

Physiknobelpreis 2010

Ein Anlass, um im Unterricht das Wesen der Naturwissenschaften zu thematisieren

Claudia Haagen-Schützenhöfer

„Was ist Physik?“ „Wie entsteht physikalisches Wissen, wie funktioniert die wissenschaftliche Methode, die Erkenntnisse bringt?“ sind Fragen, die am Beginn von Physikunterricht mit Schülerinnen und Schülern diskutiert werden. In den verschiedensten Schulbüchern finden sich Antworten wie „Physik ist das, was Physiker tun“, oder „Physik ist eine exakte Wissenschaft, die nach der naturwissenschaftlichen Methode Erkenntnisse (Gesetze) gewinnt“.

Mit diesen Antworten wird bei Schülerinnen und Schülern ein meist stereotypes Bild, das sie von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern haben, verstärkt und bestätigt (vgl. Ertl, *The Nature of Science* in diesem Heft). Tiefergehende Fragen, zur Person der Wissenschaftlerin bzw. des Wissenschaftlers, deren Arbeit und Arbeitsbedingungen, bleiben meist ebenso ausgespart wie eine kritische Reflexion darüber, ob (natur)wissenschaftliche Praxis wirklich nur eine, nämlich die naturwissenschaftliche Normalmethode¹⁾ kennt, deren schrittweise Abarbeitung zur Erkenntnis – dem Gesetz – führt, oder unter welchen Bedingungen wissenschaftliche Wissensproduktion tatsächlich stattfindet.

Höttecke (2001) bietet eine Zusammenfassung der bis 2001 vorliegenden Forschungsergebnisse zum Bereich Nature of Science und konnte die vorherrschenden Schülervorstellungen in vier Subbereiche clustern:

- Die Person des Wissenschaftlers, seine Arbeit und ihre Bedingungen
- Epistemologischer Status naturwissenschaftlichen Wissens
- Experiment im Unterricht und als Forschungspraxis
- Naturwissenschaftliche Wissensproduktion und ihre Bedingungen

Zwei dieser Bereiche – die Person der Wissenschaftlerin bzw. des Wissenschaftlers und deren Arbeit und Arbeitsbedingungen, sowie naturwissenschaftliche Wissensproduktion und ihre Bedingungen – sollen in den folgenden Unterrichtsbausteinen thematisiert werden:

Mag. Dr. Claudia Haagen-Schützenhöfer, AECC Physik, Universität Wien, E-Mail: Claudia.Haagen-Schuetzenhoefer@univie.ac.at

1) Demnach funktioniert Naturwissenschaft ausschließlich nach dieser Methode als Abfolge von Frage > Hypothese > Daten sammeln > Schlussfolgerungen ziehen.

Unterrichtsbausteine zur Thematik – Die Person der Wissenschaftlerin / des Wissenschaftlers (Sekundarstufe I)

1) Bitten Sie Ihre Schülerinnen und Schüler die Augen zu schließen und spontan an einen typischen Wissenschaftler zu denken. Wenn alle ein inneres Bild vor Augen haben, sollen die Schülerinnen und Schüler dieses innere Bild zu Papier bringen.

KOMMENTAR: Diese Übung kann einen guten Einstiegs- punkt in die Thematik der Nature of Science bieten. Die oftmals stereotypen Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern zu der Person einer Wissenschaftlerin oder eines Wissenschaftlers werden hier festgehalten und können den Ausgangspunkt für Reflexionen und Diskussionen liefern.

Alternativ können Sie hier auch selbst eine Sammlung verschiedener Bilder/Fotos zusammenstellen, die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler und Personen aus anderen Professionen in verschiedenen Kontexten zeigen, die dem prototypischen Bild eines Wissenschaftlers mehr oder weniger entsprechen. Schülerinnen und Schüler sollen dann raten / abschätzen, welche der abgebildeten Personen am ehesten Wissenschaftler sind und festhalten, wie sie zu ihren Entscheidungen kommen.

HINTERGRUND: Dieses Verfahren, bekannt als „draw a scientist“, wurde in der fachdidaktischen Forschung vielfach eingesetzt (Chambers 1983), um stereotype Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern über Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zu erfassen. Zwischen 1966-1977 wurden 4807 Zeichnungen in kanadischen Schulen und Kindergärten gesammelt.

Dabei wurden 7 Indikatoren herausgefiltert, die Auskunft darüber geben, wie sehr Schülerinnen und Schüler von Stereotypen geleitet werden. „Neben dem Tragen eines Kittels, eines Bartes oder/und einer Brille gelten eine symbolische Forscherumgebung (Instrumente, Laborausstattung) und Symbole des Wissens (Bücher, Sammlerstücke) als Indikatoren eines Stereotyps. Dazu kommen noch ein technologisches Ambiente und Textelemente in den Bildern wie z.B. Formeln. Chambers stellt fest, dass die Anzahl der Indikatoren einer stereotypen und standardisierten Vorstellung vom Wissenschaftler mit dem Alter zunehmen.“ (Höttecke 2001, 8)

2) In Kleingruppen (3-4 Schüler/innen) sollen die Zeichnungen verglichen werden. Gleich im Anschluss daran, sollen möglichst viele Eigenschaften eines „typischen Wissenschaftlers“ gesammelt werden und niedergeschrieben werden. Leitfragen dazu wären:

- Welche Charaktereigenschaften ordnet ihr einem typischen Wissenschaftler zu, was für „ein Typ von Mensch“ ist das?
- Wie und wo verbringt ein typischer Wissenschaftler seinen Arbeitstag?
- Wie verbringt ein typischer Wissenschaftler seine Freizeit, mit welchen Hobbies?

KOMMENTAR: Hier sollen die Schülervorstellungen konkretisiert bzw. verbalisiert werden. Durch die Sozialform der Gruppenarbeit können je nach Wissenschaftsbild auch schon erste Reflexionsprozesse in Gang gesetzt werden.

3) Nach dieser Bestandsaufnahme wird in Einzelarbeit der Text („Ein Duo mit Spieltrieb“, siehe Anhang) gelesen.

KOMMENTAR: Die Schülerinnen und Schüler sollten vor dem Lesen darauf hingewiesen werden, wer die beiden Wissenschaftler sind, bzw. wofür sie den Physiknobelpreis 2010 erhalten haben, damit sie in groben Zügen über den Kontext Bescheid wissen. Zusätzlich soll auch die Informationsquelle genannt werden und bezüglich Art des Informationsmediums, inhaltlichem Schwerpunkt, Erscheinungsland, Leserzielgruppe, Intention des Artikels... besprochen werden.

4) Die beiden im Artikel genannten Männer sind zwei sehr erfolgreiche Wissenschaftler. Die Schülerinnen und Schüler sollen nun noch einmal ihre Sammlung zur Person des Wissenschaftlers und seiner Arbeitsweisen überarbeiten und alle ihre Vermutungen, die sich in diesem Zeitungsartikel nicht bestätigt haben bzw. ins Wanken geraten sind, ausstreichen.

KOMMENTAR: Durch die Bearbeitung des Zeitschriftenartikels sollen Reflexionsprozesse bei den Schülerinnen und Schülern angeregt werden. Um die gewonnenen neuen Einsichten zu visualisieren empfiehlt es sich, diese in der ursprünglichen Sammlung auszustreichen.

5) Scanning Aufgabe mit dem Text:
Die Schülerinnen und Schüler sollen Textstellen suchen, die Aussagen über die Natur der Naturwissenschaften unterstützen bzw. belegen oder diesen auch widersprechen. Als Beispiel seien hier je 4 Aussagen aus der Kategorie Mythos und Logos zu Nature of Science aufgeführt (vgl. Ertl, The Nature of Science in diesem Heft).

2) Hierbei handelt es sich nur um Lösungsvorschläge. Dem Text können unter Umständen auch an weiteren Stellen derartige Belege entnommen werden. Die Zeilennummern dienen nur als Suchhilfe.

AUSSAGE	Zeile im Text ²⁾
Die Gesetze und Prinzipien der Naturwissenschaften sind absolut und unumstößlich	54f
Wissen in den Naturwissenschaften ist, obwohl es zuverlässig ist, nicht unveränderlich	
Es gibt eine generelle und universelle naturwissenschaftliche Methode	58 - 61
Es gibt nicht nur einen Weg der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung (deshalb gibt es auch keine universelle naturwissenschaftliche Methode, die Schritt für Schritt abgearbeitet wird)	
Naturwissenschaften sind eher an feststehende Verfahren gebunden als an Kreativität	16 - 18; 73
Naturwissenschaftler sind kreativ	
Naturwissenschaftler arbeiten in der Regel allein	62; 68 - 72
Naturwissenschaften sind Teile sozialer und kultureller Entwicklungen	

KOMMENTAR: Durch die Bearbeitung des Zeitschriftenartikels sollen Reflexionsprozesse bei den Schülerinnen und Schülern in Gang gesetzt werden. Sie sollen zur Einsicht gelangen, dass ihr Bild von Wissenschaftlern und Wissenschaft durchaus auch stereotype Vorstellungen bzw. Fehlvorstellungen enthalten kann.

6) Im Anschluss empfiehlt sich eine Präsentation der Ergebnisse der Gruppenarbeiten im Plenum. Hier kann noch einmal auf Stereotype eingegangen werden.

KOMMENTAR: In dieser Phase ist es wichtig darauf hinzuweisen, dass auch die Informationen über die beiden Nobelpreisträger nur einen Mosaikstein im Gesamtbild der Natur der Naturwissenschaften ausmachen und auch hier Verallgemeinerungen unzulässig sind: (Natur)wissenschaft nutzt vielfältige Methoden und den typischen Wissenschaftler gibt es nicht.

Unterrichtsbausteine zur Thematik – Naturwissenschaftliche Wissensproduktion und ihre Bedingungen“ (Sekundarstufe II)

1) Als Einstieg kann von der Sammlung „Mythos oder Logos des Wesens der Naturwissenschaften“ ausgegangen werden. Sie können etwa die Mythos- und Logos-Statements (vgl. Ertl, The Nature of Science in diesem Heft), die Ihnen passend erscheinen, auf Kärtchen schreiben und in der Klasse verteilen. Sie brauchen für jede Schülerin und jeden Schüler ein Kärtchen. Einzelne Kärtchen können auch doppelt vorkommen.

Die Klasse wird anschließend in zwei Großgruppen geteilt, eine Mythos-Gruppe und eine Logos-Gruppe. Die Aufgabe für die Schülerinnen und Schüler besteht nun darin, sich im ersten Schritt individuell zu entscheiden, ob ihr Kärtchen einen Mythos oder

einen Logos über die Natur der Naturwissenschaften enthält und warum.

Im folgenden Schritt geht es darum, alle als Mythos-Karten eingestuft Kärtchen in der Mythos-Gruppe zu sammeln und alle Logos-Karten in der Logos-Gruppe. Dazu müssen die einzelnen Schülerinnen und Schüler mit einem Kärtchen, von dem sie vermuten, dass es nicht in ihre Gruppe gehört, ein Mitglied der Gegengruppe davon überzeugen, dieses Kärtchen anzunehmen.

KOMMENTAR: In diesem ersten Schritt soll Schülerinnen und Schülern bewusst gemacht werden, dass in ihrem Wahrnehmungshorizont von Wissenschaft bzw. Wissenschaftlern stereotype Vorstellungen bzw. Mythen eine Rolle spielen können.

HINTERGRUND: Aus den Forschungsergebnissen zur Natur der Naturwissenschaften ist seit Jahrzehnten bekannt, dass es keine einheitliche Methode der Naturwissenschaften gibt, und dass die Produktion von naturwissenschaftlichem Wissen nicht nur nach rationalen Kriterien verläuft, sondern dass neben wissenschaftsinternen Faktoren auch externe eine entscheidende Rolle spielen (Feyerabend 1972).

Höttecke gibt einen guten Überblick über relevante Mechanismen für die Anerkennung naturwissenschaftlicher Forschungsergebnisse als naturwissenschaftliches Wissen. *„[...] Wissenschaftliche Ergebnisse [werden] erst nach ihrer Produktion in Laboren, an Computern und Schreibtischen einem Prozess zugeführt, der ihnen Geltung verschaffen und die Anerkennung durch andere Experten herstellen soll. Nur wenn ein wissenschaftlicher Beitrag anderen Experten glaubwürdig erscheint, und er den Standards der Experten-Gruppe genügt, kann das Wissen, das er dokumentiert, auch als anerkannt bezeichnet werden. Das setzt einen Konsens voraus, der innerhalb eines wissenschaftlichen Paradigmas (T.S. Kuhn 1973) ausgehandelt werden muss. [...] Die scientific community ist die eigentliche Arena zur Festlegung von Geltungsansprüchen in den Naturwissenschaften.“* (Höttecke 2001, 18f)

2) Im zweiten Schritt kann ein Brainstorming zur Person des Wissenschaftlers bzw. der Wissenschaftlerin und der Art und Weise wie Wissen geschaffen wird in Kleingruppen folgen. Leitfragen dazu wären:

- a. Charakterisiere einen typischen Wissenschaftler!
- b. Wie verbringt ein typischer Wissenschaftler seinen Arbeitstag?
- c. Wie kommt ein Wissenschaftler zu seinen Erkenntnissen / zu neuem Wissen, also wie stellt ihr euch seine Arbeitsweise vor?

KOMMENTAR: Eigene Vorstellungen sollen in dieser Phase konkretisiert und mit denen anderer Gruppenmitglieder abgeglichen bzw. kontrastiert werden. Durch die Diskussion in der Gruppe sollen erste Reflexionsanstöße initiiert werden.

3) In Einzelarbeit werden Auszüge aus dem Interview mit Konstantin Novoselov („Science Watch“, siehe Anhang) gelesen und schließlich in der Kleingruppe diskutiert.

Als Arbeitsauftrag für die Lese-Phase könnte die Thematik auf zwei Aspekte eingegrenzt werden:

- Beurteile den Stellenwert, den das Veröffentlichen von Forschungsergebnissen für Wissenschaftler hat, am konkreten Beispiel von Konstantin Novoselov!
- Versuche aus dem Interview herauszufiltern, welche Schritte aus Sicht des Wissenschaftlers nötig sind, damit ein wissenschaftlicher Artikel in einer Fachzeitschrift abgedruckt wird!

KOMMENTAR: Nachdem die Schülerinnen und Schüler erste Gelegenheiten hatten, sich mit der Thematik vertraut zu machen und sich ihrer eigenen Vorstellungen bewusst zu werden, soll der Fokus auf die sozialen Bedingungen naturwissenschaftlicher Wissensproduktion gelegt werden. Schülerinnen und Schüler können Teile dieses Prozesses an dem konkreten Beispiel nachvollziehen.

4) Scanning Aufgabe mit dem Text: jede Gruppe spezialisiert sich auf eine der Mythos- bzw. Logos-Aussagen zur Natur der Naturwissenschaften (vgl. Ertl, *The Nature of Science* in diesem Heft). Die Schülerinnen und Schüler in den einzelnen Gruppen sollen so viele Textstellen wie möglich herausfinden, die sich auf ihre Aussage bzw. auf ihr Aussagenpaar beziehen. Danach sollen die Schülerinnen und Schüler die Aussagen der Kategorie Mythos bzw. Logos zuordnen.

Naturwissenschaftler arbeiten in der Regel allein	21-23; 45-48	Naturwissenschaften sind Teile sozialer und kultureller Entwicklungen
Naturwissenschaftler sind besonders objektiv	38; 41-43	
Die Anerkennung neuer naturwissenschaftlicher Erkenntnisse erfolgt einfach und unproblematisch.	37-38	Menschen mit unterschiedlichen kulturellen Hintergründen tragen zu den Naturwissenschaften bei
Naturwissenschaften sind eher an feststehende Verfahren gebunden als an Kreativität	10-17	Naturwissenschaftler sind kreativ

KOMMENTAR: Wichtig ist an dieser Stelle auch darauf hinzuweisen, dass es sich hier um ein konkretes Beispiel handelt, das nur einen beschränkten Blick auf die Natur der Naturwissenschaften wirft. Die prototypische Natur der Naturwissenschaften gibt es allerdings nicht, sondern nur ein multidimensionales Konstrukt mit unterschiedlichen Zugängen und Facetten. Daher ist eine Verallgemeinerung dieses exemplarischen Zugangs zur Natur der Naturwissenschaften nicht zulässig. Aber genau diese Botschaft, dass es eben nicht DIE Natur der Naturwissenschaft gibt, ist zentrale Vermittlungsintention dieser Unterrichtsbausteine.

5) Zur Vertiefung bzw. Erweiterung kann noch detaillierter auf die Aushandlungs- und Konsensfindungsprozesse innerhalb der Scientific Community eingegangen werden. Hier möchte ich zwei verschiedene Szenarien für den Unterricht zur Anregung geben:

Als Impuls kann der folgende Cartoon dienen.



Most scientists regarded the new streamlined peer-review process as 'quite an improvement.' (Nick Kim – Cartoonstocks)

a) Hier kann eine Recherchearbeit im Internet angeschlossen werden, die auf Reviewprozesse oder auf die Wertigkeit und das Ranking wissenschaftlicher Journale selbst eingeht.

Dazu empfiehlt es sich, dass die Schülerinnen und Schüler etwa Autorenhinweise bzw. Informationen über Reviewprozesse von Fachzeitschriften studieren (z.B. der peer-review Process in Nature, http://www.nature.com/authors/editorial_policies/peer_review.html, [Stand: 30.11.2010]).

Auch die Recherche über Impactfaktoren von Fachzeitschriften (z.B. <http://www.peter.baumgartner.name/goodies/artikelserien/open-access-argumente/impact-factor/?searchterm=impact%20factor>, [Stand: 30.11.2010]) kann hier einen Blick hinter die Kulissen erlauben.

Abschließend werden die Ergebnisse im Plenum diskutiert.

KOMMENTAR: Hier kann entweder die Recherchearbeit zum Reviewprozess oder die Recherchearbeit zu den Impact-Faktoren mittels Gruppenarbeit durchgeführt werden. Um ein Gesamtbild zu erhalten kann aber auch ein arbeitsteiliges Verfahren angestrebt werden, in dem sich ein Teil der Gruppen mit der einen und die restlichen Gruppen mit der anderen Aufgabe beschäftigen.

b) Generell kann auch zur Diskussion gestellt werden ob Konsens oder Dissens in der Wissenschaft nur von Fakten, oder auch von moralischen Werten und persönlichen Motivationen der Wissenschaftler, also eher außerwissenschaftlichen Aspekten, abhängt. Leitfragen (die auch textbasiert beantwortet werden können) wären:

- Welche Funktion hat der einleitende Text, bevor die erste Interviewfrage gestellt wird?

- Welchen Stellenwert hat es, dass ein wissenschaftlicher Artikel eines Autors zitiert wird?
- Listet alle Funktionen auf, die euch einfallen, die das Veröffentlichen von Forschungsergebnissen haben kann?
- Wann / Wie werden Forscher auf neue Forschungsbereiche aufmerksam?
- Welche Rolle hat der Titel einer Veröffentlichung? Nach welchen Gesichtspunkten sollte ein Titel gewählt werden?
- Welche Rolle spielte der Reviewer im Fall der Nobelpreisträger?
- Welche positiven und negativen Gründe fallen euch dafür ein, dass Artikel überhaupt begutachtet werden, bevor sie veröffentlicht werden?

Abschließend werden die Ergebnisse im Plenum diskutiert.

KOMMENTAR: Dieser Aufgabentyp ist näher am Lesetext und auch stärker geleitet. Er empfiehlt sich eher für Unterrichtssettings, in denen kein Internetzugang möglich ist.

Literatur

Chambers, D.W. (1983). Stereotypic images of the scientist: The draw a scientist test. *Science education*, 67(2), 255–265.

Feyerabend, P.K. (1972). Von der beschränkten Gültigkeit methodologischer Regeln. *Neue Hefte für Philosophie*, 2(3), 124–171.

Höttecke, D. (2001). Die Vorstellungen von Schülern und Schülerinnen von der „Natur der Naturwissenschaften“. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, Jg. 7, 7–23.

Ein Duo mit Spieltrieb

Ihr Wunderstoff soll die Elektronik umkrepeln.

Ein Küchenexperiment bringt zwei Physikern den Nobelpreis. Ulrich Schnabel; Max Rauner | 07. Oktober 2010

1 © Friedrun Reinhold/Körper-Stiftung/dpa



2
3 Physiknobelpreisträger 2010: Konstantin Novoselov (links) und
4 Andre Geim (rechts), mit ihrer Kollegin Irina Grigorieva

5 Als im April 1997 das Foto eines in der Luft schweben-
6 den Froschs in der Zeitschrift *Physics World* erschien,
7 lachten viele Physiker über den scheinbaren Aprilscherz.
8 Das Lachen blieb ihnen im Halse stecken, als sie erfuh-
9 ren, dass Andre Geim den Frosch tatsächlich zum Fliegen
10 gebracht hatte. Mithilfe eines starken Magneten war es
11 ihm gelungen, die Wassermoleküle im Körper der Am-
12 phibie so auszurichten, dass diese – wie ein Astronaut in
13 der Schwerelosigkeit – durch die Luft trudelte.

14 »Wenn man keinen Sinn für Humor hat, ist man in der
15 Regel auch kein guter Wissenschaftler«, kommentierte
16 Geim. »Die Leute verstehen nicht, dass gute Wissenschaft
17 nicht unbedingt langweilig sein muss.« Die rechte Aner-
18 kennung blieb ihm allerdings versagt. Der heitere Physi-
19 ker bekam für sein Froschexperiment nur den satirischen
20 Ig- Nobelpreis (von engl. *ignoble*: unwürdig, schmach-
21 voll) verliehen. Seit Dienstag dieser Woche lästert nie-
22 mand mehr über Geim: Nach dem Ig-Nobel wurde ihm
23 nun auch der echte Nobelpreis zugesprochen. Damit ist er
24 der erste Mensch überhaupt, dem beide Ehrungen zuteil-
25 wurden.

26 Ausgezeichnet wird er zusammen mit Konstantin Novose-
27 lov, [...] für eine weitere ihrer erstaunlichen Entdeckun-
28 gen: die des »Wundermaterials« Graphen (betont wird das
29 e). Es ist das dünnste Material, das es nach heutigem
30 Kenntnisstand im Universum gibt. Es ist biegsam wie
31 eine dünne Plastikfolie und so hart wie Diamant. Zugleich
32 leitet es elektrischen Strom rund hundertmal so gut wie
33 herkömmliche Kupferkabel. Dank dieser einzigartigen
34 Eigenschaften könnte Graphen künftig das Silizium in
35 Computerchips ersetzen, als Basis für effektivere Solar-
36 zellen dienen, in ultraharten Werkstoffen stecken oder
37 superdünne, lichtempfindliche Beschichtungen für berüh-
38 rungsempfindliche Bildschirme ermöglichen.

39 Und das Verblüffendste daran: Graphen ist eigentlich ein
40 Allerweltstoff. Tatsächlich hat jeder, der mit einem Blei-
41 stift schreibt, das nobelpreiswürdige Material schon mal
42 auf Papier gebracht. Es entsteht aus nichts anderem als
43 Grafit, aus dem altbekannten Kohlenstoff also. Die drei-
44 dimensionale Struktur des Grafits ist wie eine Art Blätter-
45 teig aus zahllosen Graphenplättchen geschichtet. Graphen
46 selbst ist zweidimensional, nur eine Atomlage dick und
47 besitzt eine maschendrahtähnliche Struktur. Graphen hätte
48 es eigentlich nie geben dürfen, das jedenfalls glaubte die
49 Fachwelt lange Zeit. Alle Versuche, es herzustellen, wa-
50 ren gescheitert. Geim und Novoselov versuchten es trotz-
51 dem. »Es war die Suche nach der Nadel im Heuhaufen«,
52 erinnerte sich Geim später, »nur dass wir nicht wussten,
53 ob die Nadel überhaupt existiert.«

54 Zuvor hatten Chemiker zum Beispiel versucht, Grafit-
55 schichten aufzuspalten, indem sie einzelne Moleküle wie
56 Keile hineintrrieben – vergeblich. Das Ergebnis sah aus
57 wie feuchter Ruß. Andre Geim wollte zunächst Grafitkris-
58 talle immer weiter polieren, bis nur noch wenige Atomla-
59 gen übrig bleiben sollten. Ein eigens eingestellter chinesi-
60 scher Wissenschaftler feilte mit unendlicher Geduld vor
61 sich hin. Doch alle Versuche schlugen fehl, und der
62 Verbrauch der teuren Kristalle ging ins Geld. Da verfiel
63 das erfindungsreiche Physiker-Duo auf eine fast wahnwit-
64 zig simple Idee: Sie klebten einen Grafitkristall auf einen
65 Streifen Tesafilm und zogen ihn wieder ab, sodass ein
66 Plättchen Grafit an dem Film haften blieb wie ein Rest
67 Farbe. Dann falteten sie das Klebeband und zogen von
68 dem dünnen Plättchen eine weitere Schicht ab – und so
69 fort. Nachdem sie diese Prozedur bis zu 20-mal wieder-
70 holt hatten, hafteten an dem Klebefilm winzige Späne aus
71 extrem dünnen Lagen.

72 Dieses Experiment kann jeder Fünfjährige an Mamas
73 Schreibtisch nachmachen. Nicht ganz so einfach ist es
74 allerdings, die einatomigen Grafitschichten auf dem Tesa-
75 film tatsächlich zu finden. Geim und Novoselov drückten
76 das Klebeband dafür auf eine Siliziumscheibe, das Basis-
77 material der Mikroelektronik. Einige Grafitreste vom
78 Klebeband blieben darauf haften. Unter dem Mikroskop
79 erkannten die Forscher schließlich, dass darunter auch
80 Schichten aus nur einzelnen Atomlagen waren. Im Okto-
81 ber 2004 veröffentlichten sie ihre Entdeckung in *Science*.

Gekürzt aus : <http://pdf.zeit.de/2010/41/Nobelpreis-Physik.pdf> [Stand: 30.11.2010]

Graphene - Interview Date: February 2009. **Konstantin Novoselov**: From the Special Topic of Graphen

1 According to our Special Topics analysis on graphene research over the past decade, the scientist whose work
2 ranks at #1 by total cites is Dr. Kostya Novoselov, with 33 papers cited a total of 2,895 times. He also ranks at #6
3 by number of papers and #2 by cites per paper. Five of his papers appear on the lists of the most-cited papers over
4 the past decade and over the past two years.

5 Essential Science Indicators SM from Thomson Reuters, Dr. Novoselov's record includes 49 papers, largely
6 classified in Physics and Materials Science, cited 3,536 times between January 1, 1998 and October 31, 2008. Dr.
7 Novoselov is a Royal Society Research Fellow in School of Physics & Astronomy at the University of Manchester.
8 **Below, ScienceWatch.com correspondent Gary Taubes talks with Dr. Novoselov about his pioneering work**
9 **with graphene.**

10 **SW: Considering that graphene physics is an entirely new field of science, how did you get into it?** The
11 style of Geim's lab (which I'm keeping and supporting up to now) is that we devote ten percent of our time to so-
12 called "Friday evening" experiments. I just do all kinds of crazy things that probably won't pan out at all, but if they
13 do, it would be really surprising. Geim did frog levitation as one of these experiments, and then we did gecko tape
14 together. There are many more that were unsuccessful and never went anywhere (though I still had a good time
15 thinking about and doing those experiments, so I love them no less than the successful ones). This graphene
16 business started as that kind of Friday evening experiment. We weren't hoping for much, and when I gave it to a
17 student, it initially failed. Then we had what you could call a stream of coincidences that basically brought us some
18 very remarkable results quite quickly—within a week or so. Then we decided to continue on a more serious basis.

19 **SW: What was the original idea behind the graphene experiment?** Well, people talk about metal electronics a
20 lot, substituting semiconductors for metal. There are many advantages to that, but nobody had really used graphite
21 as a material for electronics. So we decided to see if that was possible. Basically, the idea was that we needed to
22 get some very thin films of high-quality graphite; one of our students did it the first time by trying to file down thick
23 graphite crystals and it didn't work. We almost gave up after that. At the same time we had a very experienced
24 guy—Oleg Shklyarevskii—working here. He showed how the samples were prepared for a scanning tunnel
25 microscope. They clean graphite surface by peeling the top layer off with Scotch tape. It is a very standard
26 technique, used everywhere. We knew about the method before, but everything is good in its own time, so one
27 glance at it and we knew—that must be it. I tried it and within a few days we had a working device.

28 **SW: So this was serendipity, more so than any premeditation?** And it wasn't the only time we got lucky.
29 Graphene, which is a monolayer of carbon atoms, is really hard to see—you can only see it on a very special
30 substrate. We didn't know it at the time, but, coincidentally, we had exactly that substrate and it was what we used,
31 purely by luck. I still don't understand how that worked out, but the substrate we had was exactly the one required.
32 This was a huge coincidence—just unbelievable. It was only a few months later that we understood how lucky we
33 had been. If not for that, I'm sure we would be there anyway, but a bit later.

34 **SW: What, in your view, are the most significant papers for the field?** There are quite a few significant papers
35 by now. Still, the very first ones were the 2004 *Science* paper and the *Nature* paper in 2005. The paper by Philip
36 Kim's group published back-to-back with our *Nature* paper is also key to the field.

37 **SW: The *Nature* paper is the more highly cited of the two, even though it was a follow-up publication. Why**
38 **do you think that is?** The interesting thing is that the first paper, the one in *Science*, was originally submitted to
39 *Nature* and, of course, it was rejected, because...well, I don't know why. The referee told us it was interesting, but
40 we should measure this, that, and the other thing in addition, and then maybe they'd consider it for publication. It's
41 now three years later and all those requirements made originally by the *Nature* referee are still not measured.
42 Nonetheless, we improved our paper a bit and then published it half a year later in *Science*. As for citations, I think
43 it's now within five or ten percent of the second paper, which was published in *Nature*. But the word "graphene"
44 isn't in the title of the original. So people probably overlook it a little bit. And it doesn't have all that fancy stuff that's
45 in the *Nature* paper, all the fancy words in the title, like Dirac fermions in graphene. That sounds a lot more exciting.
46 It talks about the quantum Hall effect. It speaks to all possible communities at once. The material scientists like
47 graphene. The theorists like the Dirac fermions, then there's quantum Hall people, who also cite it. It's really, really
48 interdisciplinary. To attract people to a new field of research, to make them change the direction of their research,
49 you have to show them really something that is 10 times more exciting than what they're doing now. If it's only
50 twice as exciting, nobody is going to change. And, of course, seeing a phenomenon like that in a system as simple
51 as this is really 10 times more exciting than anyone else. That's also probably why this 2005 *Nature* is more
52 appealing.

Gekürzt aus: <http://sciencewatch.com/ana/st/graphene/09febSTGraNovo/> | Stand: