

CLB

Chemie in Labor und Biotechnik

Analytik

Biotechnik

Optimierte Prozesse

Komplexe Materialien

Maßgeschneiderte Moleküle

Menschen und Chemie

Aus- und Weiterbildung

- Blume des Jahres: Cichorium
- Glycolytische Oszillationen der Hefe
- Jugend forscht: Plasmonenresonanz von Nano-Goldpartikeln
- Preisausschreiben zum 100. CLB-Titelbild bei *Rubikon*

Brot aus der Luft

Zum 50. Todestag von Fritz Haber

„Themistokles ist in die Geschichte eingegangen nicht als der Verbannte am Hof des Perserkönigs, sondern als der Sieger von Salamis. Haber wird in die Geschichte eingehen als der geniale Erfinder desjenigen Verfahrens, Stickstoff mit Wasserstoff zu verbinden, das der technischen Stickstoffgewinnung aus der Atmosphäre zugrunde liegt, als der Mann, der auf diese Weise, wie es bei der Überreichung des Nobelpreises an ihn hieß, „ein überaus wichtiges Mittel zur Hebung der Landwirtschaft und des Wohlstandes der Menschheit“ schuf, der Brot aus der Luft gewann und einen Triumph errang „im Dienste seines Landes und der ganzen Menschheit“.“



Emigration 1933

Diese für das Jahr 1934 mutigen Worte fand Max von Laue (Nobelpreis 1914, Physik) in der Februar-Ausgabe der „Naturwissenschaften“ im Nachruf auf Fritz Haber. Er war am 29. Januar in Basel an Herzversagen gestorben. Der nach Cambridge emigrierte Laureat – aufgenommen als Gast der dortigen Universität – befand sich auf der Reise in einen Schweizer Kurort, wo er Kraft zur Fortsetzung seiner Arbeit schöpfen wollte. Das Deutschland der neuen Machthaber hatte ihm seine Verdienste schlecht gelohnt. Nach vielen Querelen und öffentlichen Angriffen war der Direktor des Kaiser-Wilhelm-Instituts für physikalische Chemie und Elektrochemie in Berlin-Dahlem am 1. Oktober auf eigenen Wunsch aus dem Dienst entlassen worden. „... Mein Entschluß, meine Verabschiedung zu erbitten, erfließt aus dem Gegensatz der Tradition hinsichtlich der Forschung, in der ich bisher gelebt habe, zu den veränderten Anschauungen, welche Sie, Herr Minister, und Ihr Ministerium als Träger der großen derzeitigen nationalen Bewegung vertreten...“ schrieb Haber in seinem Gesuch. „Sie werden von einem Manne, der im 65. Lebensjahr steht, keine Änderung der Denkweise erwarten, die ihn in den vergangenen 39 Jahren

seines Hochschullebens geleitet hat, und Sie werden verstehen, daß ihm der Stolz, mit dem er seinem deutschen Heimatland sein Leben lang gedient hat, jetzt diese Bitte um Versetzung in den Ruhestand vorschreibt.“

Nahrung aus der Luft war es im wahrsten Sinne, die Haber mit seiner Ammoniaksynthese möglich machte. Die Sorge um die Abnahme natürlicher Düngervorkommen beschäftigte im ausgehenden 19. Jahrhundert Verantwortliche und Wissenschaft. In der „Badischen Anilin“ waren Versuche im Gange, Stickstoff aus der Luft im elektrischen Lichtbogen an Sauerstoff zu binden. Das erforderte einen großen Energieaufwand. Haber, seit 1906 o. Professor für physikalische Chemie in Karlsruhe, wurde für einen Mitarbeitervertrag gewonnen. Er sah einen anderen Weg, beschritt ihn entgegen aller Skepsis und fand 1908 die „ganz einfache“ Lösung (zusammen mit Le Rossignol). Er leitete das Stickstoff-Wassergemisch, ohne es zu entspannen, nach Entfernen des erzeugten Ammoniaks immer wieder über den Katalysator. Weil die Wärme der Reaktionsgase durch den Wärmeaustausch und der Druck während des ganzen Kreislaufs erhalten blieben, brauchte das Verfahren vergleichsweise wenig Energie. Keine zehn

Monate nach der Patentanmeldung führte Haber in Karlsruhe eine Apparatur vor, die bei hohem Druck und hoher Temperatur mit Hilfe eines Osmium-Katalysators in der Stunde 80 g Ammoniak produzierte.

Im Zeitraffer: Am 13. Oktober 1908 „Ammoniak-Zirkulationspatent“; am 14. September 1909 „Ammoniak-Hochdruckpatent“; bis September 1913 verwirklichte Carl Bosch (Nobelpreis 1931, Chemie) die großtechnische Durchführung im neuen BASF-Werk Oppau. Es lieferte 5 t Ammoniak täglich, 1915 schon 150 t; Ende April 1917 kam nach elf Monaten Bauzeit die Ammoniakfabrik in Leuna bei Merseburg hinzu, wo mit 1000 t pro Tag die Produktion begann. Heute arbeiten nach dem prinzipiellen Verfahren von Haber und Bosch weltweit fast 700 Ammoniak-Fabriken, deren Erzeugung (130 Mio. t/a) zur Herstellung von synthetischen Fasern, Kunststoffen, Leimen und Harzen, von Sprengstoffen und Arzneimitteln verwendet wird.

Lebenslauf

Fritz Haber war Breslauer. Er wurde am 9. Dezember 1868 als Sohn eines angesehenen Kaufmanns und Stadtältesten geboren. Nach dem Besuch des humanistischen Gymnasiums studierte er in Berlin, hörte A.W. Hofmann (Chemie) und H. Helmholtz (Physik), dann zog Robert Bunsen (Physik) ihn für drei Semester nach Heidelberg. Nach der Entlassung vom Militärdienst belegte Haber drei Semester organische Chemie an der TH Berlin-Charlottenburg. Mit der Promotion in der Tasche bekleidete er „um zu sehen und zu lernen“ anschließend in rascher Folge Stellungen in Budapest (Fabrik für Spiritus und Melassepottasche), in Sczakowa/Galizien (Ammoniaksodafabrik) und in der Zellstoff-Fabrik Feldmühle. Darauf setzte er noch ein Semester an der Eidgenössischen Polytechnischen Schule in Zürich, wo Lunge anorganische Technologie und analytische Methodik lehrte. Ein halbes Jahr

Liebe CLB-Leserin, lieber CLB-Leser,

wie auf der Titelseite genannt und auf der Rückseite ausgeführt ist dies – kurz vor dem 60. Geburtstag der CLB – das 100. CLB-Heft, das unser Rubikon-Verlag seit März 2001 produzierte, dem Zeitpunkt der Übernahme vom Umschau-Verlag; CLB 01 und 02/2001 wurden noch dort erstellt. Zählt man die Doppelnummern mit, ist es freilich schon die 104. Ausgabe der abonnierten Auflage, die wir produzierten. 100 Titelseiten sind jedoch etwas greifbarer, und daher rufen wir Sie hier auf, uns Ihren Titelbild-Favoriten zu nennen.



Zu Anfangszeiten unserer CLB-Produktion – zunächst noch in dem Umschau-Layout – wurden einige Titelbilder von Unternehmen als Anzeige geschaltet. Bei dem eng gewordenen Anzeigenmarkt gingen jedoch für die im Vergleich zu den anzeigenbezahlten Magazinen mit ihren relativ hohen Auflagen diese für den Verleger monetär angenehmen Möglichkeiten schnell ihrem Ende entgegen; dafür eröffnete sich die Möglichkeit der freien Gestaltung. Zunächst gelang es nicht immer, das Titelbild einem der Hauptthemen der jeweiligen Ausgabe zuzuordnen. Dies ist jetzt jedoch praktisch – wie bei den führenden allgemeinverständlichen Wissenschaftsmagazinen ebenfalls – Standard.

Nach dem grundsätzlichen Layoutwechsel ab Ausgabe April 2002 war mancher von Ihnen wohl erstaunt, die Ausgabe vom September 2004 der CLB zuzuordnen, war doch das Titelbild über die volle Größe der Druckseite abgebildet, ohne den bis dahin typischen weißen Rahmen. Ich war

jedoch so fasziniert von der Hubble-Teleskop-Aufnahme eines sterbenden Sterns im Katzenaugennebel (was in dem Heft nicht als Hauptartikel, sonder im Rahmen aktueller Forschungen gemeldet wurde), dass ich probeweise das Bild über die gesamte Titelseite hinweg aufzog. Das sah der mittlerweile leider verstorbene CLB-Autor Hans-Dietrich Martin, der in jener Ausgabe über seine 50jährige Arbeit als CLB-Autor berichtete. Er war auch sofort begeistert von diesem Layoutvorschlag und ermunterte mich, zur Abwechslung diese Art des Titelseiten-Layouts zu nehmen.

Mittlerweile ist dieses Layout zur Regel geworden, zumindest konsequent in diesem Jahr, und wenn Sie nicht stark dagegen votieren wird es höchstwahrscheinlich so bleiben; ganz sicher kann man sich ja nie sein ;-)

Ich möchte die Gelegenheit wahrnehmen, hier sowohl den verbliebenen Unterstützern aus der Industrie wie auch allen Mitarbeitern und verlässlichen Auftragnehmern wie unserer Druckerei sowie allen Stammautoren zu danken, die unter meiner Regie die CLB mitgestaltet und mitproduziert haben. Ohne solche Unterstützung gäbe es die Zeitschrift nicht – und auch nicht ohne Ihre beständige Treue, liebe Leserinnen und Leser, herzlichen Dank,

Ihr

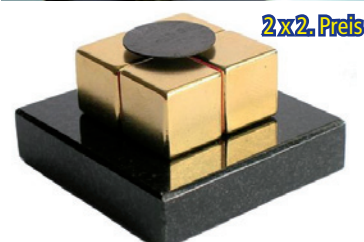
Preisfrage zum 100. CLB-Titelbild des Rubikon-Verlags:

Welches Titelbild von denen, die auf der Rückseite dieser CLB abgebildet sind, gefällt Ihnen am besten? Wenn Sie die Bilder größer betrachten wollen, sehen Sie auf www.clb.de nach. Unter „Ausgaben 2001 - 2004“ bzw. „Ausgaben ab 2005“ lassen sich die Titelbilder als Album durchblättern. Bei der Verlosung nimmt jede Stimme teil, unabhängig davon, ob sie ev. zufällig das meistgenannte Bild nennt. Sonst gäbe es ja eine verfälschende Rückkopplung der Art: „Mir gefällt ja dieses Bild gut, aber den anderen wahrscheinlich eher das, also wähle ich das.“ ;-)

Zu gewinnen gibt es als **1. Preis ein ca. 5 cm großes Mineral mit filigranen „Antennen“ aus gediegenem Silber** sowie als **zwei 2. Preise das „Diafluxx“**. Dabei handelt es sich um die Darstellung eines faszinierenden physikalischen Phänomens, der diamagnetischen Levitation. Eine Scheibe pyrolytischen Graphits schwebt beständig über vier extrem starke Neodym-Magnete...

Bitte senden Sie Ihre Wahl (etwa: Titelbild xx/200Y) als Fax an 06223 9707 41 oder als e-Mail an redaktion@clb.de.

Einsendeschluss ist Freitag, der 20. November 2009. Wir geben die Gewinner in der CLB 12/2009 bekannt. Ich bin gespannt auf Ihren Favoriten. Viel Spaß bei der Wahl!



INHALT

Aufsätze

Systemdynamische Interpretation der glykolytischen Oszillationen der Hefe Phänomene, Modelle und Folgerungen _____	376
Blume des Jahres 2009: Cichorium Inhalte, Nutzen und Mythen der Wegwarte _____	384
Jugend forscht: Maßgeschneiderte optische Eigenschaften Die Plasmonenresonanz von Nano-Goldpartikeln _____	390

Rubriken

Editorial _____	369
Impressum _____	371
F & E im Bild _____	371
Unternehmen _____	372
Personalia _____	374
Förderungen / Preise _____	375
Neue Produkte _____	404
Bezugsquellenverzeichnis _____	407



Zum Titelbild:
Eine Blüte der Blume des Jahres:
Cichorium, die Wegwarte (siehe
Artikel ab Seite 384; Foto: Kickuth).

CLB-Memory

Bildungsbarometer: Die Parteien verlieren ihre Bildungskompetenz Beste Ideen haben kurz- und langfristig die Grünen _____	M57
Elektroautos nur „grün“ mit erneuerbarer Energie Fahrzeuge als Stromspeicher erschließen _____	M58
Schnelltest für Allergie auslösende Stoffe in Lebensmittel Bis 2012 verfügbar – Ergebnis in zehn Minuten _____	M60
Studie zu Aufkommen von RFIDs im Abfall Dialog Hersteller – Entsorger erforderlich _____	M61
Nachweis von Organophosphat-Nervengiften Extrem schnelles Ansprechen _____	M63
Keramische Werkstoffe Mehrere richtige Antworten pro Frage sind möglich. _____	M64

Metamaterial für Spektroskopie

In letzter Zeit haben Metamaterialien, mit denen sich elektromagnetische Wellen, also auch Licht, manipulieren lassen, die Phantasie von Forschern beflügelt. Perfekte Linsen ohne Abbildungsfehler, ja sogar optische Tarnmäntel à la Harry Potter sind damit zumindest theoretisch möglich. Wissenschaftler am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) beschreiben jetzt erstmals dreidimensionale Metamaterialien, die tatsächlich in spektroskopischen Messgeräten Anwendung finden könnten. Für die Herstellung der neuartigen Elemente wird zunächst mit einem Laser in einem Fotolack die Struktur „geschrieben“. In einem zweiten Schritt wird in den dabei entstandenen Hohlräumen Gold galvanisch abgeschieden, bis sie gefüllt sind. Schließlich wird die Polymer-Urform weggeätzt. Zurück bleibt eine Struktur, die an eine Federkernmatratze erinnert: Sie besteht aus vielen regelmäßig angeordneten, winzigen Goldspiralchen mit einem Durchmesser von nur wenigen hundert Nanometern. Sie wirken so als Filter für zirkular polarisiertes Licht. Solche Strukturen können dies je nach Größe der Spiralen über eine vergleichsweise große Bandbreite von Wellenlängen. Das räumt den bisher beobachteten Nachteil von Metamaterialien aus, dass ihre speziellen Eigenschaften nur auf ein enges Frequenzspektrum beschränkt sind. Im Blickfeld der Forscher sind jetzt handliche Geräte, die Gemische von Substanzen analysieren, welche selbst als Polarisatoren wirken. Die rechtsdrehenden Milchsäuren aus dem Joghurt könnten so in Zukunft mit Hilfe von Metamaterialien bestimmt werden. Das Bild zeigt das Metamaterial unter dem Rasterelektronenmikroskop, kombiniert mit einer Computergrafik. Die rot-weiße Spirale symbolisiert das zirkular polarisierte Licht (Grafik: CFN).

Impressum

CLB
Chemie in Labor und Biotechnik

Verlag:
Agentur & Verlag Rubikon
für technische und wissenschaftliche
Fachinformation – Rolf Kickuth
Anschrift:
CLB, Agentur & Verlag Rubikon
Bammentaler Straße 6–8
69251 Gaiberg bei Heidelberg
Deutschland
E-Mail: redaktion@clb.de

Gründungsherausgeber:
Dr. Dr. h.c. Wilhelm Foerst (†)
Prof. Dr. Wilhelm Fresenius (†)

Herausgeber:
Prof. Dr. Dr. U. Fitzner, Ratingen
Prof. Dr. K. Kleinermanns, Düsseldorf
Prof. Dr. Heinz-Martin Kuß, Duisburg,
Prof. Dr. J. Schram, Krefeld
Prof. Dr. Georg Schwedt, Bonn
Dr. Wolfgang Schulz, Stuttgart
Prof. Dr. G. Werner, Leipzig.

Redaktion:
Rolf Kickuth (RK, verantwortlich;
E-Mail: kickuth@clb.de),
Dr. Christiane Soigné-Stark
(CS, E-Mail: stark@clb.de).

Ständige Mitarbeiter:
Dr. Maren Bulmahn, Bensheim;
Prof. Dr. Wolfgang Hasenpusch, Hanau;
Dr. Mechthild Kässer, Diekhofen;
PD Dr. Röbbbe Wünschiers, Quedlinburg.

VBTA-Verbandsmitteilungen:
Thomas Wittling,
Raiffeisenstraße 41, 86420 Diedorf
Telefon (0821)327-2330
Fax (08 23 8) 96 48 50
E-Mail: info@vbta.de

Anzeigenservice:
Natalia Bajramovic
CLB, Agentur & Verlag Rubikon
Bammentaler Straße 6–8
69251 Gaiberg bei Heidelberg
Telefon (0 62 23) 97 07 43
Fax (0 62 23) 97 07 41
E-Mail: service@clb.de

Abonnentenbetreuung:
Natalia Bajramovic
E-Mail: service@clb.de

Layout und Satz:
Agentur & Verlag Rubikon
Druck: Printec Offset, Ochshäuser Straße
45, 34123 Kassel

CLB erscheint monatlich.
© 2009 Agentur und Verlag Rubikon
Rolf Kickuth

Bezugspreise:
CLB Chemie in Labor und Biotechnik
mit der Beilage „CLB-MEMORY“. Einzelheft – außerhalb des Abonnements – 11,00 Euro, im persönlichen Abonnement jährlich 100,00 Euro zuzüglich Versandkosten; ermäßigter Preis für Schüler, Studenten und Auszubildende (nur gegen Vorlage der Bescheinigung) jährlich 76,45 Euro zuzüglich Versandkosten, inkl. 7% MWSt. Ausland sowie Firmen- bzw. Bibliothekenabonnements auf Anfrage. Bezug durch den Buchhandel und den Verlag. Das Abonnement verlängert sich jeweils um ein weiteres Jahr, falls nicht 8 Wochen vor Ende des Bezugsjahres Kündigung erfolgt.

Erfüllungsort ist Heidelberg. Mitglieder des VBTA, des VCÖ sowie des VDC erhalten die CLB zu Sonderkonditionen.

Anzeigenpreisliste:
Nr. 46 vom 01. 12. 2006.

Bei Nichterscheinen durch Streiks oder Störung durch höhere Gewalt besteht kein Anspruch auf Lieferung. Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Für die Rückgabe unverlangt eingesandter Buchbesprechungs-exemplare kann keinerlei Gewähr übernommen werden.

ISSN 0943-6677



NACHRICHTEN & NOTIZEN

Die **Revotar Biopharmaceuticals AG** erhält vom Bundesland Brandenburg über 2 Jahre hinweg Forschungsmittel in Höhe von 2,5 Millionen Euro (Europäischer Fonds für Regionale Entwicklung) für die Entwicklung seiner Pipeline von Selektin-Antagonisten zur Behandlung von Atemwegserkrankungen.

GATC Biotech AG, Europa's führender Sequenzierdienstleister, investiert bis 2012 über 5 Mio Euro in den Standort Konstanz und verdoppelt seine Firmenfläche, um Platz für bis zu 100 weitere Arbeitsplätze zu schaffen. Es ist geplant, die Sequenzierkapazitäten auf jährlich 30 Terabasen auszubauen.

Roche und die RiNA GmbH aus Berlin haben vereinbart, dass das gesamte RTS Proteinexpressions-Portfolio von Roche Applied Science von der RiNA GmbH übernommen wird. RiNA bringt langjährige Erfahrung auf dem Gebiet der zellfreien Expressionssysteme mit. Für den weltweiten Verkauf, Support und Vertrieb des RTS-Portfolios wird das Hamburger Unternehmen 5 PRIME GmbH verantwortlich sein.

Bayer CropScience hat mit einer Investition von 4,9 Mio Euro seine Substanzbibliothek in Monheim erweitert. Auf Basis der aktuell rund 2,2 Mio Substanzen suchen die Forscher nach Erfolg versprechenden Wirkstoffen für neue Pflanzenschutzmittel.

Life Technologies Corporation, Carlsbad, Calif./USA, hat seinen Geschäftsbereich Massenspektrometrie für \$450 Mio an die Danaher Corporation verkauft. Danaher wird auch Life Technologies' joint venture Partner MDS Analytical Technologies von MDS Inc. übernehmen.

Die **Brahms AG**, das drittgrößte Biotechunternehmen Deutschlands, und Thermo Fisher Scientific schließen sich zusammen, um in Hennigsdorf (Brandenburg) ein European Center of Excellence für klinische Diagnostik mit Fokus auf Biomarkern zu gründen. Brahms wird in den Spezialdiagnostikbereich innerhalb des Segments Analytical Technologies von Thermo Fisher Scientific integriert, eine Geschäftssparte mit einem jährlichen Umsatz von rund 1,3 Mrd. USD.

Die **Ascenion GmbH** hat Anteile an der Kinaris Biomedicals GmbH erworben. Das Start-up Unternehmen entwickelt neue Medikamente, die Bewegungsvorgänge von Zellen gezielt modulieren. Der Ansatz basiert auf den Ergebnissen eines Forschungsprojektes der Medizinischen Hochschule Hannover und der Technischen Universität Dresden: danach kann eine neue Bindungsstelle auf dem Motorprotein Myosin als Angriffspunkt für neue Medikamente dienen.

Bayer CropScience will die Athenix Corp. übernehmen, ein nicht-börsennotiertes Biotech-Unternehmen mit Sitz in Research Triangle Park, North Carolina, USA. Athenix hat eine umfangreiche Entwicklungs-Plattform von Pflanzeigenschaften (Traits) aus den Bereichen Herbizidtoleranz und Insektenresistenz, vor allem für Mais und Sojabohnen.

Analysen- und Labortechnik verhalten optimistisch Branche setzt auf Export

Laut Umfrage des Industrieverbandes Spectaris erwarten die rund 330 deutschen Hersteller von Analysen-, Bio- und Labortechnik ein stabiles Geschäftsergebnis für 2009.

Trotz eines Umsatzrückgangs von 2,4 Prozent im ersten Halbjahr dieses Jahres rechnen die Firmen für das Gesamtjahr mit einem stabilen Geschäftsergebnis (+0,5 Prozent). Dies würde einem Branchenumsatz von 6,25 Milliarden entsprechen.

Insbesondere das Auslandsgeschäft, auf das 55 Prozent des Umsatzes entfällt, sorgt mit rund 2,5 Prozent Zuwachs für positive Impulse. Trotz Krise konnten in einigen Ländern und Regionen nach wie vor Zuwächse realisiert werden, insbesondere in China, Korea und Indien. Auch das Geschäft im Nahen Osten liegt im Durchschnitt über dem Vorjahresniveau. Schwach zeigt sich dagegen die Entwicklung in den für die Branche

wichtigen europäischen Ländern Frankreich, Italien und Großbritannien. Auch das Osteuropa-Geschäft ist nach der Boomphase der letzten beiden Jahre eingebrochen.

Nach einem schwachen ersten Halbjahr im Inlandsgeschäft, bei dem ein Rückgang des Inlandsumsatzes von 5,5 Prozent zu verkräften war, wird für das zweite Halbjahr zwar eine spürbare Verbesserung prognostiziert, für das Gesamtjahr aber ein schwach rückläufiges Inlandsgeschäft (-3 Prozent). Sofern sich die Einschätzungen der Firmen bewahrheiten, dürfte sich auch die Stimmungslage wieder aufhellen, die zur Jahresmitte eher trüb war.

Erfreulich ist dagegen die Beschäftigungsentwicklung der Branche: Im ersten Halbjahr konnten Entlassungen weitgehend vermieden werden. Für das Gesamtjahr 2009 wird sogar ein Mitarbeiterzuwachs um 1,2 Prozent auf dann rund 35 500 Mitarbeiter erwartet.

Horiba Scientific: Reorganisiert

Horiba Scientific – wurde als neues, global agierendes, Team reorganisiert. Es bietet umfassende Produktlinien im Bereich Element Analytik, Molekulare- und Mikrospektroskopie, optische Komponenten, sowie in der Schichtmesstechnik. Darüber hinaus ist Horiba Scientific in Deutschland die europäische Exklusivvertretung für Ultrakurz-puls-laser von Clark-MXR. In dem reorganisierten Verbund finden sich gut eingeführte und bekannte Firmennamen wie Jobin Yvon, IBH, SPEX, Instruments S.A, ISA, Dilor, Sofie, SLM, and Beta Scientific. Horiba Scientific ist ein Weltmarktführer in der Herstellung und Entwicklung von forschungsorientierter Instrumentierung basierend auf Optik und Röntgentechnologie.

CEM mit neuen Patenten zur Peptidsynthese

CEM hat am 1. September sein viertes Patent erhalten, das die Mikrowellen-assistierte Synthese von Peptiden betrifft (US 7,582,728). Es bezieht sich auf zwei Schlüsselschritte bei der Beschleunigung der Festphasen-Peptidsynthese mit Mikrowellen. Das dritte Patent erhielt CEM bereits am 21. Juli dieses Jahres. Es beinhaltet die Ausführung von Fmoc und Bmoc-Chemie, die zwei wichtigsten Strategien in der Peptidsynthese. Wie der CEO des Unternehmens, Michael J. Collins, mitteilte, laufen bereits weitere Patentanmeldungen im Bereich der Peptidsynthese. Sie sollen zu einem Ausbau des Produktportfolios führen. Bestens verkaufen würde sich zur Zeit der Peptid-Synthesizer-System „Our Liberty“, so Collins.

RWI: Konjunktur auf dem Wege der Besserung

Stabilisierung auf niedrigem Niveau

Die deutsche Konjunktur belebt sich nur langsam. Das RWI prognostiziert einen Rückgang des realen Bruttoinlandsprodukts (BIP) von 5,0% für 2009. Für 2010 erwartet das RWI ein BIP-Wachstum von 1,2%, eine wieder anziehende Teuerung und einen schwächeren Arbeitsmarkt.

Obwohl der Abwärtstrend gestoppt ist, liegt die Wirtschaftsleistung um 7,1% niedriger als vor einem Jahr, so dass man lediglich von einer Stabilisierung auf niedrigem Niveau sprechen kann, so die Analyse des Rheinisch-Westfälisches Instituts für Wirtschaftsforschung e.V. (RWI). Eine moderate Belebung der Konjunktur im zweiten Halbjahr 2009 sind der Weltwirtschaft und dem kommunalen

Investitionsprogramm zu verdanken, während der private Konsum rückläufig sein dürfte. Die Teuerung zieht an und die Verbraucherpreise steigen in diesem Jahr um 0,4%, im kommenden Jahr um 1,3%. Vor diesem Hintergrund erwartet das RWI für das Jahr 2009 einen Rückgang des realen BIP von 5,0%, gefolgt von einer zögerlichen Erholung 2010 mit einem Wirtschaftswachstum von 1,2%.

Die Lage auf dem deutschen Arbeitsmarkt dürfte sich noch für einige Zeit verschlechtern, so dass die Arbeitslosigkeit auf 3,7 Millionen Personen am Ende dieses und auf 4,4 Millionen am Ende kommenden Jahres steigen dürfte. Die Arbeitslosenquote dürfte im Jahresdurchschnitt entsprechend von 8,3% auf 9,8% steigen.

Die Lage der öffentlichen Haushalte hat sich aufgrund konjunkturbedingter Mindereinnahmen und Mehrausgaben sowie durch Maßnahmen zur Stabilisierung der Konjunktur deutlich verschlechtert.

Die Weltwirtschaft dürfte sich allmählich erholen, in den Schwellenländern deutlich, dagegen in den Industrieländern nicht sehr schwungvoll, da viele Konjunkturprogramme auslaufen, und die Kaufkraft nicht mehr durch rückläufige Rohstoffpreise gestützt wird. Auf dem Arbeitsmarkt stehen noch größere Anpassungen bevor. Deshalb erwartet das RWI, dass das Weltsozialprodukt in diesem Jahr um 2,5% sinken und im nächsten Jahr um 1,0% wachsen wird. Der Welthandel dürfte 2009 um 13,5% zurückgehen und 2010 um 6% steigen.

Evonik weht Überschall-Pilotanlage in Hanau-Wolfgang ein

Maßgeschneiderte nanostrukturierte Partikeln

Evonik Industries und sechs Forschungseinrichtungen haben ein effizientes Verfahren zum Design spezieller nanostrukturierter Partikeln entwickelt. In einem Überschallreaktor werden die Partikeln erstmals mit Hilfe gasdynamischer Effekte erzeugt und der Prozess gezielt gesteuert.

Die DFG fördert das Projekt „Gasdynamisch initiierte Partikelherstellung“ mit rund neun Millionen Euro. Das Verfahren erlaubt, Partikeln einheitlicher Größe und Form zu erzeugen, um sie beispielsweise mit optischen oder elektrischen Eigenschaften auszustatten oder die Aggregationsneigung zu beeinflussen.

In der Pilotanlage dient heiße Gasströmung als Energielieferant, um ein unter hohem Druck stehendes Gemisch aus Methan

und Luft auf bis zu 1500 Grad Celsius zu erhitzen. Nach der ersten von zwei hintereinander angeordneten Überschalldüsen wird eine chemische Reaktion initiiert, in der sich die gewünschten Partikeln bilden. Die Strömungsgeschwindigkeit erlangt phasenweise mehr als doppelte Schallgeschwindigkeit. In der zweiten Düse wird der Prozess durch rasche Abkühlung abrupt gestoppt. Anschließend können die Teilchen zur weiteren Verwendung herausgefiltert werden. Die Partikelgröße ist unter anderem über Parameter wie Temperatur und Reaktionsdauer steuerbar. Der Reaktor erreicht Ausbeuten von etwa drei Kilogramm pro Stunde.

Solche Teilchen könnten Einsatz finden in Komponenten für die Luft- und Raumfahrtindustrie, im Werkzeug- und Maschinenbau oder in der Oberflächen-

strukturierung. Beispiele sind das Polieren von Wafern, Printable Electronics (RFID), kratz- und transparente Lacke, Fotodruck oder Katalysatoren.

Der Geschäftsführer der Evonik Degussa GmbH, Dr. Thomas Haerberle, DFG-Präsident Prof. Matthias Kleiner, der Abteilungsleiter Wirtschaftsförderung und Technologie im Hessischen Wirtschaftsministerium, Klaus-Dieter Jäger, und der Leiter Verfahrenstechnik & Engineering Evonik Degussa, Dr. Claas Klasen (v.l.n.r.). Bild: Evonik.



BAM Frau Prof. Dr. rer. nat. **Anna Gorbushina** übernahm die Abteilung „Material und Umwelt“ der BAM. Gleichzeitig wurde sie an die Freie Universität Berlin (FU) berufen. Mit dieser gemeinsamen Berufung wollen die BAM und die FU ihre Forschungsarbeiten im Bereich Materialien und Umwelt zu einer gemeinsamen wissenschaftlichen Kompetenz ausbauen.

BASF Die Betriebswirtin und Japanologin **Saori Dubourg** (38) wird ab November 2009 neue Leiterin des Bereichs Regional Functions & Country Management Asia Pacific in Hongkong. Der derzeitige Bereichsleiter **Dr. Tilman Krauch** (47) übernimmt ab 2010 die Leitung des Unternehmensbereichs Construction Chemicals, da **Dr. Bernhard Hofmann** (57), der bisher für diesen Bereich verantwortlich war, Ende 2009 in den Ruhestand geht.

BAYER **Werner Wenning** (62), seit 2002 Vorstandsvorsitzender der Bayer AG, wird seinen bis Januar 2010 datierten Vertrag um acht Monate bis zum 30. September 2010 verlängern. Wennings Nachfolger wird dann der Niederländer **Dr. Marijn E. Dekkers** (51), derzeit Präsident und CEO bei Thermo Fisher Scientific Inc. Dekkers wird 2010 Vorstandsmitglied und zunächst in Personalunion den Teilkonzern Bayer HealthCare leiten. **Arthur J. Higgins** (52), Vorsitzender des Bayer HealthCare Executive Committee und Vorstandsvorsitzender der Bayer HealthCare AG, wird das Unternehmen im ersten Halbjahr 2010 verlassen. Im April 2010 geht der derzeitige Finanzvorstand **Klaus Kühn** in den Ruhestand. Sein Nachfolger wird **Werner Baumann** (46), derzeit Mitglied im Vorstand der Bayer HealthCare AG sowie im Executive Committee dieses Teilkonzerns. Baumann wird ebenfalls 2010 Vorstandsmitglied.

BRENNTAG, Weltmarktführer in der Chemiesdistribution, hat den Chemiker **Steve Holland** zum



Chief Operating Officer (COO) Brenntag Group ernannt. In dieser neu geschaffenen Position wird Holland das weltweite Chemiesdistributionsgeschäft führen. Zugleich wird er seine bisherige Position des Chief Executive Officer (CEO) Brenntag Europe innehalten.

CIT (Centre International de Toxicologie), eine führende europäische Organisation für Auftragsforschung mit Sitz in Evreux/Frankreich, hat **Sophie Baratte** (46) zum „managing director“ ernannt. **Dr. Jean-François Le Bigot** wird „executive president“ sowohl von CID als auch von der Holding Applied Biology Company.

COGNIS **Klaus Edelmann** (66) schied als Chief Financial Officer (CFO) aus der Geschäftsführung des Spezialchemieanbieters aus. Er wurde Mitglied im Aufsichtsrat des Unternehmens. Als sein Nachfolger ist **Dr. Marco Panichi** (43) benannt.

ROCHE Bis Ende 2009 werden der 62-jährige **William M. Burns** (CEO der Pharma Division), der 65-jährige **Jürgen Schwiezer** (CEO der Diagnostika Division) und der 62-jährige Forschungschef **Jonathan Knowles** aus der Konzernleitung von Roche ausscheiden. Ab 2010 wird der 50-jährige **Pascal Soriot**, zurzeit CEO von Genentech, als Mitglied der Konzernleitung Chief Operating Officer (COO) der Pharma Division. Der 54-jährige **Jean-Jacques Garaud**, bisher Leiter der Pharma Entwicklung, wird Mitglied der erweiterten Konzernleitung und übernimmt die Roche Pharma Forschung und frühe Entwicklung.

Der 50-jährige **Dan Zabrowski** wird als Leiter von Pharma Partnering ebenfalls Mitglied der Konzernleitung. **Richard Scheller** gehört wie bisher

der Konzernleitung an. Er bleibt in San Francisco verantwortlich für die Forschung und frühe Entwicklung von Genentech, die als eigenständige Einheit geführt wird. Zum Chief Operating Officer (COO) der Diagnostics Division und Mitglied der Konzernleitung hat der Verwaltungsrat den 45-jährigen **Daniel O'Day** gewählt, der bisher für Roche Molecular Diagnostics verantwortlich war. Die Nachfolge von Pascal Soriot als CEO von Genentech mit Sitz in South San Francisco wird der 49-jährige **Ian Clark**, bisher Leiter des globalen Marketings der Pharma Division, übernehmen.

SPECTARIS **Josef May** (49) bleibt weiterhin Vorsitzender des Verbandes Spectaris, Deutscher Industrieverband für optische, medizinische und mechatronische Technologien. Josef May ist Geschäftsführer der Silhouette Deutschland GmbH und seit 2007 Vorsitzender von Spectaris. Daneben wurden auch die stellvertretenden Vorsitzenden Michael Koller und Andreas Nitze sowie Karl-Andreas Feldhahn als Schatzmeister in ihren Ämtern bestätigt.

EHRUNGEN

Anlässlich der Vortragstagung der Fachgruppe Chemieunterricht der Gesellschaft Deutscher Chemiker in Frankfurt erhielt **Simone Krees** von der Bergischen Universität Wuppertal den **Manfred-und-Wolfgang-Flad-Preis**, gestiftet vom Institut Dr. Flad in Stuttgart, und dotiert mit 4000 Euro. Frau Krees wird für ihren Vortrag „Moleküle zu Gast beim Zuckerwirt“ auf der Fachgruppenstagung 2008 in Potsdam ausgezeichnet. Generell werden ihre experimentellen Arbeiten gleichermaßen von Wissenschaftlern, Didaktikern und Lehrkräften wegen ihrer Anschaulichkeit und Praktikabilität gelobt. In Frankfurt lautete ihr Vortragstitel „Auf den Spuren der Photovoltaik - Kompaktzellen mit Rasierscherblättern“.

Der Biologe **Martin Gamerding** und der Mediziner **Christian Taube**, beide von der Johannes Gutenberg-Universität Mainz, sind die Preisträger des **Boehringer Ingelheim-Preises** 2009. Der Preis wird jährlich von der Boehringer Ingelheim Stiftung zur Förderung der medizinischen Forschung an der Mainzer Universitätsmedizin vergeben und ist mit 20 000 Euro dotiert. Gamerding erhält den Preis für eine Arbeit über Proteinablagerungen, wie sie beispielsweise bei Alzheimer-Erkrankungen auftreten. Taube wurde für seine Forschungen über allergisches Asthma ausgezeichnet.

Der Zoologe **Dr. Reinhard Kaufmann** (72) erhielt in Gießen die **Justus-Liebig-Medaille** in Würdigung seiner Verdienste um die Justus-Liebig-Universität (JLU). Der langjährige ehrenamtliche Stadtrat und Kulturdezernent hat die Zusammenarbeit der Stadt Gießen mit der Universität in vielfältiger Weise gefördert. Hervorgehoben wurde das Engagement von Dr. Kaufmann im Liebig-Jahr 2003, die Einrichtung der Liebig-Stipendien, sowie sein Beitrag zu den Jubiläumsfeierlichkeiten anlässlich des 400-jährigen Bestehens der Universität im Jahr 2007.

In Mailand wurden die diesjährigen **Balzan-Preisträger** aus vier Fachgebieten bekannt gegeben. Sie erhalten je eine Million Schweizer Franken (etwa Euro 660 000); die Hälfte für die Finanzierung von Forschungsprojekten. Der Materialwissenschaftler **Michael Grätzel** (École Polytechnique Fédérale de Lausanne) wurde für die Entwicklung einer neuen Photovoltaik-Solarzelle geehrt, der Dye Sensitized Cell (DSC-photoelektrochemische Zelle), besser bekannt als Grätzel-Zelle. **Brenda Milner** (Université de Montréal) erhielt den Preis im Bereich der kognitiven Neurowissenschaften für ihre Studien über die Rolle des Hippokampus in der Gedächtnisbildung und die Identifizierung verschiedener Formen von Gedächtnis.

Preis für Analytische Spektroskopie

Der DAsp - Deutscher Arbeitskreis für Angewandte Spektroskopie - vergibt regelmäßig den „Bunsen-Kirchhoff-Preis für analytische Spektroskopie“, um Leistungen vor allem jüngerer Wissenschaftler aus Universitäten, Forschungsinstituten oder der Industrie in der analytischen Spektroskopie auszuzeichnen. Besonders erwünscht sind Arbeiten in neueren Gebieten, wie Spektroskopie im Nanobereich, Spektroskopie an Biomolekülen usw. Der von der Firma Perkin Elmer mit 2500 Euro ausgestattete Preis soll auf der Analytica im März 2010 in München übergeben werden. Nominierungen können durch Mitglieder des DAsp bis zum **31.12.2009** an folgender Adresse eingereicht werden: Herrn Prof. Dr. Detlef Günther, Vorsitzender der Jury für den Bunsen-Kirchhoff-Preis 2010, Laboratorium für Anorganische Chemie, ETH Hönggerberg, HCI, CH-8093 Zürich; detlef.guenther@inorg.chem.ethz.ch. Eine Selbstnominierung ist ausgeschlossen. Weitere Informationen unter www.dasp.info.

Studieren in Hamburg als Joachim Herz Fellow

Mit dem Beginn des Studienjahrs 2009 - 2010, unterstützt die Joachim Herz Stiftung das von der Bucerius Law School und der WHU – Otto Beisheim School of Management angebotene Masterprogramm, welches nunmehr unter dem Namen „Bucerius/WHU Master of Law and Business - Joachim Herz Program“ angeboten wird. In einer ihrer ersten großen Initiativen sorgt die Joachim Herz Stiftung für eine finanzielle Unterstützung des MLB-Programms, um den bereits erworbenen intensiven internationalen Charakter des Programms weiter zu stärken. Studierende – vor allem jene mit einem nicht-deutschen akademischen sowie wirtschaftswissenschaftlichen Hintergrund – werden ermutigt, ein Joachim

Hochdrucktechnik fördern

An der Universität Erlangen-Nürnberg wurde die Hochdrucktechnik maßgeblich von Prof. Dr. Siegfried Peter geprägt und gefördert, der 20 Jahre als Ordinarius für Technische Chemie wirkte und weit über die Universität hinaus für seine Arbeit auf diesem Gebiet anerkannt war. In Gedenken daran errichtete der Lehrstuhl für Thermische Verfahrenstechnik eine Stiftung, die erstmals im Frühjahr 2010 alle zwei Jahre den Professor-Siegfried-Peter-Preis verleihen wird. Ausgezeichnet werden junge Wissenschaftler, deren Forschungsarbeit (in der Regel eine Dissertation) das Gebiet der Hochdruckverfahrenstechnik erkennbar weiterentwickelt hat. Weitere Informationen bei Prof. Dr. Wolfgang Arlt, Tel 09131 85 27440, wolfgang.arlt@cbi.uni-erlangen.de.

Banken sind viel gefährlicher als Armeen.

Thomas Jefferson (1743 - 1826, dritter Präsident der USA von 1801–1809).

Systemdynamische Interpretation der glykolytischen Oszillationen der Hefe Phänomene, Modelle und Folgerungen

Peter Bützer, St. Gallen/Schweiz

„Der Mensch sucht in die sachliche Wahrheit der Natur einzudringen, aber in ihrem letzten, unfassbaren Hintergrund sieht er wie in einem Spiegel unvermutet sich selbst.“

Carl Friedrich von Weizsäcker (1912 - 2007) Deutscher Erkenntnisphilosoph

Chemische Oszillationen [1] sind bei der gut bekannten und weit verbreiteten Hefegärung gefunden worden. Auch an anderen Orten ist dieses Phänomen aufgetreten. Die rhythmische Glycolyse kann mit einem einfachen Simulations-Modell der Produkthemmung (Inhibition) und einer gleichzeitigen Verminderung der Produktkonzentration sehr gut beschrieben werden. Vergleiche mit Messdaten bestätigen das Modell. Das Auftreten von Oszillationen bei einer Schlüsselreaktion der Lebewesen, macht auf deren Bedeutung aufmerksam. Die große Sensitivität des Stoffflusses zeigt diesen kritischen Parameter auf. Es ist anzunehmen, dass die Voraussetzungen für Oszillationen noch an vielen Orten des Stoffwechsels von Lebewesen gefunden werden.

Rhythmik beim Stoffwechsel

Die circadiane Tagesperiodik ist wohl die bekannteste Rhythmik. Mit Erklärungen weniger beschrieben sind biologische Rhythmen mit wesentlich kürzerer Periodendauer (ultradiane Rhythmen). Hierzu gehören nebst der glykolytischen Oszillation in Hefezellen [1] beispielsweise die Aktivitätsmuster neuronaler Oszillatoren (Synapse), der Herzschlag als elektrochemische Oszillation [2], Sauerstoff-Oszillationen bei *Escherichia coli* [3,4], *Zymomonas mobilis* [5] und die

Prof. Dr. Peter Bützer ist Dozent für Chemie an der Pädagogischen Hochschule St.Gallen/Schweiz. Seine Interessen liegen in den Bereichen Chemie, Molekulare Dynamik, Systemdynamik und Risikomanagement. Daneben wirkte er auch als: Gruppenleiter im Hot-Labor des Paul Scherrer Instituts; Gruppenleiter in der Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen; Delegierter der Schweiz für Radioaktive Abfälle bei der OECD und der IEA; Dozent für Risikomanagement und Sicherheitsökonomik an der Uni St.Gallen; Dozent an der ETH und der Uni St.Gallen bei Nachdiplomstudien; Chef ACSD des zivilen kantonalen Führungsstabes St.Gallen; Experte der Eidg. Kommission für ABC-Schutz.



rhythmische Oszillationen der ATP-Konzentration in der Schirmalge (*Acetabularia*) [6,7]. Alle diese Oszillatoren arbeiten auf Zellebene und basieren letztlich auf einer molekularen Rückkopplung [8]. Die Regulation des Stoffwechsels durch Enzyme spielt hier eine mindestens ebenso wichtige Rolle wie ihre katalytische Aktivität.

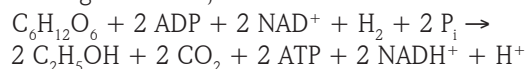
Die im Folgenden diskutierte Glycolyse ist für die Lebewesen so zentral, dass von einer Rhythmik bedeutende, allgemeine Auswirkungen zu erwarten sind.

Oszillationen bei der Glycolyse

Die Glycolyse (griechisch: glykys = süß und lysis = auflösen) ist der erste Teil des Glucose-Abbaus in den Zellen der meisten Lebewesen. In diesem biochemischen Abbauweg wird ein Molekül Glucose in zehn enzymatischen Reaktionen in zwei Pyruvat-Moleküle (Brenztraubensäure-Moleküle) umgewandelt.

Die Hefe (*Saccharomyces cerevisiae*) beschreitet den Glycolyse-Weg mit der Glucose und vergärt anschließend die Brenztraubensäure zu einem Ethanolgehalt von bis zu 23 Prozent. Was Paul Karrer (April 21, 1889-1971) 1937 geschrieben hat [9]: „Die alkoholische Gärung ist einer der interessantesten und volkswirtschaftlich wichtigsten chemischen Prozesse“, gilt noch heute.

Die Netto-Reaktionsgleichung lautet wie folgt (Abbildungen 1 und 2):

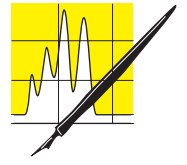


Das Modell, welches die Oszillationen bei der Glycolyse und der Hefegärung gut beschreibt, lässt sich verallgemeinern. Es kann somit erwartet werden, dass Oszillationen noch an verschiedensten Orten des Stoffwechsels bei Lebewesen gefunden werden.

Das Endprodukt der Gärung, der Ethanol, hemmt die Aktivität der Hefe [10] mit einer Endprodukthemmung (Abbildung 3).

Bei höheren Gehalten stirbt die Hefe ab, da Ethanol ein Zellgift ist. Der genaue Grenzwert ist abhängig von der Hefe und liegt zwischen 5 und 23 Prozent.

¹ oscillating reaction: A reaction is said to be oscillating if the concentration of one or more intermediates does not vary monotonically, but passes through maximum and minimum values. IUPAC Compendium of Chemical Terminology, Electronic version, <http://goldbook.iupac.org/O04338.html>, 2007-12-17



AUFSÄTZE

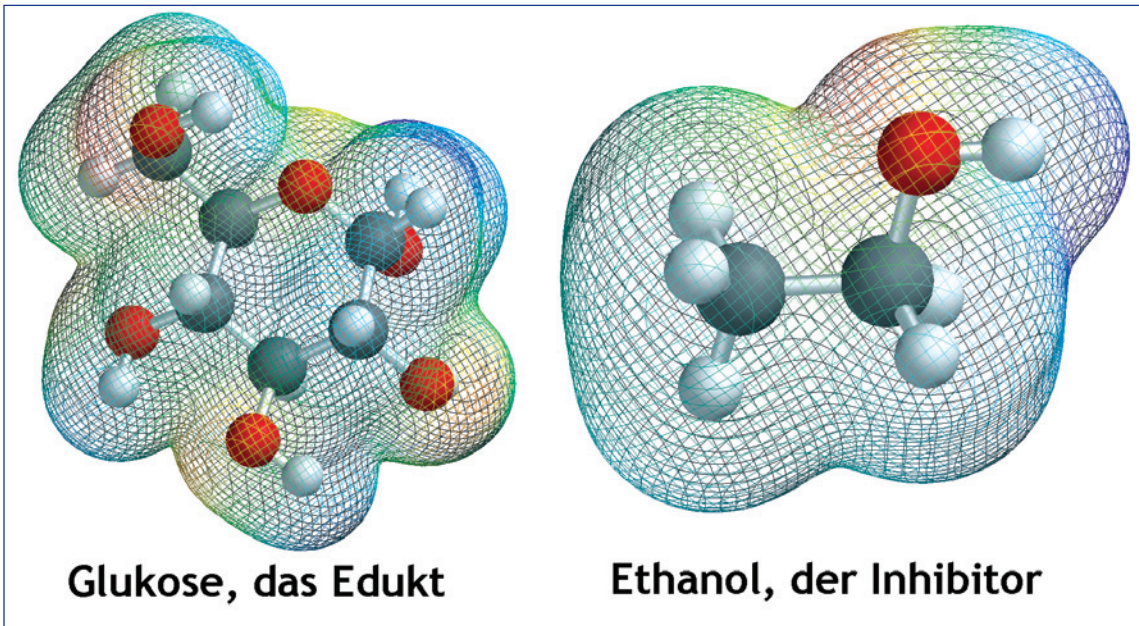


Abbildung 1: Zwei zentrale Substanzen der Reaktion (das Enzymsystem der Hefe fehlt).

Die Entdeckungen

Die Reaktionsgeschwindigkeit hat der sächsische Staatschemiker Wenzel 1777 beim Auflösen von Kupfer- und Zink-Münzen beschrieben [11]. In biologischen Systemen sind periodische Prozesse wichtig, man hat sie jedoch nicht beachtet. 1920 hat Alfred James Lotka schon rhythmische Reaktionen in organischen Systemen gefunden [12]. Erst 1932 wurden bei der Glycolyse, die der zentrale und allgegenwärtige Stoffwechselweg zum Abbau von Kohlenhydraten in allen Organismen ist, oszillierende Schwankungen der Konzentrationen von NAD [13] und NADH von Barth beschrieben [14]: „Die Glycolyse funktioniert also periodisch.“ Seither ist diese Dynamik oft untersucht worden [15], auch wenn die Resultate nicht breit bekannt sind. Eine grundlegende Arbeit von Higgins aus dem Jahre 1964 mit *Saccharomyces cerevisiae* [16] (Backhefe, Gest, Bäckerhefe) beschreibt die grundlegenden Bedingungen, die erfüllt sein müssen, dass eine Oszillation überhaupt auftreten kann – und das mit einer Darstellung (Abbildung 4), die den heutigen systemdynamischen Diagrammen sehr nahe kommt (Abbildung 5).

Für die Simulation musste Higgins einen Mathematiker mit einem elektromechanischen Mark II Analog-Computer [17] einsetzen, heute ist das auf jedem leistungsschwachen PC mit Gratissoftware [18] realisierbar. Eine Variation der Parameter war damals nur mit großem Aufwand möglich. Wie die eigene Nachbildung der Simulation von Higgins zeigt, sind die verlangten Voraussetzungen für Oszillationen bei der Glycolyse hinreichend, aber einige sind nicht notwendig und führen zu negativen Konzentrationen (Abbildung 6).

Das Higgins-Modell ist auch deshalb nicht korrekt, weil es erstens negative Werte und zweitens eine gedämpfte Oszillation liefert (Dokumentation: Gleichungen und Parameter im Anhang).

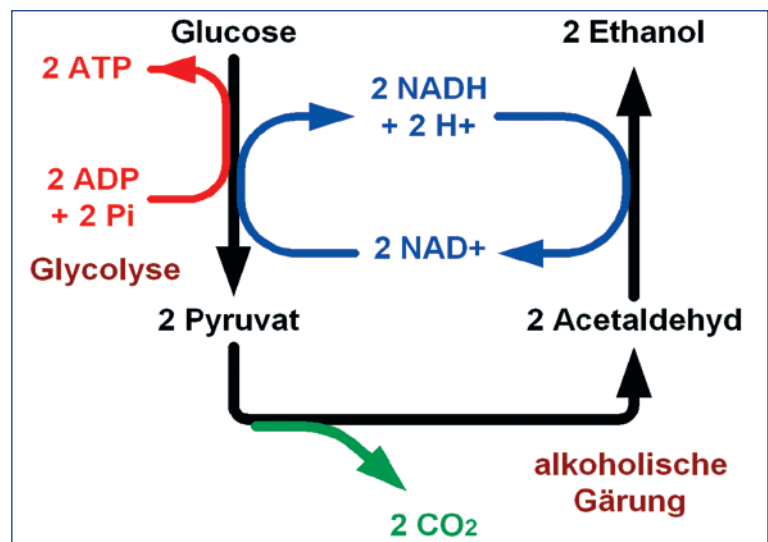
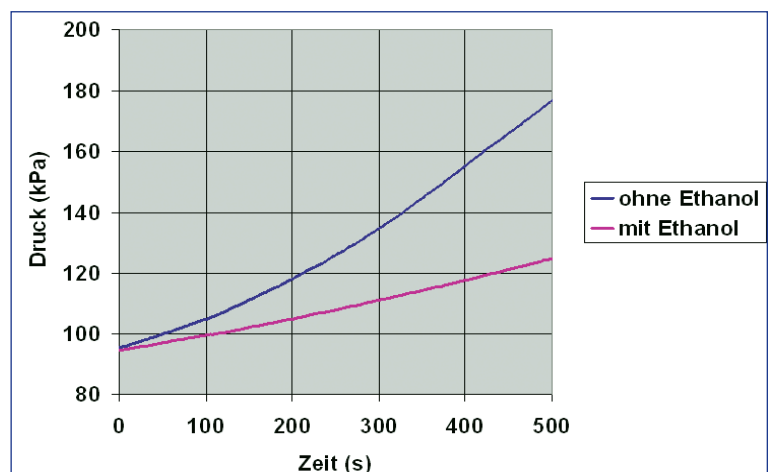


Abbildung 2: Stark vereinfachtes Schema der Glycolyse und der alkoholischen Gärung (bei jeder Reaktion sind Enzyme auch als Regler beteiligt).

Abbildung 3: Hemmung der Kohlendioxid-Produktion durch Ethanol (Experimentelle Details im Anhang).



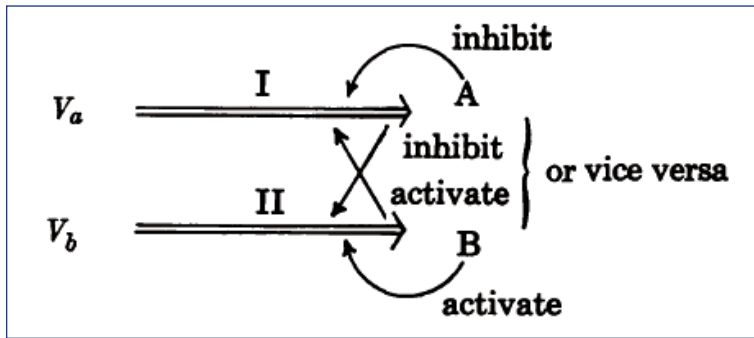
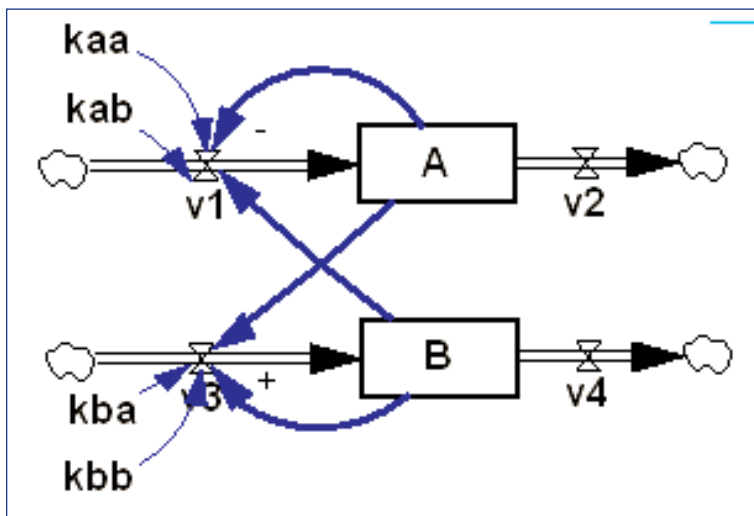


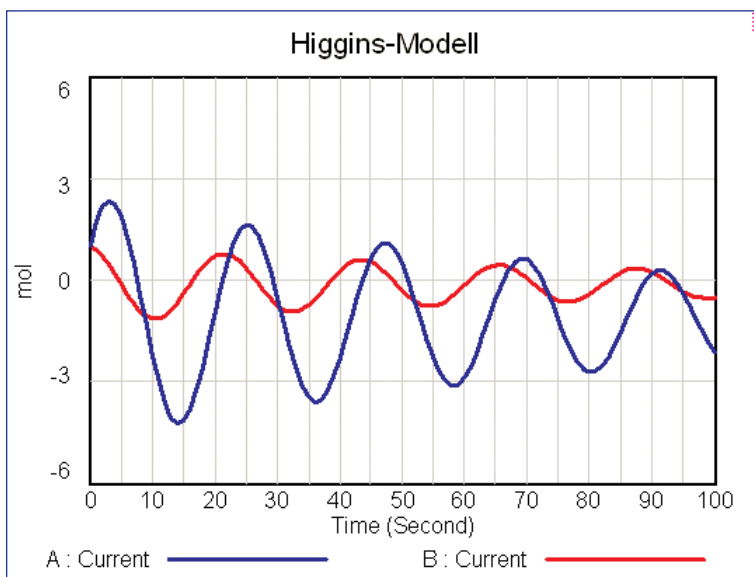
Abbildung 4: Darstellung der oszillierenden Glycolyse: die Zeichnung von Higgins [16].

Abbildung 5: Die systemdynamische Umsetzung der oszillierenden Glycolyse.



Hess und Brand [19] reduzierten die Anzahl der Bedingungen, denn es ist schon mit wesentlich einfacheren Systemen möglich, rhythmische chemische Reaktionen zu beschreiben [20,21,22]. Als Konsequenz von chemischen Reaktionen ist die Oszillationsfrequenz selbstverständlich temperaturabhängig [23]. Daraus lässt sich eine erstaunlich hohe Aktivierungsenergie für die Hefe von 85 kJ/mol berechnen [24].

Abbildung 6: Simulation mit dem Modell nach Higgins.



Wenn nun jede Hefezelle mit ihrem eigenen Rhythmus oszillieren würde, dann wären solche Veränderungen von einem starken Rauschen überlagert. Daher nimmt man an, dass eine Substanz, zum Beispiel der Acetaldehyd, für die beobachtete Synchronisation der Zellen sorgt [25].

Simulation (Typ 6) [26]

Das System bei der Hefegärung besteht aus dem Edukt Glucose, dem Enzymsystem der Hefe und dem Produkt Ethanol, die Glycolyse ist dabei ein Teilprozess. Wachstum und Absterben der Hefe sind weitere Stoffflüsse (Abbildungen 7 und 8). Die Hemmung der Gärungsgeschwindigkeit durch Ethanol, ist eine negative Rückkopplung, die Dissoziation des Ethanols vom Enzym ein weiterer zu berücksichtigender Prozess. Bei der Hefegärung konnten keine anderen spezifischen Substanzen identifiziert werden, welche für die Oszillationen verantwortlich sind [27].

Die notwendigen Reaktionsgeschwindigkeits-Konstanten oder deren abgeschätzte Halbwertszeiten für die Simulation können durch Messung bestimmt, oder der Literatur entnommen werden (Simulationssoftware: Vensim [28]).

Für die Oszillationen sind nur wenige, chemisch sinnvolle Modelle möglich. So lässt sich beispielsweise ein Modell, aufbauend auf der bekannten Lotka-Volterra-Gleichung [29], sich nicht aufbauen und simulieren.

Modell-Parameter

- Glucose: 100 000 [μmol]
- Hefe aktiv: 1 [μmol]
- Hefe inaktiv: 0.1 [μmol]
- Ethanol: 0 [μmol]
- Gärungsgeschwindigkeit: $kg \approx 1e-6$ [1/(Minute $\cdot \mu\text{mol}$)] (Messung)
- Inhibitionskonstante: $ki \approx 0.11$ [1/(($\mu\text{mol} \cdot \text{Minute}$))]
- Dissoziationskonstante: $kd \approx ki/K$ [1/Minute]
- Gleichgewichtskonstante: $K > 0$ [1/ μmol](die Assoziation ist grösser als die Dissoziation)
- Wachstumskonstante [30]: $kw \approx 0.0077$ [1/Minute]
- Absterbekonstante [31]: $ks \approx 0.0019$ [1/Minute]
- Eliminationskonstante: ke : variabler Abfluss [$\mu\text{mol}/\text{Minute}$]

Eine detaillierte Übersicht über die in der Simulation verwendeten Gleichungen findet sich im Anhang.

Oszillationen wurden auch bei den Sauerstoffkonzentrationen von Hefekulturen gemessen. In der Annahme, dass sich diese gleich verhalten, wie die Ethanolkonzentrationen, wurde ein Vergleich von Messdaten und Simulation gemacht und einige Parameter adaptiert.

Der Vergleich zeigt, dass sich mit diesem Modell die Messungen [32] mit realistischen Parametern simulieren lassen (Abbildung 9).

Bei *Saccharomyces cerevisiae* finden sich auch noch Rhythmen von NADH (siehe Nettogleichung) mit ei-

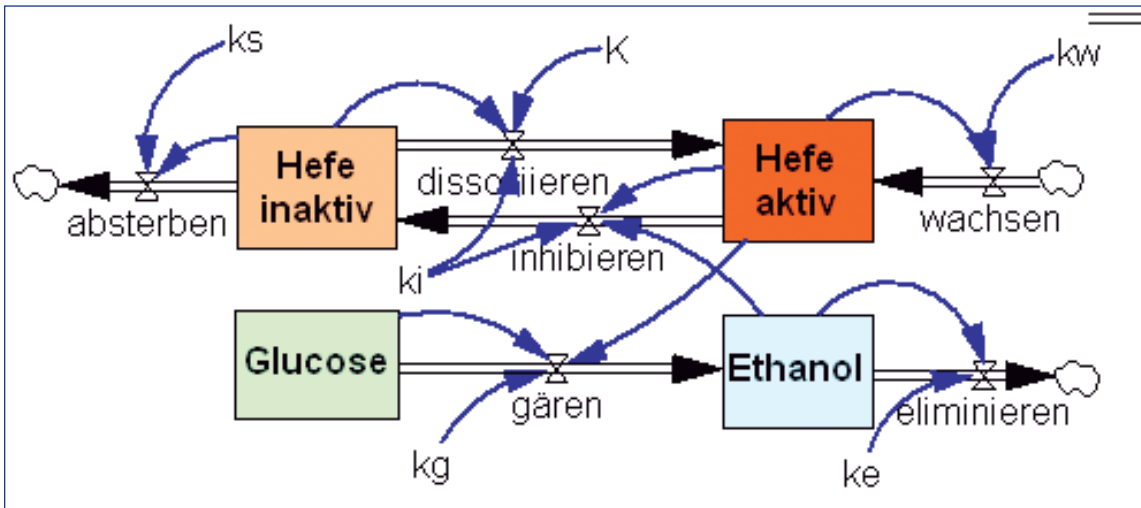


Abbildung 7: Simulationsdiagramm der Gärung mit Wachstum und Absterben der Hefe und kontinuierlichem Ethanol-Abfluss.

ner grösseren Frequenz, als die hier beschriebenen [33,34]. Ob diese Frequenzen ein Mehrfaches der Sauerstoff und Ethanolfrequenzen sind, lässt sich mit den vorhandenen Daten nicht entscheiden.

Überall dort, wo Enzyme ein Edukt in ein Produkt umwandeln, welches seinerseits wieder abtransportiert wird, können Oszillationen auftreten. Diese Situation ist bei sehr vielen enzymatischen Reaktionen

Folgerungen

- Die Simulation beschreibt das beobachtete Phänomen korrekt, dass Oszillationen bei der Hefe nur bei kontinuierlichen Prozessen zu beobachten sind [35,36].
- Die Gleichgewichtskonstante der Bindung und Dissoziation von Ethanol an die Hefe muss für eine kleine Dämpfung relativ groß sein ($K \approx 700$).
- Eine Temperaturerhöhung führt über die Erhöhung der Reaktionsgeschwindigkeits-Konstanten zu einer größeren Oszillationsfrequenz.
- Die Verdünnungsrate, das heisst der Ethanolabfluss, zeigt bei diesem Modell den Einfluss auf die Oszillationsfrequenz nicht, wie das beobachtet wurde [37,38].
- Oszillationen sind in technischen Produktionsprozessen mit „continuously-stirred tank reactors (CSTRs)“ bekannt [39].
- Ob die Oszillationen gar auf Oszillator-Genen basieren, die man seit 1976 kennt [40], kann mit den vorliegenden Daten nicht ausgeschlossen werden.

Die Simulation ist sehr empfindlich auf die Werte der Parameter. Daraus muss der Schluss gezogen werden, dass eine generelle, nur qualitative Analyse dieses Systems der oszillierenden Glycolyse nicht möglich ist.

Das ist ein weiteres Beispiel dafür, dass selbst bei kleinen Systemen mit qualitativem Systemdenken, dem vernetzten Denken, kaum mehr als triviale Aussagen gemacht werden können.

Verallgemeinerung

Das Modell der Hefe kann leicht verallgemeinert werden und kann im Stoffwechsel als Teilsystem wichtige Aussagen und Vorhersagen machen.

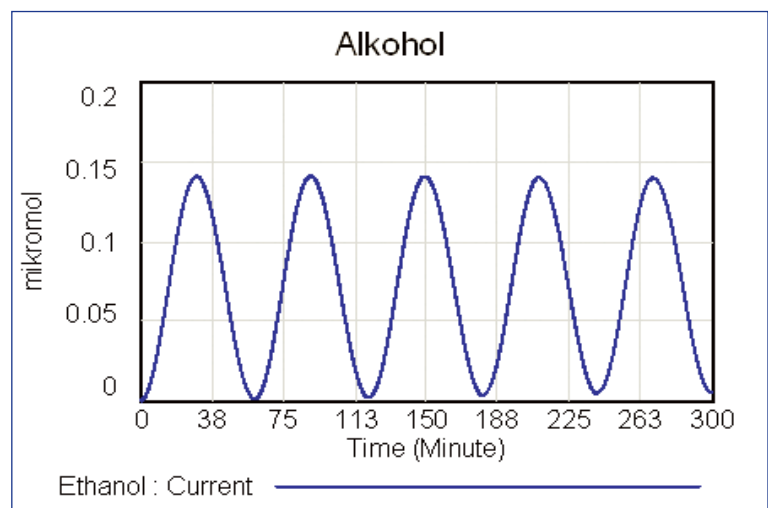
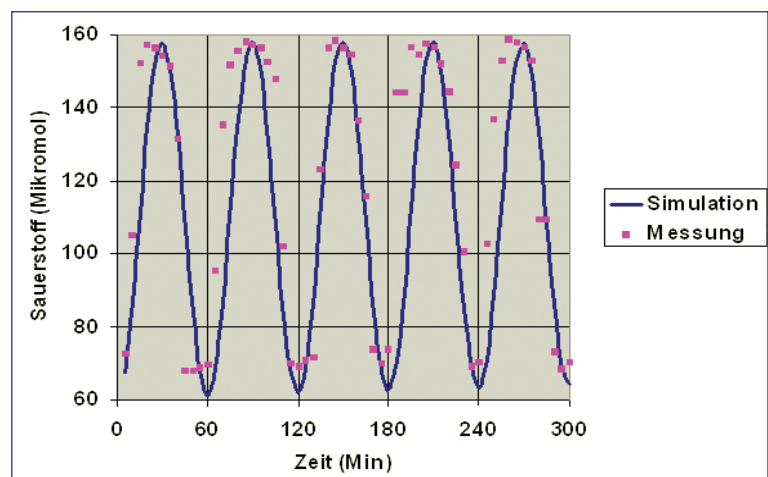


Abbildung 8: Zeitdiagramm der Ethanolmenge mit kontinuierlichem Ethanolabfluss, eine Oszillation.

Abbildung 9: Vergleich von Simulation und Messung.



in biochemischen Kreisläufen der Fall [41,42], selbst bei Membranen [43] (Abbildung 10).

Die Reaktionsgeschwindigkeitskonstanten für die Produktion (k_p) und den Abbau (k_a) des Enzyms sind dabei nicht entscheidend. Die Inhibition des Enzyms durch das Produkt (k_i) und die Gleichgewichtskonstante (K) dürfen in weiten Bereichen variieren, ohne dass die Oszillationen verloren gehen. Ganz anders ist die Situation bei den Konstanten der Umwandlung der Edukte in Produkte (k_u) und der Elimination der Produkte (k_e), diese führen nur in ganz engen Grenzen zu Oszillationen. Ein Stofffluss ist somit für das Auftreten von Oszillationen zwingend erforderlich. Für makroskopisch beobachtbare Oszillationen ist zudem eine Synchronisation der vielen Einzelprozesse notwendig. Die molekulare Kinetik bei Oszillationen im Detail zu verstehen, ist auch bei einfachsten Reaktionen nicht trivial [44], bei großen Systemen sind bei den Modellen wesentliche Vereinfachungen notwendig.

Selbst Osmose kann bei einem Stofffluss auch zu Oszillationen führen [45], dazu sind, entgegen den meisten Definitionen keine semipermeablen Membranen notwendig [46]. Welchen Anteil diese osmotischen Prozesse hier haben, lässt sich mit den vorliegenden Messdaten nicht beurteilen.

Folgerung: Die Modell-Simulationen machen deutlich, dass jede chemische oder biochemische Oszillation mindestens folgende drei Parameter enthalten muss: 1. Antrieb (energy), 2. Verstärkung (activation) und 3. Hemmung (inhibition).

Es ist zu erwarten, dass im Metabolismus von Lebewesen noch viele oszillierende Reaktionen gefunden werden.

CLB

„Die Menschen hatten immer ein Bedürfnis nach Erklärungen für Naturprozesse.“

Gaarder Jostein, Sofies Welt [47]

Anhang

Experiment: Einfluss von Ethanol auf die Gärungsgeschwindigkeit von Hefe

Variante 1: 5g Trockenhefe + 10g Glucose + 200ml H₂O + 20ml H₂O (bei 35°C in 250 ml Erlenmeyer auf Magnetrührer mit Drucksonde).

Variante 2: 5g Trockenhefe + 10g Glucose + 200ml H₂O + 20ml Ethanol 95%ig (bei 35°C in 250 ml Erlenmeyer auf Magnetrührer mit Drucksonde).

Modell-Gleichungen und Parameter für das Modell von Higgins

- (01) A = INTEG (v1-v2, 1); Units: mol [0,?]
- (02) B = INTEG (+v3-v4, 1); Units: mol [0,?]
- (03) FINAL TIME = 100; Units: Second
The final time for the simulation.
- (04) INITIAL TIME = 0; Units: Second
The initial time for the simulation.
- (05) kaa = 0.2; Units: 1/Second [0,?]
- (06) kab = 1; Units: 1/Second [0,?]
- (07) kba = 0.1; Units: 1/Second [0,?]
- (08) kbb = 0.1; Units: 1/Second [0,?]
- (09) SAVEPER = TIME STEP; Units: Second [0,?]
The frequency with which output is stored.
- (10) TIME STEP = 1; Units: Second [0,?]
The time step for the simulation.
- (11) v1 = kab*B-kaa*A; Units: mol/Second [0,?]
Zufluss
- (12) v2 = 0.1; Units: mol/Second [0,?]
Abfluss
- (13) v3 = kbb*B-kba*A; Units: mol/Second [0,?]
Zufluss
- (14) v4 = 0.1; Units: mol/Second [0,?]
Abfluss

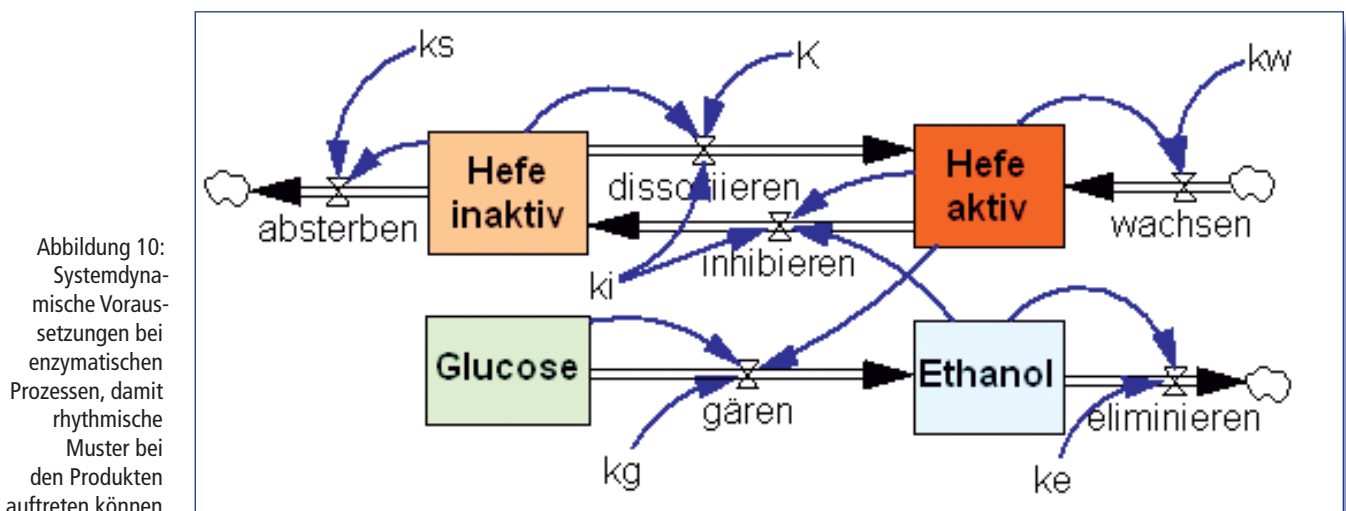


Abbildung 10: Systemdynamische Voraussetzungen bei enzymatischen Prozessen, damit rhythmische Muster bei den Produkten auftreten können.

Modell-Gleichungen und Parameter für die Hefe

(01) absterben = $k_s \cdot \text{Hefe inaktiv}$; Units: mikromol/Minute [0,?]

(02) dissoziieren = $k_i/K \cdot \text{Hefe inaktiv}$; Units: mikromol/Minute [0,?]

Der Enzym-Ethanol-Komplex wird aufgelöst, das Enzym wird wieder aktiv.

(03) eliminieren = IF THEN ELSE(Ethanol $\leq 1e-005$, 0, k_e); Units: mikromol/Minute [0,?]

Kontinuierliche Elimination von Ethanol

(04) Ethanol = INTEG (+gären-eliminieren, 0); Units: mikromol [0,?]

Gebildetes Ethanol im Reaktor

(05) FINAL TIME = 300; Units: Minute

The final time for the simulation.

(06) gären = $k_g \cdot \text{Hefe aktiv} \cdot \text{Glucose}$; Units: mikromol/Minute [0,?]

(07) Glucose = INTEG (-gären, 100000); Units: mikromol [0,?]

Rohstoff Glucose für die Reaktion (ist im Überschuss)

(08) Hefe aktiv = INTEG (dissoziieren+wachsen-inhibieren, 1); Units: mikromol [0,?]

Hefeenzyme, die Glucose abbauen können (sind aktiv)

(09) Hefe inaktiv = INTEG (IF THEN ELSE(Hefe inaktiv ≤ 0 , 0, +inhibieren-absterben-dissoziieren), 0.2); Units: mikromol [0,?]

Hefeenzyme, die durch Ethanol inhibiert (blockiert) sind.

(10) inhibieren = $k_i \cdot \text{Ethanol} \cdot \text{Hefe aktiv}$; Units: mikromol/Minute [0,?]

Reaktionsgeschwindigkeit der Bindung von Enzym mit Ethanol (Inhibition)

(11) INITIAL TIME = 0; Units: Minute

The initial time for the simulation.

(12) $K = 700$; Units: 1/mikromol [0.01,1000]

Gleichgewichtskonstante $K = k_i/k_d$; Gleichgewicht zwischen Assoziation (Inhibierung) und Dissoziation (Freisetzung).

(13) $k_e = 0.1$; Units: mikromol/Minute [0,0.1]

Reaktionsgeschwindigkeitskonstante = Kontinuierliche Elimination

(14) $k_g = 1e-006$; Units: 1/(Minute*mikromol) [1e-007,1e-005]

Reaktionsgeschwindigkeitskonstante der Gärung. Diese Konstante nimmt mit zunehmender Temperatur zu.

(15) $k_i = 0.11$; Units: 1/(mikromol*Minute) [0,1]

Reaktionsgeschwindigkeitskonstante der Inhibition (Bindung von Ethanol an das Enzym) Konstante nach Gause. Diese Konstante nimmt mit zunehmender Temperatur zu.

(16) $k_s = 0.0019$; Units: 1/Minute [0,0.004]

Reaktionsgeschwindigkeit des Absterbens, ca. 6 Stunden HWZ $\rightarrow k = \ln(2)/(6 \cdot 60) = 0.0019$, Wert nach Kraus. Diese Konstante nimmt mit zunehmender Temperatur zu.

(17) $k_w = 0.0077$; Units: 1/Minute [0,0.02]

Reaktionsgeschwindigkeitskonstante des Wachstums: Verdoppelungszeit ca. 90 Minuten $\rightarrow k = \ln(2)/90 =$

0.0077; Wert nach Jentsch. Diese Konstante nimmt mit zunehmender Temperatur zu.

(18) SAVEPER = 5; Units: Minute [0,?]

The frequency with which output is stored.

(19) TIME STEP = 0.01; Units: Minute [0,?]

The time step for the simulation.

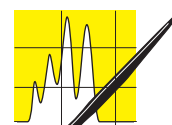
(20) wachsen = $k_w \cdot \text{Hefe aktiv}$; Units: mikromol/Minute [0,?]

Vermehrung der Hefe = wachsen

Der Autor bietet an, das Simulations-File per e-Mail zuzustellen. Das Simulations-Programm Vensim kann kostenlos verwendet werden, solange es nicht kommerziell eingesetzt wird.


Literatur

- [1] Drong Karin, Glykolytische Oszillationen bei Hefezelltrakten, vwb-Verlag, Berlin, 1992.
- [2] Fechner G.T., Ueber Umkehrungen der Polarität in einer einfachen Kette, 1928,, Schweigg. J., 53, S. 129, Fechner publizierte die Beobachtung einer oszillierenden elektrochemischen Zelle. Zitiert in: Ducci Matthias, Periodische und chaotische Oszillationserscheinungen an Metallelektroden und elektrochemische Modellexperimente zur Erregungsleitung am Nerven, 2000, Dissertation Universität Oldenburg.
- [3] Sikyta B., Slazak J., A periodic phenomenon in regulation of pyruvate biosynthesis in Escherichia Coli B., Biochim Biophys Acta., 1965, Apr 12;100: p.311-313.
- [4] Kayser Anke N., Stoffflüsse in Escherichia coli TG1 unter aeroben glucoselimitierten Bedingungen, Dissertation der Technischen Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig, 1999.
- [5] Jöbjes I. M. L., Egberts G. T. C., Luyben K. C. A. M., Roels J. A., Fermentation kinetics of Zymomonas mobilis at high ethanol concentrations: Oscillations in continuous cultures, Biotechnology and Bioengineering, 1986, June, Volume 28, Issue 6, p. 868 – 877.
- [6] Terborgh John, McLeod Guy C., The Photosynthetic Rhythm of Acetabularia crenulata. I. Continuous Measurements of Oxygen Exchange in Alternating Light-Dark Regimes and in Constant Light of Different Intensities, Biological Bulletin, 1967, Vol. 133, No. 3, Dec., p. 659-669.
- [7] von Klitzing L., Oszillatorische Regulationserscheinungen in der einzelligen Grünalge Acetabularia, Protoplasma, 1969, Volume 68, Number 3, September, S. 341-350 (entsprechen Perioden zwischen 2 und 360 Minuten).
- [8] Karapiperis Theo, Cellular Automation Models of Reaction-Transport Processes, in: Modelling in Aquatic Chemistry, NEA/OECD, 1997, p.500, 513
- [9] Karrer P., Lehrbuch der organischen Chemie, Georg Thieme Verlag, Leipzig, 1937, S. 88
- [10] Gause Georgyi Frantsevitch, The Struggle for Existence, Mineola, NY, 1934, Dover Publications, capter IV, On the Mechanism of Competition in Yeast Cells, S. 62-77, Fig.12.
- [11] Wenzel K. F., Lehr von der Verwandtschaft der Körper, Dresden, 1777.
- [12] Lotka Alfred James, Analytical Note on Certain Rhythmic



AUFsätze

- Reactions in Organic Systems, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, Vol. 6, No. 7, Jul. 15, 1920, p.410-415.
- [13] Nicotinsäureamid-Adenin-Dinucleotid
- [14] Barth J.A., Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina, Leipzig, 1932, S. 199-201
- [15] Bronnikova T. V., Schaffer W. M., Biological Oscillators: Glycolysis, <http://bill.srn.arizona.edu/classes/496yGLYCOL-HTML>, 2008-02-17.
- [16] Higgins Joseph, A Chemical Mechanism for Oscillation of Glycolytic Intermediates in Yeast Cells, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 1964, Vol. 51, No. 6, Jun. 15, p. 989-994.
- [17] Flamm Kenneth, Creating the Computer: Government, Industry, and High Technology, Brookings Institution Press, 1988, p.59.
- [18] Hupfeld Walter, Dynasys, <http://www.hupfeld-software.de/dynasys.php>, 2007-10-01
- [19] Benno Hess, Karl Brand, Kontrollmechanismen der Glycolyse, Helgoland Marine Research, 1966, Dezember, Volume 14, Numbers 1-4, S. 129-147.
- [20] Bützer Peter, Roth Markus, Die Zeit im Griff, Systemdynamik in Chemie und Biochemie, verlag pestalozzianum, 2006, S. 69-74.
- [21] Marhl M., Perc M., Schuster S., A minimal model for decoding of time-limited Ca²⁺ oscillations, Biophys. Chem. 120 (2006), p. 161-167.
- [22] Bützer Peter, Roth Markus, Rhythmen in Chemie und Biochemie, Berichte der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft, 2008, Band 91, S.329-340
- [23] Beuse M., Bartling R., Kopmann A., Diekmann H., Thoma M., Effect of the dilution rate on the mode of oscillation in continuous cultures of *Saccharomyces cerevisiae*, Journal of Biotechnology, 1998, Volume 61, Issue 1, 26 March, p. 15-31.
- [24] Mair Thomas, Warnke Christian, Tsuji Kinko, Müller Stefan C., Control of Glycolytic Oscillations by Temperature, Biophysical Journal, Vol. 88, Jan., 2008, p.640.
- [25] Richard Peter, Bakker Barbara M., Teusink Bas, Van Dam Karel, Westerhoff Hans V., Acetaldehyde Mediates the Synchronization of Sustained Glycolytic Oscillations in Populations of Yeast Cells, European Journal of Biochemistry, 1996, 235 (1-2), p. 238-241.
- [26] Bützer Peter, Roth Markus, Die Zeit im Griff, Systemdynamik in Chemie und Biochemie, verlag pestalozzianum, Zürich 2006, S. 69.
- [27] Murray Douglas B., Beckmann Manfred, Kitano Hiroaki, Regulation of yeast oscillatory dynamics, PNAS, 2007, February 13, vol. 104, no. 7, p. 2241-2246.
- [28] Vensim @ PLE, Simulationssoftware, Ventana Systems Inc., 60 Jacob Gates Road, Harvard, MA 01451, <http://www.vensim.com/download.html>, 2007-12-12.
- [29] Lotka, A. J., The frequency distribution of scientific productivity. - Journal of the Washington Academy of Sciences, 16, 1926, p. 317-323.
- [30] Jentsch Stefan, Abbau für den Auf- und Umbau, <http://www.uni-heidelberg.de/uni/presse/rc7/3.html>, 2007-10-29.
- [31] Kraus Saskia, Funktionsverlust der Ionenpumpe Pmr1 induziert programmierten Zelltod in *Saccharomyces cerevisiae*, Institut für Biochemie der Universität Stuttgart, Dissertation, 2007, S. 25-31.
- [32] Murray Douglas B., Roller Sibel, Kuriyama Hiroshi, Lloyd David, Clock Control of Ultradian Respiratory Oscillation Found during Yeast Continuous Culture, Fig.1, <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=95575>, 2008-01-08.
- [33] Reijenga Karin A., Snoep Jacky L., Diderich Jasper A., van Verseveld Henk W., Westerhoff Hans V., Teusink Bas, Control of glycolytic dynamics by hexose transport in *Saccharomyces cerevisiae*, Biophys J. 2001 February; 80(2), p. 628.
- [34] Mair Thomas, Warnke Christian, Tsuji Kinko, Müller Stefan C., Control of Glycolytic Oscillations by Temperature, Biophysical Journal, Vol. 88, Jan., 2008, p.639-646.
- [35] Satroudinov Aidar D., Kuriyama Hiroshi, Kobayashi Harumi, Oscillatory metabolism of *Saccharomyces cerevisiae* in continuous culture, FEMS Microbiology Letters, 1992, 98 (1-3), p. 261-267.
- [36] Keulers Marc, Suzuki Takao, Satroudinov Aidar D., Kuriyama Hiroshi, Autonomous metabolic oscillation in continuous culture of *Saccharomyces cerevisiae* grown on ethanol, FEMS Microbiology Letters, 1996, 142 (2-3), p. 253-258.
- [37] Beuse M., Bartling R., Kopmann A., Diekmann H., Thoma M., Effect of the dilution rate on the mode of oscillation in continuous cultures of *Saccharomyces cerevisiae*, Journal of Biotechnology, 1998, Volume 61, Issue 1, 26 March, p. 15-31.
- [38] Murray Douglas B., Roller Sibel, Kuriyama Hiroshi, Lloyd David, Clock Control of Ultradian Respiratory Oscillation Found during Yeast Continuous Culture, J Bacteriol., 2001, December; 183(24) p. 7253-7259.
- [39] Earley Joseph E., Modes of Chemical Becoming, International Journal for Philosophy of Chemistry, Vol. 4 (1998), No. 2, p. 105-115.
- [39] Feldman, J.F., Hoyle, M.N. (1976). Complementation analysis of linked circadian clock mutants of *Neurospora crassa*. Genetics 82, p. 9-17.
- [41] Chiwaka Kimura, Masahiro Oike, Yushi Ito, Acute Glucose Overload Abolishes Ca²⁺ Oscillation in Cultured Endothelial Cells From Bovine Aorta, Circulation Research. 1998; 82: 677-685.
- [42] Clauss H., Auslösung der circadianen Photosynthese-Rhythmik bei *Acetabularia* durch Blaulicht, Protoplasma, 1979, Volume 99, Number 4, Dezember, S. 341-346.
- [43] Yoshikawa K, Matsubara Y., Spontaneous oscillation of electrical potential across organic liquid membranes, Biophys. Chem., 1983, Apr; 17(3): p.183-5.
- [44] Bützer Peter, Streifenförmige Ablagerungen des Reaktionsprodukts bei einer Gasphasenreaktion, chimia, 1991, 45, S. 269.
- [45] Bützer P., Roth M., Rhythmen in Chemie und Biochemie, Berichte der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft, Band 91, 2008, S.329-340
- [46] van t Hoff Jacobus H., Osmotic Pressure and Chemical Equilibrium, The Nobel Prize in Chemistry 1901, Nobel Lecture, December 13, 1901, http://nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1901/hoff-lecture.html, 2008-03-14
- [47] Gaarder J., Sofies Welt, Carl Hanser Verlag, München/Wien, 1993, S. 36



Das Online-Magazin
für Labor und Analytik

Kontakt Abos Werbung Service Referenzen Profil Shop FAQ AGB Impressum
DE EN

Das Online-Magazin für Labor und Analytik

Suche:

Sitemap Profisuche

Aktuelles und Neues

- ANALYTIK NewsFlash
- Produktneuheiten
- Labor Fachartikel
- Labor Nachrichten
- Labor Stellenmarkt
- Labor Veranstaltungen
- Diskussionsforum
- Biete/Suche
- Webseite des Monats


Messespecials

- LAB-SUPPLY
- SEP-SUPPLY

Analytik Weblinks

- Laborbranchenbuch
- Analysentechniken
- Qualitätssicherung
- Arbeitssicherheit
- Fachliteratur
- Laborsoftware
- Sonstiges

Ihr Ansprechpartner



Dr. Torsten Beyer

Labor Partnerseiten


- LabFirms.de
- LabCrawler.com
- LaborShop.de
- Chemiker.info
- Chemie-Datenbanken

Aufgenommen in die
Qualitätsmaschinen
Erfolgreich-suchen.de
2009

++ ANALYTIK NEWS Aktuell ++ [Produkte](#) [Fachartikel](#) [Nachrichten](#) [Stellenmarkt](#) [Veranstaltungen](#) [Links](#)

Das Online-Labormagazin ANALYTIK NEWS ist ein Angebot der Dr. Beyer Internet-Beratung und bietet bereits seit 1998 tagesaktuelle, unabhängige, redaktionell geprüfte Informationen aus den Bereichen Labor und Analytik.

In unseren wöchentlichen und monatlichen Email-Newslettern informieren wir mehr als 30.000 Anwender im deutschsprachigen Raum über Produktneuheiten, Nachrichten, Fachartikel, Veranstaltungen, Stellenangebote und vieles mehr.



ANALYTIK NewsFlash Extra [Archiv](#) [ANALYTIK NewsFlash abonnieren](#) [Inserieren](#)

Monatlicher Newsletter mit Meldungen, Fachartikeln, Produktneuheiten, Veranstaltungen, Linktips u.v.m.

- **Produktneuheiten:** BERGHOF Products + Instruments, Deutsche METROHM, JULABO, Keyence Deutschland, LAUDA, Pfeiffer Vacuum, Sartorius, Klaus Ziemer
- **Fachbeiträge:**
 - Einsichten eines Laborberaters (7): Teilnahme an Ringversuchen - Warum und wenn ja, wie oft?
 - GPC/SEC mit Dreifachdetektion (28): Differentielle und Kumulative Molekulargewichtsverteilungen
 - Exakte Temperierung bei der Bestimmung von Dampfdruckkurven
 - Chemische Analytik und Bildgebung mit gepulster Terahertz-Strahlung
 - Präzisionsmessungen für Liquid-Handling-Geräte im Prüflabor
 - Eine neue dünnstschichtchromatographische Methode zur Bestimmung von Melamin und Cyanursäure in Milch
 - Präparative Chromatographie
 - Tomatensauce minutenschnell geprüft: Erfolgreicher Einsatz des Feuchtebestimmers LMA200 in China
- **Veranstaltungen:** CEM, FORUM Institut für Management, Vialis
- **Webseite des Monats:** Köttermann GmbH & Co KG


-> ANALYTIK NewsFlash Extra lesen

Labor Produktneuheiten [alle](#) [ANALYTIK NewsFlash abonnieren](#) [RSS-Feed](#) [Laborprodukt inserieren](#)


Aktuelle Neuheiten aus Labor, Analytik und Messtechnik inklusive Laborsoftware und Qualitätskontrolle

- **Neues Destillationssystem für die Kjeldahl-Analyse**
Die neue Kjeltec™ 8000 Serie von FOSS ist da - innovative Systemlösungen für die Kjeldahl-Analyse. Die Kjeltec™ 8000 Serie mit dem vollautomatischen Kjeltec 8400 und den kleineren 8100 und 8200 Desti...
- **Milli-Q® Reference - eine Reinstwasseranlage für zahlreiche Anwendungen**
Das neue Milli-Q® Reference Reinstwassersystem ist äußerst flexibel und kann individuell auf die jeweilige Anwendung angepasst werden. Im ersten Aufbereitungsschritt wird Ionenaustausch mit UV Photoo...


-> alle Produktneuheiten -> Chromatographie -> Spektroskopie -> Probenvorbereitung




Titration




Ionenchromatographie



Elektroanalytik



ProcessLab



© 2000-2009 Dr. Beyer Internet-Beratung Kontakt Link vorschlagen Abos Werbung AGB Impressum

Was Sie bei uns finden

- E-Mail-Newsletter und RSS-Feeds
- Produktneuheiten
- Nachrichten und Fachbeiträge
- Stellenmarkt
- Veranstaltungskalender
- Laborbranchenbuch „LabFirms“
- Diskussionsforum und „Biete/Suche“
- Linksammlung und Suchmaschine

Inhalte, Nutzen und Mythen der Wegwarte

Wolfgang Hasenpusch, Universität Siegen

Sie zielt in den Sommermonaten bis in den Oktober hinein die Straßen- und Wegesränder. Das zarte Blau ist in ihrer Mannigfaltigkeit nicht zu übersehen. Die Wegwarte oder auch Zichorie begeisterte seit jeher die Menschen mit ihren Blüten, ihrer Wuchsform und ihren medizinisch verwendbaren Inhaltsstoffen. Mit ihren kräftigen Wurzeln hat sie in Kriegszeiten den Bohnenkaffee ersetzt. Für das Jahr 2009 wurde sie zur „Blume des Jahres“ gewählt. Wir wollen uns das Besondere an der mythenreichen Heilpflanze, an den Blüten und an einigen Inhaltsstoffen näher anschauen.

Die „Gemeine Wegwarte“

Die Gewöhnliche oder Gemeine Wegwarte, *Cichorium intybus*, ist eine verbreitete Pflanzenart aus der Gattung der Wegwarten (*Cichorium*) und Familie der Korbblütler (*Asteraceae*).

Die krautige Pflanze kann Höhen bis zu 150 cm erreichen. Aber schon bei fünf Zentimeter hohen Ablegern sind Blüten zu sehen.

Sie sind vorwiegend an Straßen- und Wegesrändern (Abbildungen 1 und 2) zu finden, besiedeln in ganz Mitteleuropa aber auch Wildwiesen und Halden. Wegwarten sind bis zu einer Höhe von 1500 m über dem Meeresspiegel zu finden.

Durch die weite Verbreitung der Wegwarte hat sie in örtlicher Abgrenzung verschiedene Namen erhalten, die nachstehend nur beispielhaft wiedergegeben werden können: Arme-Sünder-Blume, Blaue Distel, Wilder Endfi, Hansl am Weg, Hartmann, Hasenmilch, Rauher

Der Autor

Prof. Dr. Wolfgang Hasenpusch, beschäftigt in der Chemischen Industrie als Referent für Sicherheit und Umwelt, hält darüber hinaus eine Honorar-Professur an der Universität Siegen in Industrieller Anorganischer Chemie mit den Schwerpunkten Innovationsmanagement, Recycling und Bionik. Das weite Spektrum an bearbeiteten Themen resultiert aus der vielfachen Dozenten-Tätigkeit am Deutschen Institut für Betriebswirtschaft, den Schulen der Berufsgenossenschaft Chemie sowie Universitäten.



Heinrich, Hindeg, Hundsläufte, Kaffeekraut, Sonnenbraut, Sonnenwirbel, Struwelpeter, Verzauberte Jungfrau, Wasserwart, Wegleuchte, Wegluge, Wegweiser, Wilde Endivie, Zichori, Zigeunerblume, Zigori.

Aus der Vielzahl der Wildkräuter hebt sich die Wegwarte durch ihre wunderschönen zartblauen Blüten hervor (Abbildungen 3 und 4). Sie sind kurzgestielt an den Halmen verteilt und entfalten sich am stärksten in den Vormittagsstunden. Schon gegen Nachmittag schließen sich die Blütenblätter und lassen sich von den grünen Kelchblättern einhüllen. Dann sind diese Pflanzen kaum noch von ihrer Umgebung zu unterscheiden.

Die Blütenköpfe bestehen nur aus hellblauen, seltener auch rein weißen Zungenblüten. Ihr Durchmesser variiert von etwa drei bis fünf Zentimeter.

Bestäubt werden sie von Insekten und Bienen. Sie blühen zwischen Juni und Oktober. Schon am Nachmittag schließen sich ihre Blütenköpfe wieder, in Abhängigkeit von der Sonneneinstrahlung. Der sonnige Vormittag scheint ihnen zu reichen, während sich das Blütenschließen an schattigen Plätzen deutlich verzögert.



Abbildung 1: Wegwarten säumen die Straßen.

Abbildung 2: Wegwarte am Morgen vor dem Öffnen ihrer vielen Blüten.





Abbildung 3: Doppelreihige Blüte der Wegwarte.



Abbildung 4: Das Himmelblau der Wegwarten-Blüte.

Die Pfahlwurzeln reichen tief in die Erde. Sie bestehen aus einem holzigen Kern und einer dickeren weichen, abziehbaren Rinde (Abbildung 5), aus der in schlechten Zeiten und zu Importsperrern der Kaffee geröstet wurde, alleine oder im Gemisch mit Eichelnkernen.

Die Milch führenden Stängel stehen sparrig-ästig und sind von Blättern in zwei unterschiedlichen Formen umgeben: Die Grundblätter erinnern an die unregelmäßig gezahnten Löwenzahnblätter, während die oberen Blätter mit starkem Zentralstrang lanzettenförmig langgezogen und mit weniger zerklüftetem Rand ausfallen.

An ihrem Längen-Breiten-Verhältnis von ca. 5:1 und 2:1 sind sie leicht zu unterscheiden (Abbildung 6). Die Grundblätter haben eine Länge bis zu über 40 cm und Breite bis 10 cm. Die oberen Blätter sind bis zu 25 cm lang und mitunter sogar mehr als 10 cm breit.

Die Dicke der Triebe am unteren Ende hängt linear von der Höhe der Pflanze ab: die Relation folgt ungefähr der Gleichung „Halmdicke $H = 0,006$ Pflanzenhöhe $+ 0,2$ [cm]“ (Abbildung 7). Ebenso wachsen die Wurzeldicken linear mit der Höhe der Wegwarten. Hier beschreibt die Gradengleichung $dw = 0,0124 h + 0,40$ [cm] in etwa die Beziehung (Abbildung 8).

Abbildung 5: Wurzel der Wegwarte mit dicker, weicher Rinde.



Nutzung der Wegwarte und ihre Mythen

Spätestens seit dem Mittelalter ist die Wegwarte als Arzneipflanze bekannt: Der Begründer der pharmazeutischen Chemie, Theophrastus Bombastus von Hohenheim, genannt „Paracelsus“ (1493-1541), empfahl sie als schweißtreibenden Aufguss und der Kräuter- und Wasser-Pfarrer Sebastian Kneipp aus Wörishofen (1821-1897) nutzte sie bei Magen-, Darm- und Lebererkrankungen.

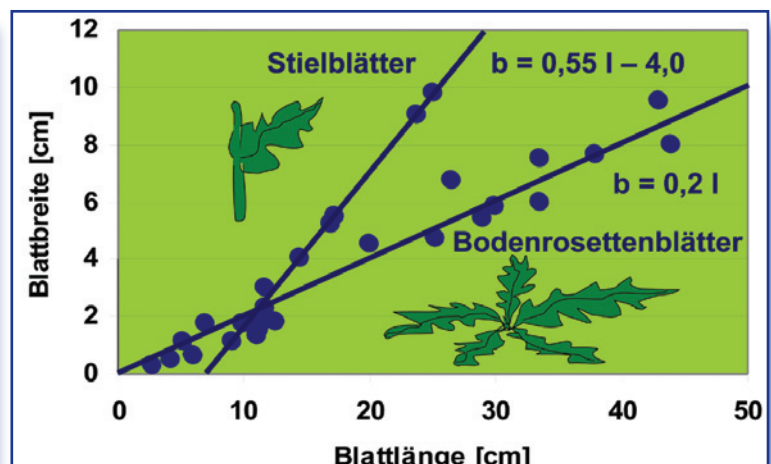
Aus dem Mittelalter haben sich Mythen erhalten, die der Wegwarte ungeheure Zauberkräfte zuschreiben. Das gilt besonders für den Liebeszauber.

Sie soll den Träger der Pflanze zum Beispiel im Kampfe unbesiegbar und unverwundbar machen. Tatsächlich konnte ich bei einem der letzten Judo-Kämpfe beobachten, wie ein Mädchen einen Wegwarten-Strauß an den Mattenrand legte, bevor sie sich ihrer Gegnerin stellte.

Unter dem Kopfkissen einer unverheirateten Frau eine Wegwarte abgelegt, soll des Nachts bewirken, dass ihr der zukünftige Ehemann im Traum erscheint.

Gut zu wissen ist auch der folgende Aberglaube: Wird eine Wegwarte am Peterstag mit einem Hirschgeweih ausgegraben, lässt sich beim Berühren mit der Pflanze jede Person betören.

Abbildung 6: Blattabmessungen der Wegwarte und ihre Länge-Breite-Relationen.



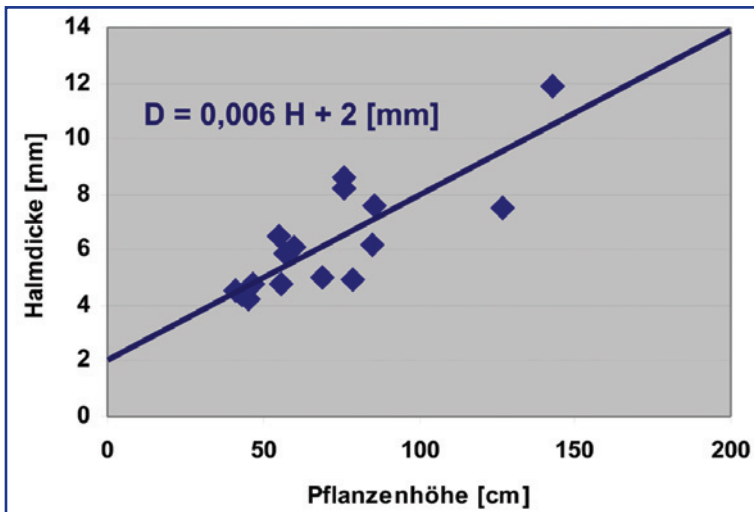
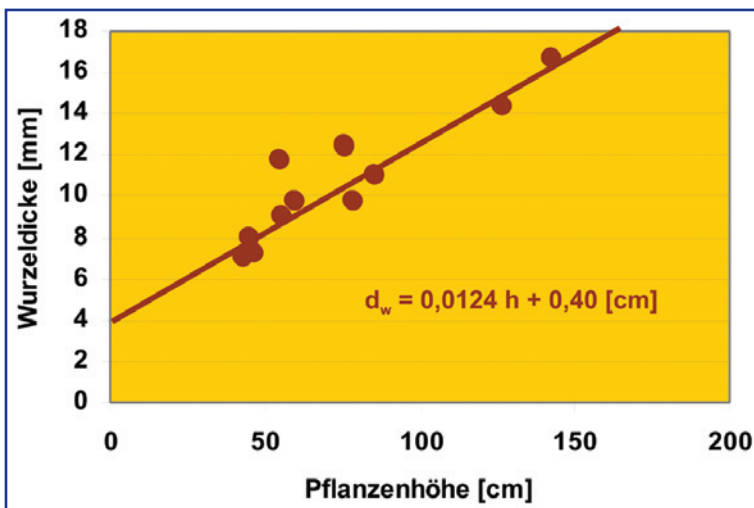


Abbildung 7: Halmdicke in Abhängigkeit von der Pflanzenhöhe.

Abbildung 8: Lineare Wurzeldicke-Pflanzenhöhe-Korrelation.



Der „Peterstag“ wird heute noch mit Gottesdiensten am 22. Februar feierlich und fleischlos begangen. Der Feiertag „Kathedra Petri“ im katholischen liturgischen Jahr erinnert an die Übernahme des römischen Bischofsstuhls (= „Kathedra“) durch den Apostel Petrus.

Einer weiteren Sage nach, die der Pflanze auch den Namen gab, sollen die hellblauen Blüten der Wegwarte, den leuchtenden Augen eines verwunschenen Burgfräuleins entstammen. Sie wartete vergeblich auf die Rückkehr ihres geliebten Ritters, der sich einst auf einen Kreuzzug in das Heilige Land begab.

In der Pflanzenheilkunde gilt die Wegwarte heute als eine der wenigen Phytotherapeutika für die Stimulierung und Heilung der Milz. Sie wird aber auch bei Leber- und Gallenbeschwerden sowie zur allgemeinen Reinigung bei Hautkrankheiten und Ekzemen eingesetzt.

Die Wurzeln der Wegwarte sind kräftiger ausgebildet. Sie wurden früher in geröstetem Zustand zunächst

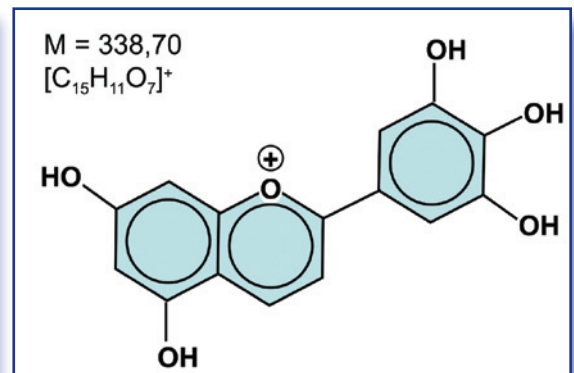


Abbildung 9: Delphinidin (3,3',4',5,5',7'-Hexahydroxyflavylium-Kation).

dem teuren Bohnenkaffee zugesetzt, um ihn zu strecken. Ab Mitte des 18. Jahrhunderts verarbeitete man die Wurzeln auch alleine zu „Ersatzkaffee“ oder „Zichorienkaffee“. Friedrich der Große hatte den Zichorienanbau in Preußen gefördert, so dass der Anbau im 19. Jahrhundert weit verbreitet war.

Heute spielt er nur noch eine äußerst geringe Rolle. Die Nestle AG beispielsweise vertreibt ihren wohl-schmeckenden, koffeinfreien Landkaffee „Caro“, der aus Zichorienwurzeln, Gerste, Gerstenmalz und Roggen hergestellt wird.

Inhaltsstoffe der Wegwarte

Zunächst fallen die Blauen Blüten der Pflanzen auf. Der hellblaue Blütenfarbstoff entstammt der Gruppe der Anthocyanidine. Das Grundgerüst des 2-Phenyl-benzopyrans ist noch durch OH-Gruppen substituiert. Der Farbgeber der Zichorien-Blüte ist im Wesentlichen das Delphinidin (Abbildung 9), ein Anthocyanfarbstoff von an sich purpurroter Farbe.

Aber schon aus der Tatsache, dass die verwandte Verbindung Cyanidin, mit einem Wasserstoff am Benzolring in Para-Stellung, sowohl in blauen Kornblumen als auch in roten Rosen als entscheidende Farbstoff-Komponente vorliegt zeigt, dass sowohl der pH-Wert der Zellsäfte eine große Rolle spielt als auch Metalle, die über eine Chelatbildung die Farbgebung der Blüten beeinflussen.

Der Farbstoff selbst ist nicht giftig oder gesundheitsschädlich. In Säuren löst er sich mit roter Farbe auf, die mit Natronlauge als Pigment ausfällt.

Anthocyanidine sind nach dem Lebensmittelgesetz als Lebensmittelfarbstoffe zugelassen.

Um die Struktur- und Konstitutionsaufklärung der Anthocyanfarbstoffe haben sich vor allem die Chemiker Paul Karrer (1889-1971; Nobelpreis 1937), Sir Robert Robinson (1886-1975; Nobelpreis 1947) und Richard Willstätter (1872-1942; Nobelpreis 1915) verdient gemacht.

Die braungelben Wurzeln der Wegwarte enthalten zunächst größere Mengen an Inulin (Abbildung 10). Inulin ist ein farbloses, hygroskopisches Pulver, das

sich in Wasser kolloidal auflöst. In Alkohol oder Ether ist diese Fructose-Verbindung unlöslich.

Bei 180°C tritt thermische Zersetzung ein. Fehling'sche Lösung als Reduktionsmittel und Iod als Farbreagenz ergeben keine Reaktionen.

Das Molekül besteht aus etwa 30 Fructose-Einheiten, die über β -1,2-Bindungen verknüpft sind. Das Molekulargewicht schwankt um 5000. Neben dem Vorkommen in den Zichorienwurzeln ist Inulin noch in Dahlienknollen, Topinamburknollen, Artischocken und Löwenzahnwurzeln zu finden. Es wurde erstmals 1804 aus dem Extrakt von „Inula helenium“ durch Fällen mit Alkohol isoliert. Inulin findet als Ausgangsstoff zur Fructose-Gewinnung sowie der Herstellung von Produkten für Zuckerkrankte Verwendung.

Als Bitterstoffe treten in der Zichorienwurzel vor allem die Sesquiterpen-lactone Lactucin und Lactucopikrin (Abbildungen 11A und 11B) auf.

Lactucin ist eine sehr giftige Verbindung, die auch bei der Zubereitung Handekzeme auslösen kann. Die kristalline Verbindung ($M = 276,29$; $C_{15}H_{10}O_5$) mit dem Schmelzbereich von 224 - 228°C kommt neben dem Lactucopikrin (veraltet: Intybin), dem (4-Hydroxyphenyl)-essigsäureester, auch im Giftlattich oder im Gartenlattich vor. Gartenlattich wird gerne als Salat zubereitet.

Des weiteren ist das Cichoriin (Abbildung 12) in der Zichorien-Wurzel enthalten, wodurch die Verbindung auch ihren Trivialnamen erhalten hat. Die Verbindung ist isomer mit Lactucin. Der Unterschied liegt in der Konfiguration (= strukturelle Lage) der Wasserstoff-Substituenten.

Schließlich seien noch vier Cumarin-Derivate sowie das Cumarin selbst genannt: Mit einem Glycose-Molekül und einer OH-Gruppe in den Positionen 6 und 7 am Cumarin ist das Aesculin (Abbildung 13) in der Wegwarte zu finden. Die glykosidische Form des Cumarins kommt in den Blüten und Blättern vor. Die Abspaltung des Zuckers geschieht oft schon bei Verletzung der Pflanze, wobei der Duft frisch gemähten Grases in die

Nase steigt, oder beim Welken, was an dem Geruch von Heu zu erkennen ist.

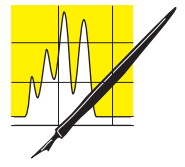
Ohne den Glycose-Substituenten heißt das 7-Hydroxy-cumarin auch Umbelliferon (Abbildung 14A). Es kommt in der Wegwarte sowie in vielen Pflanzen vor: in ihren Früchten, Rinden und Wurzeln. Die Verbindung ($M = 162,15$; $C_9H_6O_3$) kristallisiert in gelben Nadeln, sublimiert ab 230°C und löst sich leicht in Alkohol, Chloroform und Eisessig mit einer bläulichen Fluoreszenz.

Beim Erhitzen entwickelt sich Cumarin, wie an dem würzigen Vanille-Duft leicht feststellbar ist. Umbelliferon ist ebenso wie Aesculin ein photoallergisierend und sensibilisierend wirkender Naturstoff.

Auch das 6,7-Dihydroxy-cumarin ist in der Wegwarte enthalten. Es kann Schwermetalle an den benachbarten Hydroxy-Gruppen komplexchemisch binden und speichern.

Wenn die OH-Gruppe in der 6-Position durch einen Methoxy-Substituenten ersetzt wird, kommt man zu dem Cumarin-Derivat Scopoletin (Abbildung 14B). Der rationale Substanzname ist 7-Hydroxy-6-methoxycumarin. Weitere Namen sind: 6-Methoxy-umbelliferon, Chrysatropasäure, Gelseminsäure oder β -Methyl-esculetin. Die Verbindung kommt auch in den Wurzeln der Tollkirsche, in Tabakpflanzen und Haferkeimlingen sowie in der Rinde des Oleanderbaumes vor. Scopoletin wirkt auf die Pflanzen wachstumshemmend.

Die farblosen Nadeln der umkristallisierten Substanz ($M = 192,16$; $C_{10}H_{18}O_4$) schmelzen bei 202°C und lösen sich unter Fluoreszenz



AUFsätze

Abbildung 10: Strukturformel des Inolins, wie er z.B. in der Wurzel der Wegwarte vorkommt.

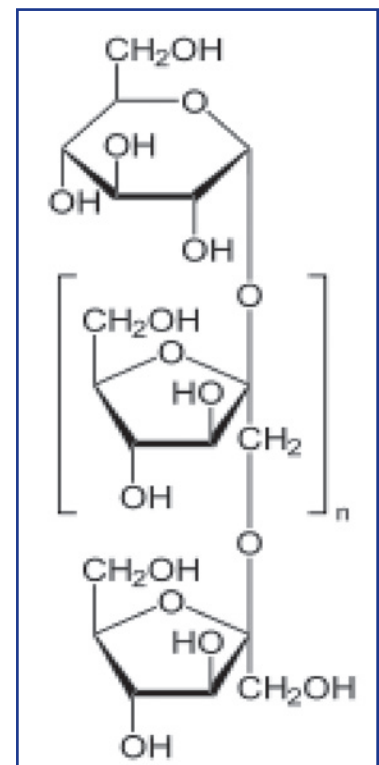


Abbildung 12: Strukturformel des Cichoriin (isomer mit Lactucin).

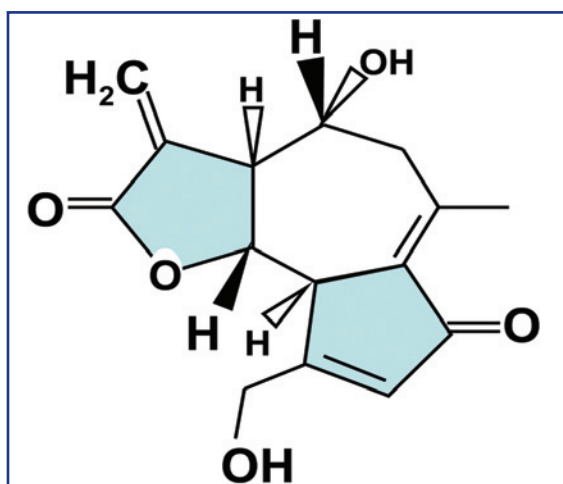
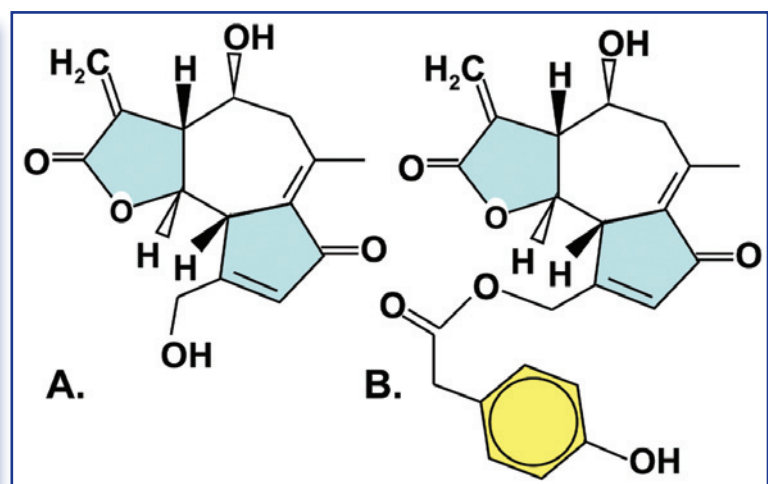


Abbildung 11: Die beiden farblosen Sesquiterpen-lactone Lactucin (A) und Lactucopikrin (B).



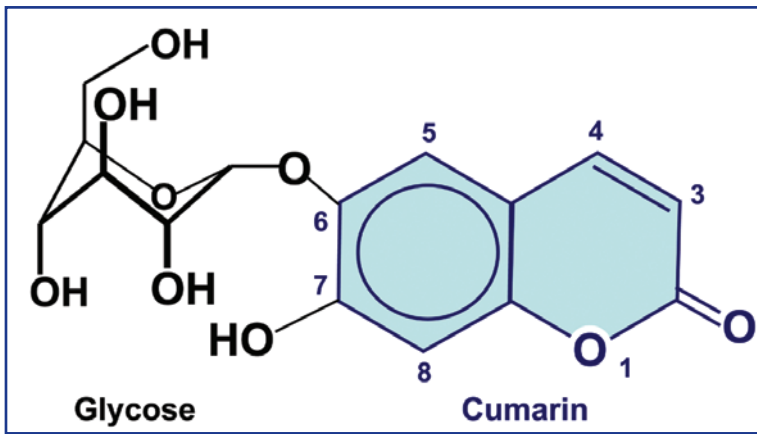


Abbildung 13: Formel von Aesculin (6-β-D-Glucopyranosyloxy-7-hydroxy-cumarin).

in heißem Alkohol, Chloroform und Eisessig, wenig dagegen in Wasser.

Cumarin hatte bereits als aromatisierender Bestandteil des Waldmeisters in der beliebten Maibowle viel Kummer ausgelöst. Letztlich beruhigten sich die Gemüter wieder, weil alles eine Frage der Menge ist, wie schon Paracelsus zu Anfang des 16. Jahrhunderts feststellte.

Größere Dosen von Cumarin und seiner Derivate verursachen heftige Kopfschmerzen, Erbrechen, Schwindel und Schlafsucht. Sehr hohe Dosen führen zu zentraler Lähmung und zum Atemstillstand im Koma.

Außerdem treten Leber- und Nierenschädigungen auf. Die letalen Dosen (LD_{50}) für orale Gaben bei Ratten sind 680 mg/kg und bei Meerschweinchen 202 mg/kg.

Neben diesen organischen Verbindungen enthält die Wegwarte auch die Mineralien Kieselsäure (SiO_2), Eisen, Magnesium, Kalium und Natrium.

Die Wegwarte als Heilpflanze

Zu Heilzwecken werden nur die Pflanzenteile (Blüten, Blätter und Wurzel) der wild wachsenden Wegwarte gesammelt.

Als günstige Sammelzeiten gelten für die Blätter und Blüten Juli und August, für das Kraut Juni bis September und für die Wurzeln die Zeit von der letzten Märzhälfte bis zum Ende Mai.

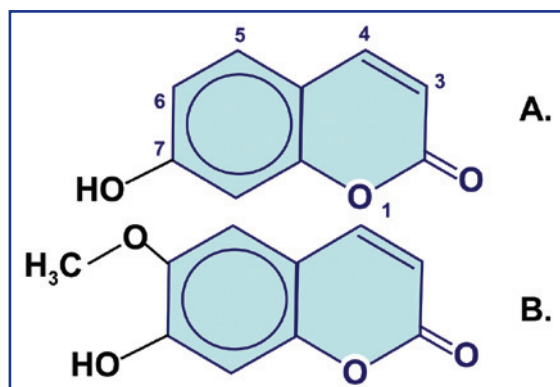


Abbildung 14: Die beiden Cumarin-Derivate Umbelliferon (A) und Scopoletin (B).

Blüten und Blätter werden in dünnen Lagen im Schatten getrocknet. Besonders die Blüten bedürfen beim Trocknen großer Sorgfalt.

Die Wurzeln werden nach dem Waschen der Länge nach durchgeschnitten, aufgefädelt und an einem zügigen, schattigen Ort, etwa auf dem Dachboden zum Trocknen aufgehängt. Die getrockneten holzigen Wurzelhälften sollte man von den dunklen Stellen trennen und feinfaserig aufschneiden. Das Aufbewahren erfolgt lichtgeschützt in gut schließenden Gefäßen.

Als Anwendungen kommen Tees und Tinkturen, Umschläge, Ersatz-Kaffee sowie Saft für Diabetiker in Betracht. Die Anwendungsgebiete sind vielfältig: Die Bitterstoffe regen bei schlechtem Appetit an und aktivieren die Magentätigkeit sowie die Galle-Leber-Aktivität. Der gesamte Stoffwechsel erfährt auf diese Weise eine Belebung.

Weitere Einsätze der Wegwarte kommen bei Blähungen, Leibscherzen, Völlegefühl, Kopfschmerzen, Gallensteinen, Verdauungsschwäche, Verstopfung, Leberfunktionsschwäche, Leber- oder Milzschwellung, Hämorrhoiden und Krampfadern in Betracht.

Die Pflanze wirkt blutreinigend und aufmunternd, hilft gegen Hautunreinheiten und Geschwüre, fördert den Haarwuchs und stärkt die Gebärmutter der Frauen.

Der aus den Blumen gepresste Saft wirkt in kühlenden Umschlägen gegen müde und brennende Augen. Die Blätter helfen gegen diverse Hautprobleme.

Aufgrund des hohen Inulin-Gehaltes der Wurzeln eignen sie sich auch als Nahrungsergänzungsmittel für Diabetiker. Ihnen werden täglich drei Esslöffel Frischsaft aus der gepressten Wurzel empfohlen.

Zichorienkaffee bereitet man aus den fein geschnittenen, getrockneten Wurzeln nach dem trockenen Rösten und Vermahlen. Die Zubereitung gleicht der des gemahlten Bohnenkaffees.

Wegwartentee wird aus einem Volumen-Teil der Blätter oder/ und Wurzelstückchen bereitet, indem es mit einem Viertelliter Wasser zwei bis drei Minuten aufgeköcht wird. Der Tee soll ungesüßt in zwei bis drei Tassen täglich zu sich genommen werden. Zur Verbesserung des bitteren Geschmacks empfehlen Apotheker das Mitaufbrühen von anderen aromatischen Teesorten.

Der guten Ordnung halber sei noch auf die Kulturderivate der Gemeinen Wegwarte hingewiesen: Die Kaffee-Zichorie mit ergiebigerem Wurzelvolumen sowie die Salat-Zichorie oder Chicorée (*Cichorium intybus* var.). Die Entstehung dieser letzteren Wegwarten-Variante erwähnen die Belgier erstmalig im Zusammenhang mit der Gründung ihres Königreiches Belgien im Jahr 1830: Um die zur Verwendung als Ersatzkaffee gezüchteten Zichorienwurzeln in den revolutionären Zeiten nicht zu verlieren, versteckten Bauern in Brabant diese Wurzeln durch das Abdecken mit Erde. Eher zufällig wurden dann die knackigen weißen Salatblätter entdeckt.

CLB

CLB – Memory

Die CLB-Beilage für Ausbildung in Chemie, Labortechnik,

Chemietechnik, Biologie und Biotechnik

Oktober 2009

Bildungsbarometer: Die Parteien verlieren ihre Bildungskompetenz

Beste Ideen haben kurz- und langfristig die Grünen

Wenn diese Ausgabe der CLB bei den Lesern erscheint haben die Wähler in Deutschland die Bundestagswahl gerade entschieden. Mit zur Entscheidung beigetragen hat sicherlich auch die Einstellung der verschiedenen Parteien zum Thema Bildung. **Bemerkenswert: Wenige Tage vor der Bundestagswahl wurde deutlich, dass aus der Sicht der Wähler den Parteien die Bildungskompetenz verloren gegangen ist. Das neueste Bildungsbarometer liefert hierzu die entsprechenden Daten.**

Bei der Frage, welche Partei kurzfristig die besten Ideen für der Bildung hat und besten Entscheidungen trifft, nennen 33% (bezüglich der Ideen) bzw. 41% (hinsichtlich der Entscheidungen) keine Partei. Das ist keine gute Werbung für das in vielen politischen Reden gebrauchte Wort „Bildung“.

Die Zustimmung zu den Ideen und Entscheidungen der Parteien wird sehr differenziert getroffen:

Der CDU/CSU wird zugeschrieben, dass sie im Vergleich der Parteien die Nase vorne hat (18%), wenn nach den kurzfristig besten Entscheidungen gefragt wird. Es folgen die Grünen (15%), die SPD (12%) sowie mit 8% die FDP. Am Schluss rangieren die Linken mit 4,5%

Die besten kurzfristigen Ideen werden den Grünen (20%) zugeschrieben, gefolgt von CDU/

CSU (14%), SPD (13%), FDP (10%) und den Linken (8%).

Fragt man nach den besten langfristigen Entscheidungen, dann schneiden die Grünen (21%) am besten ab, gefolgt von der CDU/CSU (16%), SPD (15%), FDP (9%) und den Linken (4,5%).

Den Grünen (24%) werden auch die langfristig besten Ideen zugeschrieben, gefolgt von der CDU und SPD (jeweils 15%), der FDP (10%) und den Linken (7%).

Alles in allem ergeben sich hiermit erhebliche Verschiebungen in der Zuordnung der Bildungskompetenz zu den Parteien im Vergleich zur letzten Bundestagswahl. Vor der letzten Bundestagswahl haben die meisten Befragten der SPD die größte Kompetenz in der Bildungspolitik zugeschrieben.

Politik unglaublich

Das neueste Bildungsbarometer trifft in seinen Hauptergebnissen auch den Kern der aktuellen Situation einer Vielzahl von Menschen: Die jetzige Krise wird von den meisten eher als Gefahr (58%) denn als Chance angesehen. Und sie misstrauen Aussagen der Politik (82%), dass gerade in der Wirtschaftskrise auf Bildung, Wissenschaft, Forschung und Entwicklung zu setzen sei. Außerdem glauben sie auch nicht, dass die immer wieder versprochenen Investitionen in Bildung und Wissenschaft umgesetzt werden (66%).

Neben diesen Hauptergebnissen erbrachte das Bildungsbarometer

aber auch eine Vielzahl weiterer wichtiger Informationen: Bei der Frage, wie die Menschen konkret mit der Krise umgehen, stellte sich mit Blick auf Bildungsmaßnahmen folgendes Ergebnis ein: Eine gute Schulbildung ist auch in Krisenzeiten ein hohes Gut. Auf den Plätzen zwei und drei folgen Softskills und eine fundierte Allgemeinbildung.

„Die Krise scheint dazu zu führen, dass sich die Menschen noch stärker auf die wirklich wichtigen Werte besinnen“, erklärt Prof. Dr. Reinhold S. Jäger, Geschäftsführender Leiter des Zentrums für empirische pädagogische Forschung (zepf) der Universität Koblenz-Landau, Campus Landau, das gemeinsam mit der Schülerhilfe (Gelsenkirchen) das Bildungsbarometer realisiert. „Bildung wird als Chance gesehen, sich abzusichern, wettbewerbsfähig zu sein und die eigene Zukunft zu gestalten, auch wenn die jetzige Krise persönlich als Gefahr eingeschätzt wird.“

Das Bildungsbarometer zum Thema „Bildung in Zeiten der Krise“ wurde von einer spezifisch repräsentativen Stichprobe von 2145 Personen aus der gesamten Bundesrepublik beantwortet.

Die vollständige Auswertung steht mit dem Erscheinen dieser CLB ab Anfang Oktober auf der Website <http://www.vep-landau.de/Bildungsbarometer.htm> als download zur Verfügung.

Elektroautos nur „grün“ mit erneuerbarer Energie Fahrzeuge als Stromspeicher erschließen

Als klares Signal für den weiteren Ausbau Erneuerbarer Energien wertet die Agentur für Erneuerbare Energien den kürzlich vom deutschen Bundeskabinett verabschiedeten „Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität“.

Der Strategieplan von vier Bundesministerien zur Markteinführung von Elektrofahrzeugen bekräftigt, dass diese nur mit Strom aus regenerativen Quellen einen deutlichen Bei-

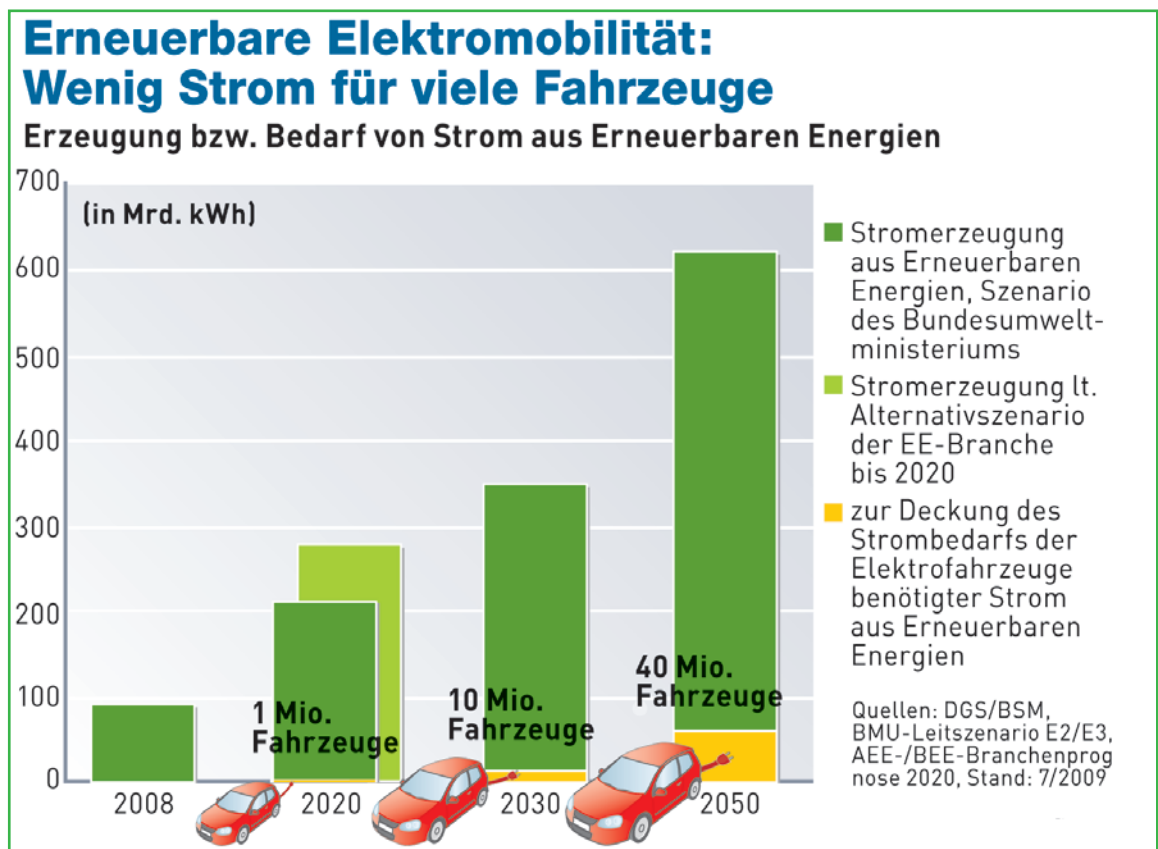
trag zum Klimaschutz leisten können. Dies deckt sich mit Berechnungen der Agentur für Erneuerbare Energien sowie diverser Institute (z.B. Wuppertal-Institut, Fraunhofer ISI, IfEU Heidelberg). Danach ist die Klimabilanz von Elektroautos mit Strom aus konventionellen Kraftwerken ähnlich schlecht wie die eines vergleichbaren Autos mit fossil betriebenen Verbrennungsmotor.

„Wenn der Fahrstrom aus Kohle- oder Atomkraftwerken

stammt, wird Elektromobilität zur Mogelpackung für Klima und Umwelt“, betonte Jörg Mayer, Geschäftsführer der Agentur für Erneuerbare Energien. Die Erneuerbaren Energien seien ohne Weiteres in der Lage, den Strombedarf einer rasch wachsenden Elektroautoflotte abzudecken. Dazu müsse man keine Kapazitäten von Großkraftwerken vorhalten.

Da Elektromotoren einen wesentlich höheren Wirkungsgrad haben als Verbrennungs-

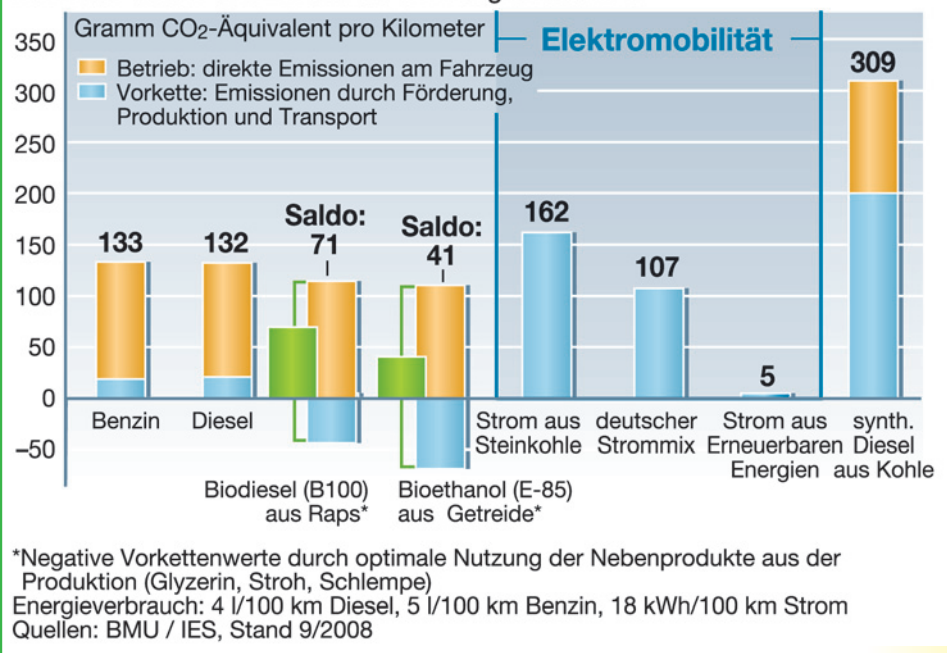
Die Grafik vergleicht den Strombedarf einer wachsenden Flotte von Elektrofahrzeugen mit der wachsenden Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien in Deutschland. Sollen Elektrofahrzeuge ausschließlich mit Strom aus Erneuerbaren Energien geladen werden, ist dafür jeweils nur ein Bruchteil der gesamten erneuerbaren Stromerzeugung notwendig. Im Jahr 2020 benötigen ca. 1 Mio. Elektrofahrzeuge demnach rund 1,82 Mrd. kWh Strom aus Erneuerbaren Energien. Dem steht eine prognostizierte erneuerbare Stromerzeugung von 209,2 Mrd. gegenüber. Die Branchenprognose „Stromversorgung 2020“ der Agentur für Erneuerbare Energien und des Bundesverband Erneuerbare Energie (BEE) sieht sogar eine erneuerbare Stromerzeugung von 278,4 Mrd. kWh voraus. Im Jahr 2030 benötigen ca. 10 Mio. Elektrofahrzeuge rund 13,5 Mrd. kWh Strom aus Erneuerbaren Energien. Dem steht eine prognostizierte erneuerbare Stromerzeugung von 335,5 Mrd. kWh gegenüber. Im Jahr 2050 benötigen ca. 40 Mio. Elektrofahrzeuge rund 60 Mrd. kWh Strom aus Erneuerbaren Energien. Dem steht eine prognostizierte erneuerbare Stromerzeugung von 561 Mrd. kWh gegenüber (diese Prognosen sind jeweils Szenarien des Bundesumweltministeriums; Grafiken: Agentur für erneuerbare Energien).



motoren, wird der Aufbau der Elektromobilität nur geringe Auswirkungen auf den Gesamtstromverbrauch haben. Schon ein Bruchteil der wachsenden, regenerativ erzeugten Strommenge reicht aus, um 10 Millionen Elektrofahrzeuge zu 100 Prozent erneuerbar zu betreiben. Dafür seien etwa 13 Milliarden Kilowattstunden im Jahr nötig – das entspricht 14 Prozent des gegenwärtig erzeugten Erneuerbare-Energien-Stroms (91 Mrd. Kilowattstunden). Allein bis zum Jahr 2020 will die Branche ihre Stromproduktion auf 278 Mrd. Kilowattstunden steigern.

Die Koppelung der Elektromobilität an Erneuerbare Energien ist zudem sinnvoll, um das Potenzial der Elektrofahrzeuge als Stromspeicher zu erschließen. „In den Akkus der E-Mobile kann überschüssiger Wind- oder Solarstrom zwischengespeichert und bei Bedarf ins Netz zurück gespeist werden“, erklärt Jörg Mayer. „Auf diese Weise wird die Elektromobilität helfen, das Angebot aus Erneuerbaren Energien zu verstetigen und noch besser zu nutzen.“ Auf Grundla-

Der Einstieg in die Elektromobilität verspricht Klimaschutz im Verkehr, wenn der Strom aus Erneuerbaren Energien stammt.



Treibhausgasemissionen verschiedener Kraftstoffe und Antriebsarten.

ges des Nationalen Entwicklungsplans können nun konkrete Projekte für ein solches interaktives Lademanagement ausgebaut werden.

Unverzichtbar für eine Strategie „weg vom Öl“ bleiben heute und in Zukunft auch Bi-

okraftstoffe als wichtige Säule erneuerbarer Mobilität. Erneuerbare Elektromobilität kann schließlich – ob auf der Straße oder Schiene – schon aus technischen Gründen nicht alle Bedürfnisse des Personen- und Güterverkehrs abdecken.

Uniprojekt: Elektroantrieb zwischen Forschung, Ausbildung und Produktion

Es ist ein Idealfall, wenn Forschung und Entwicklung heimischer Hochschulen in Zusammenarbeit mit Unternehmen der Region in marktreife Produkte münden. Ein Paradebeispiel für Technologietransfer in diesem Sinne ist eine aktuelle Kooperation des Soester Standortes der Fachhochschule Südwestfalen und des Instituts für Wissenstransfer und Technik (TWS). Gemeinsam mit dem Bad Sassendorfer Unternehmen ESD soll ein Elektroroller des amerikanischen Herstellers Vectrix und zusammen mit der Firma Meyra-Ortopedia aus Vlotho ein Orthopädie-Skooter mit einem Brennstoffzellenhybridantrieb ausgestattet werden. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung unterstützt die Forschungsarbeiten mit rund 250 000 Euro. In den vergangenen fünf Jahren wurden im Rahmen von Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Fachgebiet Physik des Soester Hochschulstandortes bereits Metallhydridspeicher entwickelt. In ihnen wird der Wasserstoff von speziellen Metalllegierungen wie von einem Schwamm aufgenommen. Mit dieser Speichertechnik lassen sich in einem Liter Speicher rund 1000 Liter Wasserstoff unterbringen. Das Foto zeigt einen Brennstoffzellenhybridantrieb für einen Elektroroller. Dieses Projekt der Fachhochschule Südwestfalen in Soest und mittelständischer Unternehmen stellen vor: (v.r.) Professor Dr. Werner Krybus, Dr. Jörg Scholtes (TWS), Prof. Dr. Karl-Heinz Müller, Diplomandin Kertsin Weseke, Hans Leusmann, Dipl.-Physiker Mark Schülken, Frank Engelhardt sowie knieend Dipl.-Ing. Martin Lammers (Foto: Müschenborn/Kreis Soest).



Schnelltest für Allergie auslösende Stoffe in Lebensmitteln

Bis 2012 verfügbar – Ergebnis in zehn Minuten

In der Abteilung Lebensmittel-sicherheit des Bundesinstituts für Risikobewertung (BfR) wird an der Entwicklung von Schnelltests zum Nachweis Allergie auslösender Stoffe in Lebensmitteln gearbeitet. Im Rahmen eines vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) geförderten Forschungsprojektes sollen bis Anfang 2012 Analysemethoden für die amtliche Lebensmittelüberwachung und die Lebensmittelindustrie entwickelt werden, mit Hilfe derer sich innerhalb von Minuten auch geringste Spuren von Allergenen in Lebensmitteln nachweisen lassen. Man schließe damit eine Lücke bei den wissenschaftlichen Methoden zur Kontrolle von Lebensmitteln. Denn die wichtigsten Allergene müssen seit 2005 zwar auf Lebensmitteln gekennzeichnet werden, doch gibt es bisher nur zwei offizielle Methoden, um sie im Labor nachzuweisen. Sie sind zeitaufwändig und können nur mit entsprechenden Analysegeräten erfolgen.

Erdnüsse können Allergien verursachen. Bei entsprechend veranlagten Menschen reichen dann bereits Spuren der Nüsse (Foto: RK).

Für Erdnussallergiker können schon Spuren von Erdnüssen lebensbedrohlich sein. Deswegen müssen auch geringe Erdnussmengen in verpackten Lebensmitteln gekennzeichnet werden, wenn sie zur Rezeptur gehören - wie auch alle anderen Zutaten, die bekanntermaßen Allergien auslösen können.

Gelangen jedoch Spuren beispielsweise von Erdnüssen unbeabsichtigt in ein Lebensmittel, bleibt die Kennzeichnung dem Hersteller überlassen und ist nicht gesetzlich geregelt. Lebensmittel tragen dann Hinweise wie „Kann Spuren von Erdnüssen enthalten“ oder „In unserem Betrieb werden auch Erdnüsse verarbeitet“ auf der Verpackung. Verbraucher wissen dann aber nicht, ob das Produkt tatsächlich Erdnüsse enthält oder der Hinweis vorsorglich angebracht wurde. Für Allergiker kann das eine erhebliche Einschränkung in der Produktauswahl bedeuten.

Damit Hersteller ihre Produkte schnell und zuverlässig auf Allergie auslösende Bestandteile testen und entsprechend kennzeichnen können, müssen sie bisher Analysen durchführen, die mitunter zeitaufwändig sind und für die nicht jedes Labor die geeigneten Geräte besitzt.

Für den Einsatz vor Ort

Ein Ziel des vom BfR koordinierten Projektes besteht darin, ein Verfahren zu entwickeln, bei dem Extrakte des zu untersuchenden Lebensmittels auf einen Teststreifen aufgebracht werden, der innerhalb von zehn Minuten anzeigt, ob ein Allergen enthalten ist und wenn ja, welches. Ein speziell ausgestattetes Labor für ein erstes schnelles Ergebnis („scre-

ning“) ist nicht notwendig, der Test kann vor Ort erfolgen.

Zusätzlich werden neue, moderne Analyseverfahren erarbeitet, die das Erbgut der Allergie auslösenden Stoffe sicher und auch noch in stark verarbeiteten Lebensmitteln erkennen. Dazu wird in der Real-Time-Polymerasekettenreaktion (PCR) spezifisch das Erbgut millionenfach kopiert. Vorteil: Alle dazu benötigten Reagenzien sind überall erhältlich, die Methoden können somit von Herstellern und Kontrolleuren weltweit eingesetzt werden. Die Methoden sollen darüber hinaus so empfindlich messen, dass Allergene auch im Spurenbereich von ppm (parts per million) nachgewiesen werden können. Außerdem können verschiedene Allergene parallel analysiert werden, darunter auch solche, die bisher nur schwer festzustellen waren. Die Nachweismethoden sollen Lebensmittelherstellern dazu dienen, im Rahmen ihrer Qualitätskontrolle unbeabsichtigt in das Lebensmittel gelangte Allergie auslösende Bestandteile zu reduzieren oder ganz zu vermeiden. Verbraucher können somit zuverlässiger über den Gehalt an Allergie auslösenden Bestandteilen in einem Lebensmittel informiert werden. Die amtliche Lebensmittelüberwachung kann mit geringerem Zeit- und Materialaufwand zuverlässig Lebensmittel auch auf geringste Mengen an Allergenen überprüfen.



Studie zu Aufkommen von RFIDs im Abfall

Dialog Hersteller – Entsorger erforderlich

R RFID-Tags (Chips für die Radio Frequency Identification) können in Zukunft problematische Verunreinigungen im Recycling von Glas und Kunststoff verursachen. Eine deutsch-schweizer Studie zeigt nun Lösungsmöglichkeiten für das Problem.

Bisher sind „intelligente Etiketten“ im Einzelhandel fast nur auf den Verpackungen hochwertiger Rasierklingen und teurer Parfums zu finden, wo sie den Strichcode ergänzen. In Zukunft werden diese Hightech-Chips mit Metallantenne möglicherweise auf jede Verpackung im Einzelhandel aufgebracht und könnten den Barcode sogar völlig ersetzen. Die entscheidende Neuerung ist: Die RFID-Tags lassen sich berührungslos per Funk durch spezielle Lesegeräte auslesen, das verändert in den Läden die Diebstahlsicherung, das Abkassieren und das System der Nachbestellungen.

Zeithorizont 2022

Doch was passiert, wenn die „getaggt“ Verpackungen oder Weinflaschen anschließend zu Hause von der Kundschaft in den Müll einwerfen, in die Gelbe Tonne oder in den Altglascontainer geworfen werden? Wissenschaftler des Berliner IZT - Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung und der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA) in St. Gallen erstellten im Auftrag des deutschen Umweltbundesamtes Szenarien mit dem Zeithorizont 2022 zur Entsorgung der „RFID-Tags“. Studienleiter Lorenz Erdmann vom Berliner IZT fasst die Ergebnisse der neuen Studie so zusammen: „Landen RFID-Tags eines Tages massenhaft ohne durchdachtes Vorsorgekonzept im Abfall, kann es zu nicht rückholbaren Verunreinigungen der Recyclinggüter Glas und Plastik kommen.“

Die Studie bezieht sich auf Abfall in Haushalten: auf Altglas (Grüne Tonne), auf Altpapier (Blaue Tonne), auf sonstige Verpackungen (Gelbe Tonne, Gelber Sack), sowie auf den Restmüll (Graue Tonne). Um die bestehenden Entsorgungssysteme vor schädlichen Einflüssen durch den Eintrag von RFID zu schützen, haben die Wissenschaftler sowohl die RFID-Hersteller als auch die Entsorger in ihre Abschätzungen einbezogen. Dazu Prof. Lorenz Hilty (EMPA): „Wenn es gelingt, die Probleme rechtzeitig gemeinsam mit den Herstellern der Smart Labels und den Entsorgern anzugehen, lassen sich einfache Lösungsstrategien finden. Beispielsweise wird Schaden beim Glasrecycling schon vermieden, wenn die Tags nur in die Banderolen der Bierflaschen und Gurkengläser integriert und nicht auf den Glaskörper selbst geklebt werden. Ähnliches gilt für Kunststoffverpackungen, wie zum Beispiel PET-Einwegflaschen. Wird hier nur die Banderole ‚getaggt‘ und im Entsorgungsprozess rechtzeitig von der Flasche abgetrennt, wird das Plastikrecycling nicht gestört.“

Die Forscher empfehlen daher dem Bundesumweltministerium, potenzielle Probleme vorausschauend in einem Dialog zwischen RFID-Herstellern, Anwendern und Entsorgern zu entschärfen, beispielsweise mit der Vereinigung der deutschen Glasindustrie (HVG), mit dem Branchenverband Bitkom - Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V. oder mit dem Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e.V. Studienleiter Lorenz Erdmann vom Berliner IZT: „Aufgrund der konstruktiven Beteiligung zahlreicher Verbände an der Forschungsarbeit schätzen wir die



RFIDs werden bald wohl millionenfach produziert – und irgendwann im Müll landen. Für das Recycling ist eine rechtzeitige Absprache zwischen Produzenten und Entsorgern notwendig. Das Bild zeigt eine Druckmaschine für RFID-Tags. Durch die Verwendung von Rolle-zu-Rolle Druckmaschinen ist es möglich, hohe Volumina sehr kostengünstig zu produzieren (Foto: PolyIC GmbH & Co. KG, Fürth/Bayern).

Chancen für einen solchen Dialog als sehr gut ein.“

Das Gesamtgewicht von passiven RFID-Tags (ohne Deckschicht) wird wesentlich durch das Antennenmaterial und die Tag-Fläche bestimmt. Die RFID-Tags wiegen zwischen etwa 200 und 1000 Milligramm (ohne Deckschicht). Die Spurenbestandteile Silizium, Epoxy-basiertes Material und Nickel für den Mikrochip und dessen Kontaktierung sind für alle Baugrößen gleich groß. Größenabhängig sind die Klebstoffe aus Acrylat, das Substrat aus PET und die Antennenmaterialien. Tags mit Kupferantenne wiegen rund 30-40 Prozent mehr als gleich große Transponder mit Aluminium- bzw. Silberantenne.

Das Global Harmonisierte System (GHS) in der EU

die neue Einstufung und Kennzeichnung nach CLP-Verordnung (EG) Nr. 1272/2008

Einstufung und Kennzeichnung



Einstufung		Kennzeichnung				
Gefahrenklasse	Gefahrenkategorien	Abkürzung der Einstufung (siehe Index)	Piktogramm, Code*	Signalwort	Code*	Gefahrenhinweis Wortlaut
Explosive Stoffe / Gemische und Erzeugnisse mit Explosivstoff	Instabil, explosiv	Inst. Expl.		Gefahr	H200	Instabil, explosiv
	Unterklasse 1.1	Expl. 1.1			H201	Explosiv, Gefahr der Massenexplosion
	Unterklasse 1.2	Expl. 1.2			H202	Explosiv, große Gefahr durch Splitter, Sprung- und Wurfstücke
	Unterklasse 1.3	Expl. 1.3			H203	Explosiv, Gefahr durch Feuer, Luftdruck oder Splitter, Sprung- und Wurfstücke
	Unterklasse 1.4	Expl. 1.4			H204	Gefahr durch Feuer oder Splitter, Sprung- und Wurfstücke
	Unterklasse 1.5	Expl. 1.5			H205	Gefahr der Massenexplosion bei Feuer
Unterklasse 1.6	Expl. 1.6	Kein Piktogramm	Kein Gefahrenhinweis			
Entzündbare Gase	Kategorie 1	Entz. Gas 1		Gefahr	H220	Extrem entzündbares Gas
	Kategorie 2	Entz. Gas 2			H221	Entzündbares Gas
Entzündbare Aerosole	Kategorie 1	Entz. Aerosol 1		Gefahr	H222	Extrem entzündbares Aerosol
	Kategorie 2	Entz. Aerosol 2			H223	Entzündbares Aerosol
Oxidierende Gase	Kategorie 1	Oxid. Gas 1		Gefahr	H270	Kann Brand verursachen oder verstärken; Oxidationsmittel
					H271	Kann Brand verursachen oder verstärken; Oxidationsmittel
Gase unter Druck**	Verdichtetes Gas	Pressgas		Achtung	H280	Erfüllt Gas unter Druck; kann bei Erwärmung explodieren
	Verflüssigtes Gas				H281	Erfüllt kaltes Gas; kann Kälteverletzungen oder -Verletzungen verursachen
	Tiefgekühlt verflüssigtes Gas				H282	Erfüllt kaltes Gas unter Druck; kann bei Erwärmung explodieren
	Gelöstes Gas				H283	Erfüllt Gas unter Druck; kann bei Erwärmung explodieren
** = Die Gefahrenklasse „Gase unter Druck“ ist in „Gruppen“ unterteilt (nicht in Kategorien)						
Entzündbare Flüssigkeiten	Kategorie 1	Entz. Fl. 1		Gefahr	H224	Flüchtigkeit und Dampf extrem entzündbar
	Kategorie 2	Entz. Fl. 2			H225	Flüchtigkeit und Dampf leicht entzündbar
	Kategorie 3	Entz. Fl. 3			H226	Flüchtigkeit und Dampf entzündbar
Entzündbare Feststoffe	Kategorie 1	Entz. Festst. 1		Gefahr	H228	Entzündbarer Feststoff
	Kategorie 2	Entz. Festst. 2			H229	Entzündbarer Feststoff
Selbstentzündliche Stoffe und Gemische**	Typ A	Selbstentz. A		Gefahr	H240	Erwärmung kann Explosion verursachen
		Org. Perox. A			H241	Erwärmung kann Brand oder Explosion verursachen
	Typ B	Selbstentz. B			H250	Erwärmung kann Brand oder Explosion verursachen
		Org. Perox. B			H251	Erwärmung kann Brand oder Explosion verursachen
Organische Peroxide**	Typ C und D	Selbstentz. CD		Gefahr	H242	Erwärmung kann Brand verursachen
		Org. Perox. CD			H243	Erwärmung kann Brand verursachen
	Typ E und F	Org. Perox. EF			H244	Erwärmung kann Brand verursachen
Typ G	Selbstentz. G	Kein Piktogramm	Kein Signalwort	-	kein Gefahrenhinweis	
** = Zwei gesonderte Gefahrenklassen, die die gleichen Kategorien besitzen (und daher hier zusammengefasst sind)						
Pyrophore Flüssigkeiten	Kategorie 1	Pyr. Fl. 1		Gefahr	H252	Entzündet sich in Berührung mit Luft von selbst
	Kategorie 2	Pyr. Festst. 2			H253	Entzündet sich in Berührung mit Luft von selbst
Selbstentzündungs-sfähige Stoffe und Gemische	Kategorie 1	Selbstentz. 1		Gefahr	H251	Selbstentzündungsfähig; kann in Brand geraten
	Kategorie 2	Selbstentz. 2			H252	In großen Mengen selbstentzündungsfähig; kann in Brand geraten
Stoffe und Gemische, die in Berührung mit Wasser entzündbare Gase entwickeln	Kategorie 1	Wassermakt. 1		Gefahr	H260	In Berührung mit Wasser entstehen entzündbare Gase, die sich spontan entzünden können
	Kategorie 2	Wassermakt. 2			H261	In Berührung mit Wasser entstehen entzündbare Gase
	Kategorie 3	Wassermakt. 3			H262	In Berührung mit Wasser entstehen entzündbare Gase
Oxidierende Flüssigkeiten**	Kategorie 1	Oxid. Fl. 1		Gefahr	H271	Kann Brand oder Explosion verursachen; starkes Oxidationsmittel
		Oxid. Festst. 1			H272	Kann Brand verstärken; Oxidationsmittel
	Kategorie 2	Oxid. Fl. 2			H273	Kann Brand verstärken; Oxidationsmittel
Oxidierende Feststoffe**	Kategorie 1	Oxid. Festst. 1		Gefahr	H271	Kann Brand oder Explosion verursachen; starkes Oxidationsmittel
		Oxid. Festst. 2			H272	Kann Brand verstärken; Oxidationsmittel
	Kategorie 3	Oxid. Festst. 3			H273	Kann Brand verstärken; Oxidationsmittel
** = Zwei gesonderte Gefahrenklassen, die die gleichen Kategorien besitzen (und daher hier zusammengefasst sind)						
Korrosiv gegenüber Metallen	Kategorie 1	Met. korr. 1		Achtung	H314	Kann gegenüber Metallen korrosiv sein
		Met. korr. 2			H315	Kann gegenüber Metallen korrosiv sein
Akute Toxizität	Kategorie 1	Akut Tox. 1		Gefahr	H300	Lebensgefahr bei Verschlucken
		Akut Tox. 2			H301	Lebensgefahr bei Hautkontakt
	Kategorie 3	Akut Tox. 3			H302	Giftig bei Verschlucken
		Akut Tox. 4			H303	Giftig bei Hautkontakt
Ätz-/Reizwirkung auf die Haut	Kategorie 1A	Hautätz. 1A		Gefahr	H314	Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden
		Hautätz. 1B			H315	Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden
	Kategorie 2	Hautreiz. 2			H317	Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden
		Hautreiz. 1C			H318	Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden

Einstufung		Kennzeichnung								
Gefahrenklasse	Gefahrenkategorien	Abkürzung der Einstufung (siehe Index)	Piktogramm, Code*	Signalwort	Code*	Gefahrenhinweis Wortlaut				
Schwere Augenschädigung / Augenreizung	Kategorie 1	Augenschäd. 1		Gefahr	H318	Verursacht schwere Augenschäden				
					H319	Verursacht schwere Augenreizung				
Sensibilisierung der Atemwege oder der Haut	Kategorie 1	Sens. Atemw. 1		Gefahr	H334	Kann bei Einatmen Allergie, asthmaartige Symptome oder Atembeschwerden verursachen				
					H335	Kann bei Einatmen Allergien oder Atembeschwerden verursachen				
Sensibilisierung der Haut	Kategorie 1	Sens. Haut 1		Achtung	H317	Kann allergische Hautreaktionen verursachen				
					H373	Kann allergische Hautreaktionen verursachen				
Keimzell-/Mutagenität	Kategorie 1A	Mutag. 1A		Gefahr	H340	Kann genetische Defekte verursachen**				
					Kategorie 1B	Mutag. 1B	H341	Kann vermutlich genetische Defekte verursachen**		
Krebsgenötigt	Kategorie 1A	Karz. 1A		Gefahr	H350	Kann Krebs erzeugen**				
					Kategorie 1B	Karz. 1B	H351	Kann bei Einatmen Krebs erzeugen**		
Kategorie 2	Karz. 2	Gefahr	H350	Gefahr	H351	Kann vermutlich Krebs erzeugen**				
					Kategorie 2	Karz. 2	Achtung	H351	Kann vermutlich Krebs erzeugen**	
** = Expositionsweg angeben, sofern schlüssig belegt ist, dass diese Gefahr bei keinem anderen Expositionsweg besteht										
Kategorie 1A	Repr. 1A	Gefahr		Gefahr	H360Df	Kann die Fruchtbarkeit beeinträchtigen oder das Kind im Mutterleib schädigen.				
					H360Df	Kann die Fruchtbarkeit beeinträchtigen oder das Kind im Mutterleib schädigen.				
Kategorie 1B	Repr. 1B	Gefahr		Gefahr	H360Df	Kann die Fruchtbarkeit beeinträchtigen oder das Kind im Mutterleib schädigen.				
					H360Df	Kann die Fruchtbarkeit beeinträchtigen oder das Kind im Mutterleib schädigen.				
Kategorie 2	Repr. 2	Achtung		Achtung	H360Df	Kann die Fruchtbarkeit beeinträchtigen oder das Kind im Mutterleib schädigen.				
					H360Df	Kann die Fruchtbarkeit beeinträchtigen oder das Kind im Mutterleib schädigen.				
Kategorie 1	Repr. 1	Gefahr		Gefahr	H360Df	Kann die Fruchtbarkeit beeinträchtigen oder das Kind im Mutterleib schädigen.				
					H360Df	Kann die Fruchtbarkeit beeinträchtigen oder das Kind im Mutterleib schädigen.				
Kategorie 2	Repr. 2	Achtung		Achtung	H360Df	Kann die Fruchtbarkeit beeinträchtigen oder das Kind im Mutterleib schädigen.				
					H360Df	Kann die Fruchtbarkeit beeinträchtigen oder das Kind im Mutterleib schädigen.				
** = (sofern bekannt, konkrete Wirkung angeben) / (Expositionsweg angeben, sofern schlüssig belegt ist, dass die Gefährdung bei keinem anderen Expositionsweg besteht) ** F = Fruchtbarkeit, D = Entwicklung (Reinreibung), f, d = vermutliche Wirkung										
Spezifische Zielorgan-Toxizität (einmalige Exposition)	Kategorie 1	STOT einm. 1		Gefahr	H370	Schädigt die Organe**				
					Kategorie 2	STOT einm. 2	H371	Kann die Organe schädigen**		
					Kategorie 3	STOT einm. 3	H372	Kann die Organe schädigen**		
Spezifische Zielorgan-Toxizität (wiederholte Exposition)	Kategorie 1	STOT wdh. 1		Gefahr	H373	Schädigt die Organe** bei längerer oder wiederholter Exposition**				
					Kategorie 2	STOT wdh. 2	H373	Kann die Organe schädigen** bei längerer oder wiederholter Exposition**		
** = (oder alle betroffenen Organe nennen, sofern bekannt) ** = (Expositionsweg angeben, sofern schlüssig belegt ist, dass diese Gefahr bei keinem anderen Expositionsweg besteht)										
Aspirationsgefahr	Kategorie 1	Asp. 1		Gefahr	H304	Kann bei Verschlucken und Eindringen in die Atemwege tödlich sein				
					Akut Kategorie 1	Aqu. akut 1	H400	Sehr giftig für Wasserorganismen		
					Chronisch Kategorie 1	Aqu. chron. 1	Achtung		H410	Sehr giftig für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung
										Chronisch Kategorie 2
Chronisch Kategorie 3	Aqu. chron. 3	Achtung	H412	Schädlich für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung						
				Chronisch Kategorie 4	Aqu. chron. 4	Achtung	H413	Kann für Wasserorganismen schädlich sein, mit langfristiger Wirkung		

ZUSÄTZLICHE EU-GEFÄHRENKLASSE
Gefahrenhinweis und das Signalwort sind in den Abschnitten für ergänzende Informationen aufzuführen.

* Der Code von Gefahrenpiktogrammen und H-Sätzen muss nicht in die Kennzeichnung aufgenommen werden.

Stand: Juli 2009

Einstufung bedeutet, einem Stoff oder Gemisch Gefahrenklassen und Kategorien sowie H-Sätze zuzuordnen gemäß Artikel 6 der CLP-Verordnung. Die **Kennzeichnung** ist die Mitteilung vom Gefahren, die von Stoffen / Gemischen ausgeht, können, auf der Verpackung und basiert auf der Einstufung. Darüber hinaus enthält sie R-Sätze und andere Maßnahmenempfehlungen, um deren schädliche Wirkung bei Verwendung oder Beseitigung zu begrenzen (Art. 17ff der CLP-Verordnung).

Anwendung der Gefahrstoffverordnung und der TRGS mit dem Inkrafttreten der GHS-Verordnung: In der Gefahrstoffverordnung werden die Bspätze zur Einstufung nach den Richtlinien 609/1/EWG und 1999/45/EWG, die zum 01.08.2009 außer Kraft treten, Übergangsweise beibehalten. Das heißt, das Schutzniveau bleibt zunächst unverändert. Dies gilt auch für die Technischen Regeln, die zunächst unverändert Anwendung finden. (Bekanntmachung des BfR vom 15.12.2008, BfR-30132 - GHS; Nr. 535; 22.01.2009; http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/TRGS/Bekanntmachung_BfR30132.html)

CLP-Verordnung (EG) Nr.1272/2008 und weiteres: www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/Einstufung-und-Kennzeichnung/Einstufung-und-Kennzeichnung.html

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
Friedrich-Henkel-Weg 1-25
42149 Dortmund

Piktogramme (Download): www.umwelt.org/tema/danger/publi/ghs/pictograms.html

Telefon: 0231 9071-1271
E-Mail: reach-clp@baua.bund.de
www.reach-clp-helpdesk.de

Der REACH-CLP-Helpdesk bei der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) hat jetzt ein Poster herausgegeben, das alle Informationen zur Einstufung und Kennzeichnung präsentiert. Das Poster im DIN A 1 Format enthält Gefahrenklassen und -kategorien sowie deren Abkürzung im Bereich der Einstufung. Das Poster kann in kleinen Mengen kostenlos bezogen werden über das Informationszentrum der BAuA, e-Mail info-zentrum@baua.bund.de.

Nachweis von Organophosphat-Nervengiften Extrem schnelles Ansprechen

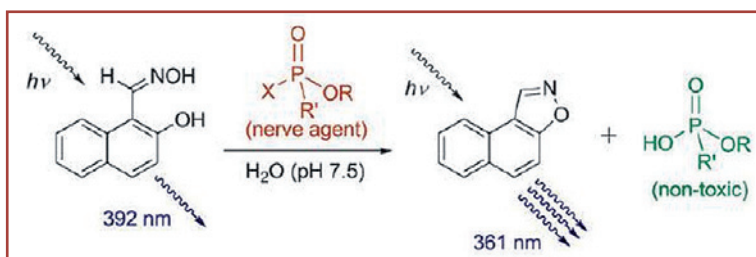
Julius Rebek, Jr. und Trevor J. Dale vom Scripps Research Institute in La Jolla (USA) haben jetzt eine neue Klasse von Sensoren entwickelt, die Nervengifte um bis zu fünf Größenordnungen schneller detektieren als bisherige Reagenzien.

Soman, Tabun und das bei terroristischen Anschlägen bereits verwendete Sarin sind chemische Kampfstoffe, die das zentrale Nervensystem lähmen. Eingeatmet können diese extrem giftigen organischen Phosphorsäureester („Organophosphate“) innerhalb von Minuten zum Tode führen. Entsprechend drängend ist die Suche nach raschen, einfachen Nachweismethoden für die unglücklicherweise relativ einfach herzustellenden farb- und geruchlosen Gase. Wie die Wissenschaftler in der Zeitschrift *Angewandte Chemie* berichten, weisen die neu entwickelten Substanzen die Nervengifte nicht nur selektiv nach, sondern machen sie gleichzeitig auch unschädlich.

Bisherige Nachweismethoden für Organophosphate krankten daran, dass sie nicht empfindlich genug, zu aufwendig und nicht vor Ort einsetzbar sind. Um diese Beschränkungen zu überwinden, hatten Rebek und Dale vor kurzem bereits ein neues Nachweisreagenz entwickelt, das ihnen mit einer Reaktionszeit im Sekundenbereich jedoch noch nicht schnell genug ansprach. Schritt für Schritt entwickelten die beiden Forscher ihr Reagenz weiter. Heraus kam dabei eine Klasse von Sensoren, die aus einem aromatischen Ringsystem

bestehen und eine Oxim-Gruppe ($-C=N-OH$) tragen (siehe Abbildung unten). Eine solche Gruppe verbindet sich extrem schnell mit Organophosphaten. Die Forscher führten ihre Versuche übrigens mit ungefährlichen Nervengiftnanaloga durch. In direkter Nachbarschaft zur Oxim-Gruppe trägt das Molekül eine Alkohol-Gruppe ($-OH$). Diese sorgt dafür, dass das Reaktionsprodukt gleich wieder gespalten wird. Das ist wichtig, da es nicht weniger toxisch als die ursprünglichen Nervengifte ist. Der Sensor geht dabei einen molekularen Ringschluss ein. Das aromatische Ringsystem hat zum Einen die Aufgabe, die Neigung des Sensors zu fördern, diese Spaltung mit Ringschluss einzugehen. Zum Anderen dient es als eigentlicher „Signalgeber“, der die Anwesenheit eines Organophosphats sichtbar macht: Das Ringsystem ist ein fluoreszierender Farbstoff, dessen Fluoreszenzintensität deutlich zunimmt, sobald sich die Struktur des Sensormoleküls durch den Ringschluss verändert. Dieser optische Nachweis spricht um vier bis fünf Zehnerpotenzen schneller an als das ursprüngliche Reagenz.

Auf Basis der neuen Reagenzien sollte sich eine einfache, rasch ansprechende, und hochempfindliche Detektionsmethode für Organophosphate entwickeln lassen. Da während der Nachweisreaktion das Nervengift unschädlich gemacht wird, ließen sich auf dieser Basis vielleicht sogar kombinierte Geräte zur gleichzeitigen Detektion und Neutralisierung der Toxine entwickeln. *Dr. Renate Hoer*



Aus der Bildungslandschaft

- Die Universität Regensburg strebt mit Unterstützung der Bayerischen Staatsministerien für Unterricht und Kultus sowie für Wissenschaft, Forschung und Kunst eine stärkere **naturwissenschaftlich-technische Profilierung für die Lehrämter an Grund- und Hauptschulen** an. Im Zuge dieser Profilbildung wird zum Wintersemester 2009/10 „Naturwissenschaft und Technik“ (NWT) als neues Didaktikfach eingeführt.
- Was sich in der Vergangenheit bereits für die Fächer Biochemie und Pharmazie bewährt hat, führt die Goethe-Universität ab dem Wintersemester 2009/2010 auch für die **Chemie ein: Sie wählt ihre Studienbewerber selbst aus** (mit Ausnahme der 40 Prozent Bewerber für die zulassungsbeschränkte Biochemie, die der Universität über die Zentralstelle für die Vergabe von Studienplätzen, ZVS, zugewiesen werden). In dem zeitaufwändigen Verfahren führen die Professoren des Fachbereichs Einzelgespräche mit allen Studieninteressierten, in denen sie nicht nur deren Eignung und Motivation prüfen, sondern auch einen Abgleich mit den Erwartungen der Bewerber anstreben.
- Wie das Statistische Bundesamt (Destatis) mitteilt, haben an deutschen Hochschulen im **Wintersemester 2008/2009 insgesamt 455 300 Studierende ein Studium im ersten Fachsemester begonnen**. Das waren 12% mehr als im Vorjahr. 66% aller Studienanfängerinnen und -anfänger (301 800) schrieben sich in einen Bachelorstudiengang ein. Damit nahmen die Studierenden im ersten Fachsemester eines Bachelorstudiums im Vergleich zum vorhergehenden Wintersemester um 25% zu.
- Die **Zahl der Physikstudierenden** an deutschen Universitäten hat gegenüber dem Vorjahr um 2,6 Prozent auf 29 215 zugenommen. Gleichzeitig gibt es mehr Absolventen. Im Lehramtsstudium gab es allerdings rund 15 Prozent weniger Anfänger als im Jahr 2008.
- Zum Wintersemester 2009/2010 startet an der Universität Göttingen der interdisziplinäre **Bachelor-Studiengang Materialwissenschaft**, der insbesondere die naturwissenschaftlichen Grundlagen für diese Disziplin vermittelt. Eine Bewerbung zum Wintersemester 2009/2010 ist bis zum 9. Oktober 2009 möglich.
- Als erste Hochschule in Deutschland gründet die Ruhr-Universität Bochum ein **Schülerlabor für Geisteswissenschaften**. Die Alfred Krupp von Bohlen und Halbach-Stiftung, Essen, unterstützt die Gründung des Schülerlabors mit 100 000 Euro.
- Mehr als 1700 Studierende haben im vergangenen Semester an Kursen des **E-Learning-Verbunds RuhrCampusOnline** teilgenommen. Damit hat sich die Anzahl der Studierenden im Vergleich zum vergangenen Semester (840) mehr als verdoppelt. Die Anzahl der Kurse hat sich von 10 (WS 2008/2009) auf 24 (SS 2009) erhöht.

Keramische Werkstoffe

Mehrere richtige Antworten pro Frage sind möglich.

1 Welches Element findet sich in nahezu jeder Keramik?

- A Si.
- B Fe.
- C O.
- D Al.
- E Mg.

2 Welche Zeile zeigt eine Formel für Kaolinit?

- A $Mg_3(OH)_4[Si_2O_5]$.
- B $Al_2(OH)_4[Si_2O_5] \cdot 2H_2O$.
- C $Mg_3(OH)_2[Si_2O_5]_2$.
- D $K[AlSi_3O_8]$.
- E $Al_2(OH)_4[Si_2O_5]$.

3 Welche Beschreibung trifft auf Kaolinit zu?

- A Weiß.
- B Blättchenförmig.
- C Bräunlich.
- D Nadelförmig.
- E Durchsichtig.

4 Was ist eine Anwendung für Kaolinit?

- A Rohstoff für Porzellan.
- B Deckkraftverbesserer für Lacke.
- C Füllstoff in der Papierindustrie.
- D Ausgangsprodukt für Molekularsiebe.
- E Trägerstoff für Medikamente.

5 Der Rohstoff für Terrakotta enthält ...

- A ... Sand.
- B ... Kaolin.
- C ... Eisen.
- D ... Glimmer.
- E ... Kaolinit.

6 Zur Herstellung von Tonwaren benötigen Tonminerale Zusatzstoffe, weil ...

- A ... das Magerungsmittel Orthoklas das Schwinden beim Brennen vermeidet.
- B ... Quarzsand das Schwinden beim Brennen vermeidet.
- C ... das Flussmittel Orthoklas die Sintertemperatur erniedrigt.
- D ... Feldspat die Sintertemperatur erniedrigt.
- E ... pulverförmiger gebrannter

Ton als Magerungsmittel beim Brennen das Schwinden vermeidet.

7 Was geschieht beim Brennen von getrockneter Keramikmasse?

- A Bei etwa 100 °C verdampft das Kristallwasser.
- B Bei etwa 200 °C bilden sich Poren.
- C Bei etwa 450 °C beginnt H_2O aus den Hydroxiden zu entweichen.
- D Bei etwa 950 °C schmilzt SiO_2 .
- E Je höher die Brenntemperatur, desto poröser ist das Produkt.

8 Woraus besteht eine als Werkzeug eingesetzte Oxidkeramik?

- A Al_2O_3 .
- B ZrO_2 .
- C TiO_2 .
- D MgO .
- E ZnO .

9 Wozu dient Oxidkeramik?

- A Zum Fräsen.
- B Zum Schneiden bei hohen Temperaturen.
- C Zum Schneiden bei stark wechselnden Temperaturen.
- D Als Auskleidung für Hochöfen.
- E Zum Schneiden in korrosiver Atmosphäre.

10 Welches Element ist häufig in typischer nichtoxidischer Keramik enthalten?

- A Si.
- B N.
- C C.
- D O.
- E B.

11 Was trifft auf die Verbindung SiC als technische Keramik zu?

- A SiC wird durch Abbau von Moissanit gewonnen.
- B SiC wird als Gleitlager in Chemiepumpen verwendet.
- C SiC wird aus Quarzsand und Koks hergestellt.
- D Siliciuminfiltriertes SiSiC ist korrosionsbeständiger als SiC.

E SiO_2 und C reagieren bei etwa 500 °C zu SiC und CO_2 .

12 Als technische Keramik ist die Verbindung BN ...

- A... härter als Diamant.
- B ... als Borazon härter als SiC.
- C ... als Borazon temperaturbeständiger als Diamant.
- D ... bei Normalbedingungen analog zu Graphit aufgebaut und als Schmiermittel geeignet.
- E ... als kubisch diamantähnlich kristallisiertes Borazon als Schleifmittel geeignet.

13 Welche Aussage ist falsch?

- A Um Keramik wasserdicht zu machen, muss sie grundsätzlich glasiert werden.
 - B Glasuren können die elektrischen Eigenschaften von Keramik verbessern.
 - C Um Keramik wasserdicht zu machen, wird sie bei 3000 °C gebrannt.
 - D Glasuren entstehen aus einem Mineralmehlgemisch.
 - E Keramik lässt sich mit NaCl glasieren.
- 14 Auf welcher Grundlage lässt sich eine Keramik blau glasieren?
- A Zirkonium.
 - B Cobalt.
 - C Chrom.
 - D Mangan.
 - E Eisen.

Lösungen zu Seite M56 (CLB 8-9/2009):

1 A; 2 B, D; 3 B, D; 4 C; 5 D; 6 B, C, D; 7 A, B, C, D, E; 8 C; 9 B, E; 10 A; 11 E; 12 A; 13 D; 14 D.

(Lösungen zu den Fragen hier finden Sie in CLB 11/2009 sowie auf www.clb.de)

Die beliebten Fragen aus dem CLB-Memory gibt es auch als Buch (244 Seiten mit ca. 80 Abbildungen; ISBN 3-9810449-0-8). Hier stehen Antworten und ausführliche Erläuterungen dazu. Die Themen werden zudem durch einen geschichtlichen Rückblick und Randinformationen in einen Gesamtzusammenhang eingeordnet. Karikaturen von Ans de Bruin lockern die Arbeit beim Lösen der Fragen auf.

Preis je Buch: 24,50 Euro incl. MWSt. und Versand.

Alles Repetito – oder was???

Maren Bulmahn • Rolf Kickuth

Dieses Buch gibt Einblicke in die Chemie und angrenzende Naturwissenschaften in Form von Einführungen in verschiedene Gebiete, Fragen und den dazugehörigen Antworten. Es wendet sich an alle, die Grundlagenwissen festigen wollen. Oberstufenschüler mit Schwerpunkt Chemie/Naturwissenschaften, Auszubildende, Schüler an technischen Fachschulen und auch Studenten in den ersten Semestern von Chemie und Biologie, insbesondere auch in den Bachelor-Studiengängen, können Gelerntes wiederholen und vertiefen, aber auch Neues erfahren. Wer seit Jahren im Labor steht, dem macht es Spaß, sein Wissen kurzweilig zu überprüfen und auf dem neuesten Stand zu halten. So haben es die CLB-Leser berichtet, die diese Art von Fragen aus der Zeitschrift kennen. Über 100 Abbildungen und Tabellen erleichtern das Verständnis des Textes; gelegentlich unterbricht ein Comic den Ernst des Stoffes.

ISBN 3-9810449-0-8



9 783981 044904

Bulmahn
Kickuth

Alles Repetito – oder was???

Rubikon

Alles Repetito – oder was???

fragt der Bachelor die Laborantin



Maren Bulmahn • Rolf Kickuth

Abo-Bestellcoupon

JA, ich möchte die CLB abonnieren. Ich erhalte als persönlicher Abonnent die CLB zunächst für ein Jahr (=12 Ausgaben) zum Preis von 100,00 Euro zzgl. Versandkosten (Inland: 13,60 Euro, Ausland: 24,40 Euro). Das Abonnement verlängert sich automatisch um ein weiteres Jahr, wenn es nicht bis acht Wochen vor Ende des Bezugsjahres gekündigt wird.

Datum / 1. Unterschrift

Name / Vorname

Widerrufsrecht: Diese Vereinbarung kann ich innerhalb von 20 Tagen beim Agentur und Verlag Rubikon Rolf Kickuth, Bammertaler Straße 6–8, 69251 Gaiberg, schriftlich widerrufen. Zur Wahrung der Frist genügt die rechtzeitige Absendung des Widerrufs. Gesehen, gelesen, unterschrieben. Ich bestätige die Kenntnisnahme des Widerrufsrechts durch meine 2. Unterschrift.

Straße / Postfach

Land / PLZ / Ort

Datum / 2. Unterschrift

Telefon oder e-Mail

FAX-Hotline: 06223-9707-41

Für 100,00 Euro pro Jahr (incl. 7 % MWSt., zzgl. Versandkosten) erhalten Sie als persönlicher Abonnent monatlich die CLB mit dem MEMORY-Teil (Firmen- und Bibliothekenabos mit Sonderpreis; siehe www.clb.de).

**Dazu als Abogeschenk das CLB-Buch
Alles Repetito – oder was???**

Die Plasmonenresonanz von Nano-Goldpartikeln

In unserer Forschungsarbeit beschäftigen wir uns mit dem Phänomen der Plasmonenresonanz bei Nano-Goldkolloiden und seiner Nutzung für physikalische Anwendungen (siehe auch CLB 05-2001, S. 184-185: Plasmonresonanz am Graffinity-Mikroarray). Partikel im Größenbereich von wenigen Nanometern unterscheiden sich in vielen Eigenschaften von massiven Materialien, wodurch bereits bekannte Stoffe in völlig anderen Bereichen der Forschung eingesetzt werden können als bisher. Insbesondere die Verwendung metallischer Nano-Partikeln in Bereichen der Medizin, Technik oder Chemie hat neuartige Entwicklungen ermöglicht.

Einleitung

Ein Phänomen, welches in metallischen Nano-Partikeln auftritt, ist die Plasmonenresonanz. Dabei handelt es sich um eine Schwingung der Leitungselektronen im Feld einer Lichtwelle. Durch die geringe Größe der Partikel führt die Auslenkung der Elektronen zu einer Polarisation und damit zur Ausbildung einer Resonanz, welche bei massivem Gold nicht vorhanden ist. Die Plasmonenschwingung führt zur Absorption von Licht einer bestimmten Wellenlänge, welche bei Goldpartikel im Bereich von ca. 520 nm liegt. Dadurch erscheint eine Lösung mit Goldpartikeln rubinrot. Diese rote Farbe wurde früher für die Färbung von Kirchenfenstern genutzt (siehe auch den Artikel „Von kolloidalem Gold und nanodünne Silber: Historische Experimente zur Nanochemie“ (Georg Schwedt) in CLB 03-2009, Seiten 102-106). Die Resonanzwellenlänge hängt von Größe, Form und Material der Partikel sowie den Eigenschaften des umgebenden Mediums ab. Sehr kleine Partikel im Größenbereich von ca. 1,7 nm zeigen keine Plasmonenresonanz mehr, da keine Bandstruktur mehr existiert. Diese Partikel zeigen ein Linienspektrum, verhalten sich also ähnlich wie Atome. Die Plasmonenresonanz kann somit als Indikator für eine Veränderung in der elektronischen Struktur des Partikels angesehen werden.

Die Autoren

Karen Wintersperger und Lucas Rott sind in diesem Jahr Bundessieger im Fach Physik des Wettbewerbs „Jugend forscht“. Wintersperger machte in diesem Jahr Abitur und beginnt nun ein Physikstudium in Göttingen. Rott wird wohl nach seinem Abitur im nächsten Jahr und Zivildienst ebenfalls Physik studieren.



Zunächst haben wir Goldpartikel in wässriger Lösung nach der Turkevich-Methode hergestellt. Unser Ziel war es dabei, die Form und Größe der Partikel durch chemische Änderungen im Herstellungsprozess gezielt einzustellen. Die Lösungen wurden dann in Zusammenarbeit mit der Universität Kassel mit einem Spektrometer untersucht und die Resonanzwellenlänge der Goldkolloide gemessen. Außerdem haben wir unsere Proben mit dem Transmissionselektronenmikroskop untersucht, um die Form und Größe der Partikel zu bestimmen. Durch unsere Messungen konnten wir Zusammenhänge zwischen den Herstellungsbedingungen, der Partikelgeometrie und der Plasmonenresonanz herstellen. Um insbesondere die Verbindung zwischen Partikelgeometrie und der Lage und Breite der Plasmonenresonanz genauer beschreiben und erklären zu können, haben wir die Plasmonenresonanz physikalisch erklärt und für Kugeln und Ellipsoide berechnet. Durch unsere theoretische Beschreibung konnten wir die experimentell ermittelten Zusammenhänge bestätigen und physikalisch differenzierter erklären.

Um unsere Rechnung zu überprüfen, haben wir dann eine eigene Auswertungsmethode entwickelt. Wir kombinierten die Messergebnisse von TEM und Spektrometer mit Hilfe theoretischer Berechnungen mit dem Computeralgebrasystem Mathematica. Dabei konnten wir eine gute Übereinstimmung von Messung und Theorie erreichen, was als Bestätigung unserer Rechnung gesehen werden kann.

Unsere Informationen über die Herstellungsbedingungen sowie die Ergebnisse der theoretischen Betrachtung wollen wir nutzen, um mit Hilfe von Nano-Goldpartikeln optische Bauteile herzustellen. Dabei können die Lösungen selbst als Farbfilter verwendet werden. Durch Integration der Partikel in einen Feststoff könnten sogar doppelbrechende Medien hergestellt werden. Unser Ziel ist es, die Goldpartikel auf Oberflächen aufzutragen, sodass sie in definierten Abständen fixiert sind. Damit könnte möglicherweise eine Struktur ähnlich einem photonischen Kristall hergestellt werden.

Herstellung der Partikel

In diesem Abschnitt wird die Herstellung der Partikel erläutert: Als erstes soll die chemische Reaktion beschrieben werden, wobei wir versucht haben, in Anlehnung an Fachliteratur [7] selbst ein Modell für den Mechanismus der Clusterbildung zu entwickeln. Für eine gezielte Beeinflussung der Partikel bei der Herstellung ist eine solche Vorstellung von entscheidender Wichtig-

keit. Anschließend werden die zur Herstellung nötigen Konzentrationen berechnet und die damit verbundenen Erwartungen an das Versuchsergebnis beschrieben. In Abschnitten *Versuch 1* und *Versuch 2* folgen dann die Beschreibung der Versuchsdurchführung sowie unsere Beobachtungen.

Reaktionsverlauf und Manipulationsmöglichkeiten

Zur Herstellung der Partikel haben wir die Turkevich-Methode [10] gewählt. Dabei handelt es sich um die Reduktion von Tetrachlorogoldsäure HAuCl_4 durch Tri-Natriumcitrat $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7\text{Na}_3$ zu elementarem Gold. In der gängigen Literatur [12] werden zumeist nur die Ausgangsstoffe für die Reaktion sowie die Durchführung beschrieben, die angegebenen Reaktionsgleichungen widersprechen sich jedoch teilweise. Die Goldsäure wird in wässriger Lösung zum Kochen gebracht, anschließend gibt man die Citratlösung dazu. Diese Mischung wird dann unter rigorosem Rühren weiterhin am Sieden gehalten. Gemäß den Beschreibungen dieser Methode sollte dann nach wenigen Minuten eine Rotfärbung der Lösung auftreten. Das Erhitzen wird beendet, wenn sich die Farbe nicht mehr nennenswert verändert. Die entstehenden Goldpartikel sollten im Bereich von 5-15 nm liegen.

Da die Beeinflussung der Partikelform und -größe auf chemischem Weg im Rahmen unseres Versuchsaufbaus einfacher zu ermöglichen war als Modifikationen auf physikalische Art, zum Beispiel durch gezielte Bestrahlung gepulster Laser, mussten wir zunächst eine eigene Vorstellung vom Reaktionsmechanismus entwickeln, um dann gezielt Veränderungen im Herstellungsprozess vornehmen zu können.

Da wir für die Herstellung das Salz Natriumcitrat verwenden, liegt das Citrat in unserer Lösung in Form von Säureanionen $[\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7]^{3-}$ vor. Die Tetrachlorogoldsäure dissoziiert zu einem gewissen Teil in Wasser, die für uns wichtigen Bestandteile sind also die $[\text{AuCl}_4]^-$ -Ionen. Werden Goldsäure-Anionen „wegreduziert“, verschiebt sich das Gleichgewicht der Dissoziation, wodurch weitere HAuCl_4 -Komplexe ein H^+ -Ion abspalten, also wieder neuer Ausgangsstoff für die Reduktion entsteht. Die Ausgangsstoffe liegen also beide in Ionenform vor. Wir haben den Reaktionsprozess in zwei Teile gegliedert: Die erste Phase beinhaltet die Reduktion der Goldsäure und die anschließende Clusterbildung. Der zweite Teil bezeichnet das Wachstum der Cluster.

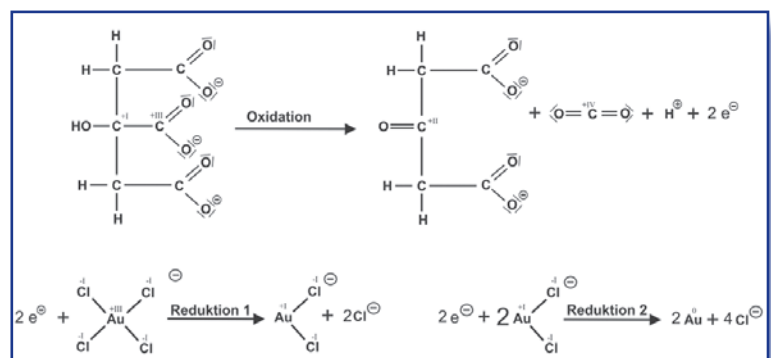
Die Reduktion kann man sich wiederum in zwei Schritten vorstellen: Die Tetrachlorogoldsäure wird zunächst zu einem Zwischenprodukt reduziert, welches nur noch zwei Chlor-Atome enthält. Anschließend wird dieses Produkt zu elementarem Gold reduziert. Das Reduktionsmittel ist bei beiden Schritten das Citrat-Ion, es wird zu Aceton-Dicarbonsäure $[\text{C}_5\text{H}_4\text{O}_5]^{2-}$ oxidiert, dabei entsteht Kohlenstoffdioxid. In Abbildung 1 haben wir die wichtigsten Schritte der Reaktion nach unserer Vorstellung dargestellt.

Nachdem ein bestimmter Teil der Goldsäure reduziert wurde, liegt ein Überschuss an Goldatomen vor. Aufgrund dieses Ungleichgewichts lagern sich die Goldatome zu Clustern zusammen (Nukleation), sodass insgesamt weniger einzelne Teilchen vorhanden sind. Die übrige Goldsäure wird dann ebenfalls reduziert, das nun entstehende elementare Gold lagert sich an den bereits vorhandenen Clustern an, dies haben wir dann als die oben erwähnte Wachstumsphase der Kolloide bezeichnet. Die Goldcluster sind von einer negativen Ligandenhülle umgeben, dabei kann es sich sowohl um nicht oxidierte Citrationen als auch um Anionen der Aceton-Dicarbonsäure handeln. Durch die Ligandenhülle werden die Kolloide stabilisiert, da eine Zusammenlagerung durch die elektrostatische Abstoßung erschwert wird.

Einfluss der Citratkonzentration. Da durch die Reduktion der Goldsäure die Clusterbildung in Gang gebracht wird, haben wir vermutet, dass die Konzentration des Reduktionsmittels einen Einfluss auf die Größe der Cluster hat. Je nach Höhe der Citratkonzentration sollte im Rahmen unseres Reaktionsmechanismus die Reduktion mehr oder weniger schnell verlaufen. Liegt eine hohe Citratkonzentration vor, so werden sehr viele Goldsäure-Teilchen in kurzer Zeit reduziert, sodass zu Beginn der Clusterbildung ein größerer Überschuss an Goldatomen vorhanden ist. Liegt eine geringere Citratkonzentration vor, verläuft die Reduktion langsamer und der Konzentrationsüberschuss an Gold-Atomen ist geringer. Dies müsste am Einsetzen der Verfärbung der Lösung beim Herstellungsprozess zu beobachten sein. Durch die unterschiedliche Anzahl an Keimen bei verschiedenen Citratkonzentrationen könnten Partikel unterschiedlicher Form und Größe entstehen.

Dauer der Wärmezufuhr. Neben der Citratkonzentration könnte auch die Dauer der Wärmezufuhr einen Einfluss auf die Bildung der Partikel haben. Lässt man die Lösung nach stabiler Färbung noch weiter sieden, müssten die Teilchen mehr Gelegenheiten haben, aufeinander zu stoßen. Dies könnte die Größe der Partikel beeinflussen, da sich entweder größere Teilchen durch Zusammenfügen kleinerer Partikel bilden könnten oder durch Aufeinanderprallen in kleinere Teilchen zerlegt werden könnten. Außerdem könnten die Partikel kugelförmiger werden, da dies die energetisch günstigere Form darstellt und sie mehr Zeit haben, sich anzuordnen.

Abbildung 1: Reaktionsschema der Herstellung



Versuch 1: Einfluss der Citratkonzentration

In dieser ersten Versuchsreihe war es unser Ziel, den Einfluss der Citratkonzentration auf die Entstehung der Partikel zu untersuchen und eine geeignete Citratkonzentration für die Herstellung zu ermitteln. Dafür haben wir bei konstanter Konzentration an Goldsäure die Citratkonzentration verändert und so versucht, ein maximales bzw. minimales Konzentrationsverhältnis für eine gezielte Herstellung zu finden.

Goldsäure. Als Basis haben wir eine wässrige Stammlösung mit einer Konzentration von $C_{St} = 5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{mol}}{\text{l}}$ hergestellt. Für jede Herstellung wurde 1 ml dieser Lösung mit weiteren 18 ml zweifach deionisiertem Wasser verdünnt. Dazu wurde dann 1 ml der jeweiligen Citratlösung gegeben, sodass das Gesamtvolumen der Lösung stets 20 ml betrug. Die Goldkonzentration C_{Au} in der Gesamtlösung lässt sich wie folgt berechnen:

$$n = C_{St} \cdot V = 5 \cdot 10^{-6} \text{ mol}$$

$$C_{Au} = \frac{n}{V} = \frac{5 \cdot 10^{-6} \text{ mol}}{0.02 \text{ l}} = 2.5 \cdot 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{l}}$$

Verwendete Citratkonzentrationen. Wir haben vier verschiedene Verhältnisse von Citrat- zu Goldkonzentration verwendet: 0,5:1, 1:1, 4:1 und 8:1. Die Berechnung der zu verwendenden Citratmenge wird am Beispiel des Konzentrationsverhältnisses 4:1 gezeigt. Die Konzentration in der Gesamtlösung mit dem Volumen von 20 ml soll demnach $C_{Ci} = 10^{-3} \frac{\text{mol}}{\text{l}}$ betragen, die vorhandene Stoffmenge an Citrat beträgt also $n = 2 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$. Diese Menge ist in 1 ml der Stammlösung vorhanden, in 25 ml Stammlösung beträgt die Stoffmenge dementsprechend $n_{ges} = 25 \cdot n = 5 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$. Mit Hilfe der molaren Masse kann die benötigte Masse an Natriumcitrat bestimmt werden:

$$m_{St} = M_{NaCi} \cdot n = 254.031 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 5 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \approx 0.127 \text{ g}$$

Für die Herstellung des Konzentrationsverhältnisses 4:1 werden also 0,127 g Natriumcitrat in 25 ml Wasser benötigt. Die übrigen Citratmengen wurden ebenso berechnet:

Verhältnis	8:1	4:1	1:1	0,5:1
Masse Citrat [g]	0.127	0.127	0.127	0.0635
Volumen Wasser [ml]	12.5	25	100	100

Tabelle 1: Verwendete Citratmengen Versuch 1.

Versuch 2: Einfluss der Siedezeit

In diesem Versuch sollte untersucht werden, welchen Einfluss eine Verlängerung der Dauer der Wärmezufuhr während der Reaktion auf die Form und Größe der Teilchen hat. Um den Einfluss der Siedezeit unabhängig vom Einfluss der Citratkonzentration zu untersuchen, haben wir diesen Versuch mit zwei verschiedenen Citratmengen durchgeführt.

Verwendete Citratkonzentrationen. Nachdem wir die Proben von Versuch 1 bereits ausgewertet hatten, haben wir uns für diesen Versuch für das Konzentrationsverhältnis von 0,5:1 und 8:1 entschieden, da die Partikel in diesen beiden Lösungen am unterschiedlichsten aussehen müssten und wir so den Einfluss der Siededauer möglichst unabhängig von der Citratkonzentration untersuchen könnten. Wir haben für beide Verhältnisse eine Lösung nach der bereits beschriebenen Methode hergestellt und eine zweite Lösung, welche ca. 45 min weiter geheizt wurde.

Gemäß den Erläuterungen in Abschnitt *Reaktionsverlauf und Manipulationsmöglichkeiten* müssten mit längerer Siededauer Partikel anderer Größe bzw. anderer Form entstehen, welche zudem gleichmäßiger verteilt sein sollten. Außerdem könnte die Form- und Größenverteilung einheitlicher sein.

Beobachtungen

Insgesamt konnten wir bei allen Teilversuchen eine Verfärbung der Lösung beobachten.

Die 19 ml Goldlösung wurden zunächst zum Sieden gebracht, dann wurde 1 ml der entsprechenden Citratlösung hinzugegeben. Dabei konnten wir unterschiedliche Farbänderungen während der Reaktion beobachten: Bei niedrigen Citratkonzentrationen setzte die Reaktion später ein und die Lösung verfärbte sich anfangs hellgrau und dann kontinuierlich zu dunkelgrau. Danach schlug die Farbe der Lösung schlagartig zu rot, bzw. violett um. Ab diesem Zustand änderte sich die Farbe nicht mehr signifikant. Bei höheren Citratkonzentrationen setzte die Reaktion nahezu sofort ein und die Lösung wurde zunächst hellrot, es folgte eine kontinuierliche Verfärbung zu rot. Die Endfarbe variierte bei den verschiedenen Citratkonzentrationen zwischen Farbtönen von hellrot bis violett. Somit konnten wir Teilchen herstellen, welche die Plasmonenresonanz zeigen.

Die beobachteten Farbänderungen während der Herstellung deuten auf den Verlauf der Reaktion hin. Interpretiert man das Einsetzen der Rotfärbung als Beginn der Clusterbildung, werden die zuvor geäußerten Erwartungen bestätigt: Bei einer niedrigen Citratkonzentration verläuft die Reduktion langsamer, die Clusterbildung erfolgt später und der Konzentrationsüberschuss an Gold-Atomen müsste geringer sein. Bei höheren Konzentrationen müsste also die Clusterbildung früher begonnen haben, dies wird durch eine frühere Rotfärbung bestätigt.

Die Farbe der Lösungen veränderte sich mit abnehmendem Konzentrationsverhältnis: Für die Verhältnisse 4:1 und 8:1 zeigte die Lösung eine hellrote Farbe, beim Verhältnis 1:1 war sie eher weinrot und für das Verhältnis 0,5:1 war sie dunkelviolett. Die länger gesiedeten Proben zeigten für beide Verhältnisse keine sichtbare Änderung der Farbe im Vergleich zu den jeweiligen Proben mit normaler Siededauer. Die Farbe der Lösung kann also über das Konzentrationsverhältnis beeinflusst werden. Um die sichtbaren Änderungen der Farbe quan-

titativ zu messen und insbesondere den Einfluss der Siededauer nochmals genauer zu untersuchen, haben wir unsere Proben mit einem Spektrometer untersucht.

Charakterisierung der Partikel mittels Spektromter

Anhand der Rotfärbung unserer Proben konnten wir die Plasmonenresonanz bereits phänomenologisch betrachten. Für eine quantitative Untersuchung haben wir durch Messung mit einem Zweistrahl-Spektrometer die Absorptionsfrequenz der verschiedenen Kolloid-Lösungen bestimmt. Dabei wollten wir den Zusammenhang zwischen Citratkonzentration und Lage der Resonanz quantitativ untersuchen und außerdem den Einfluss der Siededauer genauer betrachten, da mit dem bloßen Auge kein Unterschied zwischen den normal und den lange gesiedeten Proben zu sehen war.

Einfluss der Citratkonzentration

Die Aufzeichnung der Spektren erfolgte mit einem Computerprogramm des Spektrometers, die dazu gezeigten Bilder sind mit Mathematica aus den Messdaten geplottet. Die Abbildung 2 zeigt die Absorption der Proben mit den vier verschiedenen Konzentrationsverhältnissen. Die Messung erfolgte im Wellenlängenbereich von 200 nm bis 900 nm. Zur besseren Übersicht wird hier nur der Bereich von 400 nm bis 800 nm gezeigt, da sich die Kurven oberhalb von 800 nm nicht mehr nennenswert verändern. Der Bereich von 200 nm bis 400 nm ist abgetrennt, da dort die Interbandabsorption sichtbar sein müsste, eine Absorption der gebundenen Elektronen, welche dadurch ins Leitungsband wechseln. Gold besitzt Interbandübergänge im sichtbaren Bereich ab einer Schwellenenergie von ≈ 2.38 eV [1]. Dies wird auch dadurch bestätigt, dass dieser Teil des Spektrums bei allen Proben nahezu identisch ist. Dies ist ein anderes Phänomen als die Plasmonenresonanz, weswegen dieser Teil des Spektrums für uns nicht relevant war. Auf dem ersten Bild sind die Resonanzen der vier verschiedenen von uns verwendeten Konzentrationsverhältnisse bei normaler Siededauer dargestellt.

Wir haben für alle Proben die Wellenlänge der Plasmonenresonanz ermittelt, um einen möglichen direkten Zusammenhang zwischen dem Konzentrationsverhältnis von Citrat und Goldsäure und der Lage der Resonanz herstellen zu können. Außerdem haben wir die Linienbreiten (Halbwertsbreiten) der Resonanzen ermittelt:

Verhältnis	8:1	4:1	1:1	0,5:1
Resonanzwellenlänge	522nm	521nm	530nm	545nm
Halbwertsbreite	80nm	86nm	94nm	176nm

Tabelle 2:
Resonanzwellenlängen und Halbwertsbreiten Versuch 1.

Die Konzentrationsverhältnisse 8:1 und 4:1 zeigen nahezu identische Resonanzwellenlängen und Linienbreiten. Für die Verhältnisse 4:1 bis 0,5:1 ist sowohl

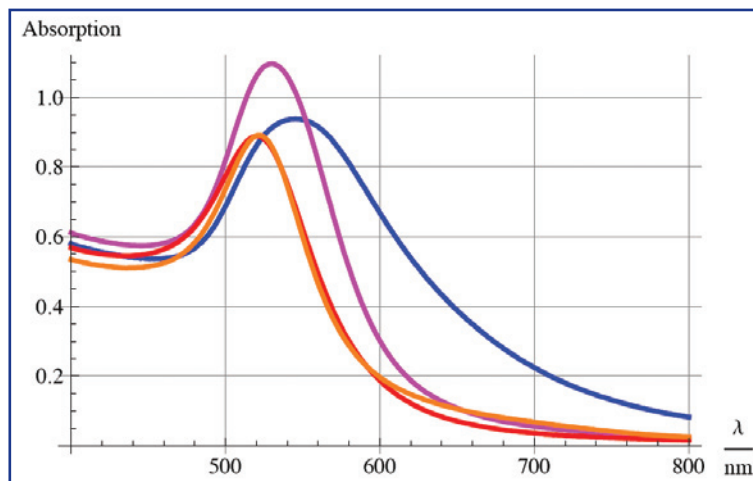
eine eindeutige Rotverschiebung der Resonanz als auch eine Verbreiterung der Linien erkennbar. Somit zeigen die Lösungen mit abnehmendem Konzentrationsverhältnis von Citrat zu Gold größere Resonanzwellenlängen und breitere Absorptionsspektren. Ab einem Verhältnis von 4:1 scheint eine Art Sättigung vorzuliegen, da sich hier sowohl die Lage als auch die Breite der Resonanz nicht mehr weiter verändern. Unser nächstes Ziel war es, den Zusammenhang zwischen Rotverschiebung der Resonanz und Verbreiterung des Spektrums mit abnehmendem Konzentrationsverhältnis sowie das Phänomen der Sättigung ab dem Verhältnis 4:1 physikalisch zu erklären und zu berechnen.

Einfluss der Siededauer

In Abbildung 3 sind die Absorptionsspektren für die Verhältnisse 8:1 und 0,5:1 mit normaler und ca. 45 min Siededauer dargestellt. Man kann erkennen, dass sich die Resonanzwellenlänge tatsächlich kaum verändert hat, dafür die Resonanz aber bei beiden Proben leicht schwächer geworden ist. Dabei ist beim Verhältnis 8:1 eine stärkere Abnahme zu verzeichnen als bei 0,5:1. Dies bestätigt unsere Beobachtung der Lösungen, da wir für beide Verhältnisse gleiche Farben der Proben festgestellt hatten. Die Resonanz der lange gesiedeten Probe liegt für 8:1 bei 519 nm, für 0,5:1 bei 546 nm. Der Unterschied der Resonanzwellenlängen ist also für beide Proben sehr gering, für das Verhältnis 8:1 beträgt er 1 nm, für 0,5:1 3 nm.

Durch Verlängerung der Siededauer wird demnach die Absorption der Proben, also die Stärke der Plasmonenresonanz, verringert. Durch Verringerung des Konzentrationsverhältnisses im Bereich zwischen 4:1 und 0,5:1 wird, wie bereits beschrieben, die Resonanz rotverschoben und verbreitert. Diese Beobachtungen müssten mit der Form und Größe der Partikel zusammenhängen. Um den Einfluss der Partikelgeometrie auf die Resonanzkurve zu beschreiben, haben wir die Plasmonenresonanz physikalisch erklärt und für Kugeln und

Abbildung 2:
Spektrometermessung Verhältnis 8:1 orange, 4:1 rot, 1:1 pink, 0,5:1 blau.



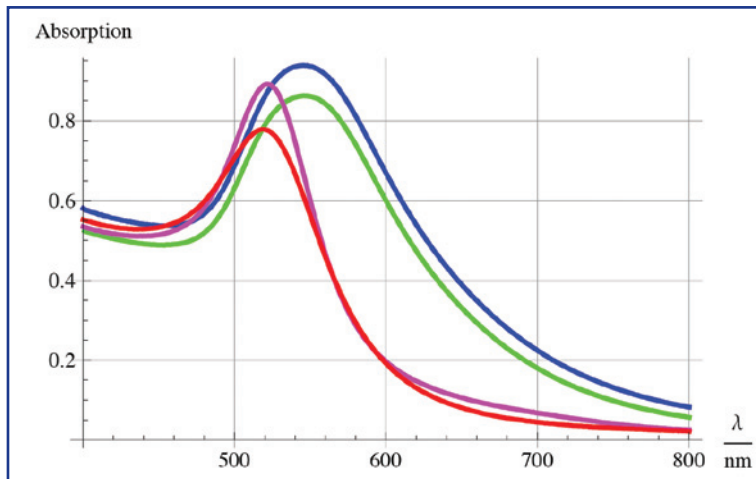


Abbildung 3:
Spektrometermessung: Verhältnis 8:1 pink, 8:1 (45 min) rot, 0,5:1 blau, 0,5:1 (45 min) grün.

Ellipsoide theoretisch berechnet (siehe Abschnitt *Berechnung der Resonanzfrequenz*). Anschließend haben wir die Partikel unter dem Transmissionselektronenmikroskop untersucht (siehe Abschnitt *Charakterisierung der Partikel mittels TEM*), um ihre genaue Form und Größe zu bestimmen und damit einen direkten Zusammenhang zwischen den Herstellungsbedingungen und der Partikelgeometrie zu finden.

Berechnung der Resonanzfrequenz

Um unsere Messung möglichst umfangreich auswerten zu können, haben wir die Plasmonenresonanz nicht nur für kugelförmige, sondern allgemein für ellipsoide Partikel berechnet. Dafür haben wir zunächst die optischen Eigenschaften von Nano-Goldpartikeln behandelt (Abschnitt *Die dielektrische Funktion von kolloidalem Gold*), welche durch die dielektrische Funktion beschrieben werden. Um die Resonanzfrequenz der Plasmonenschwingung zu bestimmen, haben wir die frequenzabhängige Polarisierbarkeit sowohl für kugelförmige als auch ellipsoide Partikel berechnet (Abschnitt *Polarisierbarkeit einer Kugel und einer Ellipse im dielektrischen Medium*). Für unsere Rechnung haben wir die Kugelform ausführlich behandelt, wofür wir uns zunächst das Wissen über Kugelkoordinaten aneignen mussten. Über das Maximum der Polarisierbarkeit kann dann die Resonanzfrequenz bestimmt werden (Abschnitt *Bestimmung der Resonanzfrequenz*).

Die dielektrische Funktion von kolloidalem Gold

Die Wechselwirkung eines Mediums mit einem elektromagnetischen Feld wird durch seine frequenzabhängige Funktion $\epsilon(\omega)$ bestimmt. Diese gibt die Durchlässigkeit des Mediums für elektromagnetische Strahlung einer bestimmten Frequenz an. Die dielektrische Funktion ist eine komplexe Größe: $\epsilon(\omega) = \epsilon_1 + i\epsilon_2$. Sie ist mit dem Brechungsindex n des Mediums verknüpft über $n^2 = \epsilon + \mu$. Für die Permeabilität μ von Gold gilt dabei $\mu \approx 1$. Die dielektrische Funktion kann auch über die elektrische Suszeptibilität χ ausgedrückt werden. Allgemein gilt: $\epsilon(\omega) = 1 + \chi(\omega)$.

Da es sich bei Gold um ein Metall handelt, werden zuerst die Leitungselektronen betrachtet. Dafür betrachtet man die Elektronen als gedämpfte Oszillatoren, welche durch das Licht zu Schwingungen angeregt werden. Anschließend wird der Ausdruck um den Beitrag der gebundenen Elektronen erweitert. Durch die begrenzten Abmessungen des Nano-Partikels wird die mittlere freie Weglänge der Elektronen verringert, was zu einer erhöhten Dämpfung bei der Wechselwirkung mit Licht führt. Die Oberflächendämpfung in Nanopartikeln wird durch Erweiterung der Dämpfungskonstante mit einem zusätzlichen, größenabhängigen Teil berücksichtigt:

$$\Gamma = \Gamma_0 + \frac{v_F}{l_{zus}}$$

Der zusätzliche Beitrag zur mittleren freien Weglänge l_{zus} , kann mit Hilfe des quantenmechanischen Potentialtopfs berechnet werden, allerdings haben Coronado und Schatz [6] ein Modell geometrischer Wahrscheinlichkeiten aufgestellt, mit welchem l_{zus} auf einfache Weise aus dem Volumen V und der Oberfläche S des Partikels bestimmt werden kann: $l_{zus} = 4V/S$. Damit ergibt sich für die Dämpfungskonstante:

$$\Gamma = \Gamma_0 + \frac{v_F}{4V/S} \quad (1)$$

Dabei bezeichnet v_F die Geschwindigkeit, mit der sich die Elektronen bewegen, die *Fermi-Geschwindigkeit*, welche näherungsweise temperaturunabhängig ist. Für die dielektrische Funktion eines Nano-Partikels unter Berücksichtigung der gebundenen Elektronen ergibt sich dann:

$$\epsilon(\omega) = 1 + \chi_{B1} - \frac{\omega_p^2}{\omega^2 + (\Gamma_0 + \frac{v_F}{4V/S})^2} + i \frac{\omega_p^2(\Gamma_0 + \frac{v_F}{4V/S})}{\omega(\omega^2 + (\Gamma_0 + \frac{v_F}{4V/S})^2)}$$

Für Gold gilt im sichtbaren Spektralbereich $\Gamma \ll \omega$. Damit vereinfacht sich die obige Gleichung zu

$$\epsilon(\omega) = 1 + \chi_{B1} - \frac{\omega_p^2}{\omega^2} + i \frac{\omega_p^2(\Gamma_0 + \frac{v_F}{4V/S})}{\omega^3} \quad (2)$$

mit der Dämpfungskonstante Γ_0 , der Plasmafrequenz

$$\omega_p = \sqrt{\frac{Ne^2}{m^* \epsilon_0}}$$

(mit der Elektronendichte N und der relativistischen Elektronenmasse m^*) und dem Realteil der Suszeptibilität der gebundenen Elektronen χ_{B1} . Der Imaginärteil χ_{B2} beinhaltet die Interbandabsorption. Da die Grenzenergie der Interbandabsorption bekannt ist, kann die dielektrische Funktion unter Vernachlässigung von χ_{B2} berechnet werden. Allerdings muss die Interbandabsorption bei der Auswertung der aufgenommenen Spektren berücksichtigt werden. Die getrennte Angabe von Real- und Imaginärteil ist nötig, um später mit Hilfe der Polarisierbarkeit des Partikels die Resonanzfrequenz zu ermitteln, da dabei das Betragsquadrat benötigt wird.

Polarisierbarkeit einer Kugel und einer Ellipse im dielektrischen Medium

Die Plasmonenresonanz eines Partikels tritt auf, wenn die Amplitude der Elektronenschwingung bei einer bestimmten Frequenz maximal wird. Diese Amplitude kann durch die Polarisierbarkeit α des Partikels, sozusagen die Stärke der Wechselwirkung, ausgedrückt werden. Der Resonanzfall liegt dann vor, wenn die Polarisierbarkeit maximal ist. Um die Resonanzfrequenz zu bestimmen, muss demnach die Polarisierbarkeit des Partikels berechnet werden. Eine exakte Berechnung liefert die 1908 veröffentlichte Theorie von Gustav Mie, welcher die Polarisierbarkeit einer Kugel durch Lösen der Maxwellgleichungen in Kugelkoordinaten ermittelt hat [11].

In unseren Versuchen betrachten wir Partikel, deren Durchmesser klein im Vergleich zur Wellenlänge des eingestrahlten Lichts ist, also $d < \frac{1}{10} \lambda$. Für diesen Fall kann angenommen werden, dass die Lichtwelle im Partikel räumlich konstant ist, also wie ein homogenes elektrisches Feld behandelt werden kann, welches nur von der Zeit abhängt. Durch diese Annahme wird die Rechnung stark vereinfacht, diese quasistatische Näherung der Mie-Theorie [2] ist deutlich unkomplizierter zu betrachten als die exakte Theorie.

Kugelförmige Partikel

Man betrachtet eine isotrope Kugel mit dem Radius a und der Permittivität ϵ im Ursprung des Koordinatensystems in einem homogenen Medium, dessen Permittivität als reell angenommen und mit ϵ_m bezeichnet wird. An dieses System wird ein statisches, elektrisches Feld $\vec{E}_0 = E_0 \vec{e}_z$ in z -Richtung angelegt. Die Berechnung der Polarisierbarkeit findet der Form entsprechend in Kugelkoordinaten statt.

Da die Permittivitäten von Partikel und Medium verschieden sind, werden durch das Feld Ladungen an der Partikeloberfläche induziert, die Leitungselektronen werden zu Dipol-schwingungen angeregt. Das elektrische Feld innerhalb des Partikels wird mit \vec{E}_1 bezeichnet, das Feld außerhalb mit \vec{E}_2 .

Die elektrischen Felder \vec{E}_1 und \vec{E}_2 können über die entsprechenden elektrischen Potentiale Φ_1 und Φ_2 berechnet werden. Der negative Gradient des elektrischen Potentials (Skalarfeld) ist das elektrische Feld. Da das elektrische Feld \vec{E}_0 in z -Richtung einfällt, ist das Potential in einer Ebene senkrecht dazu, also parallel zur x - y -Ebene, überall gleich, da alle Punkte die gleiche z -Koordinate besitzen. Somit sind die gesuchten Potentiale unabhängig vom Azimutwinkel ϕ in der x - y -Ebene. Die elektrischen Potentiale innerhalb ($r < a$) und außerhalb ($r > a$) des Partikels müssen die Laplace-Gleichung erfüllen:

$$\nabla^2 \Phi_1(r, \theta) = 0 \quad (r < a) \quad , \quad \nabla^2 \Phi_2(r, \theta) = 0 \quad (r > a)$$

An der Grenze zwischen Partikel und Medium, also für $r = a$, fordert man Stetigkeit des Potentials. Außerdem wird Stetigkeit des elektrischen Feldes gefordert,

das heißt, die ersten Ableitungen der Potentiale nach r an der Stelle $r = a$ multipliziert mit der Permittivitätszahl müssen gleich sein. Demnach müssen die Potentiale folgende Bedingungen für beliebige Werte von θ erfüllen:

$$\Phi_1(a, \theta) = \Phi_2(a, \theta) \quad , \quad \epsilon \frac{\partial \Phi_1(a, \theta)}{\partial r} = \epsilon_m \frac{\partial \Phi_2(a, \theta)}{\partial r}$$

Zusätzlich sollte in großen Entfernungen, also für $r \rightarrow \infty$, das äußere Feld wieder dem angelegten, ungestörten Feld E_0 entsprechen: $\lim_{r \rightarrow \infty} \Phi_2 = -E_0 r \cos \theta$. Die Potentiale müssen Lösungen der Laplace-Gleichung sein, welche die genannten Grenzbedingungen erfüllen. Durch Einsetzen kann man zeigen, dass die folgenden Ansätze die gegebenen Differentialgleichungen und die Randbedingungen erfüllen:

$$\Phi_1(r, \theta) = -\frac{3\epsilon_m}{\epsilon + 2\epsilon_m} E_0 r \cos \theta \quad (3)$$

$$\Phi_2(r, \theta) = -E_0 r \cos \theta + a^3 E_0 \frac{\cos \theta}{r^2} \frac{\epsilon - \epsilon_m}{\epsilon + 2\epsilon_m} \quad (4)$$

Das Potential außerhalb des Partikels ist eine Überlagerung des angelegten Potentials und dem der Dipol-schwingung, welche durch das äußere Feld im Partikel induziert wurde. Das Dipolmoment der Elektronen wirkt nach außen, da der Partikel selbst elektromagnetische Wellen abstrahlt, es gehört also zum Potential Φ_2 :

$$\Phi_2(r, \theta) = \Phi_0(r, \theta) + \Phi_{dip}(r, \theta)$$

Dabei entspricht das Potential des angelegten Feldes der Projektion des Ortsvektors von r in Richtung des Feldes: $\Phi_0(r; \theta) = -E_0 r \cos \theta$. Damit kann in Gleichung 4 das Potential des Dipols identifiziert werden als

$$\Phi_{dip}(r, \theta) = a^3 E_0 \frac{\cos \theta}{r^2} \frac{\epsilon - \epsilon_m}{\epsilon + 2\epsilon_m}$$

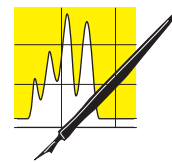
Anhand des Potentials kann über das Dipolmoment p die Polarisierbarkeit α des Partikels bestimmen:

$$\alpha = \frac{\Phi_{dip} 4\pi \epsilon_m r^2}{\epsilon_m E_0 \cos \theta} = 4\pi a^3 \frac{\epsilon - \epsilon_m}{\epsilon + 2\epsilon_m} \quad (5)$$

Ellipsoide Partikel

Um die Polarisierbarkeit eines ellipsoiden Teilchens zu bestimmen, geht man analog zur Kugel vor. Die Berechnung findet dementsprechend in ellipsoiden Koordinaten statt. Dabei geht man davon aus, dass das Ellipsoid im Ursprung liegt und die Halbachsen parallel zu den Koordinatenachsen sind. Dann bestimmt man die Polarisierbarkeit in einer dieser Richtungen für ein elektrisches Feld, das parallel zu dieser Halbachse ist. Für ein Ellipsoid mit den Halbachsen a ; b ; c und der Permittivität ϵ ergibt sich für die Polarisierbarkeit in einer der drei Raumrichtungen [2]:

$$\alpha_i = \frac{4}{3} \pi abc \frac{\epsilon - \epsilon_m}{\epsilon_m + L_i (\epsilon - \epsilon_m)} \quad (6)$$



AUFsätze

Dabei bezeichnet L_i den Geometriefaktor für diese Halbachse. Die Geometriefaktoren hängen von den Längenverhältnissen der Halbachsen ab und müssen für ein allgemeines Ellipsoid mit $a > b > c$ über elliptische Integrale berechnet werden. Dabei gilt stets: $L_a + L_b + L_c = 1$.

Bei Ellipsoiden mit drei verschiedenen Halbachsen ist eine mathematische Beschreibung durch elliptische Integrale notwendig, welche nicht analytisch lösbar sind. Zur Vereinfachung nehmen wir deshalb als Grundformen Ellipsoide mit zwei gleichen Halbachsen, also oblate ($a > b = c$) oder prolata ($a = b > c$) Teilchen. Für diese Partikel gestaltet sich die Berechnung der Geometriefaktoren einfacher, da jeweils zwei der Faktoren gleich sind und der dritte Faktor durch Subtraktion von 1 erhalten werden kann. Somit ist nur einer der Faktoren unabhängig. Die lange Halbachse wird mit a bezeichnet, die kurze mit c . Das Achsenverhältnis x wird definiert als $x = \frac{c}{a}$. Für oblate Ellipsoide ergeben sich die Geometriefaktoren zu:

$$L_a(x) = L_b(x) = \sqrt{\frac{x^2}{1-x^2}} \frac{1}{2(1-x^2)} \left[\frac{\pi}{2} - \arctan \left(\sqrt{\frac{x^2}{1-x^2}} \right) \right] - \frac{x^2}{2(1-x^2)}$$

$$L_c(x) = 1 - 2L_a(x) \quad (7)$$

Für prolata Ellipsoide gilt:

$$L_a(x) = \frac{x^2}{1-x^2} \left[\frac{1}{2\sqrt{1-x^2}} \ln \left(\frac{1+\sqrt{1-x^2}}{1-\sqrt{1-x^2}} \right) - 1 \right]$$

$$L_c(x) = L_b(x) = \frac{1-L_a(x)}{2} \quad (8)$$

Bestimmung der Resonanzfrequenz

Um nun die Resonanzfrequenz des Partikels zu bestimmen, muss man die Frequenz ω finden, für die die Polarisierbarkeit maximal ist. Dies ist dann der Fall, wenn das Betragsquadrat des Nenners des Bruchs in Gleichung 5 bzw. 6 minimal wird. Somit muss man das Minimum dieser Funktion bestimmen.

Kugel

Für eine Kugel erhält man für das Betragsquadrat des Nenners: $f = [\epsilon_1(\omega) + 2\epsilon_m]^2 + \epsilon_2(\omega)^2$. Nun setzt man für ϵ_1 und ϵ_2 den Real- und Imaginärteil der dielektrischen Funktion ein. Um den Tiefpunkt zu bestimmen, setzt man die erste Ableitung gleich null. Mit $k = 1 + \chi_{b1} + 2\epsilon_m$ erhält man eine biquadratische Gleichung $0 = 2\omega_p^2 k \omega^4 - 2\omega_p^4 \omega^2 - 3\omega_p^4 \Gamma^2$. Als Lösung ergibt sich für die Resonanzfrequenz eines kugelförmigen Partikels:

$$\omega_{Kgl} = \sqrt{\frac{\omega_p^2 + \sqrt{\omega_p^4 + 3\omega_p^2 \Gamma^2 2k}}{2k}}$$

Für ein kugelförmiges Teilchen mit dem Radius r , $V = \frac{4}{3} \pi r^3$ und $S = 4\pi r^2$ erhält man $\Gamma = \Gamma_0 + \frac{v_F}{\frac{4}{3}r}$. Die Lage der Plasmonenresonanz hängt also vom Radius ab:

$$\omega_{Kgl}(r) = \sqrt{\frac{\omega_p^2 + \sqrt{\omega_p^4 + 3\omega_p^2 2k \left(\Gamma_0 + \frac{v_F}{\frac{4}{3}r}\right)^2}}{2k}} \quad (9)$$

Ellipsoid

Das Betragsquadrat des Nenners beträgt für ein Ellipsoid $g = [\epsilon_m(1-L_i) + L_i \epsilon_1(\omega)]^2 + [L_i \epsilon_2(\omega)]^2$. Die Bedingung für den Tiefpunkt ist dementsprechend: $0 \stackrel{!}{=} 2\omega_p^2 t(x)\omega^4 - 2\omega_p^4 \omega^2 L_i - 3\omega_p^4 \Gamma^2 L_i$. Dabei ist $t(x) = \epsilon_m(1-L_i(x)) + L_i(x)(1 + \chi_{b1})$. Die Resonanzfrequenz für ein ellipsoides Teilchen in Richtung einer der Halbachsen ist somit

$$\omega_{Elp}(x) = \sqrt{\frac{L_i(x) \omega_p^2 + \sqrt{L_i(x)^2 \omega_p^4 + 3\omega_p^2 \Gamma^2 2t L_i(x)}}{2t(x)}}$$

Das Volumen eines Ellipsoids kann aus den Halbachsen berechnet werden zu $V = \frac{4}{3}\pi abc$. Der Oberflächeninhalt S unterscheidet sich für oblate und prolate Ellipsoide, er ist in beiden Fällen vom Achsenverhältnis x und der absoluten Länge der langen (a) bzw. kurzen (c) Halbachse abhängig:

$$S_O = 2\pi a^2 \left(1 + x^2 \frac{\arctan(1-x^2)}{1-x^2} \right)$$

$$S_P = 2\pi c^2 \left(1 + \frac{1}{x} \frac{\arcsin(1-x^2)}{1-x^2} \right)$$

Der Beitrag l_{zus} zur mittleren freien Weglänge ist demnach auch eine Funktion von Achsenverhältnis und der absoluten Länge einer Halbachse. Für oblate Ellipsoide gilt

$$l_{zus,O}(x, c) = \frac{4 \frac{4}{3}\pi a^2 c}{2\pi a^2 \left(1 + x^2 \frac{\arctan(1-x^2)}{1-x^2} \right)} = \frac{\frac{8}{3}c}{1 + x^2 \frac{\arctan(1-x^2)}{1-x^2}}$$

für prolate Ellipsoide erhält man

$$l_{zus,P}(x, a) = \frac{4 \frac{4}{3}\pi a c^2}{2\pi c^2 \left(1 + \frac{1}{x} \frac{\arcsin(1-x^2)}{1-x^2} \right)} = \frac{\frac{8}{3}a}{1 + \frac{1}{x} \frac{\arcsin(1-x^2)}{1-x^2}}$$

Die Berechnung der Resonanzfrequenz unterscheidet sich also für prolate und oblate Ellipsoide. Allgemein erhält man für die Resonanzfrequenz in Abhängigkeit vom Achsenverhältnis und der kurzen bzw. langen Halbachse:

$$\omega_{Elp}(x, a) = \sqrt{\frac{L_i(x) \omega_p^2 + \sqrt{L_i(x)^2 \omega_p^4 + 3\omega_p^2 2t(\Gamma_0 + \frac{v_F}{l_{zus}(x,a)})^2 L_i(x)}}{2t(x)}} \quad (10)$$

Für ein oblates Ellipsoid wird a entsprechend mit c ersetzt.

Überführung des Ellipsoids in die Kugel. Eine Kugel ist ein Ellipsoid mit dem Achsenverhältnis 1, die Geometriefaktoren sind dementsprechend für alle Achsen $\frac{1}{3}$. Für die Länge l_{zus} gilt dann:

$$\lim_{x \rightarrow 1} l_{zus,O}(x, c) = \frac{4}{3}c \quad , \quad \lim_{x \rightarrow 1} l_{zus,P}(x, a) = \frac{4}{3}a$$

Somit entspricht der Dämpfungsterm beider Ellipsoide für $x \rightarrow 1$ dem der Kugel, wobei die jeweilige freie Halbachse in diesem Fall gleich dem Radius ist. Der Faktor $t(x)$ geht für $L_i = \frac{1}{3}$ in $\frac{1}{3}k$ über. Wählt man $L_i = \frac{1}{3}$ und setzt die beiden Ergebnisse für $t(x)$ und Γ ein, lassen sich die Gleichungen für die Resonanzfrequenz beider Ellipsoide (10) in die Resonanz-Gleichung der Kugel (9) überführen.

Benötigte Konstanten

Gold ist ein Edelmetall und hat die Ordnungszahl 79, die Elektronenkonguration ist $[Xe] 4f^{14} 5d^{10} 6s^1$. In Tabelle 3 sind Konstanten aufgeführt, die für die Berechnung der Plasmonenresonanz benötigt werden.

Die Fermigeschwindigkeit v_F kann aus der Dichte der freien Ladungsträger n über die Fermienergie E_F berechnet werden:

$$v_F = \sqrt{\frac{2E_F}{m_e}} = \sqrt{\frac{\hbar^2}{m_e^2} (3\pi^2 n)^{\frac{2}{3}}} \approx 1.39432 \cdot 10^6 \frac{m}{s}$$



AUFsätze

Name	Formelzeichen	Wert	Quelle
Plasmafrequenz	ω_p	$1.38238 \cdot 10^{16} \text{ s}^{-1}$	[4]
Dichte der freien Elektronen	n	$5.9 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}$	[4]
Dämpfungskonstante	Γ_0	$3.31981 \cdot 10^{13} \text{ s}^{-1}$	(errechnet)
\Re geb. Elektronen	χ_{B1}	9.67	[3]
Permittivität von Wasser	$\epsilon_{m_{H_2O}}$	1.775	[1]

Tabelle 3: Verwendete Konstanten.

Berechnete Resonanzwellenlängen und Vergleich mit Messung

Hier sollen nun die mit den obigen Formeln ermittelten Resonanzwellenlängen dargestellt werden. Für kugelförmige Partikel wird die Resonanzwellenlänge λ_0 in Abhängigkeit vom Radius r dargestellt, für ellipsoide Partikel wird stellvertretend das prolate Ellipsoid gezeigt. Dabei ist die Resonanzwellenlänge in nm in Abhängigkeit vom Achsenverhältnis x im Bereich von 0,1 bis 1 und der Länge der langen Halbachse a im Bereich von 5 nm bis 20 nm dargestellt. Das linke Bild zeigt die Resonanz der langen Halbachse, das rechte die Resonanz der kurzen.

Die Resonanzwellenlänge für kugelförmige Partikel hängt, relativ gesehen, nur schwach vom Radius ab, da sie im Bereich von 0,7 nm bis 10 nm lediglich einen Bereich von ca. 56 nm durchläuft. Bei den ellipsoiden Partikeln erkennt man für beide Halbachsen, dass die Abhängigkeit der Resonanz von der absoluten Größe mit zunehmendem Achsenverhältnis abnimmt. Insbesondere für die kleine Halbachse ist für eine feste Länge der langen Halbachse die Resonanz stärker vom Achsenverhältnis abhängig als umgekehrt für ein bestimmtes Achsenverhältnis von der absoluten Größe des Partikels. Für die lange Halbachse nimmt der Einfluss des Achsenverhältnisses mit zunehmender Größe zu, umgekehrt wird der Einfluss der absoluten Größe mit abnehmendem Achsenverhältnis größer. Die Resonanzen für die kleine und große Halbachse nähern sich für $x \rightarrow 1$ aneinander an, dies entspricht dem Übergang vom Ellipsoid zur Kugel.

Vergleich mit Messung In dem für uns relevanten Größenbereich (5-15 nm) ändert sich die Wellenlänge der Resonanz fast gar nicht, sodass ein Nachweis von Partikeln verschiedener Größe über ihre Plasmonenresonanz kaum möglich sein kann, da die Unterschiede vermutlich im Bereich eines Messfehlers wären: Die vom Spektrometer ausgegebene Genauigkeit beträgt 1nm für die Wellenlänge. Die Änderung der Resonanzwellenlänge bei einer Änderung des Radius von 5 nm zu 10 nm beträgt 1nm, sodass Änderungen nicht zuverlässig bestimmt werden können. Außerdem fällt beim Vergleich mit den gemessenen Resonanzwellenlängen auf, dass keine der von uns hergestellten Lösungen eine Plasmonenresonanz unter 519 nm zeigte. Dieser Wert wird in der für die Kugelform berechneten Kurve gar nicht erreicht, dort

beträgt der maximale Wert 518 nm. Somit können nur in den Lösungen 4:1 und 8:1, dort insbesondere nach Erhöhen der Siededauer, annähernd kugelförmige Partikel vorhanden sein.

Die Resonanzwellenlänge für ein ellipsoides Teilchen hingegen durchläuft einen Bereich von 760 nm, wobei die Resonanz der langen Halbachse für alle Achsenverhältnisse über 520 nm liegt. Die Extinktion der langen Halbachse ist stärker als die der kurzen, sodass für das prolate und insbesondere für das oblate Ellipsoid der Einfluss der langen Halbachse überwiegt. Da wir bei allen Proben Wellenlängen über dem Bereich der Kugelresonanz gemessen haben, müssten unsere Proben ellipsoide Partikel enthalten. Insbesondere in den Lösungen mit 1:1 und 0,5:1 müssten sich Partikel mit kleineren Achsenverhältnissen befinden. Da sich für abnehmende Achsenverhältnisse die Resonanzen der beiden Halbachsen weiter auseinander bewegen, müssten die Peaks für ellipsoidere Partikel zusätzlich verbreitert sein. Das Maximum wird dabei von der großen Halbachse bestimmt. Dies könnte die von uns gemessene Verbreiterung der Linien, die mit der Rotverschiebung der Resonanz einherging, erklären. Je größer die Resonanzwellenlänge ist, desto mehr ellipsoide Partikel müssten sich in der Lösung befinden, bzw. desto kleiner müssten ihre Achsenverhältnisse sein. Um diese Überlegungen zu überprüfen, haben wir unsere Proben mit dem TEM untersucht. Dabei soll die Größe und auch die Form der Partikel analysiert werden.

Charakterisierung der Partikel mittels TEM

Auswertung TEM-Messungen

Um unsere Vermutung, dass in unseren Lösungen ellipsoide Teilchen vorliegen, zu untersuchen, haben wir mit einem Transmissionselektronenmikroskop (TEM) Bilder der Teilchen aufgenommen. In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse aller Messungen zusammengefasst und an einem Bild beispielhaft erläutert (Tabelle 4).

Für unsere Messungen haben wir jeweils 1 μl der entsprechenden Lösung auf ein spezielles Kupfernetzchen gegeben und dieses trocknen lassen, sodass sich nur noch die Goldpartikel darauf befanden. Die größte, noch verwendbare Vergrößerungsstufe war 200 000-fach, bei größeren Vergrößerungen haben sich die Partikel zu stark bewegt. An dieser Stelle soll die TEM-Aufnahme in 200 000-facher Vergrößerung von der Lösung mit dem Verhältnis 8:1 als Beispiel gezeigt werden. In Abbildung 5 kann man erkennen, dass die Teilchen eine kugelhähn-

Tabelle 4: Durchschnittsergebnisse der TEM-Messungen

Verhältnis	0.5:1	0.5:1 (45 min)	1:1	4:1	8:1	8:1 (45 min)
Größe	18.6 × 31.0	13.7 × 21.7	15.7 × 21.8	14.0 × 17.6	15.8 × 18.0	6.8 × 7.7
Größenbereich	11.1 – 44.7	11.8 – 29.6	12.8 – 24.3	11.4 – 18.9	13.3 – 20.2	5.4 – 9.1
Achsenverhältnis	0.60	0.63	0.72	0.79	0.88	0.88

liche Form haben, es sich also um Ellipsoide mit einem Achsenverhältnis in der Bildebene nahe 1 handelt. Die Partikel weisen unterschiedliche Größen auf, allerdings gibt es viele Partikel mit der gleichen Größe und eher wenige, die kleiner oder größer sind. Die Verteilung in der Lösung sieht auf dem TEM-Bild eher inhomogen aus, das Zusammenklumpen der Teilchen an einigen Stellen kann jedoch auch durch das Trocknen auf den Kupfernetzchen entstanden sein. Somit kann anhand dieser Bilder keine exakte Aussage über die Dichte der Partikel in der Lösung gemacht werden. Anhand der TEM-Bilder wurde die durchschnittliche Größe und Form der Partikel für jede der untersuchten Proben bestimmt.

Man kann deutlich sehen, dass die Partikel mit kleinerem Konzentrationsverhältnis elliptischer und zum Teil größer werden, also das durchschnittliche Achsenverhältnis abnimmt. Außerdem nimmt die Streuung der Größe und der Form von 8:1 bis 0,5:1 hin zu. Für die Konzentrationsverhältnisse 4:1 und 8:1 haben wir nahezu identische Resonanzwellenlängen gemessen. Dies kann dadurch erklärt werden, dass sich die Partikel dieser beiden Proben in Form und Größe sehr ähnlich sind. Da beide Lösungen außerdem eine geringere Streuung der Form und Größe aufweisen, ist in beiden Fällen die Plasmonenresonanz relativ schmal. Durch die Berechnung der Resonanzwellenlänge für Kugel und Ellipsoide konnten wir zudem feststellen, dass mit steigendem Achsenverhältnis und sinkender Größe die Unterschiede in der Resonanz kleiner werden. Da die Proben 4:1 und 8:1 beide kleine, näherungsweise kugelförmige Partikel enthalten, wird die Resonanz durch die relativen Unterschiede nicht sehr stark verändert.

Vergleicht man die Proben mit gleichem Konzentrationsverhältnis und unterschiedlicher Siededauer, kann man eine deutliche Verkleinerung der Partikel durch die Erhöhung der Kochzeit feststellen. Insbesondere beim Verhältnis 8:1 sind die Partikel im Durchschnitt fast auf die Hälfte ihrer ursprünglichen Größe geschrumpft. Die Abschwächung der Resonanz durch längeres Sieden kann demnach über kleinere Partikel erklärt werden. Die Achsenverhältnisse, also die Elliptizität der Partikel, ändert sich dabei kaum, wodurch die fast identischen Resonanzwellenlängen der jeweiligen Probenpaare be-

gründet werden können. Beim Verhältnis 8:1 ist die Änderung der Partikelgröße noch stärker ausgeprägt ist als bei den Proben mit 0,5:1, was zu einer größeren Differenz der Absorptionsstärken führt, welche wir mit dem Spektrometer gemessen hatten.

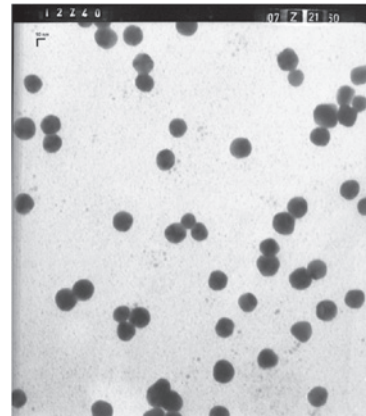


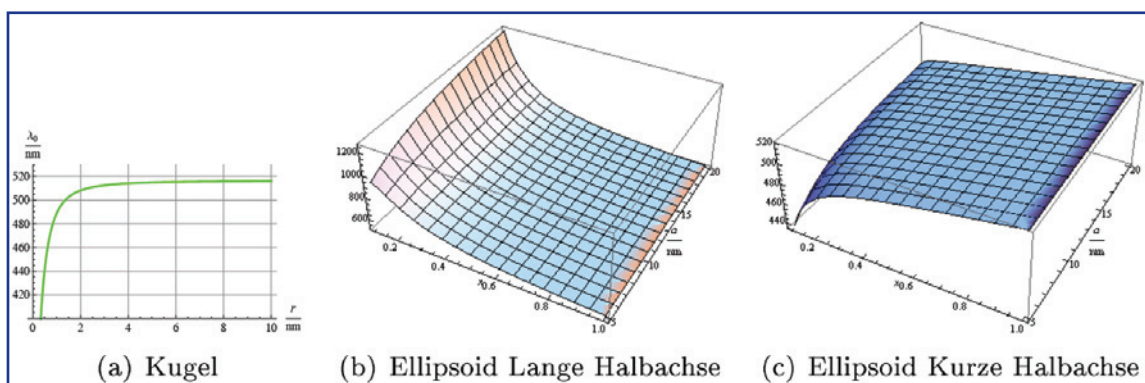
Abbildung 5: Ergebnis einer TEM-Messung (Verhältnis 8:1).

Zusammenhänge zwischen Herstellung, Partikelgeometrie und Plasmonenresonanz

Anhand unserer Messungen mit TEM und Spektrometer konnten wir direkte Zusammenhänge zwischen den Herstellungsbedingungen, der Partikelgeometrie und der Plasmonenresonanz herstellen. Diese Zusammenhänge konnten wir mit Hilfe unserer Berechnung der Plasmonenresonanz physikalisch erklären und vertiefen.

Das Konzentrationsverhältnis von Citrat zu Gold bestimmt dabei hauptsächlich die Form der Partikel. Mit sinkendem Anteil an Citrat werden die Partikel zunehmend elliptischer. Durch Variation des Konzentrationsverhältnisses zwischen 4:1 und 0,5:1 konnten wir Partikel mit Achsenverhältnissen zwischen ca. 1 und 0,5 herstellen. Durch weitere Erhöhung des Verhältnisses haben wir im Vergleich zu 4:1 kaum veränderte Proben erzeugt, eine weitere Verringerung des Citratanteils hat sich ebenfalls nicht als sinnvoll erwiesen, da unterhalb von 0,5:1 keine Partikelbildung mehr zustande kam. Somit konnten wir einen für die Herstellung möglichst vieler verschiedener Partikelformen sinnvollen Bereich der Citratmengen ermitteln. Die Siededauer beeinflusst die Größe der Partikel, sowie ihre Größenverteilung: Durch längeres Sieden sind kleinere Partikel entstanden, welche zudem eine höhere Monodispersität aufwiesen.

Abbildung 4: Berechnete Resonanzwellenlängen für Kugel und prolates Ellipsoid (λ_0 in Abhängigkeit von Achsenverhältnis und Länge der langen Halbachse).



Die Lage der Plasmonenresonanz wird hauptsächlich durch die Form der Partikel bestimmt, die Größe hat einen im Vergleich dazu sehr geringen Einfluss. Mit abnehmendem Achsenverhältnis, also für elliptischere Partikel, wird die Resonanzwellenlänge rotverschoben und die Linienbreite erhöht. Dies liegt daran, dass sich die Resonanzen der langen und kurzen Halbachse weiter auseinander bewegen, wobei die Resonanzwellenlänge der langen Halbachse rot- und die der kurzen blauverschoben wird. Da die lange Halbachse stärker absorbiert als die kurze, bestimmt sie die Lage des Hauptmaximums. Mit zunehmender Elliptizität wird durch den Einfluss der kurzen Halbachse das Resonanzspektrum verbreitert. Die Größe der Partikel beeinflusst hauptsächlich die Stärke der Absorption, dabei ist die Plasmonenresonanz kleinerer Partikel schwächer.

Vergleich von Messung und Theorie

Da unsere Rechnung zur Plasmonenresonanz auf der Betrachtung einzelner Partikel beruht, deren Einfluss aufsummiert wird, wollten wir überprüfen, wie gut diese Berechnung unsere realen Proben beschreiben kann. Dazu haben wir eine Auswertungsmethode entwickelt, welche die TEM-Ergebnisse mit der Theorie verknüpft und diese mit der Spektrometermessung vergleicht. Da im Spektrometer die Extinktion gemessen wird, haben wir den theoretischen Extinktionsquerschnitt der Partikel berechnet, welcher auf den von uns bestimmten optischen Eigenschaften der Partikel basiert.

Berechnung der Extinktion

Allgemein wird der Extinktionsquerschnitt C_{ext} aus dem Imaginärteil des frequenzabhängigen Teils der Polarisierbarkeit bestimmt [8]: $C_{ext}(\omega) = 3 V_{part} \sqrt{\epsilon_m} \frac{\omega}{c} \Im \left\{ \frac{\epsilon(\omega) - \epsilon_m}{\epsilon(\omega) + 2\epsilon_m} \right\}$ Für eine Kugel ergibt sich demnach:

$$C_{Kgl}(\omega, r) = 4\pi r^3 \frac{\omega}{c} \sqrt{\epsilon_m^3} \frac{\epsilon_2(\omega)}{(\epsilon_1(\omega) + 2\epsilon_m)^2 + \epsilon_2(\omega)^2} \quad (11)$$

Bei ellipsoiden Partikeln wird der Teil in geschweiften Klammern dementsprechend durch den frequenzabhängigen Teil der Polarisierbarkeit ersetzt. Man erhält den Extinktionsquerschnitt für eine der drei Halbachsen, wobei entsprechend der Art des Rotationsellipsoids die Geometriefaktorfunktion sowie die jeweilige Dämpfungsfunktion für L bzw. L_{zus} eingesetzt werden:

$$C_{Elp}(\omega, x, a) = 4\pi abc \frac{\omega}{c} \sqrt{\epsilon_m^3} \frac{\epsilon_2(\omega, x, a)}{(\epsilon_m - L_i(x)\epsilon_m + L_i(x)\epsilon_1(\omega))^2 + L_i(x)^2 \epsilon_2(\omega, x, a)^2} \quad (12)$$

Um die gesamte Extinktion eines ellipsoiden Partikels bei Bestrahlung mit unpolarisiertem Licht zu erhalten, haben wir die Extinktion der drei Halbachsen überlagert. Somit besteht das Gesamtspektrum eines prolates Ellipsoids aus der Extinktion der langen Achse und zwei mal der Extinktion der kurzen Achse, beim oblaten Ellipsoid ist es umgekehrt. Da die Linienstärke mit zunehmender Länge der Halbachse größer wird, überwiegt stets die Extinktion der langen Halbachse. Dies macht sich insbesondere bei oblaten Ellipsoiden bemerkbar, da dort die lange Halbachse zusätzlich doppelt gewichtet wird.

Ergebnisse Auswertungsmethode

Wie bereits beschrieben, soll die Anwendbarkeit unserer Rechnung auf reale Lösungen mit Nano-Goldpartikeln überprüft werden. Anhand der TEM-Aufnahmen in 200-facher Vergrößerung haben wir für alle verschiedenen Konzentrationsverhältnisse vier unterschiedliche Achsenverhältnisse ermittelt, welche das Form- und Größenspektrum der Partikel auf dem Bild möglichst gut repräsentieren. Für diese Achsenverhältnisse soll dann ein theoretisches Spektrum berechnet werden, welches an das gemessene angepasst wird. Da das TEM-Bild nur eine zweidimensionale Sicht zeigt, könnte es sich bei den Teilchen sowohl um prolate als auch um oblate Ellipsoide handeln, je nachdem ob die dritte Halbachse lang oder kurz ist. Für eine Probe mit vier verschiedenen ausgewählten Achsenverhältnissen gibt es also acht mögliche Formen von Partikeln, die vorliegen können. Wir haben für jede Probe eine Funktion für die gesamte Extinktion definiert, welche die Summe aus den Extinktionsquerschnitten der Partikel mit den möglichen Formen und Achsenverhältnissen darstellt. Anhand der TEM-Bilder haben wir die einzelnen Summanden entsprechend ihrer Häufigkeit gewichtet. Auf den Bildern sieht man die Ergebnisse des Vergleichs. Dabei sind die gemessenen Kurven blau und die berechneten rot dargestellt. Da wir den Absorptionskoeffizienten gemessen, aber den Extinktions- bzw. Absorptionsquerschnitt berechnet haben, mussten wir die theoretischen Kurven entsprechend um den Faktor der Teilchenzahl strecken.

Man kann erkennen, dass die Hauptmaxima der theoretischen Kurven sehr gut mit denen der Messung übereinstimmen. Die theoretischen Spektren sind insgesamt schmaler als die gemessenen, außerdem sind einzelne Peaks sichtbar. Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass wir für unsere theoretischen Kurven jeweils nur

vier verschiedene Achsenverhältnisse eingesetzt haben, welche teilweise recht unterschiedlich waren, um ein möglichst großes Formspektrum abzudecken. Da in der Lösung eine kontinuierliche Formverteilung vorliegt, besteht die Resonanz aus einer Vielzahl von Teilpeaks, welche sich überlagern und somit eine verbreiterte Kurve erzeugen. Die berechneten Kurven ähneln an den äußeren Rändern bezüglich ihrer Breite den gemessenen. Würde man noch weitere Achsenverhältnisse, welche zwischen den verwendeten liegen, einsetzen, könnte man die gemessene Kurve noch besser annähern. Somit konnten wir unser theoretisches Modell und die darauf basierende Berechnung der Plasmonenresonanz durch den Vergleich mit unseren Messungen bestätigen. Die optischen Eigenschaften der von uns hergestellten Lösungen können wir also auch theoretisch beschreiben und erklären.

Optische Bauteile mit Nano-Goldpartikeln

Die Plasmonenresonanz von Nano-Goldkolloiden bietet durch ihre Abhängigkeit von Form und Größe der Partikel die interessante Möglichkeit, die optischen Eigenschaften eines Stoffes, welcher diese Partikel enthält, nach eigenem Ermessen gestalten zu können. Dabei ist die Grundvoraussetzung die Herstellung von Partikeln bestimmter Form und Größe. Durch unsere Untersuchungen zum Einfluss von Citratkonzentration und Siededauer konnten wir auf Basis der Turkevich-Methode optimierte Herstellungsbedingungen für Nano-Goldcluster ermitteln. Unsere Ergebnisse aus Messung und Theorie wollen wir nutzen, um die Goldpartikel in einen transparenten Feststoff einzubetten, dessen Wechselwirkung mit Licht dadurch verändert werden soll. Eine mögliche Anwendung wäre dabei ein Farbfilter, wobei wir einen mit Gold gefärbten Feststoff sowie die Lösungen selbst bezüglich ihrer Güte verglichen haben. Neben dieser direkten Anwendung der Plasmonenabsorption könnte man mit Hilfe von Gold Nanopartikeln doppelbrechende Medien herstellen, welche z.B. als Phasenverschiebungsplatten genutzt werden könnten.

Herstellung von Nanogold in PVA

Das Medium, in welches wir die Goldpartikel einbetten wollen, muss bestimmte Anforderungen erfüllen: Die Goldpartikel müssen integrierbar sein und es sollte

auch bei größerer Materialstärke eine hohe Transparenz aufweisen. Außerdem sollte es sich um ein Medium handeln, dessen optische Eigenschaften bekannt sind. Wir haben uns für Polyvinylalkohol (PVA, $(C_2H_4O)_n$) entschieden. Dieser Kunststoff kann als fertiges Polymer in Wasser gelöst werden, wodurch eine klare, viskose Flüssigkeit entsteht. Diese ist sehr gut mit der Goldlösung mischbar. Das fertige Gemisch wird im Trockenschrank bei ca. 80°C getrocknet, wobei das Wasser vollständig verdunstet. Da PVA ein Thermoplast ist, kann man ihn durch Erwärmung verformbar machen. Außerdem dient Wasser als Weichmacher des Kunststoffes, wodurch sich eine Verformung in Wasserdampf anbietet.

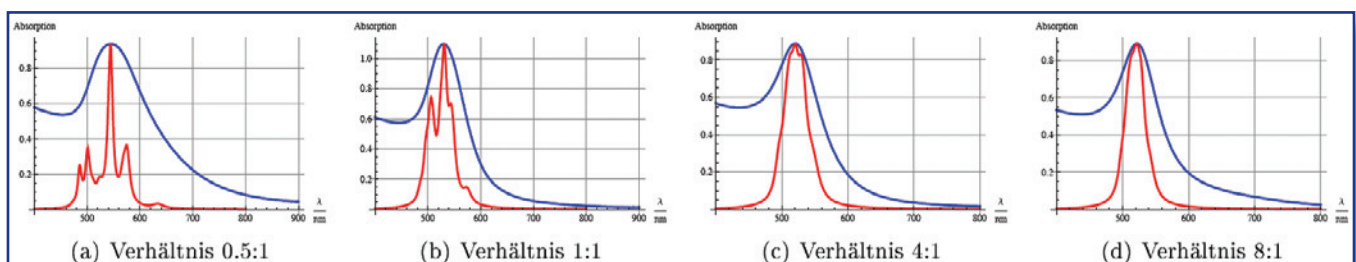
In unseren Versuchen haben wir eine 10%-tige Lösung von PVA in Wasser verwendet und diese mit Goldlösung mit doppelter Partikel-Konzentration im Verhältnis 1:1 gemischt. Dieses Gemisch enthielt noch einen sehr hohen Wasseranteil, sodass durch die Trocknung sehr dünne Folien entstanden sind.

Farbfilter

Die von uns hergestellten Lösungen zeigen Resonanzen zwischen 520 nm und 545 nm. Somit könnten durch Nano-Goldpartikel entsprechender Form rote Farbfilter hergestellt werden. Wir haben PVA-Folien hergestellt, in welche wir die Partikel aus den Proben mit den Verhältnissen 0,5:1, 1:1 und 4:1 eingebettet haben. Da die Folien nur bei sehr geringer Dicke gleichmäßig sind, haben wir mehrere Schichten übereinander gelegt um die Absorption zu verstärken. Wir haben für alle drei Folien die Absorption mit dem Spektrometer bestimmt und diese mit dem Spektrum der entsprechenden Lösung verglichen. Dabei ist das Spektrum der Lösung blau und das der Folie grün dargestellt.

Man kann erkennen, dass die Resonanz der Folie im Vergleich zur Lösung rotverschoben, verbreitert und deutlich abgeschwächt ist. Die Verschiebung der Resonanz kann einerseits durch den Wechsel des umgebenden Mediums, andererseits durch die Änderung des Partikelabstandes im Feststoff erklärt werden. Die Schwächung müsste auf die unterschiedlichen durchstrahlten Dicken zurückzuführen sein, da unsere Folien sehr dünn sind (< 1 mm), die Lösung hingegen in der Küvette eine Dicke von ca. 1 cm hat. Eine Lösung mit Nano-Goldpartikeln ist somit deutlich besser als Farbfilter geeignet. Außerdem kann man durch Wahl der Kü-

Abbildung 6: Gemessenes (blau) und modelliertes Spektrum (rot) für die Verhältnisse 0.5:1 bis 4:1, x-Achse: Wellenlänge(nm), y-Achse: Absorption.



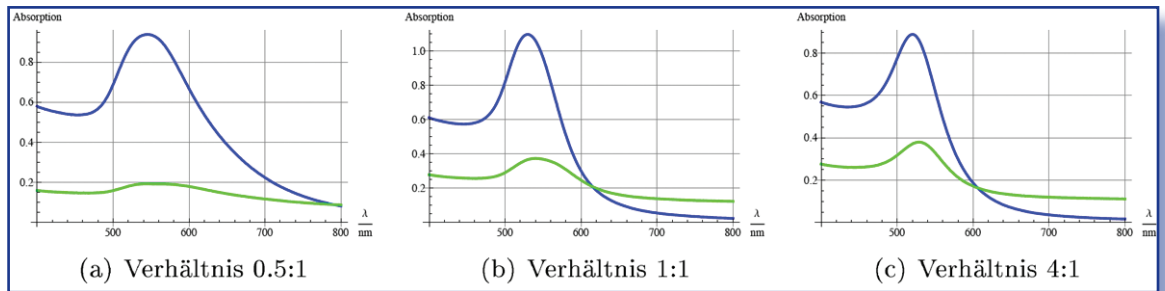


Abbildung 7: Spektrum der Lösungen (blau) und der entsprechenden PVA-Folien (grün) für die Verhältnisse 0.5:1 bis 4:1, x-Achse: Wellenlänge(nm), y-Achse: Absorption.

vette die durchstrahlte Dicke des Filters einstellen, also die Stärke der Absorption beliebig variieren.

Doppelbrechung durch Nano-Gold

Ellipsoide Goldpartikel haben entlang ihrer Halbachsen verschiedene Resonanzfrequenzen. Diese können mit unterschiedlich polarisiertem Licht angeregt werden. Somit wird das Licht je nach seiner Polarisation unterschiedlich stark gebrochen bzw. absorbiert, dies wird als Doppelbrechung bezeichnet. In der Lösung bewegen sich die Partikel (Brownsche Molekularbewegung), sodass keine einheitliche Ausrichtung der Achsen vorhanden ist. Dies könnte durch die Fixierung der Partikel in PVA erreicht werden. Unter Einfluss von Wärme und Feuchtigkeit wird PVA verformbar, sodass man durch Ziehen der Folie die Partikel einheitlich ausrichten könnte. Linear polarisiertes monochromatisches Licht, welches auf das Medium trifft, kann stets in seine Anteile zerlegt werden, die parallel zu den beiden Halbachsen polarisiert sind. Diese beiden Teilwellen werden dann unterschiedlich stark gebrochen, da sie die gleiche Frequenz besitzen und sich somit um verschiedene Beträge von der Resonanzfrequenz der jeweiligen Achse unterscheiden.

Bei entsprechenden Resonanzfrequenzen und Dicke des Mediums, könnten die beiden senkrecht polarisierten Teilkomponenten um $\frac{\pi}{2}$ phasenverschoben werden, sodass zirkular polarisiertes Licht entsteht. Falls die beiden Teilkomponenten auch unterschiedlich stark absorbiert werden, würde allerdings elliptisch, und nicht zirkular polarisiertes Licht entstehen. Dies kann man verhindern, indem man die beiden Teilwellen mit unterschiedlichen Amplituden einstrahlt, welche dann nach Durchqueren des Mediums aufgrund der unterschiedlichen Abschwächung gleich groß sind. Die Eingangsamplituden der Teilwellen können durch den Polarisationswinkel relativ zu den Halbachsen der Partikel bestimmt werden: Ein Winkel von 45° erzeugt gleich große Teilamplituden, ein anderer Winkel unterschiedlich große.

Wir haben versucht, unsere PVA-Folien mit ellipsoiden Partikeln (Verhältnis 0,5:1) zu verziehen. Allerdings sind die Folien sehr dünn, sodass sie sehr schnell gerissen sind, bevor eine nennenswerte Veränderung in der Partikelanordnung auftreten konnte. Eine Lösung für

dieses Problem könnten dickere PVA-Stücke sein. Allerdings war es unter unseren Herstellungsbedingungen kaum möglich, dickere Platten herzustellen. Da beim Trocknen der Mischung Wasser abdampft, bildet sich am Anfang stets eine dünne Haut über der restlichen Flüssigkeit, welche Spannungen aufweist und das Abdampfen des restlichen Wassers erschwert. Es entstehen sehr ungleichmäßige Feststoffe, welche Luftblasen enthalten. Wir haben versucht, die Konzentration des PVA zu erhöhen, allerdings setzt ab einer Konzentration von ca. 20% in der Anfangslösung eine Sättigung ein, das PVA löst sich nicht mehr vollständig. Unter anderen Bedingungen könnten sicher dickere gleichmäßige Stücke aus PVA mit Nano-Goldpartikeln erzeugt werden, welche dann durch Verziehen zu doppelbrechenden Medien verarbeitet werden können.

Nano-Goldpartikel auf Oberflächen

Durch die Fixierung der Partikel in einem Feststoff bzw. auf einer Oberfläche ist es möglich, die Teilchen in gleichmäßigen, definierten Abständen anzuordnen. Handelt es sich dabei um transparente Stoffe wie Glas oder PVA, weist das neue Medium einen deutlichen Wechsel des Brechungsindex für sichtbares Licht auf, da die Resonanz der Goldpartikel im sichtbaren Bereich liegt, die von Glas z.B. hingegen im UV-Bereich. Strukturen mit einem Brechungsindex, welcher periodisch wechselt, heißen photonische Kristalle. Dabei muss die räumlich Periode des Brechungsindexwechsels im Bereich der Lichtwellenlänge liegen. Diese Stoffe sollen zukünftig als eine Art Halbleiter für Licht verwendet werden, da sich bestimmte Lichtwellenlängen nicht im Medium ausbreiten können. Durch gezieltes Einbauen von Störstellen könnte man das Licht also auf geknickten Bahnen leiten. Dies ist ein wichtiger Schritt hin zu neuen Rechnern, welche mit Licht statt elektrischem Strom arbeiten. Um eine solche Struktur herzustellen, müssten wir die Goldpartikel auf eine Oberfläche bzw. in einen Feststoff integrieren, dessen Strukturen im Bereich der Wellenlänge des sichtbaren Lichts liegen, sodass die Abstände der Partikel die räumliche Periode bestimmen, da die Partikel selbst kleiner sind als die Lichtwellenlänge.

Lässt man die Goldlösung auf einer Oberfläche trocknen, so lagern sich die Goldpartikel zusammen,

da vermutlich durch das Verdampfen des Wassers eine Strömung entsteht. Um diesem Effekt vorzubeugen, wollen wir die Oberfläche beim Verdampfen des Wassers rotieren lassen. Dabei muss zunächst die erforderliche Drehgeschwindigkeit ermittelt werden. Als Oberflächenmaterial wollen wir als erstes Glas ausprobieren.

Zusammenfassung und Ausblick

Unser erstes Ziel, die Herstellung von Goldkolloiden, welche die Plasmonenresonanz zeigen, konnten wir erreichen. Mit Hilfe unserer TEM- und Spektrometermessungen konnten wir Zusammenhänge zwischen den Herstellungsbedingungen, der Partikelgeometrie und der Plasmonenresonanz herstellen. Durch Variation des Konzentrationsverhältnisses zwischen 4:1 und 0,5:1 können wir Partikel mit Achsenverhältnissen zwischen ca. 1 und 0,5 herstellen, welche Resonanzwellenlängen zwischen 520 nm und 545 nm aufweisen. Durch Verlängerung der Siededauer können wir kleinere Partikel erzeugen, welche eine schwächere Plasmonenresonanz zeigen.

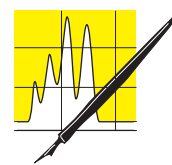
Durch eine theoretische Berechnung der Plasmonenresonanz konnten wir die Resonanzwellenlänge für kugelförmige oder ellipsoide Partikel in Abhängigkeit des Radius bzw. des Achsenverhältnisses und der Halbachsenlänge angeben. Dabei konnten wir die experimentell ermittelten Zusammenhänge zwischen der Partikelgeometrie und der Lage und Breite der Plasmonenresonanz mit unserer Rechnung bestätigen. Außerdem konnten wir die Rotverschiebung und insbesondere Verbreiterung der Resonanz mit abnehmendem Achsenverhältnis der Partikel mit Hilfe unserer theoretischen Beschreibung physikalisch erklären.

Um die von uns verwendete Theorie und Rechnung zu überprüfen, haben wir eine eigene Auswertungsmethode entwickelt, welche auf der Kombination von TEM- und Spektrometerergebnissen beruht. Anhand der TEM-Bilder haben wir für jede Probe verschiedene Achsenverhältnisse und Größen ermittelt und auf Basis dieser Werte ein theoretisches Extinktionsspektrum ermitteln. Im Vergleich mit den entsprechenden gemessenen Spektren konnten wir eine gute Übereinstimmung zwischen Messung und Theorie feststellen. Somit können wir die physikalischen Eigenschaften unserer Proben auch theoretisch berechnen.

Da unsere Lösungen Farben von hellrot bis violett aufwiesen, könnte man insbesondere die Lösungen als Farbfilter verwenden. Dies hätte den Vorteil, dass man die Dicke der Probe und damit die Stärke der Absorption verändern könnte. Durch Fixierung der Partikel in einem Feststoff könnte man durch Verziehen die Partikel ausrichten, sodass alle Halbachsen der ellipsoiden Teilchen parallel sind. Dadurch hätte das Medium entlang der verschiedenen Halbachsen unterschiedliche Resonanzfrequenzen, welche mit Licht verschiedener Polarisation angeregt werden können. Somit könnte man mit Hilfe von Nano-Goldpartikeln Medien mit ein-

stellbarer Doppelbrechung herstellen. Eine weitere Anwendung der Nano-Goldpartikel könnte die Herstellung photonischer Kristalle sein. Diese Strukturen zeichnen sich durch einen Wechsel des Brechungsindex aus, dessen räumlich Periode im Bereich der Lichtwellenlänge liegt. Durch Auftragen der Goldlösung auf Oberflächen könnte man die Partikel in Abständen im Bereich der Lichtwellenlänge anordnen. Unser nächstes Ziel ist das Auftragen der Goldpartikel auf Glasoberflächen, wobei wir die Agglomeration der Partikel durch Rotation verhindern wollen.

CLB



AUFsätze

Literatur

- [1] Kreibitz, Uwe & Vollmer, Michael: Optical properties of metal clusters, Springer Verlag Berlin Heidelberg, 1995 S. 14-15, 18, 31, 38
- [2] Bohren, Craig & Hufmann, Donald: Absorption and scattering of light by small particles, New York, Wiley 1983, S. 136-146
- [3] Johnson, P. B. & Christy, R. W.: Optical Constants of the Noble Metals. Physical Review B., Vol. 6 No. 12, 4370-4379
- [4] http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?idn=978076869&dok_var=d1&dok_ext=pdf&filename=978076869.pdf, 04.06.2008, Gunnar Raschke: Molekulare Erkennung mit einzelnen Gold Nanopartikeln, LMU München, 2005
- [5] <http://www.db-thueringen.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-12582/Helgert-Diplom2006.pdf>, 16.06.2008, Christian Helgert: Quadratisch nichtlineare optische Eigenschaften von metallischen Nanostrukturen auf Lithiumniobat (Diplomarbeit), FSU Jena, 2006
- [6] E.A. Coronado, and G.C. Schatz: Surface plasmon broadening for arbitrary shape nanoparticles: A geometrical probability approach, Journal of Chemical Physics 2003, Vol.119 No.7 p.3926-3934
- [7] Hitoshi Ohya, Henk G. Merkus, Brian Scarlett: An Analysis of the Nucleation Process on Goldsol. Journal of the Mining and Materials Processing Institute of Japan 2000, Vol.116 No.7 p.603-606
- [8] <http://w3.ub.uni-konstanz.de/v13/volltexte/2003/993/pdf/kalkbrenner1.pdf>, Thomas Kalkbrenner: Charakterisierung und Manipulation der Plasmon-Resonanz eines einzelnen Gold-Nanopartikels, Universität Konstanz, 2002
- [9] <http://de.wikipedia.org/wiki/Ellipsoid>, 27.12.2008, Oberflächeninhalt des Rotationsellipsoids
- [10] http://en.wikipedia.org/wiki/Colloidal_gold, 17.08.2008, Colloidal gold
- [11] <http://diogenes.iwt.uni-bremen.de/vt/laser/papers/Mie-Beitrag-zur-Optik-AnnalenPhysik1908.PDF>, Gustav Mie: Beiträge zur Optik trüber Medien, speziell kolloidaler Metallösungen. Annalen der Physik, Vierte Folge, Band 25, 1908
- [12] <http://www.nd.edu/~pkamat/synthesis/metals.html>, 08.09.2008, Preparation of Gold Colloids

Neues, kosteneffizientes Mikroskop für den klinischen Bereich



Olympus hat sein neues klinisches Mikroskop CX21LED mit LED-Beleuchtung ausgestattet. Den Anwendern steht dadurch ein kosteneffizientes System mit extrem langer Lebensdauer der Beleuchtung für biologische und medizinische Applikationen zur Verfügung. Die Lichtstärke für die Probenbeleuchtung kann mit der von Halogenlampen verglichen werden. Aber: Die LED-Beleuchtung gewährleistet eine homogenere Ausleuchtung der Probe, ist stufenlos regelbar und stabiler. Sie ist daher ideal geeignet für qualitativ hochwertige Beobachtungen in der täglichen Mikro-

skoproutine. Zudem ist das CX21LED ein umweltfreundliches, leicht zu bedienendes System, das sich auch sehr gut für die Ausbildung eignet.

Leistungstark und kosteneffizient

Die Leuchtdiode des Olympus CX21LED bietet eine erwartete Betriebsdauer von über 20.000 Stunden; ein häufiges Wechseln wie bei Halogenlampen entfällt also. Darüber hinaus benötigt diese kosteneffiziente Methode der Probenbeleuchtung deutlich weniger Energie als Halogenlampen – und das bei vergleichbarer Lichtstärke. Die Voraussetzungen für Bilder hoher Qualität bleiben also gewahrt. Das Mikroskop CX21LED wurde für den Dauereinsatz konzipiert und besteht aus robusten Komponenten. Okular und Kondensor sind werksseitig am Stativ, der Revolver mit den Objektiven am breiten, starren Mikroskoparm angebracht. Das kompakte, leichte System (rund 6 kg) kann sicher von Labor zu Labor transportiert werden und lässt sich einfach verstauen.

Bessere Handhabung

Neben der gleichmäßigen Ausleuchtung und der stabilen Lichtintensität zeichnet sich die LED-Beleuchtung auch dadurch aus, dass ihre Helligkeit ohne Beeinflussung der Farbtemperatur geändert werden kann. Zusammen mit den integrierten plan-

korrigierten UIS2-Objektiven von Olympus sind so klare Bilder mit stabiler Farbtemperatur bei jeder Helligkeitsstufe garantiert. Die ergonomische Anordnung der wichtigsten Bedienelemente (Fokus- und Feinfokus-Trieb, Lichtsteuerung sowie der Tischgriff) ermöglicht dem Anwender eine einfache und schnelle Bedienung des Mikroskops bei minimaler Bewegung. Der integrierte 4-fach Objektivrevolver verfügt über eine leichtgängige Handhabung und lange Lebensdauer. Gesteigert wird die Robustheit dieses Modells noch durch den abnutzungsresistenten Tisch ohne hervorstehende Zahnstangen, speziell entwickelt für gleichmäßige, kontinuierliche Bewegungen der Probe. Bei diesem Modell wurde auf herausragende Teile jeder Art verzichtet, so dass kein Risiko besteht, Proben zu beschädigen oder sich an der Hand zu verletzen. Der mechanische Tisch mit Fokusanschlag verhindert zudem, dass das Objektiv den Objektträger berührt und die Probe oder das Objektiv selbst beschädigt werden.

OLYMPUS DEUTSCHLAND GMBH

Geschäftsbereich Mikroskopie

Andrea Rackow

Marketing Communication

Tel: 040 / 2 37 73 - 4612

Fax: 040 / 23 08 17

E-Mail: mikroskopie@olympus.de

www.olympus.de

All-in-one-Mikroskop-Familie von Olympus

Ab sofort können selbst in der Mikroskopie unerfahrene Anwender erstklassige Bilder von ihren Proben aufnehmen. Möglich wird dies durch die neuen Komplettlösungen FluoView FV10i für konfokale Mikroskopie und FSX100 für Fluoreszenzmikroskopie von Olympus. Die All-in-one-Modelle nehmen alle mühsamen, komplizierten Schritte beim Einrichten und Verwenden moderner konfokaler Systeme und Fluoreszenzmikroskope ab. So kann der Anwender sich ganz auf die Bilder und Daten konzentrieren – auch ohne Vorkenntnisse in der Steuerung der verschiedenen Komponenten.

Die Olympus Mikroskopsysteme FSX100 und FluoView FV10i verbinden hochqualitative Mikroskopie- und Imaging-Hardware mit präziser Automation sowie modernster Software. Der Workflow wird dadurch auf das Einfachste reduziert. In nur drei Schritten lassen sich brillante Bilder und Bildserien erzielen: Probe laden, Beobachtungsmethode sowie interessierende Bereiche (Region of interest – ROI) festlegen, Bilder aufnehmen. Kurz gesagt: Auflegen – Auswählen – Aufnehmen.

Alle Komponenten sind motorisiert und softwaregesteuert. Funktionen wie Fokussierung, Belichtung, Einstellung der Systemkomponenten für korrekte Fluoreszenzdetektion und sogar Deck-

glasdickenkorrektur sind automatisiert. Der Anwender braucht das Mikroskop nicht ein einziges Mal anzufassen. Somit lassen sich auch komplexere Imagingprozesse, beispielsweise Time-Lapse, Z-Stapel und die Aufnahme von Mosaik-Bildern („Stitching“), leicht durchführen und für echtes multidimensionales Imaging sogar kombinieren.

Die All-in-one-Mikroskope FSX100 und FV10i enthalten alle nötigen Komponenten in einer kompakten, in sich geschlossenen Einheit. Daher lassen sie sich problemlos transportieren und genau dort aufstellen, wo sie benötigt werden. Außerdem umschließt das Gehäuse den Tisch vollständig, so dass Dunkelkammerbedingungen und damit maximale Detektionsempfindlichkeit gegeben sind.

Die benutzerfreundlichen Softwaresysteme führen den Anwender durch den

gesamten Imagingprozess. Sobald der Objektträger oder die Kulturplatte auf dem Tisch platziert wurde und der Anwender „Start“ angeklickt hat, wird ein Übersichtsbild der Probe erstellt. Auf ihm wählt der Benutzer die für ihn interessanten Bereiche (ROI) aus und das Mikroskop zoomt hinein, optimiert das Bild und präsentiert dem Anwender eine Reihe intuitiver Werkzeuge für das Imaging der Probe. Diese ermöglichen die Wahl der Beobachtungsmethode, das Betrachten der verschiedenen Fluoreszenz- und Hellfeldkanäle, das Navigieren innerhalb der Probe, die manuelle Steuerung von Fokus und Belichtung sowie die Steuerung der Laserintensität und die Anwendung von Echtzeit-Softwarefiltern. Hierbei werden Daten und Metadaten in einem äußerst logischen Format gespeichert. So können die Einstellungen von einem existierenden Bild auf neue Proben

angewandt werden, wodurch eine exzellente Versuchskonsistenz gewährleistet ist.

FSX100

Das All-in-one-Fluoreszenzmikroskop FSX100 von Olympus ist für den Einsatz in zahlreichen Anwendungen mit drei Fluoreszenzfilterwürfeln ausgestattet. Die Fluoreszenzbeleuchtung liefert ein leicht zu installierender, vorzentrierter Metallhalidbrenner mit einer Lebensdauer von 2.000 Stunden, während ein hochstabiles LED-Beleuchtungssystem mit einer Lebensdauer von 16.000 Stunden für eine gleichbleibende Hellfeld- und Phasenkontrastbeleuchtung sorgt. Zu den fortschrittlichen UIS2-Optiken im System gehört ein SAPO 40x-Objektiv (NA 0,95) und eine 0,4x-2,0x-Zoomoptik, wodurch ein Vergrößerungsbereich von 17x-80x zur Verfügung steht.

FluoView FV10i

Das konfokale Laser-Scanning-Mikroskop Olympus FV10i ist als Öl- oder Wasserimmersionsmodell erhältlich. Beide bieten durch die Kombination der 10x und 60x UIS2 SAPO Objektive mit der konfokalen Zoomtechnik einen Vergrößerungs-

bereich von 10x-600x. Die Laserplattform mit vier Dioden liefert die nötige Flexibilität für das Arbeiten mit den meisten Fluoreszenzfarben. Die zweikanalige Fluoreszenzdetektionseinheit nutzt eine neuartige Spektralmethode, um die zu den verwendeten Farbstoffen passenden Detektionswellenlängen automatisch auszuwählen.

Über einen zusätzlichen Kanal kann das entsprechende Phasenkontrastbild mit dargestellt werden. Das Wasserimmersionsmodell ist darüber hinaus mit einer automatischen Wasserversorgung und einem Korrekturring ausgestattet. Sie stellen sicher, dass das 60x-Objektiv immer korrekt verwendet wird. Der ebenfalls integrierte Inkubator mit Temperatur-, Feuchtigkeits- und CO₂-Regulierung ermöglicht Langzeit-Imaging an lebenden Zellen.



Die beiden Systeme stellt Olymus erstmalig in Deutschland auf der Biotechnica 2009 vor: Halle 9 – F 25

OLYMPUS DEUTSCHLAND GMBH
Geschäftsbereich Mikroskopie
Andrea Rackow
Marketing Communication
Tel: 040 / 2 37 73 - 4612
Fax: 040 / 23 08 17
E-Mail: mikroskopie@olympus.de
www.olympus.de

LED-Signalleuchten 829: Neue Leuchtbilder und jetzt noch heller

Die Signalleuchten-Serie 829 von WERMA besticht durch ihr klares, modernes Design, ihr leuchtstarkes Erscheinungsbild und ihre langlebige LED-Technologie mit einer Lebensdauer von bis zu 50.000 Stunden.

Der Einsatz im Innen- und Außenbereich ist durch die hohe Schutzart IP65 gewährleistet. Dabei lassen sich die LED-Leuchten einfach auf einer Maschine, am Winkel oder auf ein Rohr montieren.

Die montagefreundlichen LED-Leuchten sind mit unterschiedlichen Leuchtbildern erhältlich: Neu ist ein leuchtstarker LED-Doppelblitz, sowie das aufmerksamkeitsstarke LED-EVS- und LED-Rundumlicht. Aber auch kombinierte Versionen mit umschaltbaren Leuchtbildern sind erhältlich: Die multifunktionale LED-Dauer-/Blinkleuchte, sowie die LED-Dauer-/Blink-/Rundumleuchte, bei welcher 3 Leuchtbilder fernsteuerbar sind.

LED-Doppelblitzleuchte 829

Die neue LED-Doppelblitzleuchte 829 ist aufgrund der eingesetzten LED-Technologie besonders stoßfest und vibrationsunempfindlich. Dabei besticht sie insbesondere durch die hohe Blitzfrequenz von 1,5 Hz und ihre hohe Blitz-

leistung, welche durch die Zündung von zwei Blitzen kurz hintereinander erreicht wird.

LED-EVS-Leuchte 829

Das stochastische, chaotisch zufällige Flackerlicht EVS (Enhanced Visibility System oder Elektronische Verbesserung der Sichtbarkeit) wurde von WERMA auf neurobiologischen Grundlagen entwickelt. Eingesetzt in die LED-Leuchte 829 erlangt diese Technologie einen optimalen Aufmerksamkeitswert und hebt sich von allem bisher Dagewesenen ab.

WERMA setzt für das EVS-System Leuchtdioden ein. Ein Mikroprozessor steuert zufällige Lichtsignale an. Diese lassen das Licht sehr „aufgeregt“ wirken und erzeugen dauerhaft eine sehr hohe Wahrnehmung bei Anwesenden – auch aus dem Augenwinkel.

LED-Rundumsignalleuchte 829

Als drittes neues Leuchtbild steht das LED-Rundumlicht zur Verfügung. Im Gegensatz zu herkömmlichen Drehspiegelleuchten wird bei der LED-Version das rotierende Signal durch die als Lauflicht angesteuerten LEDs erzeugt. Da konsequent auf alle bewegten mechanischen Komponenten verzichtet wurde, ist diese Leuchte komplett verschleißfrei.

WERMA Signaltechnik GmbH + Co. KG
D-78604 Rietheim-Weilheim
Tel. +49 (0) 7424 9557-0 • Fax +49 (0)
7424 9557-44
www.werma.com • info@werma.com



Neuer Mikrowellen Feuchte-/Feststoffbestimmer für die Lebensmittelindustrie



Das Mikrowellen-Trocknungssystem SMART System 5 der Fa. CEM benutzt Mikrowellenenergie zum Bestimmen des Feuchte-/Feststoffgehaltes von einer Vielzahl unterschiedlichster Lebensmittel wie z. B. Fleisch- und Wurstwaren, Molkereiprodukte, Soßen, Pasten, Eiscreme, Eiprodukte, usw... Das Resultat: Was früher Stunden brauchte, wird jetzt in wenigen Minuten (typischerweise 1 - 2 min.) erreicht.

Die Trocknung mit dem SMART System 5 erfolgt ohne Verkrustung der Probe und ist bis zu 100 mal schneller als in einem konventionellen Trocknungsofen. Realisiert wird dieser enorme Zeitgewinn durch die volle Integration einer Analysenwaage, kontinuierliche Temperaturregelung der Probe, ausgeklügelte Steuerungstechnik für ein homogenes Mikrowellenfeld und einer mikroprozessorgesteuerten Regel- und Auswerteeinheit in das Mikrowellentrocknungssystem SMART 5.

Die schnelle Analyse erlaubt es dem Anwender sofort in den laufenden Produktionsbetrieb einzugreifen, um somit Kosten zu sparen.

Das SMART 5 trocknet die Probe mittels fokussierter Mikrowelle auf der eingebauten Waage als direkte Meßmethode (ohne langwierige Kalibrierung). Dabei ermittelt das Analysensystem während des Trocknungsprozesses permanent den Gewichtsverlust und regelt die Trocknungsenergie am Endpunkt herunter. Eine

optimale Luftstromführung beschleunigt das Trocknen von Proben, indem der Wasserdampf rasch abgeführt wird. Ein Verbrennen oder Zersetzen der Probe wird durch die Temperatursteuerung verhindert. Das SMART 5 wurde für die Prozeßkontrolle konstruiert – die Bedienung ist einfach und durch eine deutschsprachige Software zudem äußerst komfortabel.

Am Smart Feuchtebestimmer kann ein Bar Code Reader, ein Modul zur Fettbestimmung und ein LIMS System angeschlossen werden.

Neuer Katalog zur chemischen und biochemischen Synthese in der Mikrowelle

Während in der organischen Chemie (z. B. Heterocyclen-Chemie, Polymerchemie, Naturstoffchemie) die mikrowellenunterstützte organische Synthese längst Einzug in die Labors gehalten hat, werden mittlerweile immer mehr Anwendungen für die Mikrowelle in der Biochemie entdeckt. So sehen immer mehr Wissenschaftler die Vorteile des Mikrowellen-Einsatzes bei der Metallorganischen Synthese, der Synthese von Peptiden sowie bei der Analyse von Peptiden und Proteinen.

Chemische und biochemische Reaktionen sind unter Mikrowelleneinwirkung typischerweise deutlich schneller als unter konventionellen Bedingungen. Organische und biochemische Reaktionen laufen bei der Verwendung von Mikrowellenenergie in wenigen Minuten ab, anstelle von Stunden, wie es bei traditionellen Methoden üblich ist. Die genauen Mechanismen sind noch nicht eindeutig geklärt, doch mittlerweile berichten viele tausende von Veröffentlichungen und Übersichtsartikeln für die unterschiedlichsten Einsatzbereiche von den enormen Möglichkeiten dieser leicht zu bedienende Technologie.

CEM hat einen Katalog zur Übersicht der verfügbaren Mikrowellen-Syntheser heraus gegeben. Er enthält manuelle Forschungsgeräte auf Mikrowellenbasis, Syntheser mit Autosamplern und Pumpenanbindung. Für temperatursensitive Produkte oder Zwischenstufen ist auch die Kombination von Mikrowellenaktivierung mit gleichzeitiger Kühlung zur Gewährleistung von niedrigen Reaktionstemperaturen im Modell Discover CoolMate möglich. Parallele Synthesen, Synthese mit Kamera-Beobachtung und Lösungen für die Studentische Ausbildung an Hochschulen sind in dieser kostenlosen Broschüre enthalten.

Seminar: Feststoffanalytik – von der Laborprobe zum Analyseergebnis

Das bewährte Praxisseminar vermittelt einen umfassenden Überblick über die Aufbereitung und Analytik unterschiedlichster Materialien. In Vorträgen werden die Themen Zerkleinerung (RETSCH), Mikrowellenaufschluss (CEM) und Element-Analytik (Varian) behandelt. Es folgt ein praktischer Teil, in dem Proben, die von den Teilnehmern mitgebracht wurden, aufbereitet, aufgeschlossen und analysiert werden. Das Seminarteam freut sich darauf, z. B. mit folgenden Proben zu Arbeiten: Lebensmittel, Kosmetika, Klärschlamm, Boden, Kunststoffe, Sekundärbrennstoffe, Holz, Pflanzen, Gewürze, Werkstoffe, u. v. m.

Die Seminare werden an verschiedenen Standorten bundesweit durchgeführt und sind für die Teilnehmer kostenlos.

Termine:

03.11.2008	Martinsried
05.11.2008	Frankfurt a.M.
11.11.2008	Potsdam
12.11.2008	Leipzig
17.11.2008	Hamburg
19.11.2008	Kamp-Lintfort

Programm und Anmeldung:

http://www.cem.de/documents/seminare_kurse/Seminar_CEM_Herbst09.pdf

CEM GmbH
 Carl-Friedrich-Gauß-Str. 9
 47475 Kamp-Lintfort
 Tel. + 49 28 42 - 96 44 24
 Fax + 49 28 42 - 96 44 26
 Mobil + 49 1 72 - 2 55 34 68
 web: www.cem.de

Bezugsquellenverzeichnis

ANALYSEN

Analytische Laboratorien
Prof. Dr. H. Malissa u. G. Reuter GmbH
Postfach 1106, D-51779 LINDLAR
Tel. 02266 4745-0, Fax 02266 4745-19

Ilse Beetz
Mikroanalytisches Laboratorium
Postfach 1164, D-96301 Kronach
Industriestr. 10, D-96317 Kronach
Tel. 09261 2426, Fax 09261 92376

ARBEITSSCHUTZARTIKEL



Roth GmbH + Co. KG
Postfach 10 01 21
D-76231 Karlsruhe
Tel. 0721 56060

CHEMIKALIEN



Roth GmbH + Co. KG
Postfach 10 01 21
D-76231 Karlsruhe
Tel. 0721 56060

GERBU Biotechnik GmbH
Am Kirchwald 6, D-69251 Gaiberg
Tel. 06223 9513 0, Fax: 06223 9513 19
www.gerbu.de, E-mail: gerbu@t-online.de

DEUTERIUMLAMPEN



06151/8806-0
Fax 06151/896667
www.LOT-Oriel.com

DICHTUNGSSCHEIBEN AUS GUMMI MIT AUFVULKANISierter PTFE-FOLIE

GUMMI WÖHLEKE GmbH
Siemensstr. 25, D-31135 Hildesheim
Teletex 5 121 845 GUMWOE
Tel. 05121 7825-0

FTIR-SPEKTROMETER-ZUBEHÖR



06151/8806-0
Fax 06151/896667
www.LOT-Oriel.com

GEFRIERTROCKNER

Zirbus technology
D-37539 Bad Grund
Tel. 05327 8380-0, Fax 05327 8380-80
Internet: <http://www.zirbus.de>

GEFRIERTROCKNUNGSANLAGEN



Martin Christ GmbH
Postfach 1713
D-37507 Osterode/Harz
Tel. 05522 5007-0
Fax 05522 5007-12

HOHLKATHODENLAMPEN



06151/8806-0
Fax 06151/896667
www.LOT-Oriel.com

KÜHL- UND TIEFKÜHLGERÄTE



Föhrenstr. 12
D-78532 Tuttlingen
Tel. 07461 705-0, Fax 07461 705-125
www.hettichlab.com
info@hettichlab.com

KÜVETTEN

Hellma GmbH & Co. KG
Postfach 1163
D-79371 Müllheim
Tel. 07631 182-0
Fax 07631 135-46
www.hellma-worldwide.com
aus Glas, Spezialgläser, Quarzgläser

LABORCHEMIKALIEN



Roth GmbH + Co. KG
Postfach 10 01 21
D-76231 Karlsruhe
Tel. 0721 56060

LABOREINRICHTUNGEN

Wesemann GmbH & Co. KG
Postfach 1461, D-28848 Syke
Tel. 04242 594-0, Fax 04242 594-222
<http://www.wesemann.com>

LABORHILFSMITTEL



Roth GmbH + Co. KG
Postfach 10 01 21
D-76231 Karlsruhe
Tel. 0721 56060

LABOR-SCHLÄUCHE UND -STOPFEN AUS GUMMI

GUMMI WÖHLEKE GmbH
Siemensstr. 25, D-31135 Hildesheim
TeleTex 5121845 GUMWOE
Tel. 05121 7825-0

LABORZENTRIFUGEN, KÜHLZENTRIFUGEN



Föhrenstr. 12
D-78532 Tuttlingen
Tel. 07461 705-0, Fax 07461 705-125
www.hettichlab.com
info@hettichlab.com



Sigma Laborzentrifugen GmbH
Postfach 1713
D-37507 Osterode/Harz
Tel. 05522 5007-0
Fax 05522 5007-12

LEITFÄHIGKEITS-MESSGERÄTE



HANNA Instruments
Deutschland GmbH
Lazarus-Mannheimer-Straße 2-6
D-77694 Kehl am Rhein
Tel. 07851 9129-0 Fax 07851 9129-99

MIKROSKOPE



Labor- und Routine-
Mikroskope
Stereolupen und
Stereomikroskope

Helmut Hund GmbH
Postfach 1669 · 35526 Wetzlar
Telefon: (0 64 41) 20 04-0
Telefax: (0 64 41) 20 04-44

OLYMPUS OPTICAL CO.
(EUROPA) GMBH
Produktgruppe Mikroskope
Wendenstr. 14-18
D-20097 Hamburg
Tel. 040 237730
Fax 040 230817
email: microscopy@olympus-europa.com

Große
Anzeigen zu
teuer? Hier
kostet ein
Eintrag nur
6 Euro pro
Zeile, ein
Millimeter
pro Spalte
3 Euro!

OPTISCHE TAUCHSONDEN

Hellma GmbH & Co. KG
Postfach 1163
D-79371 Müllheim
Tel. 07631 182-0
Fax 07631 135-46
www.hellma-worldwide.com
aus Glas, Spezialgläser, Quarzgläser

PARTIKELANALYSE



PH-MESSGERÄTE



HANNA Instruments
Deutschland GmbH
Lazarus-Mannheimer-Straße 2-6
D-77694 Kehl am Rhein
Tel. 07851 9129-0 Fax 07851 9129-99

REINIGUNGSMITTEL FÜR LABORGAS



SAUERSTOFF-MESSGERÄTE



HANNA Instruments
Deutschland GmbH
Lazarus-Mannheimer-Straße 2-6
D-77694 Kehl am Rhein
Tel. 07851 9129-0 Fax 07851 9129-99

STERILISATOREN

Zirbus technology
D-37539 Bad Grund
Tel. 05327 8380-0, Fax 05327 838080
Internet: <http://www.zirbus.de>

TEMPERATUR-MESSGERÄTE



TEMPERATUR-MESSGERÄTE



HANNA Instruments
Deutschland GmbH
Lazarus-Mannheimer-Straße 2-6
D-77694 Kehl am Rhein
Tel. 07851 9129-0 Fax 07851 9129-99

THERMOMETER



VAKUUMKONZENTRATOREN

Zirbus technology
D-37539 Bad Grund
Tel. 05327 8380-0, Fax 05327 838080
Internet: <http://www.zirbus.de>

**Große Anzeigen zu teuer?
Hier kostet ein Eintrag nur
6 Euro pro Zeile,
ein Millimeter pro Spalte
3 Euro!**

Fortsetzung von Umschlagseite 2 – CLB-Geschichte zur Ammoniaksynthese

Vor 100 Jahren, am 14. September 1909, meldeten Fritz Haber und Carl Bosch ihr Verfahren zur Synthese von Ammoniak aus Luftstickstoff zur Patentierung an. Meistens heißt es, ohne diese Erfindung wäre es zu einer weltweiten Hungerkatastrophe gekommen. Schließlich ließ sich ja mit dem Ammoniak nicht nur die Schießpulverproduktion ankurbeln, sondern auch in großen Mengen Kunstdünger herstellen, der die Ernteerträge für die Ernährung der explosionsartig wachsenden Weltbevölkerung Anfang des 20. Jahrhunderts im notwendigen Maße steigerte. Sicherlich war es im Nachhinein betrachtet die leichteste Lösung, die das Haber-Bosch-Verfahren für die Welternährung bot. Ohne diese Erfindung hätte der Ernährungszwang aber wohl zu anderen Lösungen geführt, und zwar nicht unbedingt die industrielle Variante des Lichtbogenverfahrens, an dem die „Badische Anilin“ zu jener Zeit ebenfalls arbeitete. Nach Angaben der „Food and Agriculture Organisation of the United Nations“ (FAO) wäre es heute möglich, die Menschheit mit landwirtschaftlichen Produkten zu ernähren, deren Ertragsmenge durch die Stickstofflieferung durch Boden-Mikroorganismen in geeigneter Höhe ausfiele. Vielleicht ließen sich so negative Aspekte des Kunstdünger-Einsatzes vermeiden. So soll für die Produktion eines Kilogramms Kunstdünger ein Liter Erdöl benötigt werden; der Anteil der Ammoniakproduktion – 2007 131 Millionen Tonnen – am weltweiten Verbrauch fossiler Energieträger beträgt laut Ullmann von 2006 etwa 1,4 Prozent. Und: Nach Angaben des UN-Millennium-Umweltberichts setzt der Mensch heute mehr Stickstoffverbindungen um als die Natur, Gewäs-

ser sind teilweise mit Stickstoff überlastet – die Algen freuen sich, aus überdüngten Böden entweicht das Treibhausgas Lachgas. Jedes zweite Stickstoffatom in unseren Körpern soll bereits ein Haber-Bosch-Verfahren durchlaufen haben...

Die Janusköpfigkeit der Stickstoff-Verfügbarkeit spiegelt sich auch in den Biographien von Haber und Bosch wider. Haber diente den deutschen Kriegsherren durch Einbringung seines Wissens in die Kriegsführung mit Giftgas. Unter anderem beaufsichtigte er – trotz seiner Freundschaft mit dem Pazifisten Albert Einstein und gegen den Widerstand seiner Frau Clara – am 22. April 1915 bei Ypern in Belgien den ersten Giftgasangriff des Ersten Weltkriegs. Eine Woche später erschoss sich seine Frau. Er selbst rechtfertigte sich, der Gaseinsatz hätte den Krieg verkürzen und so Leben retten sollen – wie man es später auch zu den Atombombenabwürfen sagte. Haber wurde wegen seiner jüdischen Herkunft dann 1933 aus dem Amt gejagt, starb vor 75 Jahren als Emigrant auf einer Durchreise in Basel. Auch Bosch ging es nicht wirklich besser, trotz des Geschenks der IG Farben an seinen Vorstands- und späteren Aufsichtsratschef, der monumentalen Villa Bosch in Heidelberg, heute Sitz der Klaus Tschira Stiftung und verwandten Forschungseinrichtungen des SAP-Mitbegründers Klaus Tschira. Bosch war, nicht zuletzt aufgrund der politischen Entwicklung in Deutschland, schwer depressiv und unternahm 1939 einen Selbstmordversuch. 1940 verstarb er in Heidelberg.

Die CLB hat im Januar 1984 zur 50. Wiederkehr des Todestags von Fritz Haber bereits ein Portrait veröffentlicht, dass wir auf Umschlagseite 2 und hier wiedergeben.

kaufmännischer Tätigkeit im väterlichen Farben- und Chemikaliengeschäft folgte, und dann kehrte er endgültig zur Wissenschaft zurück. Für zwei Jahre arbeitete er im Labor von *Ludwig Knorr* in Jena. Mit diesem zusammen veröffentlichte *Haber* seine erste Arbeit.

1894 wurde er Assistent am chemisch-technischen Institut der TH Karlsruhe, 1896 Habilitation, 1898 a.o. Professor mit Lehraufträgen über Färberei und Farbstoffe, über Gaschemie und technische Elektrochemie. *Habers* Vielseitigkeit zeigen damalige Veröffentlichungen: „Experimentaluntersuchungen über Zersetzung und Verbrennung von Kohlenwasserstoffen“ (Habilitationarbeit), „Grundriß der technischen Elektrochemie“ (1898), „Zeugdruckverfahren. Der textile Flachdruck“ (1905), „Thermodynamik techni-

scher Gasreaktionen“ (1905). 1911 berief ihn die ein Jahr zuvor gegründete Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft nach Berlin zum Direktor des Instituts für physikalische Chemie und Elektrochemie. Das Institut mußte er erst bauen. Die Periode ungestörten Schaffens in Dahlem wurde jäh vom 1. Weltkrieg unterbrochen. Der 46jährige Vizewachtmeister meldete sich freiwillig, um Wissen und Können „in den Dienst des Vaterlandes zu stellen“. Vom Kaiser zum Hauptmann ernannt, schloß er als Abteilungsvorstand im Preußischen Kriegsministerium eine Verteidigungslücke: den Schutz vor chemischen Kampfmitteln und die Auffindung eigener Stoffe. Den Nobelpreis für Chemie des Jahres 1918 erhielt *Haber* „für die Synthese von Ammoniak aus dessen Elementen“, mit der er, industriell verwertet, „ein überaus

wichtiges Mittel zur Hebung der Landwirtschaft und des Wohlstandes der Menschheit“ geschaffen habe.

In den 20er Jahren gehörte *Haber* zu denen, die Lehre und Forschung in Deutschland wieder auf die Beine stellen wollten. Er war einer der Gründer der „Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft“. Und er übernahm eine leitende Funktion in der *Rockefeller*-Stiftung für medizinische Forschung sowie in einer japanischen Stiftung zur Förderung der chemischen Forschung; das „Japaninstitut“ entstand nach einer Reise in den Fernen Osten auf seine Initiative. Daß die deutschen chemischen Gesellschaften sich 1928 endlich zusammenschlossen und dadurch den Eintritt in die „Union internationale de Chimie“ erreichten, ist *Fritz Haber* mit zu verdanken.

Johanna Dées de Sterio



Unser *Rubikon*-Verlag feiert

das **100.** *CLB* -Titelbild.

Feiern Sie mit – gewinnen Sie!

Nennen Sie uns Ihren Lieblings-Titel.

Details Seite 369 (unter dem Editorial).

