Ausgabe Nr. 88 // 25. Jahrgang // 2010

Junge Wissenschaft

Jugend forscht in Natur und Technik

Young Researcher

The European Journal of Science and Technology

Eine Initiative des Bundesministeriums für Bildung und Forschung

Wissenschaftsjahr 2010

Die Zukunft der Energie

Medienpartner des Wissenschaftsjahres 2010

Chemie: Atome verbinden sich

Innovative Experimente, wissenschaftliche Beiträge und spannende Ergebnisse:

Das Magazin für **Nachwuchs-forscher**

Themen:
Der Plattenkondensator unter der Lupe // Den Vitaminen auf der Spur // Wenn Blätter rot werden // Automatisierung für die japanische Küche // Bakterienschleuder Küchenschwamm

Außerdem im Heft: Physikunterricht muss Spaß machen // Chemie – die Formel für eine erfolgreiche Karriere // Max-Plank-Institut lässt Junior-Science-Olympioniken hinter die Kulissen blicken

Dank

Vielen Dank allen Firmen und Unternehmen, die mit Patenschaftsabonnements in die Zukunft investieren:

Prof. Dr. Wilfried Kuhn, Villmar/Gießen

Chemie und Energie

Seit September liegt es vor und Ende Oktober wurde es im Bundestag beschlossen: Das Energiekonzept der Bundesregierung mit dem Untertitel „Neun Punkte für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung“. Und wie es sich für eine funktionierende Demokratie gehört, gab und gibt es eine lebhafte Diskussion in allen Medien, allerdings fokussiert auf die verlängerte Nutzung der Kernenergie. Damit wurde das politisch brisanteste Thema aufgegriffen, aber diese Resonanz verdeckt den Blick auf den Gesamtansatz: Das Energiekonzept enthält eine Vision für die Energieversorgung in 40 Jahren. Erneuerbare Energien sollen die Hauptpfeiler der zukünftigen Energieversorgung bilden. Niemand weiß heute, ob die Vision so Wirklichkeit wird, aber das Ziel einer Ressourcen schonenden, nachhaltigen Energieversorgung ist unbestreitbar richtig und lebensnotwendig für die nächsten Generationen.

Wer als Ingenieur und Wissenschaftler das Energiekonzept liest, wird schnell erkennen, dass auf Forschung und Entwicklung gewaltige Aufgaben zukommen: Die Elektromobilität steckt noch in den Kinderschuhen. Mit dem ersten deutschen Offshore Energiepark werden erst seit einem Jahr Betriebserfahrungen gesammelt. Leistungsfähige Stromspeichersysteme gehören eher in das Reich der Visionen als der Realität.

Welchen Beitrag die Chemie zur Energieversorgung der Zukunft leisten kann, hat ein Zusammenschluss namhafter deutscher Vereine und Verbände aus der Chemie bereits vor einem Jahr veröffentlicht. Wichtige Aspekte sind hierbei die Energiebereitstellung, also die Speicherung von Energie, sowie die effiziente Energienutzung.

Die Chemie kann zu all diesen Fragen einen Beitrag leisten, weil sie die Naturwissenschaft ist, die sich mit der Umwandlung von Stoffen beschäftigt. Jede Umwandlung benötigt entweder Energie oder setzt welche frei. So speichern Pflanzen mit Hilfe des chemischen Prozesses Photosynthese Sonnenenergie. Diese nutzen wir bei der Verbrennung von Kohle. Noch sind die Chemiker nicht in der Lage, die Photosynthese nachzubilden, hierfür fehlen geeignete Katalysatoren. Die Entwicklung solcher Stoffe ist also eine wichtige Aufgabe für heutige und zukünftige Chemiker. Ebenso arbeiten Chemiker an der Entwicklung neuer Photovoltaiktechniken mit. Organische Solarzellen können bereits heute mit Druckverfahren auf flexible Folien aufgebracht werden und sind daher kostengünstiger als Silizium basierte Zellen. Noch ist der Wirkungsgrad der neuen Solarzellen zu gering, Chemiker sind daher auf der Suche nach geeigneten, leicht verfügbaren Materialen.

Diese Beispiele aus dem Bereich der Energieforschung zeigen, dass Chemiker heute und in Zukunft gefragte Fachleute sind. Dass die Jugend sich erfolgreich für Chemie interessiert, zeigen zwei der Beiträge aus dem Jugend forscht Bereich: Ab Seite 22 wird ein Messverfahren vorgestellt, mit dem einfach und schnell der Vitamin C Gehalt von Obst und Gemüse bestimmt werden kann. Und ab Seite 30 können Sie lesen, warum Blätter im Herbst noch einen roten Farbstoff bilden.

Dr. Sabine Walter,
Mitherausgeberin und Chefredakteurin
der Jungen Wissenschaft

Impressum

Gründungsherausgeber:
Prof. Dr. rer. nat. Paul Dobrinski †

Herausgeber:
Prof. Dr. Manfred Euler,
Dr. Dr. Jens Simon,
Dr.-Ing. Sabine Walter

Verlag:
Verlag Junge Wissenschaft
Athanasios Roussidis
Neuer Zollhof 3
40221 Düsseldorf

Chefredaktion:
Dr.-Ing. Sabine Walter
s.walter@verlag-jungewissenschaft.de

Redaktion:
Areti Karathanasi, Ekrem Atmis

Erscheinungsweise:
vierteljährlich

Preis:
30,00 € zzgl. Versand für 4 Ausgaben;
Schüler, Studenten, Referendare, Lehrer zahlen nur 20,00 € zzgl. Versand;
Einzelpreis: 9,50 € zzgl. Versand

Anzeigen:
André Mayer
Telefon (02 11) 20 95 13 81
a.mayer@verlag-jungewissenschaft.de

Grafik & Layout:
Ideenfilter Werbe- und Designagentur GmbH
Neuer Zollhof 3, 40221 Düsseldorf
Antje Bunzel, Svenja Röder

Objektleitung
Areti Karathanasi
Telefon (02 11) 38 54 89 12
a.karathanasi@verlag-jungewissenschaft.de

Bilder:
aboutpixel.de, photocase.de, sxc.hu, pixelio.de

Druck:
Tannhäuser Media GmbH
Büttgenbachstraße 7
40549 Düsseldorf

Geschäftsbedingungen:
Es gelten die Allgemeinen Geschäftsbedingungen des Verlags Junge Wissenschaft
Athanasios Roussidis

ISSN 0179-8529

Inhalt

68

Chemie – die erfolgreiche Karriere

Alles auf der Welt ist in irgendeiner Form Chemie. Sie ist nicht nur in den Labors Zuhause, sondern steckt in unseren Lebensmitteln, Arzneimitteln, Kosmetika, Textilien, Lacken usw. Dementsprechend vielfältig sind die Berufsmöglichkeiten. Erkenntnisse der Berufsforschung bescheinigen den chemischen Berufsfeldern glänzende Perspektiven. Viele Arbeitsplätze und wenig Nachwuchs sorgen für eine hohe Nachfrage am Arbeitsmarkt.

10

Physikunterricht muss Spaß machen!

Aus dem Physikclub Kassel kommen seit vielen Jahren immer wieder erfolgreiche Teilnehmer des Wettbewerbs Jugend forscht. Gründer und Leiter ist der Physiklehrer Klaus-Peter Haupt. Er hat ein Rezept gefunden, wie Physikunterricht Spaß machen kann.

Editorial 3

Inhalt 4 - 5

Neues 6 - 9

Das Proton ist kleiner als gedacht 6

Warum Fische im Eismeer nicht erfrieren 7

In Mustern schwärmen 7

Das Innere von Molekülen erforschen 8

Alkohol mit Mehrwert 9

Künstliches Perlmutt wirkt als Hitzeschild 9

Magazin I 10 - 13

Physikunterricht muss Spaß machen! 10

Wie aus Jungforschern junge Wissenschaftler werden 13

Magazin II 60 - 74

Max-Plank-Institut lässt Junior-Science-Olympioniken hinter die Kulissen blicken 60

Studium & Beruf: Informations- und Telekommunikationstechnologie 62

Chemie – die Formel für eine erfolgreiche Karriere 68

Buchrezensionen 72

Jugend forscht 14 - 59

Der Plattenkondensator unter der Lupe
Rechnerische und experimentelle Untersuchungen zum homogenen Feld des Plattenkondensators 18

Den Vitaminen auf der Spur
Entwicklung und Bau eines Lichtstiftes für fotometrische Messungen 22

Wenn Blätter rot werden
Experimentelle Untersuchungen zu Ursachen und Bedeutungen der herbstlichen Laubfärbung beim Wilden Wein 30

Automatisierung für die japanische Küche
Entwicklung einer Sushi Maschine und Analyse der Produktvarianten 40

Bakterienschleuder Küchenschwamm
Untersuchungen zur mikrobiellen Flora in Küchenschwämmen 50

Der Plattenkondensator unter der Lupe

Wie homogen ist das Feld eines Plattenkondensators wirklich? Mit Simulationen und Experimenten wurde dies überprüft und ein Vorschlag für eine verbesserte Plattengeometrie erarbeitet.

Autor: Sebastian Mensch

Den Vitaminen auf der Spur

Vitamin C ist für den Menschen lebensnotwendig. Doch die Bestimmung des Vitamin C Gehaltes von Obst und Gemüse mit der Titration ist aufwändig. Abhilfe schafft nun ein Lichtstift.

Autorinnen: Elisabeth Hahn, Anna Victoria Behr

Wenn Blätter rot werden

Anthocyane sind für die rote Farbe der Blätter verantwortlich und schützen diese gleichzeitig vor UV Licht. Unter welchen Bedingungen sich diese Stoffe bevorzugt bilden, wurde untersucht.

Autor: Karsten Schulze

Automatisierung für die japanische Küche

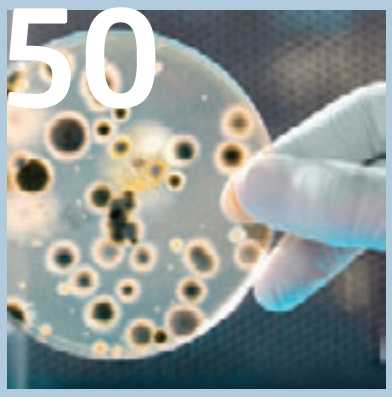
Sushis drehen erfordert viel Übung. Einfacher ist die Herstellung mit einer Sushi-Maschine, die wie ein Zigarettendrehapparat in groß funktioniert.

Autor: Daniel Bijan Vafi

Bakterienschleuder Küchenschwamm

Küchenschwämme werden täglich genutzt, um Geschirr zu reinigen. Aber wird das Geschirr dabei wirklich sauber oder werden eher die Bakterien aus dem Küchenschwamm dabei verbreitet?

Autorinnen: Janina Bach, Tamara Krüger



Junge Wissenschaft – Jugend forscht in Natur und Technik

Junge Wissenschaft veröffentlicht Originalbeiträge junger Autoren bis zum Alter von 23 Jahren mit anspruchsvollen Themen aus allen Bereichen der Naturwissenschaften und Technik.

Gründungsherausgeber:
Prof. Dr. rer. nat. Paul Dobrinski †

Herausgeber:
Prof. Dr. Manfred Euler
Dr. Dr. Jens Simon
Dr.-Ing. Sabine Walter

Beirat:
Dr. J. Georg Bednorz
Nobelpreisträger
IBM Research Division
Forschungslaboratorium Zürich

Prof. Dr. rer. nat. Dr. h. c.
Manfred Eigen
Nobelpreisträger,
Max-Planck-Institut für
Biophysikalische Chemie,
Göttingen

Prof. Dr. Gerhard Ertl
Nobelpreisträger
Fritz-Haber-Institut der
Max-Planck-Gesellschaft, Berlin

Prof. Dr. Ernst O. Göbel
Präsident der Physikalisch-
Technischen Bundesanstalt,
Braunschweig und Berlin

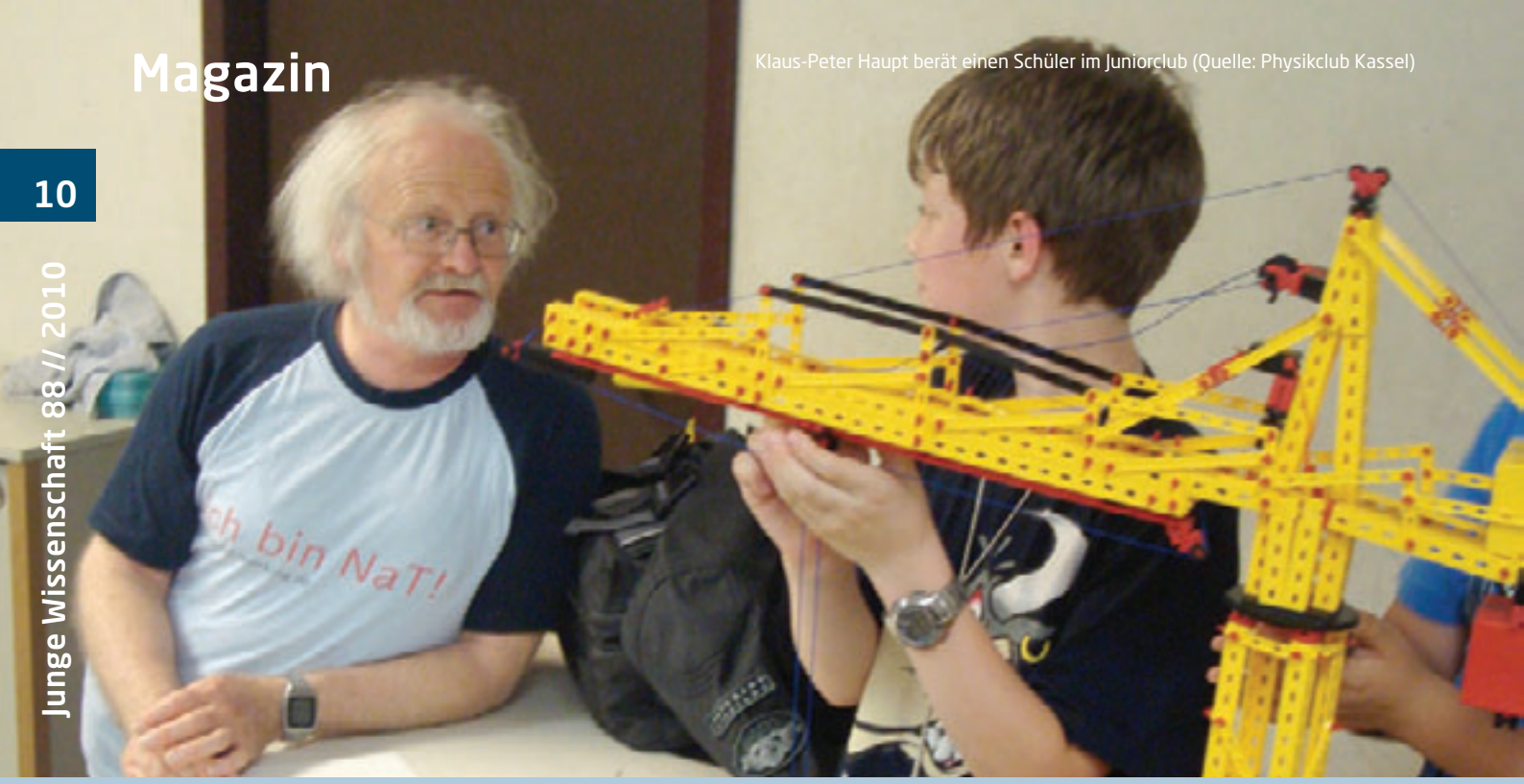
Dr. Uwe Groth
VDI Projektleitung
„Jugend entdeckt Technik“,
Hemmingen

Prof. Dr. Elke Hartmann
Universität Halle
VDI Bereichsvorstand
„Technik und Bildung“

Dr. Jörg F. Maas
Geschäftsführer der Stiftung
„Jugend forscht“ e. V.,
Hamburg

Prof. Dr. Bernd Ralle
Schriftführer der Zeitschrift MNU,
Fachbereich Chemie,
Universität Dortmund

Wolfgang Scheunemann
Geschäftsführer der dokeo GmbH,
Stuttgart



Klaus-Peter Haupt berät einen Schüler im Juniorclub (Quelle: Physikclub Kassel)

Physikunterricht muss Spaß machen

Aus dem Physikclub Kassel kommen seit vielen Jahren immer wieder erfolgreiche Teilnehmer des Wettbewerbs Jugend forscht. Gründer und Leiter ist der Physiklehrer Klaus-Peter Haupt. Er hat ein Rezept gefunden, wie Physikunterricht Spaß machen kann.

Klaus-Peter Haupt (57) gehört zu den Lehrern, die wegen ihres Unterrichts von den Schülern verehrt werden. Dabei macht er phasenweise keinen Unterricht, sondern liest Zeitung auf dem Flur, er möchte seine Schüler beim selbstständigen Lernen nicht stören.

Wann genau Haupt seinen Unterricht umgestellt hat, weiß er nicht mehr. „Es muss gegen Ende der 1980er gewesen sein. Da hatte ich ein echtes Schlüsselerlebnis, " erzählt Haupt, der T-Shirt, Jeans und Sandalen trägt und dessen weißen Haare viel Freiheit haben. „Eines Morgens lagen zwei Stunden Physik mit einer neunten Klasse vor mir, und ich wusste schon genau, mit welcher Einstiegsfrage zum Elektromagnetismus ich beginnen wollte." Als erfahrener Lehrer kannte er auch die Antworten der Schüler. „Mir erschien der Unterricht wie ein Theaterstück. Und das machte mir keinen Spaß mehr. Und wie soll ich dann den Schülern den Spaß an der Physik vermitteln?" erinnert sich Haupt. Da habe er sich spontan beim Aufschließen des Klassenzimmers entschlossen, alles anders zu machen. „Ich habe den Schülern die vorbereiteten Experimente hingestellt, ihnen Bücher gebracht und erklärt, dass ich jetzt vier Wochen keinen Unterricht machen werde. Dann würden wir eine Arbeit über den Elektromotor und die Klingel schreiben."

Haupts Motto: Je mehr Freiräume die Schüler beim Experimentieren bekommen, desto mehr Ideen wachsen daraus. (Quelle: Physikclub Kassel)

Das Experiment klappte: Alle beteiligten sich und konnten ihr Vorwissen und ihre Erfahrungen mit einbringen. Die Schüler waren stolz, wenn sie etwas selbst erarbeitet hatten. Im Unterrichtsraum brach ein kreatives Chaos aus: „Ich lernte, den Schülern Freiräume zu lassen, denn gerade daraus erwuchsen die Ideen."

Am Anfang gab es Misstrauen

Lehrer wurde der Diplom-Physiker Ende der 1970er Jahre notgedrungen, weil es in der Astrophysik keine Stellen gab. Haupt holte das Staatsexamen in Mathematik nach und arbeitet seitdem am Albert-Schweitzer Gymnasium in Kassel. Sein Schulleiter habe ihn bei

So wird die schönste Zeit des Lebens noch schöner.

Ein Mac ist leistungsstark, zuverlässig und hat alles, was für ein erfolgreiches Studium nötig ist.

Jetzt sparen auf www.apple.com/de/aoc/
oder telefonisch unter 0800 0003 168
bei einem Mac Experten.

Sparen mit Apple on Campus-Preisen.

TM und © 2009 Apple Inc. Alle Rechte vorbehalten. Apple, das Apple Logo und Mac sind Marken der Apple Inc., die in den USA und weiteren Ländern eingetragen sind. Andere hier genannte Produkt- und Herstellernamen sind möglicherweise Marken ihrer jeweiligen Rechtsinhaber. LR16632-0/DE

seinen Unterrichtsexperimenten immer unterstützt. Die Kollegen seien misstrauisch gewesen. Aber als eine Vergleichsarbeit völlig normal ausfiel, war er selbst erleichtert, und seine Methode wurde akzeptiert.

Wenn Haupt über seine Arbeit spricht, mischt er sich nicht in die so beliebten Diskussionen um Schulstrukturen und Pisa Debatten ein. Er erzählt wenig über sich, er wählt lieber Beispiele, welche die kleinen und großen Erfolge seiner Schüler beschreiben. Haupt ist Praktiker, Bücher zu Unterrichtsmethoden habe er nicht gelesen. Dennoch hat er über seinen Unterricht intensiv nachgedacht: Er sieht den Lehrer als Berater, der den Schüler bei seinem selbst gewählten Weg unterstützt. Heute gibt Haupt seine Erfahrungen und Einsichten an zukünftige Lehrer weiter als Fachleiter für Physik am Studienseminar in Kassel. Seit seinem Erfolg mit dem Physikclub wird er in ganz Deutschland zu Vorträgen eingeladen.

Neu in der Physiksammlung: der von Schülern gebaute Linearbeschleuniger. (Quelle: Physikclub Kassel)

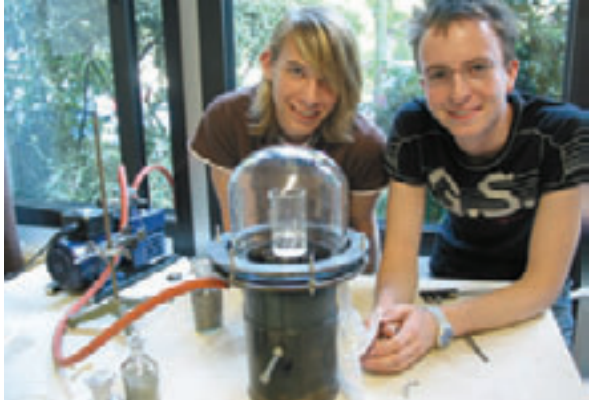
Der Physikclub begann als Begabtenprojekt

Den Physikclub begann Haupt 2002 im Rahmen der Jugendakademie Kassel, die Angebote für besonders begabte Kinder und Jugendliche macht. Eine Kollegin hatte ihn erst überreden müssen. Eigentlich hatte er keine Lust, einen weiteren Nachmittag an der Schule zu verbringen.

Da er als Fachleiter damals schon mehr Referendare als Schüler unterrichtete, reizte ihn das Projekt doch, da er den Kontakt zu Schülern behalten wollte. Ihm war klar, dass er im Physikclub etwas anderes als Unterricht anbieten musste. Er formulierte kleine Forschungsprojekte aus der Chaosphysik. Grundlage waren Experimente, die Schüler in ähnlicher Form bereits kannten. Zu Beginn erhielten die Schüler fachliche Informationen, Projektvorschläge und Literaturhinweise. Zudem gab Haupt ihnen Texte, wie man den eigenen Lernprozess gestaltet. Am Ende des Schuljahres präsentierten die Schüler ihre Ergebnisse Mitschülern, Lehrern und Physikern von der Universität. Das Interesse motivierte die Jungforscher so sehr, dass sie im nächsten Schuljahr unbedingt weiter machen wollten.

Heute ist der Physikclub ein etabliertes Angebot für Kasseler Schüler von der siebten Klasse an. Zusätzlich gibt es den Juniorclub für die Klassen fünf und sechs. „Das Interesse ist so groß, dass wir nicht mehr alle nehmen können. Jeden Freitag bricht hier der Wahnsinn aus, “ beschreibt Haupt den Eifer der Schüler. Die Räume im naturwissenschaftlichen Trakt des Albert-Schweitzer Gymnasiums reichen schon nicht mehr und einige Gruppen forschen auf dem Flur. Haupt ist für jeden ansprechbar und beantwortet Fragen zur Abschlusspräsentation, die für manche schon der Startpunkt für ein erfolgreiches Jugend forscht Projekt war. In all dem Chaos, das sich langsam zwischen Versuchsaufbauten, Computern und Schulranzen aufbaut, bleibt Haupt ganz gelassen.

Er ist ganz für seine Schüler da, die ihn duzen und „KP“ nennen. Ehemalige Schüler, Referendare und zwei Lehrer unterstützen ihn.



Phillip und Florian haben eine Simulationskammer gebaut, um etwas über das Innere von Kometen zu lernen . (Quelle: Physikclub Kassel)

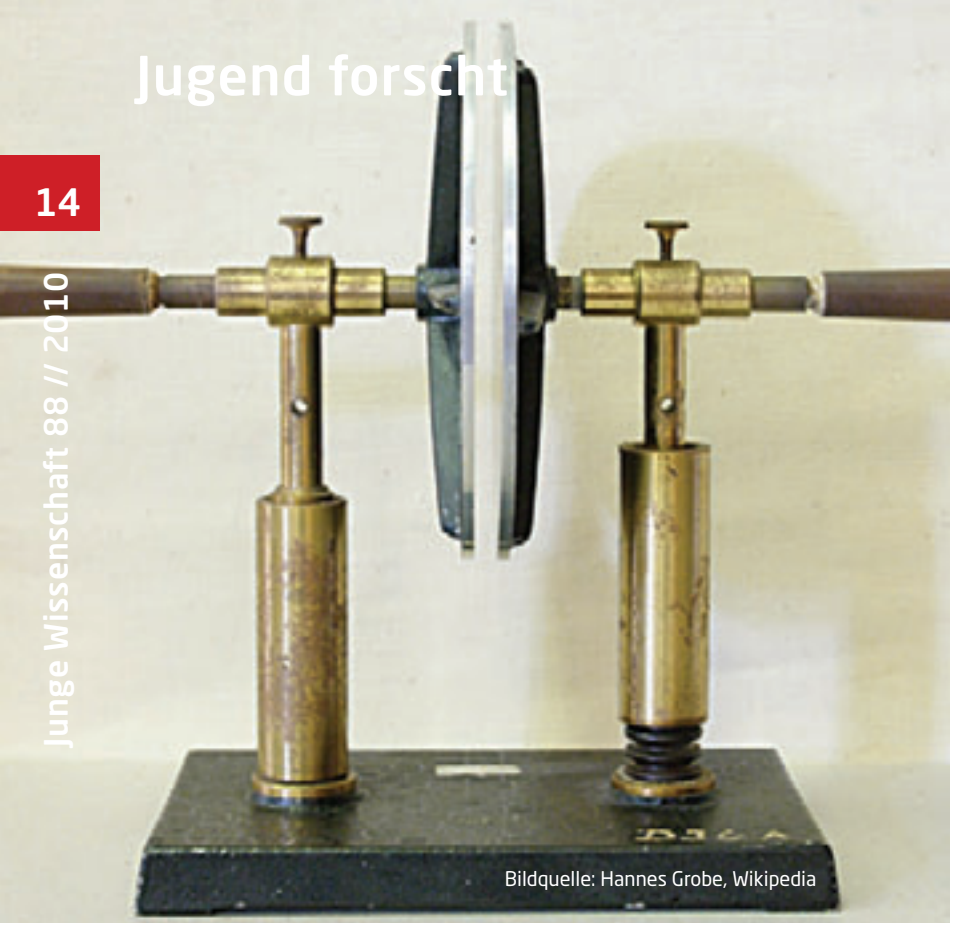
Die Erfolge wurden gewürdigt

Haupt ist froh, dass der Physikclub heute anerkannt ist, Geldmittel bekommt und die Betreuer bezahlen kann. Im Jahr 2007 erhielt Haupt insgesamt fünf Preise darunter den Georg-Kerschensteiner Preis der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG) und den Lehrer-Preis der Helmholtzgemeinschaft. Für ihn persönlich seien die Preise wichtig gewesen, da die Anerkennung im direkten Umfeld völlig fehlte. Mit den Preisgeldern ist er nun in der Lage, auch teure Geräte zu kaufen.

Seit September 2009 ist klar, dass der Physikclub die Keimzelle des nordhessischen Schülerforschungszentrums werden wird. Seitdem arbeitet Haupt an Plänen für ein eigenes Gebäude, in dem dann Schüler neben physikalischen auch chemische und biologische Projekte anpacken werden.

Sabine Walter

Mit viel Geschick wird der Schwanz einer künstlichen Kaulquappe zusammengebaut (Quelle: Physikclub Kassel)



Bildquelle: Hannes Grobe, Wikipedia

Sebastian Mensch *1989
Radis

Schule:
Paul-Gerhardt-Gymnasium,
Gräfenhainichen

Eingang der Arbeit:
Juli 2009

Zur Veröffentlichung angenommen:
August 2009

Der Plattenkondensator unter der Lupe

Rechnerische und experimentelle Untersuchungen zum homogenen Feld des Plattenkondensators

Der Plattenkondensator wird in der Schule üblicherweise als ein Beispiel vorgestellt für eine Anordnung, die in ihrem Inneren ein homogenes elektrisches Feld aufweist. Im Studium wird zwar dann die tatsächliche inhomogene Struktur des Kondensators berechnet, aber man nutzt hierfür nach wie vor eine Vereinfachung und nimmt an, dass die Ladungsträger auf der Platte homogen verteilt seien. Ich habe nun die freie Bewegung der Ladungsträger auf der Oberfläche simuliert und erhalte so nicht nur eine Aussage über die tatsächliche Feldform, sondern kann auch eine Plattenform für das homogene Feld suchen.

1 Das Problem

Im Physikunterricht der Kursstufe wird intensiv der Plattenkondensator behandelt. Hervorgehoben wird dabei immer das homogene Feld, welches er erzeugt. Ein homogenes Feld wird durch eine konstante Feldstärke definiert. In der Feldliniendarstellung erkennt man (so die Lehrmeinung) das homogene Feld durch parallele Feldlinien. Sowohl in Lehrbüchern als auch in anderer Literatur und anderen Medien finden sich fast ausschließlich Abbildungen, mit geraden, parallelen Feldlinien, die sich nur außerhalb der Platten verbiegen. (siehe Abb. 1)

Es stecken jedoch zwei starke Vereinfachungen in diesem Modell: Zunächst muss man die perfekte Homogenität im Zentrum hinterfragen. Die Wirklichkeit sieht nämlich anders aus, wie genauere Betrachtungen zeigen. Bei den parallelen Feldlinien handelt es sich lediglich um eine Vereinfachung für den Unterricht. In der universitären Ausbildung wird diese Vereinfachung zum Teil aufgegeben und die genaue räumliche Verteilung des Feldes berechnet. Hierzu bedient man sich aber immer noch einer Vereinfachung zum Ansatz der Gleichungen. Man geht davon aus, dass sich die Ladungsträger auf einer Kondensatorplatte mit einer homogenen Dichte verteilen. Bedenkt man allerdings, dass zwischen den einzelnen Ladungsträgern abstoßende Coulomb-Kräfte wirken, sollten sich die Ladungsträger am Rand der Kondensatorplatte dichter drängen als in der Mitte. Ihnen fehlen die äußeren Gegenkräfte. Außerdem sind die Verteilung der Ladungsträger und das elektrische Feld laut Gaußschem Gesetz miteinander verbunden. Experimentell lässt sich diese Aussage überprüfen, indem man zwei Kondensatorplatten in einem Wasserbad versenkt und eine Elektrolyse startet.

Aufgrund der hohen Ladungsträgerdichte am Rand der Platten entsteht hier ein stärkeres Feld. Die Ionen im Wasser erfahren hier eine stärkere Beschleunigung, so dass am Rand mehr Wasserstoff entsteht. Will man also noch exakter berechnen, wie das reale Feld innerhalb eines Plattenkondensators aussieht, so

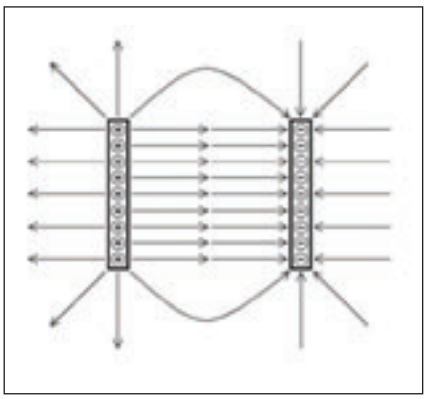


Abb. 1: Idealisierung eines perfekten homogenen Feldes (Quelle: wikibooks.org)

muss man auch diesen zweiten Schwachpunkt beseitigen. Es ist notwendig, dass man die Verteilung der Ladungsträger auf den Kondensatorplatten in Übereinstimmung mit dem Feld bringt. Ein korrektes Ergebnis muss eine Inhomogenität auch im Plattenzentrum ergeben, aber auch senkrecht austretende Feldlinien, damit die Ladungen auf den Platten zur Ruhe kommen.

Darauf aufbauend stellt sich die Frage, ob man durch eine Krümmung der Kondensatorplatten die Homogenität im Zentrum des Feldes steigern kann. Für die Lehrbücher wäre diese Form eine lehrreiche Ergänzung, für Teilchenphysiker (z. B.: im CERN) ist sie bestimmt eine Notwendigkeit für den Bau ihrer Instrumente.

2 Der Lösungsansatz

Ein Lösungsansatz kann zunächst von einer räumlichen Dichtefunktion mit unbekannten Parametern ausgehen und diese dann mit einem Ansatz physikalischer Gleichungen bestimmen. Aber hierbei entsteht zunächst die Frage, welcher Art die Funktion ist. Dieser Ansatz geht nicht von diskreten Teilchen aus, was bei der außerordentlich hohen Anzahl von Ladungsträgern auch physikalisch sinnvoll ist.

Physikalisch sinnvoll und numerisch leichter umsetzbar scheint eher eine Simulation einer großen Anzahl von Punktladungen. Diese Variante ergibt in unmittelbarer Nähe zur Plattenoberfläche starke Feldlinienkrümmungen zu den Ladungen, begnügt sich aber im Ansatz mit dem einfachen Coulombgesetz. Beim Optimierungsziel – Kräftefreiheit – müssen noch Führungskräfte für die Plattenoberfläche definiert werden.

Der programmierte Algorithmus sollte eine angemessene Anzahl von Ladungsträgern, sowie das durch diese erzeugte elektrische Feld simulieren können. Nach der erfolgreichen Entwicklung eines solchen Algorithmus' kann man damit beginnen, die Kondensatorplatten simuliert zu „verbiegen“ und die Auswirkungen auf das Feld zu beobachten. Durch weitere Algorithmen ist es dann möglich, eine optimierte Plattenform zu finden, die ein im Zentrum möglichst homogenes elektrisches Feld erzeugt.

3 Berechnungen zum Feldverlauf innerhalb von Kondensatorplatten

3.1 Herangehensweise

Als Programmiersprache wählte ich Delphi, da sie die Geschwindigkeit von C und den Funktionsumfang von VBasic vereint. Letzteres ist mir für die grafische Darstellung der berechneten Werte besonders wichtig.

3.2 Welche Kräfte bestimmen die Verteilung der Ladungsträger auf geraden Platten?

Zunächst machte ich mir Gedanken darüber, nach welchen Gesetzmäßigkeiten sich die Ladungsträger auf der Kondensatorplatte verteilen. Als wirkende Kraft ist dabei die Coulomb-Kraft F_C zu nennen. Diese beschreibt die Kraft, die zwei Ladungsträger aufeinander ausüben. Zur Minimierung des Rechenaufwandes werden nun alle Konstanten zu einer Proportionalitätskonstante k zusammengefasst. Die Ladungen der Probekörper entsprechen dabei immer der Elementarladung, sodass auch sie als konstant angesehen werden. Es ergibt sich also eine ausschließlich vom Abstand r abhängende Kraft. Da bei den Berechnungen ausschließlich von Elementarladungen ausgegangen wird, können auch die Ladungen mit in diesen konstanten Ausdruck einfließen. Es ist dann nur besondere Aufmerksamkeit auf das Ermitteln des Vorzeichens bei der Berechnung der Kraft zu richten. Nach allen Vereinfachungen erhält man also eine Gleichung, die fortan im Algorithmus zur Berechnung der wirkenden Kraft zwischen zwei Teilchen verwendet wird.

$$F_C = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\varepsilon r^2} = k\frac{1}{r^2}$$

Die Richtung der Kraftwirkung am jeweiligen Teilchen ergibt sich durch das Bilden eines normierten Differenzvektors $\vec{r}$ zwischen den beiden Ortsvektorn der Teilchen (Abb. 2).

$$\vec{r} = \begin{pmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_2 - x_1 \\ y_2 - y_1 \end{pmatrix}$$

$$\vec{F} = \frac{\vec{r}}{|\vec{r}|} F_C$$

In einer Schleife werden dann für jedes Teilchen die Kräfte, die von jedem anderen Teilchen ausgeübt werden, berechnet und addiert. Darauf aufbauend wird dann ein neuer Ortsvektor für jedes Teilchen berechnet. Diese gesamte Routine wird für jedes Teilchen wiederholt, wodurch man Kraftwirkungen in allen Koordinatenrichtungen für alle Teilchen erhält.

Nun stellte sich die Frage, wie sich die Ladungsträger in einer Metallplatte beziehungsweise auf der simulierten Kondensatorplatte fortbewegen würden. Hierzu ging ich zunächst vom klassischen Ansatz der Newton'schen Mechanik aus.

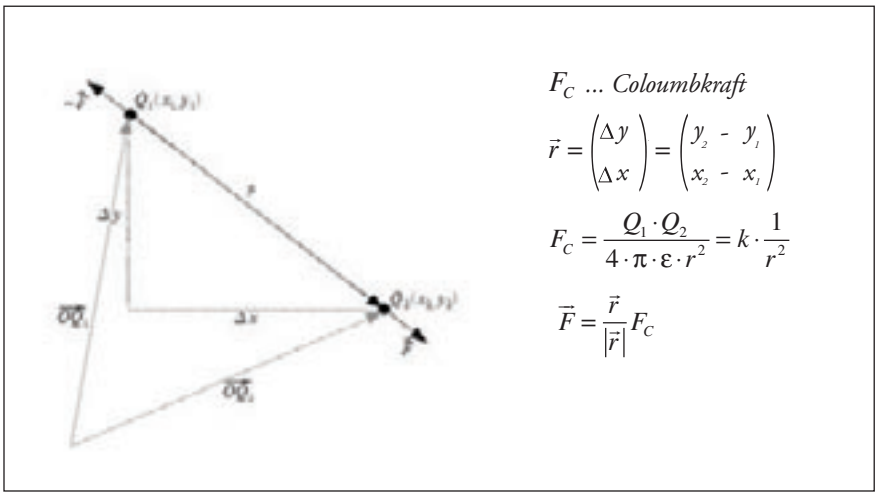


Abb. 2: Kraft zwischen zwei Teilchen

Dabei lässt sich aus der Coulombkraft die Beschleunigung ermitteln. Das zeitliche Integral dieser Beschleunigung liefert dann einen Geschwindigkeitsvektor, dessen Zeitintegral dann zu einem Ortsvektor führt. Bei dieser Herangehensweise ergab sich jedoch kein statischer Zustand. Vergleichbar ist dieses Verhalten mit einem komprimierten Gas, das sich zunächst in einem Raum ausbreitet und dann eine innere Energie aufrecht erhält, sodass sich die einzelnen Teilchen ständig weiterbewegen.

Um den Rechenaufwand für anschließende Berechnungen gering zu halten, wollte ich aber einen statischen Zustand erreichen. Also suchte ich nach einem neuen Ansatz und ging nun von der Vorstellung aus, dass die Kraft sich proportional zur Geschwindigkeit verhalten sollte, was zu einem schnelleren Konvergieren des mathematischen Modells führen sollte.

$$F \propto v$$

$$\vec{F} = k \cdot \vec{v}$$

$$\vec{s}_{neu} = \vec{s}_{alt} + \vec{v} \cdot dt \quad \text{mit} \quad c = \frac{dt}{k}$$

$$\vec{s}_{neu} = \vec{s}_{alt} + \vec{F} \cdot c$$

Mit $\vec{F}$ wirkende Kraft, v Geschwindigkeit und s Ortsvektor

Dieser Ansatz entspricht der Dynamik nach Aristoteles und kann mit der Fortbewegung eines Körpers in einem extrem zähen Medium verglichen werden. Hierzu wird starke Reibung, die proportional zur Geschwindigkeit ist, angenommen und gleichzeitig permanent etwas Energie (zufällige geringe Ortswechsel) eingebracht. Diese zufälligen, geringfügigen Ortsverschiebungen, eine Art Rauschen, sollen vermeiden, dass sich zwei Teilchen am selben Ort befinden können. Letztendlich errechnete ich den neuen Ortsvektor der Ladungsträger also aus der Summe des alten Ortsvektors und dem Produkt der wirkenden Kraft und der Zeitänderung dt.

Die Wahl der Zeitänderung dt spielte nun eine entscheidende Rolle: War sie zu groß, konnte es dazu kommen, dass Konvergenzpunkte übersprungen wurden, bei zu kleiner Zeitänderung steigerte sich der Rechenaufwand extrem. Insgesamt führte diese Methode letztendlich zu einem zügigen Konvergieren des Modells gegen einen statischen Zustand. Diese Lösung bot zwei Vorteile: Zum einen stellte sich dadurch nach einiger Zeit ein statisches System ein und zum anderen wurde der Rechenaufwand nochmals vermindert.

Nun ließ ich auf zwei simulierten, gegenüberliegenden runden Kondensatorplatten je 1000 Ladungsträger sich verteilen. Verließen die Teilchen die Platte, wurden sie durch eine simulierte Führungskraft entlang des Radius bis zum Rand der Platte zurück gezogen. Darauf basierend konnte ich auch überprüfen, wie stark sich die Feldlinien zwischen den geraden Kondensatorplatten verbiegen. Zur Darstellung der Feldlinien setzte ich in regelmäßigen Abständen entlang des Durchmessers einer Platte Ladungsträger aus, deren Ladung der auf der betreffenden Platte entsprach. Diese bewegten sich dann nach dem bereits beschriebenen Algorithmus, also ohne Beachtung der Trägheit, zur anderen Platte und das Zeichnen der Bahn, auf der sie sich bewegen, liefert die Feldlinien. Um Fehler zu minimieren, wurde die Schrittweite gering gehalten. Diese Berechnung wurde noch in entgegen gesetzter Richtung ausgeführt, damit man Fehler durch die diskrete Schrittweite erkennen und abschätzen konnte. Unmittelbar aus den Kanten treten keine Feldlinien aus, da es sich um unendlich dünne Platten handelt, an deren Kanten die Bedingung, dass die Feldlinien rechtwinklig austreten müssen, nicht erfüllt werden kann. Die Abb. 3 zeigt das Ergebnis für planparallele, kreisrunde Platten.

Das Ergebnis bestätigt die Erwartungswerte. Hohe Ladungsdichte im Randbereich, inhomogene Verteilung der Feldlinien im Zentrum und ein stets senkrechter Austritt der Feldlinien aus der Plattenoberfläche. Die leichten Verbiegungen der Feldlinien direkt an der Plattenoberfläche können auf die diskrete Ladungsverteilung zurückgeführt werden.

3.3 Verteilung der Ladungsträger auf gekrümmten Platten – Welche Plattenform erzeugt ein besonders homogenes Feld?

Zwar ermöglichen die Feldlinien keine quantitative Bewertung der Homogenität des Feldes, dennoch zeigen sie bereits, dass die Suche nach einer Verbesserung der Homogenität durch Krümmen der Platten sinnvoll ist. Für die Entwicklung

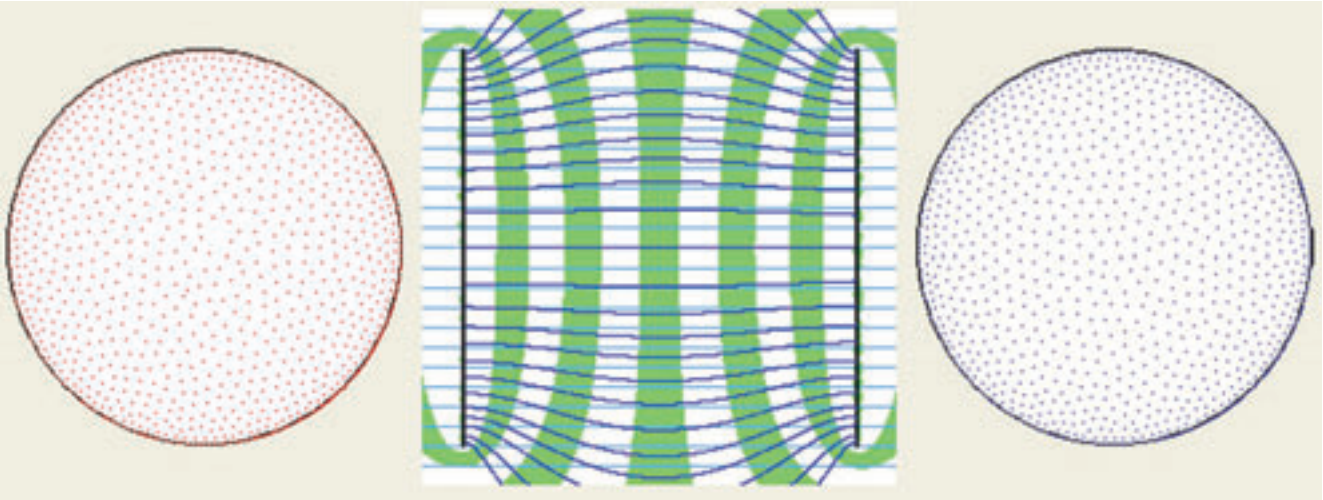


Abb. 3: Verteilung der Ladungsträger auf geraden Platten (mit Feld)

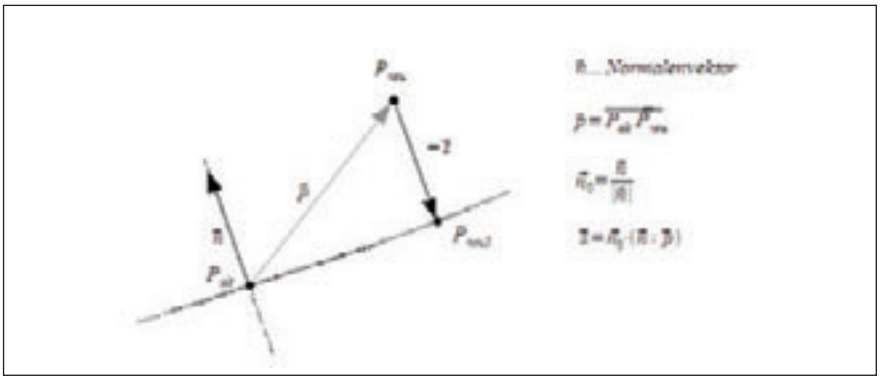


Abb. 4: Numerische Rückholmethode

des Algorithmus verwendete ich zunächst einen rotierenden Parabelast, den ich durch eine Funktion zweiten Grades der folgenden Form beschrieb:

$$z(r) = k \cdot r^2$$

Dabei ergab sich jedoch ein grundlegendes Problem, denn nun verließen die simulierten Ladungsträger die Platten auch in z-Richtung. Ein Ersatz der Führungskraft durch einfaches Weglassen der Bewegung in z-Richtung reicht nun nicht. Die Platten krümmen sich nun in eben diese Richtung und die Ladungsträger müssen folgen. Als Lösung für dieses Problem entschloss ich mich, die Ladungsträger, wenn sie die Platte in dieser neuen Richtung verlassen, auf kürzestem Weg auf die Platte zurück zu holen.

Dazu war es notwendig, das Lot auf die Funktion durch den neuen Punkt, an dem sich der Ladungsträger befindet, zu fällen und den Ladungsträger dann entlang dieses Lotes auf die Platte zurück zu holen, wie in Abb. 4 veranschaulicht wird.

Der Nachteil dieser Methode ist, dass hierzu eine Abstandsberechnung eines Punktes von einer Funktion notwendig ist. Dies ist nur sehr umständlich möglich und würde, besonders bei komplizierteren Funktionsgleichungen, zu Formeln führen, die eventuell Einbindungen anderer Programme in den Delphi-Kontext erfordern würden.

Daher stellte ich genauere Betrachtungen zur Bewegung der Teilchen an. Aufgrund einer ausreichend kleinen Zeitänderung ergaben sich Änderungen des Ortsvektors, die in der Regel unterhalb einer Einheit blieben. Demzufolge vereinfachte ich das Zurückholen der Ladungsträger auf die Platte folgendermaßen: Ich ging davon aus, dass der Anstieg des Lotes durch den neuen Punkt aufgrund der geringen Änderung des Ortsvektors ungefähr dem Anstieg des Lotes in dem Punkt, in dem sich der Ladungsträger zuvor befand, entspricht. Da ich davon ausging, dass die Funktionsgleichung noch erheblich komplizierter werden würde, bestimmte ich den Anstieg des Lotes numerisch. Insgesamt wird die so entwickelte „Rückholfunktion“ durch Abbildung 4 veranschaulicht.

3.4 Überlegungen zur Krümmungsfunktion

Die Vervollständigung des Algorithmus zur Verteilung der Ladungsträger durch die Erstellung einer Routine zum Zurückziehen auf die Kondensatorplatten ermöglichte es mir, die Kondensatorplatten nach jeder möglichen Funktionsgleichung zu krümmen. Die Suche nach geeigneten Beschreibungsmöglichkeiten für Kurven, die möglichst fein veränderbar sind, führte mich zu mehreren Lösungen, zum Beispiel zur Bezièr-Kurve, einer parametrisch modellierten Kurve mit beliebig vielen Stützpunkten.

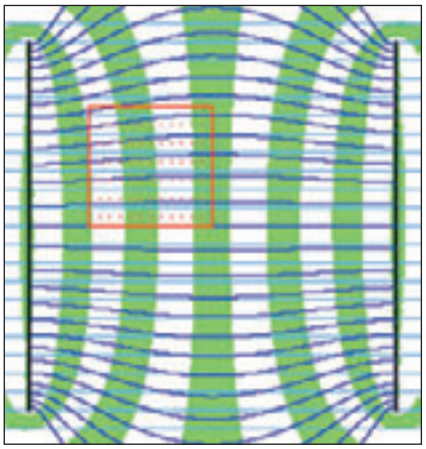


Abb. 5: Durch den Algorithmus optimierter Bereich des elektrischen Feldes

Diese Ansätze verlangten aber wiederum zahlreiche Berechnungen, was den Rechenaufwand für das Programm erheblich gesteigert hätte. Deswegen entschied ich mich, den Grad der Funktionsgleichung zu erhöhen, um dadurch eine bessere Optimierbarkeit der Plattenform zu erreichen. Somit sollte die optimale Plattenform durch eine Taylorreihe möglichst gut angenähert werden. Fortan ging ich von einer Funktion achten Grades aus. Die neue Plattenform wurde also durch folgende Gleichung beschrieben:

$$z(r) = a_1 r^8 + a_2 r^7 + a_3 r^6 + a_4 r^5 + a_5 r^4 + a_6 r^3 + a_7 r^2 + a_8 r$$

3.5 Quantitative Bewertung der Homogenität des elektrischen Feldes

Das zweite Ziel des Projektes, die Berechnung einer Plattenform von Kondensatorplatten, die ein möglichst homogenes Feld hervorrufen, im Auge behaltend, suchte ich nun nach einer Bewertungsfunktion für die Homogenität des elektrischen Feldes zwischen den Kondensatorplatten. In einem homogenen elektrischen Feld ist die elektrische Feldstärke E überall gleich, demzufolge wirkt auf einen Probekörper mit einer Ladung Q an jedem Punkt des Feldes die gleiche Kraft F in die gleiche Richtung. Aus Symmetriegründen betrachtete ich zur Qualitätsbestimmung nur ein Viertel des gesamten Feldes (Abb. 5).

Der äußere Rand des Feldes wurde nicht beachtet, da es hier auch nach Optimierungen erhebliche Inhomogenitäten geben wird. Zum Erstellen einer zu optimierenden Zielfunktion setzte ich nun innerhalb des betrachteten Bereiches ein Raster von 14 mal 14 simulierten Probeladungen aus und ermittelte mit Hilfe des oben beschriebenen Algorithmus die Summe der Kräfte auf jeden einzelnen Körper.

Aus diesen Summen bildete ich den Mittelwert und davon ausgehend das Quadrat der mittleren Abweichung vom Mittelwert. Diese Abweichung galt als zu minimierende Zielfunktion.

3.6 Optimierung der Plattenform

Nun musste ein Algorithmus zur Verbesserung der Plattenform entwickelt werden. Hierzu wurden die einzelnen Parameter in einer Schleife systematisch geringfügig

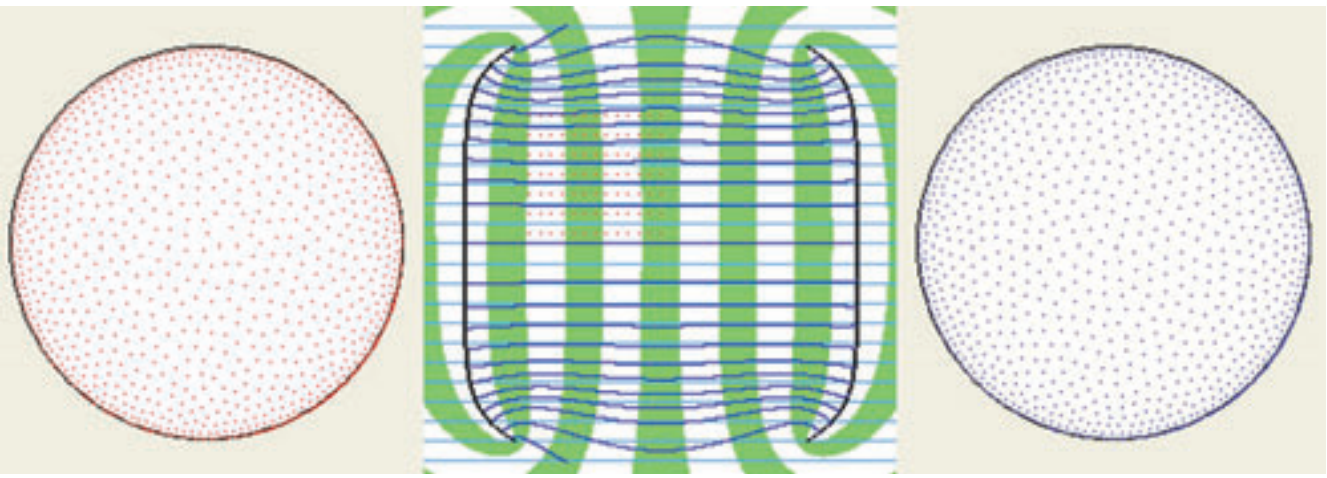


Abb. 6: Verteilung der Ladungsträger auf optimal gekrümmten Platten (mit Feld)

verändert und die Auswirkung auf die Optimierungsfunktion beobachtet.

Gestartet wurde die Optimierungsfunktion immer dann, wenn der statische Zustand der Verteilung der Ladungsträger erreicht wurde. Kennzeichnend hierfür wurde der mittlere Betrag der Ortsvektoren aller Ladungsträger beobachtet. Wenn dieser sich nicht mehr änderte, wurde die Optimierungsfunktion aufgerufen. Verbesserte sich die Homogenität, wurde der neue Parameter beibehalten, verschlechterte sie sich, wurde er verworfen. Hierzu wurde zuvor noch die richtige Reihenfolge der Abarbeitung der Parameter gesucht, um sicherzugehen, dass die Zielfunktion während des Algorithmus konvergiert.

Da dieser Algorithmus die Gefahr birgt, nur ein lokales Minimum zu finden, wiederholte ich den gesamten Rechenvorgang mehrmals, wobei immer wieder zufällig gewählte Startwerte für die Optimierungsparameter gewählt wurden, um die Wahrscheinlichkeit zu erhöhen, das globale Minimum der Optimierungsfunktion zu finden.

Abb. 6 zeigt im Vergleich zur Feldliniendarstellung bei geraden Platten bereits

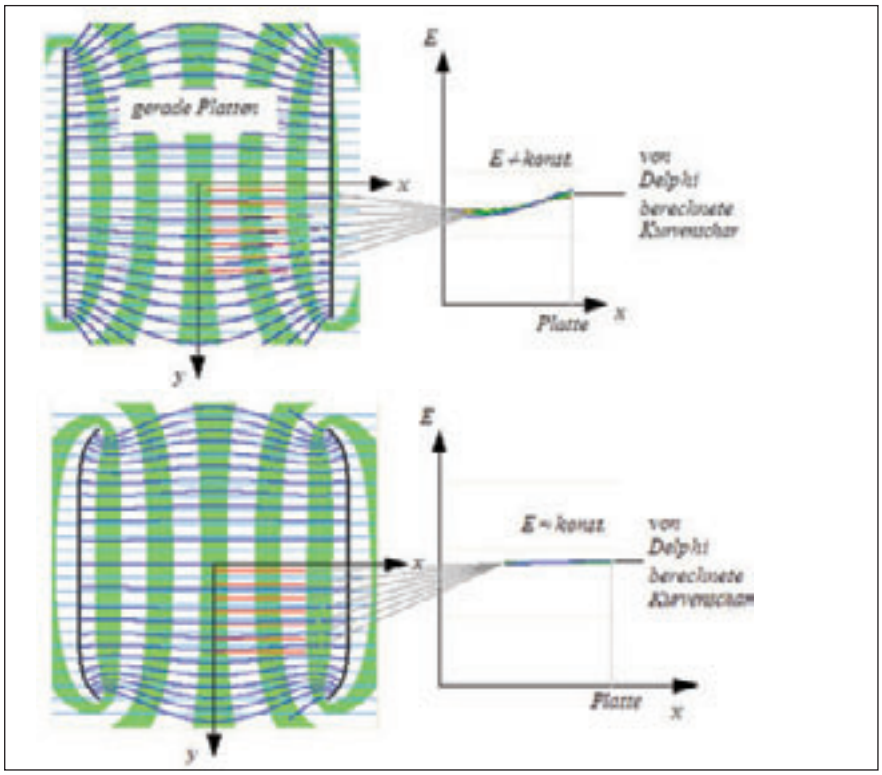


Abb. 7: Vergleich der simulierten Felder bei geraden Platten (oben) und gekrümmten Platten (unten)

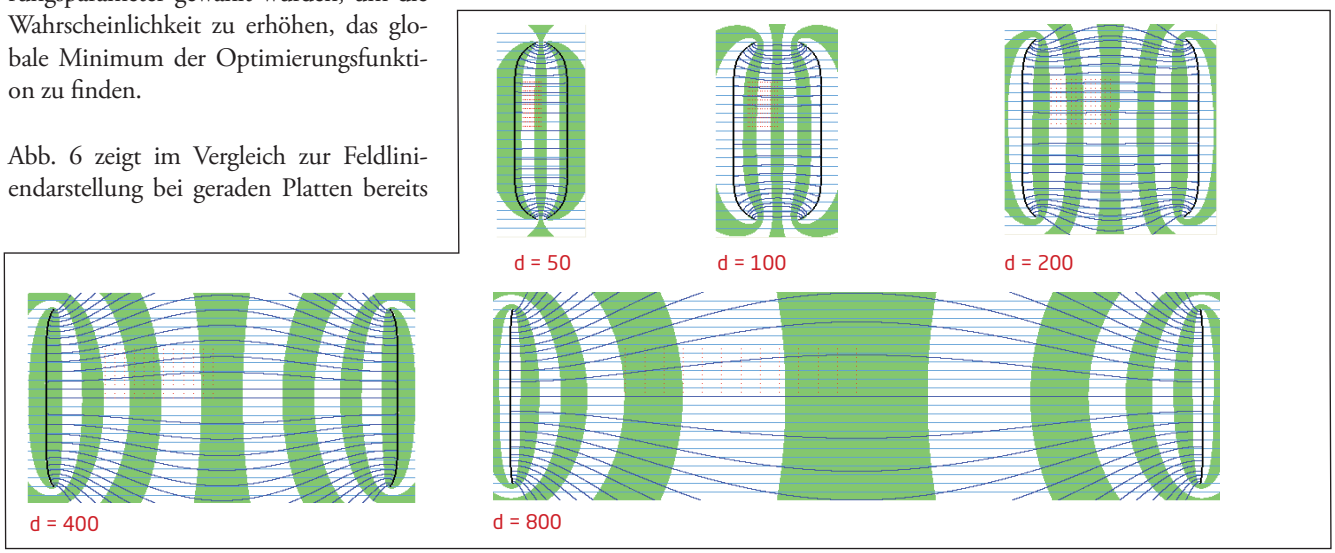


Abb. 8: Optimierte Felder bei verschiedenen Radius-Plattenabstand-Verhältnissen

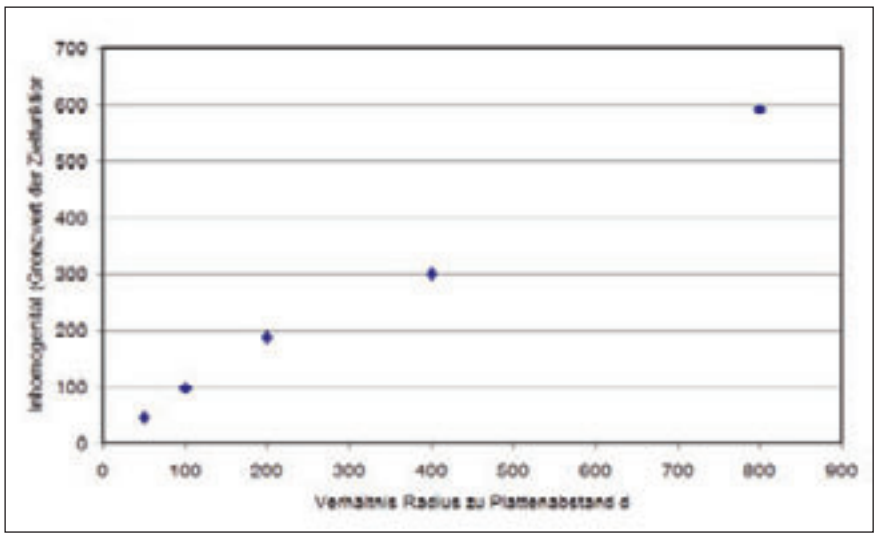


Abb. 9: Grenzwert der Zielfunktion mit zunehmendem Radius-Plattenabstand-Verhältnis d

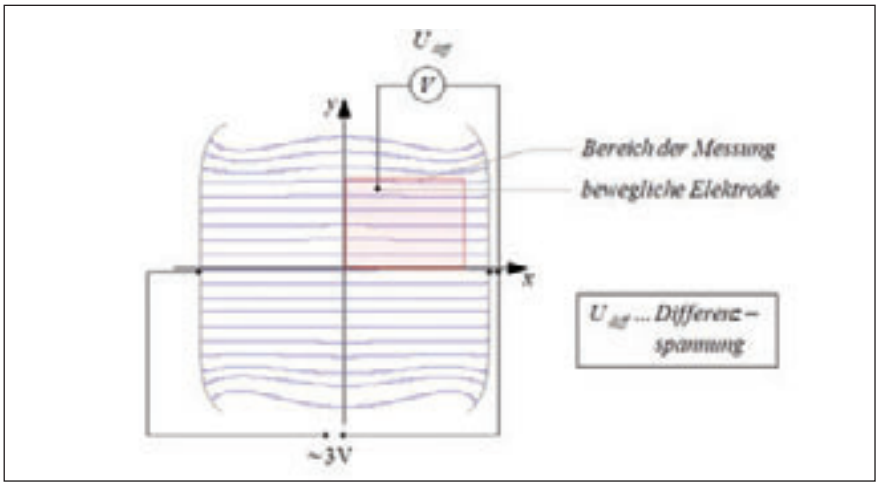


Abb. 10: Schema der Messvorrichtung

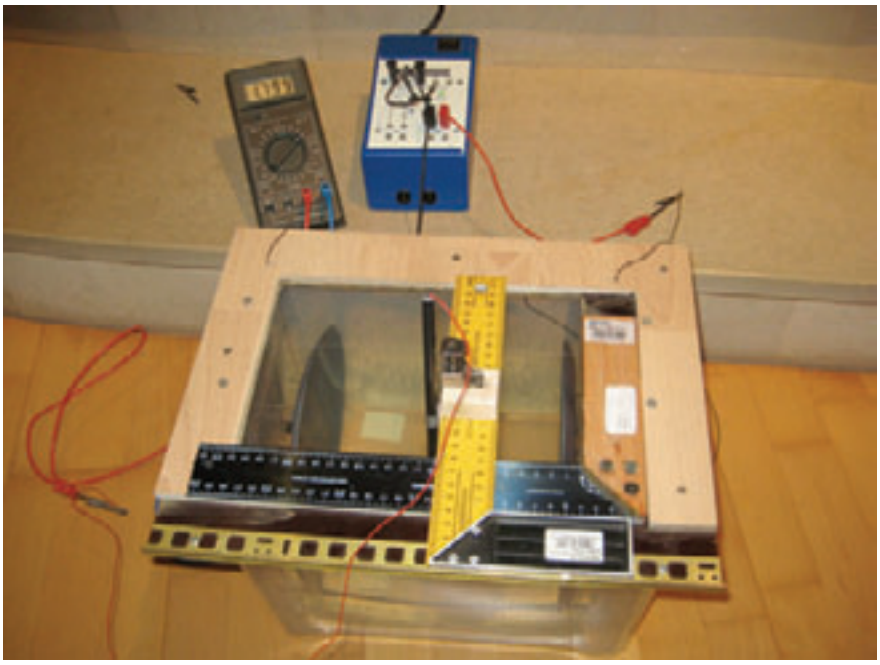


Abb. 11: Messvorrichtung

optisch eine Homogenitätssteigerung im Zentrum des Feldes, sodass nun die praktische Verifizierung der Berechnungen erfolgen konnte.

3.7 Ergebnisse des Algorithmus

Das so simulierte Feld untersuchte ich, indem ich zum einen die Feldlinienbilder von geraden und gekrümmten Kondensatorplatten verglich und zum anderen die Feldstärke an verschiedenen Punkten innerhalb des zur Optimierung verwendeten Bereiches des elektrischen Feldes überprüfte (siehe Abb. 7). Während die Feldlinien bei geraden Platten stark gekrümmt waren, zeigten sie sich im betrachteten Bereich des Feldes zwischen den gekrümmten Platten gerade Feldlinien. Hier zeigte sich auch, dass die elektrische Feldstärke an allen Stellen des Feldes fast gleich ist, während sie bei geraden Plattenformen sowohl von dem Abstand zur Platte als auch vom Abstand zum Mittelpunkt der Platte abhängt.

3.8 Theoretische Verifizierung der Ergebnisse

Ich ging also davon aus, dass die vorhandene Routine die unter Berücksichtigung der gemachten Vereinfachungen bestmögliche Plattenform ermittelt hatte. Ich begann nun einige Versuche zur Verifizierung der Ergebnisse durch das entwickelte Programm selbst.

Hierbei konzentrierte ich mich vor allem auf das Überprüfen der Ergebnisse bei Veränderung aller Größen und Parameter, die von Anfang an in den Algorithmus eingeflossen waren und nicht auf Berechnungen basieren, sondern nach dem Prinzip „Trial and Error“ gewählt worden waren.

Zunächst überprüfte ich, welche Auswirkungen die Anzahl der ausgesetzten Ladungsträger auf die Simulationen hat. Denn auf einer realen Kondensatorplatte befindet sich natürlich ein Vielfaches der von mir festgesetzten Zahl.

Ich verdoppelte also die Zahl der Ladungsträger auf jeder Platte, was eine erheblich erhöhte Rechenzeit bedeutete. Im Endeffekt konnte ich feststellen, dass die Zahl der Ladungsträger keinen Einfluss auf die Qualität des Feldes hatte. Ebenso führte zwar die Manipulation der Proportionalitätskonstanten k zu einer Veränderung im Abstand der Teilchen auf der Platte, sie

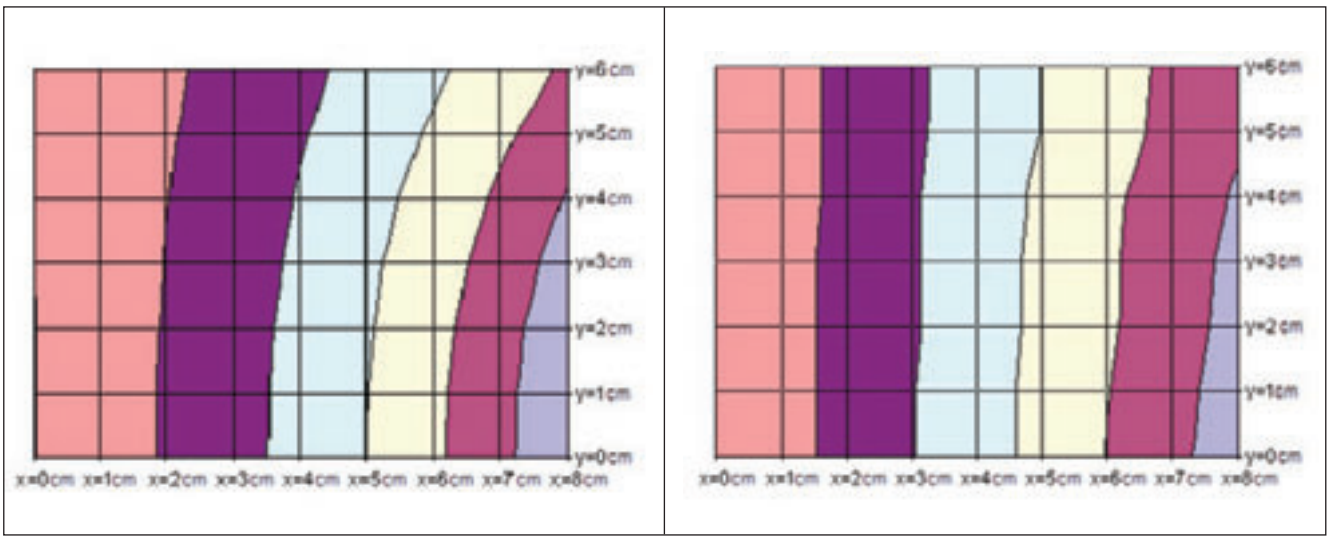


Abb. 12: Excel-Diagramm zum berechneten (links) und gemessenen (rechts) Potenzial bei geraden Platten

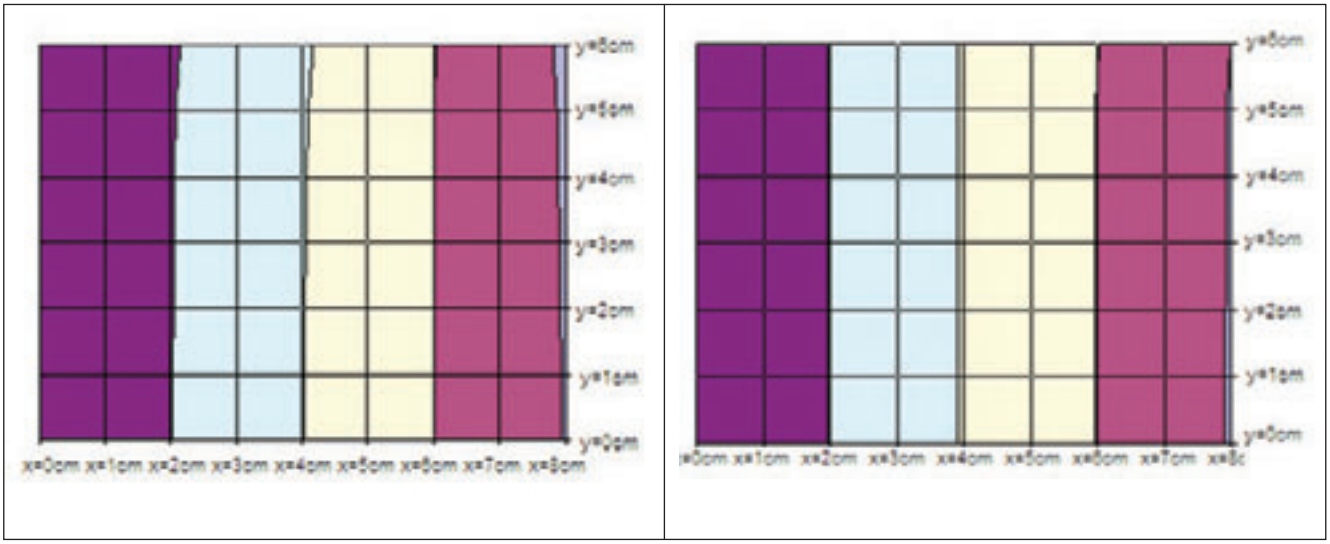


Abb. 13: Excel-Diagramm zum berechneten (links) und gemessenen (rechts) Potenzial bei gekrümmten Platten

hatte jedoch keinen Einfluss auf die Homogenität des hervorgerufenen Feldes. Da auch das Verhältnis zwischen Plattenradius und -abstand zufällig gewählt wurde, war auch zu überprüfen, wie sich eine Veränderung dieses Verhältnisses auf die Ergebnisse auswirkt.

Hierzu wurde der Plattenabstand variiert und es wurden jeweils neue optimale Plattenformen berechnet, wobei der zu homogenisierende Bereich innerhalb des Kondensators linear zum Abstand verändert wurde. Ergebnis dieser Untersuchung ist, dass der Grad der erreichbaren Homogenität sinkt, wenn der Plattenabstand steigt (Abb. 8 und 9). Dies war zu erwarten, denn mit zunehmendem Abstand werden die Radien der Platten immer unbedeutender, sodass man sie mehr und mehr mit Punktladungen vergleichen kann, zwischen denen kein homogenes Feld entstehen kann.

4 Experimentelle Überprüfung

Nachdem die theoretische Verifizierung erfolgreich war, beschloss ich meine Ergebnisse auch experimentell zu überprüfen.

4.1 Herstellen der Platte

Von dieser nun berechneten Plattenform ausgehend habe ich eine Tischlerfirma damit beauftragt, eine Schablone des Querschnitts der berechneten Form zu fräsen. (Für alle weiteren Betrachtungen bin ich davon ausgegangen, dass ein Pixel in der Simulation einem Millimeter in der Realität entsprechen sollte.)
Diese Schablone verwendete ich, um ein dreidimensionales Gipsnegativ der Kondensatorplatte herzustellen. Die Platte selbst herstellen zu lassen, wäre zu kostenintensiv gewesen.

Da ich eine Beschichtung der Form mit einem leitenden Material, zum Beispiel Leitlack, aus Kosten- bzw. Materialgründen nicht realisieren konnte, entschloss ich mich, die reale Platte aus Walzblei selbst zu biegen, welches ich im Werkstoffhandel relativ preisgünstig erwerben konnte.

Das Blei glättete ich zunächst so gut wie möglich, schnitt es in die entsprechende Form und bog es dann vorsichtig um die Gipsform, welche ich zuvor noch leicht abgeschliffen hatte. Diesen Vorgang wiederholte ich mit einer zweiten Platte und stellte zu Vergleichsmessungen noch zwei völlig ebene runde Platten her.

4.2 Messvorrichtung

Zur Überprüfen meiner Ergebnisse auf experimentellem Wege nutze ich eine Spannungsmessung zwischen einer Platte und einer frei im Feld beweglichen Elektrode (Abb. 9). Diese Spannung

x in mm	y = 0mm	y = 1mm	y = 2mm	y = 3mm	y = 4 mm	y = 5mm	y = 6mm
0	0	0,01	0	0	0	0	0,01
1	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008
2	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
3	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
4	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
5	0	0	0	0	0	0	0
6	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,018
7	0,006	0,006	0,006	0,016	0,016	0,016	0,026
8	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,014

Tabelle 1: Relative Abweichung (0,01 entspricht 1%) der gemessenen Potenziale vom Idealwert

liefert mir dann die Potenzialdifferenz zur Platte:

$$\Delta\Phi = U_{diff}$$

Hierzu baute ich eine Vorrichtung, eine sogenannte Potenzialwanne, die es mir ermöglichte, die bewegliche Elektrode in einem Wasserbad in einer Ebene maßgenau zu bewegen (Abb. 10 und 11).

Da Spannungsmessgeräte einen kleinen Strom brauchen, wird die Messung im Wasserbad (Elektrolyt) vorgenommen. Zur Vermeidung von Elektrolyseeffekten wird mit Wechselspannung gearbeitet.

4.3 Messungen an geraden Platten

Mit der entwickelten Messvorrichtung untersuchte ich nun das gleiche Rechteck, welches ich vorher in der Simulation optimiert hatte hinsichtlich der Potenziale an bestimmten Punkten.
Der Koordinatenursprung des zur Ausmessung verwendeten Koordinatensystems lag dabei im geometrischen Mittelpunkt zwischen den beiden Platten, und die ausgemessene Ebene verlief parallel zur Wasseroberfläche. Die so gesammelten Daten fasste ich tabellarisch zusammen und stellte sie in einem Diagramm dar, welches Äquipotenziallinien sowie bestimmte Potenzialbereiche mit bestimmten Farben kennzeichnet.

Bei den geraden Platten zeigt sich das erwartete Bild. Die Potenziallinien krümmen sich sowohl für die berechneten als auch für die gemessenen Werte stark (Abb. 12). Dieser Fakt weist auf eine starke Inhomogenität und passt auch zu den simulierten Darstellungen der Feldlinien. Da diese immer senkrecht auf den Potenziallinien stehen, lässt sich eine Krümmung der Feldlinien erahnen, die der simulierten stark ähnelt.

4.4 Messungen an gekrümmten Platten

Dieselbe Vorgehensweise nutzte ich nun zur Auswertung des Feldes zwischen den gekrümmten Platten. Hier ergab sich aus den berechneten Werten eine sehr viel homogenere Darstellung, welche nur bei den größeren y-Werten noch leichte Verbiegungen der Potenziallinien zeigte (Abb. 13 links).

Diese Werte galt es nun zu bestätigen, was eindrucksvoll gelang, wie Abbildung 13 rechts zeigt. Allein am äußersten Rand sind hier leichte Abweichungen von den sonst perfekt geraden Potenziallinien zu erkennen.

Auch die Abstände zwischen den Potenziallinien sind fast genau gleich, was bedeutet, dass die Potenzialdifferenzen in x-Richtung bei gleichem Δx konstant sind.

Dass sogar die errechnete Homogenität übertroffen wurde, liegt wohl daran, dass die Messgeräte nicht genügend Nachkommastellen lieferten, um eine ähnliche Genauigkeit zu erreichen, wie sie durch die Simulation geliefert wird. Um abschließend dann noch die eigentliche Abweichung von einem idealen homogenen Feld zu berechnen, entwickelte ich aus den gemessenen Werten eine lineare Funktionsgleichung, mit der ich die Potenziale in Abhängigkeit von dem Abstand zur Platte berechnen konnte.

Darauf aufbauend konnte ich nun für jeden gemessenen Wert eine Differenz zum idealen Wert berechnen. Tabelle 1 zeigt die jeweilige Abweichung an und verdeutlicht, dass diese im Schnitt nur bei einem Prozent liegt, was ich für ein hervorragendes Ergebnis halte.

5 Zusammenfassung

Abschließend kann ich also sagen, dass es mir gelungen ist, das aufgeworfene Problem zu lösen. Mithilfe eines Computeralgorithmus konnte ich Inhomogenitäten im Feld eines Plattenkondensators mit geraden Platten bestimmen und diese durch Krümmen der Platten minimieren.

Anschließend war ich dann sogar in der Lage, die berechneten Platten herzustellen und meine Ergebnisse durch Messungen zu bestätigen.

Danksagung

Für seine besondere, langjährige Unterstützung möchte ich meinem Betreuungslehrer Freddy Stiehler danken.

Ebenso danke ich meiner Familie für ihre Rücksicht und Hilfe.

Literatur:

[1] J. Grehn, J.Krause: Physik, Metzler Verlag, 2004, S.182 ff

Am Riesenmodell einer Magnetresonanztomografie-Aufnahme zeigen Daniela Sammler und Kollege Tom Fritz (links) die Sprachregionen des Gehirns (Quelle: Max-Planck-Institut)

Wettbewerb

Max-Planck-Institut lässt JuniorScience-Olympioniken hinter die Kulissen blicken

40 Schüler im Alter zwischen 12 bis 16 Jahren setzten sich beim deutschen Vorausscheid der „Internationalen JuniorScienceOlympiade" gegen mehr als 1.500 Bewerber durch. Während eines Seminars besuchten sie das Max-Planck Institut für Kognitions- und Neurowissenschaften in Leipzig.

Die Internationale JuniorScienceOlympiade (IJSO) fand zum ersten Mal 2004 in Jakarta statt und geht zurück auf eine Initiative von Masno Ginting, Präsident der Physikalischen Gesellschaft von Indonesien. Damit ist die IJSO das jüngste Familienmitglied im Kreis der ScienceOlympiaden. Anders als ihre großen Schwestern, die Schülerolympiaden für Biologie, Chemie und Physik, wendet sich die Junior-Olympiade bereits an Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I, die dreizehn bis fünfzehn Jahre alt sind.

Der Wettbewerb wird in Deutschland vom Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik in Kiel ausgerichtet und umfasst theoretische und experimentelle Prüfungen aus Biologie, Chemie und Physik. „In diesem Jahr standen zum Beispiel Fragen zur Gentomate und zu Außerirdischen auf dem Aufgabenplan.", beschreibt Dr. Heide Peters die Aufgaben der ersten zwei Runden.

(Quelle: Max-Planck-Institut)

Vom 10.–15.Oktober wurden in einem spannenden Kopf- an Kopfrennen in einem einwöchigen Seminar an der Hochschule Merseburg die bundesweit sechs besten Schülerinnen und Schüler in den Naturwissenschaften für das deutsche Nationalteam zur 7. Internationalen JuniorScienceOlympiade ausgewählt. Außerdem besichtigten die Schülerinnen und Schüler das Max-Planck-Institut für Kognitions- und Neurowissenschaften in Leipzig. „Der Blick hinter die Kulissen einer Forschungseinrichtung gehört zum Wettbewerb traditionell dazu, damit besonders interessierte Schüler schon früh mit potentiellen Arbeitsfeldern in der Wissenschaft in Berührung kommen," sagt Peters.

(Quelle: Max-Planck-Institut)

Nach einem kurzen Überblick zu den Forschungsthemen des Instituts hielten die MPI Forscher Daniela Sammler und Tom Fritz Vorträge über die Musik- und Sprachverarbeitung im Gehirn und über die Verarbeitung von Musik und Emotionen.

„Es ist schön, so junge interessierte Menschen für unsere Forschung begeistern zu können", sagt Daniela Sammler, die mit den Schülern besprach, ob Melodie und Text bei einem Lied von unterschiedlichen Hirnarealen verarbeitet werden und ob Musikhören beim Lernen stört oder eher hilfreich ist. "Mit der Heranführung an die Wissenschaft kann man ja nicht früh genug anfangen", ergänzt Tom Fritz, der den Schülern seine Forschung in Afrika vorstellte, bei denen er untersuchte, ob westliche Vorstellungen von trauriger Moll- und fröhlicher Dur-Musik universell oder von Kultur zu Kultur verschieden sind.

Überrascht waren die Forscher davon, wie informiert und selbstbewusst die Schüler im Nachhaken waren, selbst bei komplexen Fragen der Methodik. Mitunter glich die Fragerunde einer Fachdiskussion unter Kollegen – "Könnte man das nicht anders deuten?" – "Darf man mit der EEG-Haube in den Magnetresonanztomografen gehen?", "Macht es für das Gehirn einen Unterschied, ob man die Sprache spricht, in der ein Sänger singt?", "Müsste die Hirnaktivierung bei Profimusikern nicht anders aussehen als bei anderen?" Sammler bestätigte den Schülern: "Zum Teil sind das genau die Fragen, an denen sich die aktuellste Forschung gerade abarbeitet."

"Möglicherweise haben sich manche heute schon Ideen mitnehmen können – irgendwann sehen wir sie vielleicht als Doktoranden wieder", hofft Christina Schröder, die Forschungskoordinatorin am MPI. Am MPI forschen derzeit etwa 200 Wissenschaftler und Doktoranden aus verschiedensten Fachbereichen – etwa Psychologie, Physik und Medizin, aber auch viele Linguisten, Musik- und sogar Sportwissenschaftler.

Die 12jährige Anne Omlor aus dem Saarland, eine der jüngsten Teilnehmerinnen, könnte sich jedenfalls gut vorstellen, später selbst in die Forschung zu gehen – "am liebsten als Medizinerin". Johannes Petzold, 15, vom Leipziger Ostwald-Gymnasium hat noch keine so konkreten Ziele, aber fand die vorgestellte Forschung ungeachtet dessen sehr spannend.

So blickt man in die Köpfe - Daniela Sammler erklärt die Magnezresonanztomografie
(Quelle: Max-Planck-Institut)

Am Ende der spannenden Woche in Merseburg stand dann das diesjährige Nationalteam fest: Andreas Becker aus Frankfurt (Oder), Lukas Möller und Sascha Lill aus Magdeburg, Wieland Lühder aus Göttingen, Yeong-Chul Yun aus Oberursel und Anne Marie Omlor aus Neunkirchen. Allerdings gibt es dieses Jahr einen Wehrmutstropfen: Die Sieger des Bundesfinales werden Anfang Dezember nicht zum internationalen Wettbewerb fahren können, weil über die Sicherheitslage am Austragungsort Abuja in Nigeria Besorgnis bei Eltern und Lehrkräften besteht. Dafür sind sie vom 17. bis 19. November nach Berlin und Potsdam zu einem hochkarätigen Festkolloquium eingeladen.

Weitere Informationen

Die Internationale JuniorScience-Olympiade (IJSO) fördert junge Talente in den Naturwissenschaften. Mitmachen können alle Schülerinnen und Schüler allgemeinbildender Schulen im Bundesgebiet, die am 31.12. des Jahres, in dem die IJSO stattfindet, das 16. Lebensjahr noch nicht vollendet haben.

Der Weg ins deutsche Team führt über vier Runden. Die Aufgaben der ersten Runde lösen die Teilnehmer in Form einer Hausarbeit und haben dafür etwa einen Monat Zeit. Die Lösungsvorschläge werden zur vorgegebenen Frist im April bei den Fachlehrerinnen und Fachlehrern an der Schule abgegeben. Anfang Mai erfahren die Teilnehmer, ob sie in der zweiten Runde mit dabei sind. Am Ende wartet eine spannende Reise zum internationalen Austragungsort der IJSO, wo sich Jugendliche aus etwa vierzig verschiedenen Nationen treffen. Gastgeberländer waren bisher Indonesien, Brasilien, Taiwan, Korea und Aserbaidschan. Deutschland schneidet normalerweise sehr gut ab.

Die **Anmeldung** für den Wettbewerb 2011 ist ab 15.1.2011 über das IPN Kiel auf folgender Internetseite möglich:

www.ipn.uni-kiel.de/projekte/ijso/index.html

Zukunft gestalten!

Engagieren Sie sich für den ingenieur- und naturwissenschaftlichen Nachwuchs mit einem Patenschaftsabonnement der Jungen Wissenschaft.

Wissen fördern

Europas einziges Wissenschaftsmagazin mit begutachteten Beiträgen und wissenschaftlichen Erstveröffentlichungen junger Nachwuchsforscher. 4 x im Jahr das Neueste aus Wissenschaft und Technik, Veranstaltungen, Studien- und Berufsprofile – für junge Nachwuchsforscher in Deutschland.

Pate werden

Bestimmen Sie selbst die Schule, einen Fachbereich, einen Lehrstuhl, eine Bibliothek oder fördern Sie eine Person Ihrer Wahl, deren Unterstützung Ihnen besonders am Herzen liegt.

Engagement zeigen

Unterstreichen Sie Ihr Engagement mit Ihrem Logo auf der Titelseite. Gegen einen geringen Aufpreis präsentieren Sie Ihr Unternehmen oder Ihre Einrichtung deutlich sichtbar auf optimale Weise.

Nachwuchs fördern – **Pate werden!**

Werden Sie Pate!

☐ **Ja**, ich engagiere mich als Pate mit ___ (Anzahl) Patenschaftsabonnement(s) zum Preis von 30,00 EUR (inkl. USt., zzgl. 6,50 EUR Versandkosten) pro Abonnement (vier Ausgaben).

☐ **Ja**, ich möchte einen Logoaufdruck auf dem Titel und bestelle zusätzlich zu dem/den Patenschaftsabonnement(s) einen Logodruck für nur 2,50 EUR (inkl. USt.) pro Titellogo und Ausgabe.

☐ **Ja**, ich stelle Ihnen Adressaten per gesonderter Auflistung schriftlich zu diesem Auftrag zur Verfügung (persönliche Adressauswahl mit 15 % Aufschlag pro Abonnement).

Angaben (bitte leserlich ausfüllen)

Unternehmen/Hochschule

Straße, Hausnummer

Ansprechpartner/Position

PLZ, Ort

Telefon

E-Mail

Die Mindestdauer für ein Abonnement beträgt ein Jahr. Sollte das Patenschaftsabonnement nicht acht Wochen vor Ablauf der Mindestdauer schriftlich gekündigt werden, verlängert sich das Abonnement automatisch um ein Jahr. Das Abonnement ist nach Erhalt der Rechnung fällig und sofort zahlbar. Individuell gewünschte Schulansprachen sowie damit zusammenhängende Beratungsleistungen des Verlages Junge Wissenschaft Athanasios Roussidis werden gegen Aufpreis vorgenommen. Gerichtsstand ist Düsseldorf. Es ist ausschließlich deutsches Recht anwendbar.

Ort

Datum

Stempel/Unterschrift

Abonnieren per **Fax (02 11) 38 54 89-29,** per **E-Mail** an **pate@verlag-jungewissenschaft.de,** unter **www.verlag-jungewissenschaft.de/abo** oder per **Post:**

Verlag Junge Wissenschaft Athanasios Roussidis, Neuer Zollhof 3, 40221 Düsseldorf

(Quelle: Institut Dr. Flad, Berufskolleg für Chemie, Pharmazie und Umwelt)

Titelthema

Chemie – die Formel für eine erfolgreiche Karriere

Alles auf der Welt ist in irgendeiner Form Chemie. Sie ist nicht nur in den Labors Zuhause, sondern steckt in unseren Lebensmitteln, Arzneimitteln, Kosmetika, Textilien, Lacken usw. Dementsprechend vielfältig sind die Berufsmöglichkeiten. Erkenntnisse der Berufsforschung bescheinigen den chemischen Berufsfeldern glänzende Perspektiven. Viele Arbeitsplätze und wenig Nachwuchs sorgen für eine hohe Nachfrage am Arbeitsmarkt.

Chemie ist überall – nur ist das vielen Menschen nicht bewusst. Sie steckt praktisch in allem, was uns jeden Tag umgibt. Und es gibt keine technische Disziplin und keine Naturwissenschaft, die ohne die Chemie auskommt. Entsprechend vielfältig ist ihr Gebiet. Zwar gilt die Forschung und Entwicklung als „klassisches“ Einsatzgebiet von Chemikern, etwa bei BASF oder anderen Konzernen der chemischen und pharmazeutischen Industrie. Doch gibt es außerhalb der „klassischen“ chemischen Industrie unzählige Labors. Überall in Industrie und Forschung müssen Produkte entwickelt und kontrolliert werden, müssen Proben analysiert, Prozesse und Verfahren optimiert werden.

Chemiker sind praktisch überall gefragt

Im Mittelpunkt dabei stehen die Chemiker und Chemisch-technischen-Assistenten (CTAs). Sie tragen unter anderem auch in den Labors von Betrieben zum Unternehmenserfolg bei. Oft sind es Unternehmen, bei denen die Chemie erst auf den zweiten Blick erkennbar ist. Das können Automobilhersteller oder -zulieferer sein oder Computerproduzenten, auch Nahrungsmittel- und Getränkehersteller. Chemiker und CTAs arbeiten daher nicht nur in der chemischen Industrie – sondern in allen Bereichen der Industrie, des Gewerbes und der Forschung. Ganz gleich, ob es um Wasser-, Luft- und Bodenanalysen oder Qualitätsprüfungen geht oder um medizinische Diagnostik.

Chemiker-Mangel in den nächsten Jahren

Chemiker sind heute praktisch überall gefragt. Die Berufschancen für Chemiker sind in der „Wachstumsbranche Chemie“ auch unabhängig von Konjunkturperioden sehr gut. Ein Grund für die extrem hohe Arbeitsplatzsicherheit ist das breite und immer weiter werdende Einsatzgebiet. Ein anderer ist die demografische Entwicklung. Demografisch bedingt gibt es in Deutschland in den nächsten Jahren eine Fachkräfte-Lücke in den naturwissenschaftlich-technischen Fächern, die besonders stark in der Chemie zu Buche schlagen wird. Allein bis 2014 besteht ein jährlicher Bedarf an rund 100.000 Fachkräften, ab 2015 steigt diese Zahl auf über 110.000 pro Jahr. Das meldet die Initiative "MINT Zukunft schaffen" (www.mintzukunftschaffen.de) unter Berufung auf das Institut der deutschen Wirtschaft sowie auf Meldequoten der Bundesagentur für Arbeit. Die jährlich zu erwartende Zahl an Hochschul-Absolventen wird diesen Bedarf nach

neuesten Berechnungen voraussichtlich nicht annähernd decken können. Der Arbeitsmarkt in Deutschland muss sich jetzt bereits auf einen beträchtlichen Chemiker-Mangel für das nächste Jahrzehnt einstellen.

Chemie-Studenten gesucht

Ein weiterer Grund für die Fachkräfte-Lücke ist die im internationalen Vergleich extrem niedrige Quote an Studien-Absolventen. Sie liegt in Deutschland bei nur 26 Prozent. Betrachtet man diesen geringen Anteil an Akademikern, wird klar: Selbst, wenn sich mehr junge Leute für ein Chemie-Studium entscheiden sollten, wäre das immer noch nicht annähernd genug, um den Bedarf der deutschen Volkswirtschaft an Chemikern zu decken. Hinzu kommt die hohe Zahl an Studienabbrechern – rund die Hälfte der Studenten in Deutschland bricht das Chemie-Studium ab. Die Initiative "MINT Zukunft schaffen" weist zu Recht darauf hin, dass man nicht nur mehr Chemie-Studenten, sondern vor allem auch mehr Chemie-Absolventen benötigt, um den Fachkräftemangel zu decken – und natürlich allgemein mehr Schulabgänger, die sich für einen Berufsweg im Bereich Chemie entscheiden.

Über 50 Prozent Studienabbrecher - wie man das vermeidet

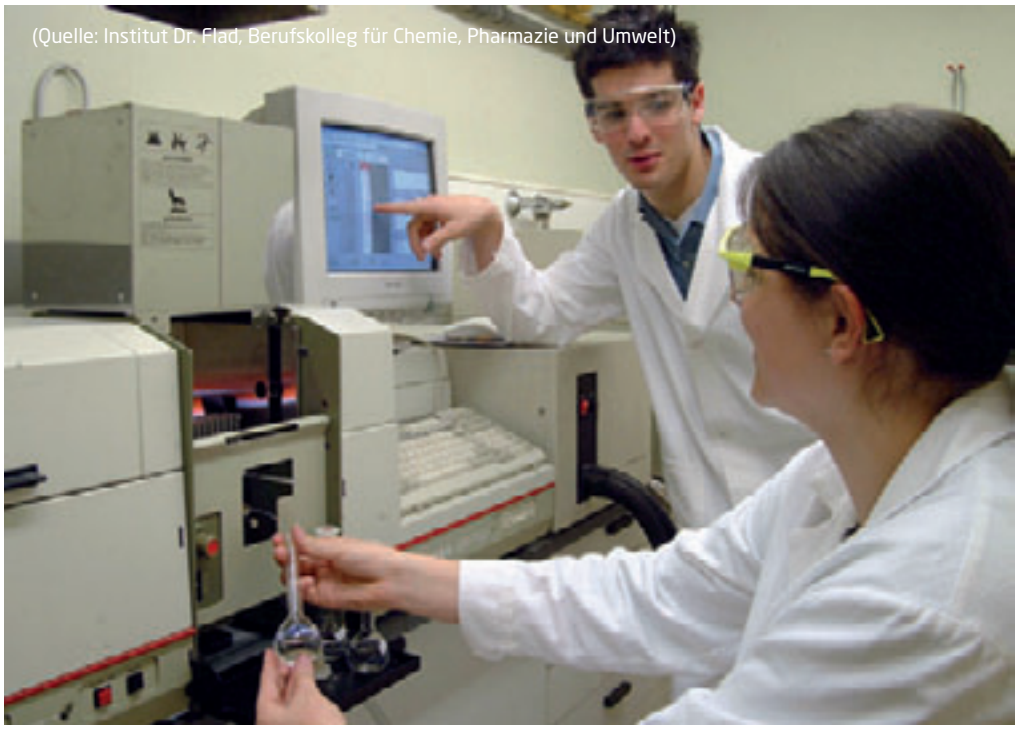
Viele stehen vor der Frage: Studium oder Ausbildung? Das eine schließt das andere nicht aus. Denn bei einer Studien-Abbruch-Quote von über 50 Prozent will ein Chemie-Studium gut und reiflich überlegt sein. Vor diesem Hintergrund ist eine CTA-Ausbildung immer ein richtiger Schritt. Denn die Alternative „Chemie-Studium oder CTA-Ausbildung?“ kann ohne weiteres mit „beides“ entschieden werden. Wer sich unsicher ist, ob er ein Chemie-Studium erfolgreich absolviert, kann das während einer vorgezogenen CTA-Ausbildung herausfinden. Zudem kann man sich ein Chemie-Studium bequem dadurch finanzieren, indem man als CTA in den Semesterferien jobbt. Aber: Das ganze funktioniert auch umgekehrt: Wer ein Chemiestudium abbrechen muss, kann noch immer eine CTA-Ausbildung beginnen – und trotzdem Karriere machen. Denn viele CTAs sind auch ohne Studium in leitenden Positionen tätig. Berufsprognosen zufolge wird der Bedarf an Fachkräften wie CTAs in Forschung, Entwicklung, Projektierung, Überwachung etc. sogar noch stärker steigen als an Akademikern, am stärksten übrigens bei Behörden und wissenschaftlichen Instituten. Wer sich nach der Ausbildung doch noch zu einem Universitäts-Studium entschließt, hat die Zeit gut genutzt: Die zum Unterrichtsstoff gehörenden Praktika werden angerechnet, die gelegten Grundlagen helfen die Studiendauer deutlich zu verkürzen.

Karriereweg Chemie

In einem chemischen Beruf steckt immer auch ein individueller Karriereweg. In diesem vielschichtigen Berufsfeld ist es möglich, sich nach Neigung und Leistung weiterzuentwickeln. Wie in keinem anderen Sektor sind Unternehmen hier bei der Stellenvergabe auf spezialisierte Fachkräfte angewiesen – und müssen dementsprechend um sie werben. Wer sich auf ein bestimmtes Gebiet spezialisiert und sich dort ein tiefer gehendes Know-how erarbeitet, kann Position und Gehalt deutlich verbessern. Viele CTAs arbeiten deshalb in einer führenden Stellung oder übernehmen Leitungsaufgaben – und die studierten oder promovierten Chemiker erst Recht. Ob man nun in der Forschung oder in der Entwicklung arbeitet oder ob man als CTA die Routine-Analytik im Bereich der Produktion ausführt – es steckt immer eine anspruchsvolle und abwechslungsreiche Tätigkeit dahinter. Auch in den jeweiligen Branchen und den dort zu bewältigenden Aufgaben sind die Einsatzgebiete immer wieder unterschiedlich. Zudem ist die Arbeit an einer Universität vollkommen anders als etwa bei einer Behörde oder bei einem Industrieunternehmen. Kurzum: An jedem Arbeitsplatz in der Welt der Chemie eröffnen sich vollkommen andere Wirkungskreise. Diese Offenheit und Krisensicherheit macht den Reiz des „Karrierewegs“ Chemie aus.

Chemiker sind Großverdiener

Chemiker sind auf dem Arbeitsmarkt die Großverdiener unter den Hochschul-Abgängern. Die Verdienstchancen für Chemie-Absolventen sind hervorragend. Schon im zweiten Berufsjahr verdienen Diplom-Chemiker im Schnitt rund 47.000 Euro im Jahr und sogar rund 54.000 Euro, wenn sie einen Doktortitel mitbringen. Einstiegsgehälter, von denen man in anderen Industriezweigen nur träumen kann.


(Quelle: Institut Dr. Flad, Berufskolleg für Chemie, Pharmazie und Umwelt)

Auch CTAs verdienen überdurchschnittlich

Nach einer nur 2-jährigen Ausbildung

können Chemisch-technische-Assistenten (CTAs) mit einem mehr als überdurchschnittlichen Einstiegsgehalt direkt nach ihrer Ausbildung schon gutes Geld verdienen – und sie haben viele Möglichkeiten für die berufliche Zukunft: ob für eine weitere Spezialisierung im Beruf oder ein Studium an einer Fachhochschule. CTA-Absolventen sind auf dem Arbeitsmarkt gefragt und haben gute Aufstiegs-Chancen. Hat man dann noch an einer renommierten Schule wie dem Stuttgarter Institut Dr. Flad gelernt, stehen so gut wie alle Türen offen. Das Institut hat jedes Jahr mehr Stellenangebote als Absolventen. Der Begriff „Fladianer“, wie die Flad-Absolventen im Branchenjargon genannt werden, gilt als Gütesiegel.

Deutschland braucht Nachwuchs in der Chemie

Es besteht großer Handlungsbedarf, um den Wirtschaftsstandort Deutschland für die Zukunft fit zu machen. Zumal die „Konkurrenz“ aus USA und insbesondere Asien immer stärker wird. Diese Tendenz wird einmal mehr durch die aktuelle Vergabe des Chemie-Nobelpreises an den Amerikaner Richard Heck sowie die Japaner Ei-ichi Negishi und Akira Suzuki bestätigt. Gerade auch Schwellenländer wie China oder Indien sind laut den Analysten der Deutschen Bank kontinuierlich auf der Überholspur. Das Reich der Mitte kann in den vergangenen zehn Jahren mit Abstand das größte Wirtschaftswachstum im Bereich Chemie vorweisen (Umsatz-Plus 17% pro Jahr). Schon heute belegt China unter den weltgrößten Herstellern chemischer Erzeugnisse hinter den USA den zweiten Platz. China hatte bereits 2006 Deutschland und 2005 Japan überholt. Der Wirtschaftsstandort Deutschland braucht unbedingt intelligenten Nachwuchs im Bereich Chemie. Auch das Wachstum unserer Volkswirtschaft hängt von den Innovationen in der Chemiebranche ab.

Chemie ist unsere Zukunft

Der Klimawandel und die Endlichkeit fossiler Energieträger stellen Wissenschaft und Gesellschaft vor neue Herausforderungen. Die Notwendigkeit zu Veränderungen gibt der Chemie neue Aufgaben. Unsere Zukunft ist mehr denn je nur mit Hilfe der Chemie gut zu bewältigen. Um die Erde zu erhalten, ist es wichtig, auf nachhaltige Produkte und innovative Lösungen für Energiekreisläufe umzustellen. Nur die Chemie bietet Perspektiven, zukünftig die Rohstoffe der Energiegewinnung zu wechseln, so dass Autos statt mit Benzin und Diesel auch mit Biogas und Wasserstoff betrieben werden können. Ein weiteres Zukunftsfeld der Chemie ist die Biotechnologie. Sie trägt insbesondere im Gesundheitssektor dazu bei, Krankheiten früher zu erkennen, sie mit innovativen Medikamenten zu behandeln und letztendlich Leben zu erhalten, zu retten oder zu verlängern. Die Chemie ist der Motor der Zukunft und ein intelligenter Problemlöser. Für

(Quelle: Institut Dr. Flad, Berufskolleg für Chemie, Pharmazie und Umwelt)

Viele ein zusätzlicher Ansporn, um die Chemie zu entdecken und als Berufsfeld zu ergreifen.

Chemie ist Sicherheit

Vertrauen ist gut – Kontrolle ist besser. Aus diesem Grund entwickeln Chemiker analytische Verfahren zur Prüfung und Kontrolle von Stoffen – nicht zuletzt mit dem Ziel, unser Leben sicherer zu machen. Ein wichtiger Punkt dabei ist unter anderem die Untersuchung von Wasser auf schädliche Inhaltsstoffe. Chemiker untersuchen Böden auf Nitrat, Phosphat oder Schwermetalle. Sie prüfen die Luft auf Stickoxide, Schwefeloxide, Ozon und anderes mehr. Sie übernehmen die Qualitätsprüfung von Produkten, in der Lebensmittelindustrie zum Beispiel von Olivenöl, Wein, Fisch, Gurken und Babynahrung. Oder man denke nur in der medizinischen Diagnostik an klinisch-chemische Untersuchungen.

Chemie ist Faszination

Die Erfindungen und Entwicklungen der Chemie sind Faszination pur. Wenn es um faszinierende Anwendungen geht, wird ein Bereich immer wieder genannt: die Nanotechnologie (nach griech. „nanos“ = Zwerg). Ein Nanometer entspricht einem Milliardstel Meter und ist um einen vierstelligen Faktor dünner als ein menschliches Haar. Die Nanotechnologie eröffnet u. a. in der Oberflächentechnik neue Möglichkeiten. Innovative Beschichtungen entstehen, die Materialien und Stoffe vor Verschmutzung oder gegen Angriffe von außen schützen oder sie zum Beispiel für Wasser undurchlässig machen. Beste Beispiele dafür sind versiegelte, selbst reinigende Autoscheiben oder Dachziegel und Brillengläser, die gegen Kratzer geschützt sind. Die chemische Nanotechnologie macht über solche Gegenstände des Alltags hinaus vor Beton, Textilien, Metall, Lacken oder Kunststoffen nicht halt. Hier gibt es in Zukunft einiges neu zu entwickeln und zu erforschen.

Fazit:

Der Fachkräfte-Mangel und das rasante Wachstum in der Chemie bedeuten traumhafte Berufs-Chancen für Berufsstarter und die spätere Karriere. Chemie-Absolventen gelten als Großverdiener unter den Akademikern. Die

(Quelle: Institut Dr. Flad, Berufskolleg für Chemie, Pharmazie und Umwelt)

Chemie ist spannend, abwechslungsreich, krisensicher – und für den künftigen Wohlstand des Wirtschaftsstandorts Deutschland entscheidend. Vor dem Hintergrund des Klimawandels und der Endlichkeit fossiler Energieträger hängt unsere Zukunft entscheidend davon ab, welche Innovationen die Chemie zur Problemlösung bereitstellt. Auf die Chemie warten große Herausforderungen. Wer es in die Chemie oder zum Chemiker geschafft hat, hat eine erfolgreiche Berufslaufbahn fast sicher – auch ohne Studium ist eine Karriere in einer leitenden Position problemlos möglich.

Jeden Tag aufs Neue ermöglicht uns die Chemie, unser Leben mit dem Komfort zu führen, den wir uns wünschen. Denn alles, was wir schmecken, atmen, fühlen und im Alltag verwenden, hat eine chemische Basis. In Anlehnung an Shakespeare kann man sagen: „Chemistry – or not to be“. Die Perspektiven sind weit über die Zukunftsbranchen Bio- und Nanotechnologie hinaus positiv. Eigentlich kann man nur jedem, der sich für Chemie interessiert, raten, sich für die Chemie zu entscheiden.

Arbeitsbereiche für Chemiker von A bis Z

- Automobilindustrie
- Baustoffindustrie
- Chipentwicklung
- Diagnostika
- Emissionsüberwachung
- Farben und Lacke
- Galvanotechnik
- Hygienetechnik
- Immunologie
- Kunststoffindustrie
- Lebensmittelindustrie
- Materialforschung
- Nanotechnologie
- Öle und Fette
- Pharmaindustrie
- Qualitätssicherung
- Recycling
- Syntheseplanung
- Textilindustrie
- Umweltschutz
- Verfahrenstechnik

Abo macht schlau!

Nichts mehr versäumen mit dem Jahresabo der

Jungen Wissenschaft

- 4 x im Jahr das Neueste aus der Welt von Wissenschaft und Technik.
- Wissenschaftliche Erstveröffentlichungen, Veranstaltungen, Porträts, Studien- und Berufsprofile.
- Abonnieren Sie das einzige europäische Wissenschaftsmagazin mit begutachteten Beiträgen junger Nachwuchsforscher.

www.verlag-jungewissenschaft.de

Vorteilsabo
nur **20,-€***
für Schüler, Studenten, Referendare und Lehrer (4 Ausgaben für 20,00 EUR statt 30,00 EUR)*
*zzgl. Versandkosten

☐ **Ja, ich möchte keine Junge Wissenschaft mehr versäumen.** Ich abonniere die Junge Wissenschaft zunächst für ein Jahr (vier Ausgaben) für nur 30,00 EUR (zzgl. Versandkosten).

☐ **Ich bin Schüler, Student, Referendar oder Lehrer** und erhalte die Junge Wissenschaft im Jahresabonnement gegen Vorlage einer aktuellen Bescheinigung zum Vorzugspreis von 20,00 EUR statt 30,00 EUR (zzgl. Versandkosten).

Laufzeit: Das Abonnement verlängert sich automatisch um ein weiteres Jahr, wenn nicht acht Wochen vor Ende des jeweiligen Bezugsjahres schriftlich gekündigt wird.

Widerrufsrecht: Diese Vereinbarung kann innerhalb von zwei Wochen ab Erhalt des Magazins ohne Angabe von Gründen widerrufen werden. Zur Fristwahrung reicht die rechtzeitige Absendung des Widerrufs. Der Widerruf ist in Textform (zum Beispiel Brief, Telefax, E-Mail) gegenüber dem Verlag Junge Wissenschaft, Neuer Zollhof 3, 40221 Düsseldorf, zu erklären.

Es gelten die Allgemeinen Geschäftsbedingungen des Verlages Junge Wissenschaft.

Zahlungshinweise (bitte leserlich ausfüllen)

☐ Ich zahle gegen Rechnung

☐ Ich zahle bequem per Bankeinzug. Ich ermächtige Sie hiermit bis auf Widerruf, die Rechnungsbeträge von meinem Konto abzubuchen.

Kreditinstitut _____ BLZ _____

Kto-Nr. _____ Datum/Unterschrift _____

Persönliche Angaben und Lieferadresse (bitte leserlich ausfüllen)

Name, Vorname _____

Adresse (Straße, Hausnummer, PLZ, Wohnort) _____

E-Mail _____ Geburtsdatum _____

Schule/Hochschule _____ Schulstufe/Fachsemester _____

Abonnieren per **Fax (02 11) 38 54 89-29**, per **E-Mail** an **abo@verlag-jungewissenschaft.de,** unter **www.verlag-jungewissenschaft.de/abo** oder **per Post**:
Verlag Junge Wissenschaft Athanasios Roussidis, Neuer Zollhof 3, 40221 Düsseldorf