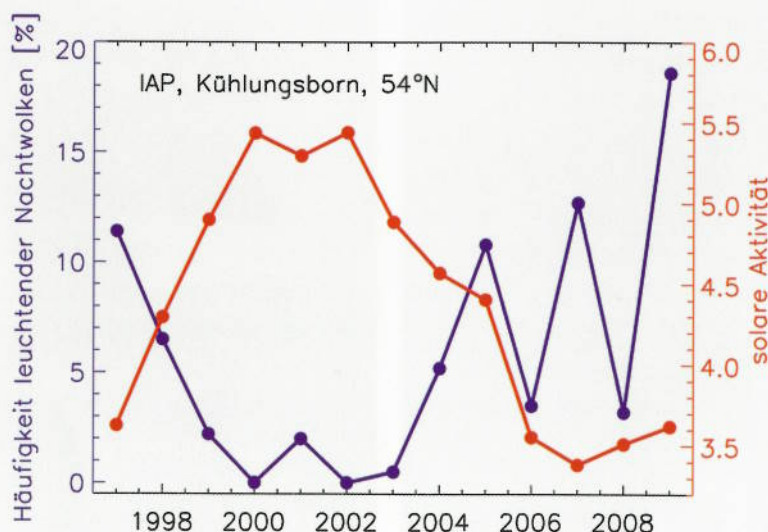


Abbildung 2: Lasermessungen von leuchtenden Nachtwolken über Kühlungsborn: die Häufigkeit während der Sommersaison (blaue Kurve) im Vergleich zur solaren Aktivität (rote Kurve). Man erkennt, dass die erwartete Antikorrelation zwischen NLC-Häufigkeit und solarer Aktivität in den letzten Jahren gestört ist.

In der Nanowelt ist alles anders

Rostocker Physiker beobachten Elektronen in kleinsten Teilchen

Roland Knauer (freier Journalist)

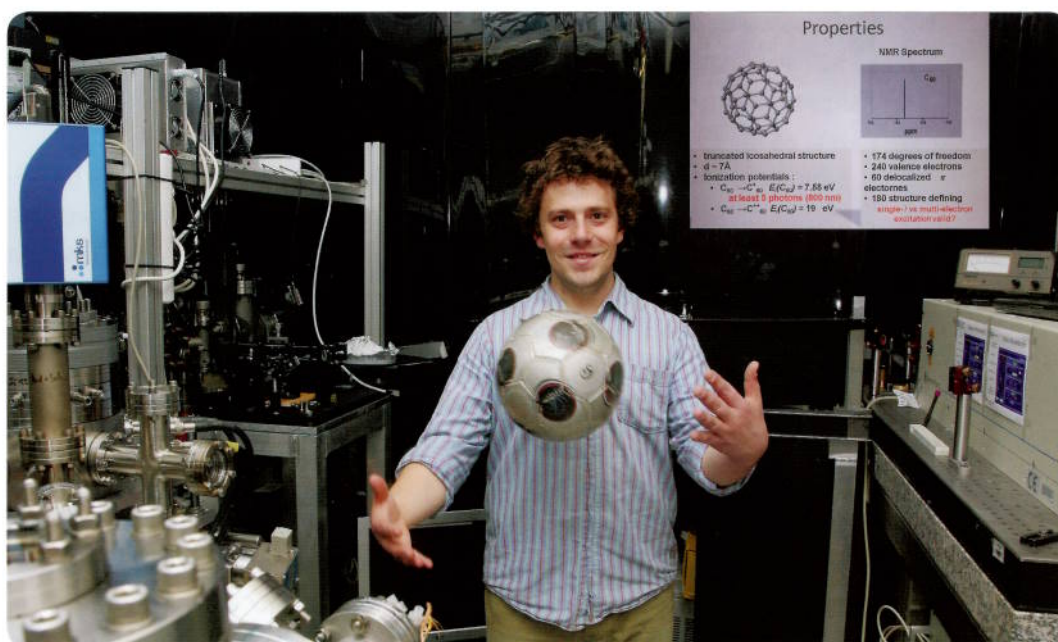
In letzter Zeit fehlt Slawomir Skruszewicz immer öfter die Zeit zum Üben auf der Klarinette. Stattdessen beobachtet der polnische Physiker als Promotionsstudent des Departments Life, Light & Matter an der Interdisziplinären Fakultät der Rostocker Universität mit einem selbst entwickelten „Abbildenden Elektronen-Spektrometer“, wie ein spezieller Laser Elektronen aus winzigen Nanoteilchen heraus katapultiert. Geplant aber war eine andere Reihenfolge: „Ich habe Musik in Stettin studiert und übte jeden Tag drei oder vier Stunden für meine nächsten Auftritte auf der Klarinette“, erzählt

Slawomir Skruszewicz. Für die restlichen Stunden des Tages suchte er sich ein anspruchsvolles Hobby und hängte ein Studium der Physik an. Daraus ist deutlich mehr geworden: Inzwischen steckt Slawomir, wie ihn jeder in der Gruppe nennt, in die Nanophysik-Arbeitsgruppe von Karl-Heinz Meiwes-Broer in seiner Promotion. Und man merkt dem Forscher sofort an, dass ihm beides, Musik und Physik, unwahrscheinlich Spaß machen.

Karl-Heinz Meiwes Broer stellt die Forschung seiner Gruppe so vor: „Wir arbeiten mit Nanoteilchen, die aus fünf oder

zwanzig oder ein paar Hundert Atomen bestehen. In diesen aber gilt eine ganz neue Physik.“ Bei solchen kleinen Teilchen stoßen die Naturgesetze nämlich im Wortsinn so schnell an ihre Grenzen, dass die Gesetze der Quantenmechanik viel wichtiger als bei größeren Teilchen werden. Ein silberner Löffel zum Beispiel besteht aus sehr vielen Silber-Atomen, von denen jedes eine positive elektrische Ladung trägt. Zwischen diesen Ionen aber flitzen genauso viele Elektronen umher, dass ihre negative elektrische Ladung die positive Ladung der Silber-Ionen genau ausgleicht. Innerhalb des Silberlöffels bewegen sich diese Elektronen völlig frei. Legt man nun einen elektrischen Strom an beide Enden des Löffels an, tragen diese frei beweglichen Elektronen den Strom im Silber weiter.

Was im silbernen Löffel noch hervorragend klappt, muss aber noch lange nicht für ein Nanoteilchen Silber gelten, das aus ein paar hundert oder vielleicht sogar nur zwanzig Silberatomen besteht. Bauen zum Beispiel 64 Silber-Atome einen Nanowürfel auf, dessen Kanten



„Der Fußball hat genau 60 Ecken, ebenso wie ein Nanoteilchen aus 60 Kohlenstoff-Atomen besteht“, zeigt Slawomir eindrucksvoll vor seiner Apparatur.

aus jeweils vier Silber-Atomen bestehen, stoßen die eigentlich frei beweglichen Elektronen spätestens nach vier Atomen an ihre Grenzen und es ist vorbei mit der Freiheit. „Solche Silber-Cluster sind daher keine elektrischen Leiter mehr, sondern bestenfalls noch Halbleiter oder werden sogar zu Isolatoren“, erklärt Karl-Heinz Meiwes-Broer.

Natürlich ändern sich auch andere Eigenschaften solcher Metall-Winzlinge. So benötigen Elektronen sehr viel Energie, um die Oberfläche eines Silberlöffels verlassen zu können. Da ein Nanoteilchen aber im Verhältnis sehr viel mehr Oberfläche hat, klappt das viel leichter. Genau diesen Vorgang untersucht Slawomir Skruszewicz mit einem Femtosekundenlaser, der Lichtblitze abgibt, die gerade einmal den tausendsten Teil des Millionstel Teils einer Millionstel Sekunde lang sind. „Diese extrem kurzen Lichtpulse haben daher extrem hohe Leistungen, die durchaus ein paar Milliarden Watt pro Quadratzentimeter betragen können“, erklärt Karl-Heinz Meiwes-Broer.

Mit solchen extremen Leistungen aber schießt der Laser immer wieder Elektronen aus Nanoteilchen heraus, die Slawomir Skruszewicz mit einem „Abbildenden Elektronen-Spektrometer“ beobachtet, das er in seiner Master-Arbeit entwickelt hat. Zunächst arbeitet er mit winzigen Nanofußbällen, von denen jeder aus genau 60 Kohlenstoff-Atomen besteht und die „Fullerene“ genannt werden. Auch dort bewegen sich Elektronen frei umher. „Weil Fullerene aber sehr symmetrisch gebaut sind, lässt sich das Verhalten der Elektronen in ihnen viel einfacher berechnen“, erklärt Slawomir Skruszewicz. Dadurch können auch die Forscher besser verstehen, wie die Elektronen aus den Fullerenen herausgeschlagen werden und wie die neue Physik in den

Die Forscher



Prof. Dr. rer. nat. Markus Rapp

1970 in Koblenz geboren; Studium der Physik, Universität Bonn; 1996 – 1999 Promotionsstudium, Schwerpunkt Atmosphärenphysik an der Universität Bonn; 2005 Gastprofessor an der Universität Stockholm; 2004 Habilitation an der Universität Rostock; seit 2008 Professor (W2) für Experimentelle Atmosphärenphysik an der Universität Rostock und Leiter der Abteilung „Radarsondierungen und Höhenforschungsraketen“ am Leibniz-Institut für Atmosphärenphysik e. V.

Forschungsthemen:

Thermische und dynamische Struktur der Atmosphäre; Atmosphärische Aerosolphysik; z. B. mikrophysikalische Prozesse der Nukleation und des Wachstums, Wechselwirkung mit geladenen Teilchen etc.; Entwicklung von in-situ Messtechniken zum Einsatz auf Höhenforschungsraketen; Radarfernerkundung der mittleren Atmosphäre

Leibniz-Institut

für Atmosphärenphysik e. V.
an der Universität Rostock
Schlossstr. 6, 18225 Kühlungsborn
Fon +49(0)382 9368200
Mail rapp@iap-kborn.de
Web www.iap-kborn.de

Nanoteilchen funktioniert. Ob der Physiker dann aber wieder mehr Zeit für seine Klarinette hat, bleibt fraglich. Schließlich wollen die Forscher danach verstehen, wie die neue Physik in den Metall-Clustern funktioniert. Und diese Aufgabe wird Slawomir Skruszewicz bestimmt wieder begeistern.



Dipl.-Phys. Slawomir Skruszewicz

1980 in Lubraniec (Polen) geboren; 2000 – 2005 Hochschule für Musik in Poznań (Polen); 2002 – 2006 Physikstudium an der Universität Stettin (Polen) und 2006 – 2008 an der Universität Rostock; seit 2009 Stipendiat im Department Science and Technology of Light, Life and Matter, Interdisziplinäre Fakultät

Forschungsthemen:

winkelaufgelöste Photoelektronenspektroskopie, Massenspektrometrie, Molekül- und Clusterphysik, Wechselwirkung von intensiven Laserfeldern mit Atomen und Molekülen, VUV Spektroskopie

Universität Rostock

Institut für Physik
Universitätsplatz 3, 18055 Rostock
Fon +49(0)381 498-6816
Mail slawomir.skruszewicz@uni-rostock.de



**Prof. Dr. rer. nat. habil.
Karl Heinz Meiwes-Broer**

Vita siehe Seite 3

Universität Rostock

Institut für Physik
Universitätsplatz 3, 18059 Rostock
Fon +49(0)381 498-6800
Mail meiwes@uni-rostock.de