



DAfP

Deutsche Akademie
für Photobiologie und
Phototechnologie e.V.
Gesellschaft für technische und medizinische Anwendungen optischer Strahlung

VORTRAGSMAPPE

DAfP

**Deutsche Akademie für Photobiologie
und Phototechnologie e.V.**

Gesellschaft für technische und medizinische Anwendungen
optischer Strahlung

10. Symposium der DAfP

**Farbstoffe und Licht
in unserem Leben**

1. und 2. Juli 2005

**in Überlingen (Bodensee)
Kurhaus / Kursaal an der Seepromenade**

Inhalt	3
Prof. Dr. Manfred Tevini, Universität Karlsruhe Carotinoide in der Nahrung für eine gesunde Ernährung	4
Dr. Achim Bub, Bundesforschungsanstalt für Ernährung Karlsruhe Anthocyane in der Ernährung des Menschen und der Mythos vom französischen Paradoxon	5
Prof. Dr. Helmar Schubert, Universität Karlsruhe Herstellung bioverfügbarer Carotinoide	6
Dr. Christoph Schmidt, Merck KGaA Darmstadt Die Lichtmanager: Farbstoffe und Pigmente in unserer Umgebung	7
Dr. Thomas Rentschler, Sachtleben Chemie GmbH Duisburg Schützende Schichten	8
Prof. Dr. Thomas Jüstel, Fachhochschule Münster Strahlungskonversion mit Fluoreszenzfarb- und -leuchtstoffen in modernen Strahlungsquellen	9
Dr. Christoph Schierz, ETH Zürich Ergonomische Farbgestaltung, insbesondere von Computer-Arbeitsplätzen	10
Prof. Dr. Wilhelm Stahl, Universität Düsseldorf Lichtschutz beim Menschen durch Carotinoide	11
Sándor Lenk und Claus Buschmann, Universität Karlsruhe UV-Schutz in Sonnen- und Schattenblättern der Buche gemessen mit Fluoreszenzbildern	12
	13
Dipl.-Phys. Peter Knuschke, Dipl.-Chem. Ines Unverricht, TU Dresden Edmund Koch, Alexander Popp, Günther Ott Monitoring als natürlicher Lichtschutz der Haut	14
Prof. Dr. Rolf-Markus Szeimies, Universität Regensburg Fluoreszenzdiagnostik und photodynamische Therapie in der Dermatologie	15
Dr. Indre Offermann, Prof. Dr. Augustin, Augenklinik Klinikum Karlsruhe Katarakte und altersbedingte Makuladegeneration	16
Prof. Dr. Jürgen Kleinschmidt, Ludwig-Maximilians-Univ. München Farbortbestimmungen der menschlichen Haut als Basis für prospektive Hauttyp-Einschätzung	17
Dr. Reiner Heckel, Klinikum Karlsbad-Langensteinbach Die Farbe - eine neurologische Betrachtung	19
Anschriften der Autoren	21
Impressum	21

Geschäftsstelle der DAfP

Anne Schuster
Geschäftsführerin
uv-technik Speziallampen GmbH
Gewerbegebiet Ost 1
98704 Wümbach

Telefon:+49 36785-52016
Fax:+49 36785-52021
e-mail: schuster@uvtechnik.com

c/o TU Ilmenau-FG Lichttechnik
Matthias Menz
Schatzmeister
PF 100565
98684 Ilmenau

Telefon: +49 3677-846922
Fax:+49 3677-842463
e-mail: matthias.menz@tu-ilmenau.de

Anschriften der Autoren und Sitzungsleiter III. und IV. Block

Name	Anschrift	Telefon Fax E-Mail
Dr.-Ing. Peter Bocionek	JW Holding GmbH Kölner Str. 8 70376 Stuttgart	0711-540040 0711-5400424 peter.bocionek@jw-holding.de
Prof. Dr. Wilhelm Stahl	Universität Düsseldorf Postfach 101007 40001 Düsseldorf	0211 811-2711 0211 811-3029 wilhelm.stahl@uni- duesseldorf.de
Sándor Lenk	Universität Karlsruhe Botanisches Institut Kaiserstr. 12 76128 Karlsruhe	0721/608-4168 Sandor.Lenk@botanik2.uni- karlsruhe.de
Dr. Claus Buschmann	Universität Karlsruhe Botanik 2 Kaiserstr. 12 76128 Karlsruhe	0721 6084876 0721 6089119 Claus.Buschmann@bio-geo.uni- karlsruhe.de
Dipl.-Chem. Ines Unverricht	Uniklinik der TU Dresden Klinik für Hautkrankheiten Fetscher Str. 74 01307 Dresden	0351 4583552 0351 4584338 ines.unverricht@mailbox.tu- dresden.de
Dipl.-Phys. Peter Knuschke	TU Dresden Dermatologie Fetscherstrasse 74 01307 Dresden	0351 4583552 0351 4588474 Knuschke@rcs.urz.tu- dresden.de
Prof. Dr. Rolf-Markus Szeimies	Universität Regensburg Regensburg 93040 Regensburg	
Dr. Indre Offermann Prof. Dr. Augustin	Klinikum Karlsruhe Moltkestr. 90 76131 Karlsruhe	0721 974 2011 0721 974 200 indre.offermann@gmx.de
Prof. Dr. Dr. Jürgen Kleinschmidt	LMU München Institut f. med. Balneologie u. Klimatologie Marchionistr. 15 81377 München	089 70954281 089 70958829 info@prof-kleinschmid.de
Dr. Reiner Heckl	Klinikum Karlsbad Parkring 25/3 76307 Karlsbad-Spielberg	07202 5699 rw.heckl@web.de

Anschriften der Autoren und Sitzungsleiter I. und II. Block

Name	Anschrift	Telefon Fax E-Mail
Prof. Dr. Wolfgang Heering	Universität Karlsruhe Lichttechnisches Institut Kaiserstr. 12 76128 Karlsruhe	0721 6082538 0721 358149 wolfgang.heering@lti.uni- karlsruhe.de
Prof. Dr. Dr. Jürgen Kleinschmidt	LMU München Institut f. med. Balneologie u. Klimatologie Marchionistr. 15 81377 München	089 70954281 089 70958829 info@prof-kleinschmid.de
Prof. Dr. Manfred Tevini	Universität Karlsruhe Botanisches Institut, Botanik II Kaiserstr. 12 76128 Karlsruhe	0721 6083841 0721 6084878 Manfred.Tevini@bio-geo.uni- karlsruhe.de
Dr. Achim Bub	Bundesforschungsanstalt für Ernährung Haid- und Neu Straße 9 76131 Karlsruhe	0721 662407 0721 662511 bub@bfe.uni-karlsruhe.de
Prof. Dr. Helmar Schubert	Universität Karlsruhe Kaiserstr. 12 76128 Karlsruhe	0721 6087537 0721 694320 Helmar.Schubert@lvt.uni- karlsruhe.de
Dr. Christoph Schmidt	Merck KG aA Frankfurter Str. 250 64293 Darmstadt	06151 727037 06151 7294008 christoph.schmidt@merck.de
Dr. Thomas Rentschler	Sachtleben Chemie GmbH Dr. Rudolf-Sachtleben-Str. 4 47198 Duisburg	02066 222314 02066 222314 trentsch@sachtleben.de
Prof. Dr. Thomas Jüstel	Fachhochschule Münster Stegerwaldstr. 48562 Steinfurt	02551 962205 tj@fh-muenster.de
Dr. Sc. Nat. Christoph Schierz	ETH-Zürich Clausinsstr. 25 8092 Zürich	0041 44 6323980 0041 44 6323980 cschierz@ethz.ch

Carotinoide in der Nahrung für eine gesunde Ernährung

M. Tevini, Botanisches Institut II der Universität Karlsruhe

Das Bestreben der Bevölkerung durch den Verzehr von Obst und Gemüse und deren Säfte zur Stärkung der Gesundheit und damit zur Erhöhung der Lebensqualität und -erwartung beizutragen, ist in den letzten Jahren stark gestiegen. Zur Gesunderhaltung sind besonders natürliche Farbstoffe wie z.B. Anthocyane in dunkelrotem Beerenobst (Vortrag Dr. Bub) und Carotinoide in rot-orangen Früchten sowie in grünem Gemüse geeignet. Beide Substanzgruppen enthalten bioaktive Wirkstoffe, die in Mensch und Tier, aber auch in Pflanzen als Antioxidantien wirken und aufgrund ihrer chemischen Struktur schädliche Sauerstoffradikale, die z.B. durch Umweltgifte im Körper entstehen, inaktivieren können. Aus der Gruppe der Carotinoide sind α - und β -Carotin, hauptsächlich in Karotten vorkommend, sowie Lycopin, mit hohem Gehalt in Tomaten, gute Radikalfänger. Darüber hinaus sind α - und β -Carotin Vorstufen des Vitamin A, das als Retinal wichtigster Bestandteil des Sehorgans ist. Neben antioxidativen Wirkungen haben Carotinoide aber auch anticancerogene Eigenschaften, obwohl die molekularen Wirkmechanismen noch kaum bekannt sind (Giovannucci 1999, Heber und Lu 2002, Finley 2005). Sowohl aus epidemiologischen Erhebungen wie aus Interventionsstudien erkannte man, dass Lycopin aus Tomaten oder Tomatenprodukten den Prostata- und Lungenkrebs günstig beeinflusst. Auch physiologische Prozesse wie z.B. die LDL-Oxidation (LDL=low density lipoprotein) werden durch Lycopin gehemmt und damit der Arteriosklerose entgegenwirkt (Grünwald et al. 2002). Über weitere Schutzwirkungen der Carotinoide für Haut und Organe des Menschen wird berichtet. Voraussetzung für die gesunderhaltenden Eigenschaften der Carotinoide ist jedoch eine gute Bioverfügbarkeit (Vortrag Prof. Schubert) im menschlichen Verdauungstrakt, die bei Säften höher ist als bei Rohware. Herkömmliche Karottensorten für die Gemüse- und Saftproduktion enthalten α - und β -Carotin, oft in aliquoten Mengen von ca. 10 mg/100g Rohware. Tomaten weisen einen Lycopingehalt je nach Sorte und Reifegrad von 3mg bis 40 mg/100 g Rohware auf. Seit kurzem ist eine neue, herkömmlich gezüchtete Karottensorte mit dem Namen Nutri-Red auf dem Markt, die neben β -Carotin auch große Mengen Lycopin enthält (Tevini et al. 2005). Der daraus hergestellte Saft vereinigt somit die gesundheitsrelevanten Wirkstoffe von Karotte und Tomate. Neben Obst und Gemüse enthalten auch Grundnahrungsmittel wie z.B. Mais und Kartoffeln Carotinoide, im Mais hauptsächlich Zeaxanthin, in Kartoffeln Violaxanthin und Lutein. In einem Forschungsprojekt des BMBF ist es erstmals gentechnisch gelungen, Kartoffeln mit Zeaxanthin anzureichern, das neben Lutein die Macula-degeneration im Auge alternder Menschen günstig beeinflussen soll (Vortrag Dr. Offermann).

Giovannucci, E.: Tomatoes, tomato-based products, lycopene, and cancer: Review of the epidemiological literature. J. Natl. Cancer Inst. 91 (1999), 317-327

Grünwald, J et al.: Lycopin – ein Carotinoid gegen Zivilisationskrankheiten? Deutsche Apothekerzeitung 8 (2002), 856-869

Heber, D., Lu, Q.: Overview of mechanisms of action of lycopene. Exp. Biol. Med. 227 (2002), 920-932

Finley, J.W.: Proposed criteria for assessing the efficacy of cancer reduction by plant foods enriched in Carotenoids, Glucosinolates, Polyphenols and Selenocompounds. Annals of Bot. 95 (2005), 1095-1096

Tvini, M. et al.: Neuartiger Karottensaft aus lycopinhaltigen Karotten. Flüssiges Obst 4 (2005), 176-179

Anthocyane in der Ernährung des Menschen und der Mythos vom Französischen Paradoxon

Achim Bub Bundesforschungsanstalt für Ernährung Karlsruhe

Eine abwechslungsreiche, Obst-, Gemüse- und Vollkorn-betonte Ernährung senkt nachweislich das Risiko für zahlreiche chronische Krankheiten wie z.B. Krebs und Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Neben der kalorischen Komponente dieser Ernährungsweise werden sog. Sekundäre Pflanzenstoffe für diese gesundheitlichen Wirkungen verantwortlich gemacht. Diese mehrere Zigtausend Substanzen umfassende Gruppe von Pflanzeninhaltsstoffen werden gemäß ihrer chemisch-strukturellen Eigenschaften klassifiziert. Weit verbreitet ist die Stoffgruppe der phenolischen Verbindungen zu denen auch die Anthocyane gerechnet werden.

Anthocyane kommen in vielen blau-roten Beerenfrüchten (Kirschen, Erdbeeren, Heidelbeeren etc.), aber auch in Gemüse (Rotkohl, Auberginen, Rettich) vor. Der Einsatz von Anthocyan-reichen Säften zur Vorbeugung und Behandlung von Atemwegs- oder Harnwegsinfekten ist schon lange in der traditionellen „Hausmedizin“ verankert.

Inzwischen werden für Anthocyane weitere gesundheitsfördernde Eigenschaften, so auch der Schutz vor Herz-Kreislauf-Erkrankungen oder gar Krebs postuliert. Der wissenschaftliche Nachweis hierfür steht aber noch aus. Zwar haben Anthocyane in vitro eine Vielzahl von gesundheits-relevanten Eigenschaften (antioxidativ, antibakteriell, antiinflammatorisch etc.), doch schränkt die geringe Bioverfügbarkeit das mögliche gesundheitliche Potential erheblich ein. Gerade das oft zitierte „Französische Paradox“ soll auf den in Rotwein stark vertretenen Anthocyanen zurück zu führen sein. Doch die Komplexität des Getränkes selbst und die Rolle der Ernährungsweise machen es eher unwahrscheinlich, dass Anthocyane tatsächlich hierfür kausal verantwortlich sind. Der moderate Genuss von Rotwein, wie der regelmäßige Verzehr anderer Anthocyan-haltiger Lebensmittel, kann im Rahmen einer gesunden Ernährung durchaus einen Beitrag zur Prävention ernährungsmitbedingter Erkrankungen sein.

Die Farbe - Eine neurobiologische Betrachtung

R.W. Heckl, Süddeutsches Reha-Zentrum, Klinikum Karlsbad-Langensteinbach

Es wird darauf abgehoben, dass Farben eine reine Konstruktion des Gehirns sind. Der evolutionäre Vorteil der Farbwahrnehmung liegt in der besseren Differenzierung des Gesehenen.

Die Farbwahrnehmung begünstigt die Futtersuche, Partnerwahl und das Beutefinden. Die Farbwahrnehmung selbst wiederum bedingt die vielfältige Bildung von Farben bei den Lebewesen (Koevolution).

Es wird auf die noch wenig verstandene Verarbeitung der Farbwahrnehmung in der Sehrinde und deren umliegenden Rindenareale des Gehirns eingegangen.

Es entsteht die Frage des *Bindungsproblems* – die Frage wie Gestalt, Form und Farbigkeit als Einheit wahrgenommen werden.

Es wird das *Qualia-Problem* erläutert und wie das Nachdenken über die Farbwahrnehmung zum Problem des Bewusstseins führt.

Farbortbestimmungen der menschlichen Haut als Basis für prospektive Hauttyp-Einschätzung

Chances and Limitations of predicting the Skin Type by Using Colorimetric Data

J. G. Kleinschmidt, Institute of Medial Balneology and Climatology of Ludwig-Maximilians-University of Munich

Objective: The skin type is used ubiquitaer in tanning industry, in epidemiology (e.g. concerning skin cancer), in standardisation rules, in UV-therapy and so far. Nevertheless there is no instrumental equipment to validate the subjective explorative answers to the FITZPATRICK-questionnaire, concerning the retrospective usual reaction of the skin. To get objective data we tested methods of combining different colorimetric data in order to fix out prospectively the skin type.

Design: 164 dermatologic patients (12 drop outs), who stayed 4 weeks in a dermatological clinic (TOMESA-Clinics Bad Salzschlirf), were classified

A → subjectively: - by different *health professionals* (clinical dermatological experts) and - by 1 *medical student*, based on literature-standards.

By this way we got almost 61 patients with undoubtable 4 FITZPATRICK-skin-types, 91 belonging to interfering classes.

B: Independently from subjective classification the skin colour of the patients was measured objectively touchless by a colorimetric apparatus (ER50, JOHNE & RAILHOFER, München) at forearms

→ ventral (sun-protected) and lateral (sun-exposed), → each left and right and in gluteal region: → left and right side.

Calculations: By means of: - discrimination analysis, - hierarchical models, - cluster analysis of the colorimetric data one can retrospectively calculate the skin type, based on the undoubtable skin classes.

To evaluate the concordances between subjective skin type classifications and the interfering classes we fixed several definitions for: - sensitivity, - sun burn error, - tanning error

Results: Between predicting the skin type by chance (sensitivity = 25 %) and the ideal endpoint (100 %) we reached more than 65 %, depending on the model.

This is quite a lot, compared to expert's prediction and an experimental evaluation by LEHMANN, who used WUCHERPFENNIG-Erythem-Treppe at 113 dermatologic patients (27 %).

The stepwise cluster analysis suggests to use just 3 Skin Type Categories or at least 7 (or more).

Conclusions: We suggest to define theoretical Skin Types, based on colorimetric data, to be used in standardisation works. Their evidence is as good or bad like the theoretical CIE-definition SED compared to the individual MED.

Key words: Skin type - colorimetric data – standardisation - UV sensitivity

Herstellung bioverfügbarer Carotinoide

Helmar Schubert, Institut für Lebensmittelverfahrenstechnik der Universität Karlsruhe

Carotinoide sind wasserunlöslich und in Pflanzenfetten und -ölen bei Raumtemperatur nur sehr gering löslich. Daher ist die Bioverfügbarkeit, also die Aufnahme dieser Stoffe in den Blutkreislauf des Menschen, nur sehr gering. Beispielsweise wird β -Carotin von rohen Karotten nur zu etwa 5% vom Körper aufgenommen. Mittels technischer Formulierungen gelingt es, die Bioverfügbarkeit von Carotinoiden erheblich zu steigern. Dies wird dadurch erreicht, dass man die unlöslichen Feststoffe in sehr kleine Partikel, so genannte Nanopartikel, überführt oder mittels besonderer Maßnahmen die Carotinoide in molekularer Form in Trägersysteme einbringt. In beiden Fällen werden die modernen Methoden der Nano-technologie eingesetzt.

Als besonders günstig haben sich Öl-in-Wasser-Emulsionen als Trägersysteme für bioverfügbare Carotinoide erwiesen. Hierbei wird die Öllöslichkeit dieser Stoffe bei hohen Temperaturen genutzt. Durch schnelles Rückkühlen bei gleichzeitigem Herstellen feiner Öltropfen in wässriger Umgebung bleiben die Carotinoide im Öl trotz hoher Übersättigung stabil, sofern die Durchmesser der Tropfen unterhalb von einen Mikrometer liegen. Durch neue Hochdruck-Emulgiervverfahren mittels spezieller Blenden ist es gelungen, stabile, bio-verfügbare Carotinoid-Formulierungen herzustellen.

Die zelluläre Aufnahme der Carotinoide in Darmzellen (Colon-Karzinom-Zellen HT29 oder CaCo 2) mittels eines in-vitro-Testes ist ein Maß für die Bioverfügbarkeit. Die Untersuchungen zeigen, auf welche Weise die Formulierungen optimiert werden müssen, um eine hohe zelluläre Aufnahme erreichen zu können. Maßgeblich sind die Art des Carotinoids, der Formulierungstyp und der eingesetzten Emulgator. Es ist gelungen, die Emulsionen so zu optimieren, dass eine bessere Aufnahme als mit teuren und nicht lösungsmittelfreien Liposomen-Formulierungen erreicht wird, die bisher als optimal galten. Die Methode ist grundsätzlich auch für Pharmazeutika einsetzbar, die ebenso wie die Carotinoide nicht ausreichend wasser- und öllöslich sind. Da ein hoher Anteil der neuen pharmazeutischen Wirkstoffe in diese Kategorie fällt, sind die hier entwickelten Methoden bereits für die erste Testphase interessant, da ohne ausreichende Bioverfügbarkeit die Wirksamkeit von Medikamenten nicht geprüft werden kann. Die heute gebräuchlichen Methoden, beispielsweise den Wirkstoff in speziellen Lösungsmitteln einzubringen, sind wegen toxischer Effekte nachteilig.

Aus den Erkenntnissen zur Herstellung bioverfügbarer Carotinoide ergeben sich Hinweise, wie man Speisen zubereiten muss, um sekundäre Pflanzenstoffe wie die Carotinoide in eine für den menschlichen Körper aufnehmbare Form zu bringen.

Die Lichtmanager: Farbstoffe und Pigmente in unserer Umgebung

Christoph Schmidt, PIGMENTS R&D COS, Merck KGaA

Der Wunsch nach farbiger Gestaltung seiner nächsten Umgebung und auch des eigenen Körpers begleitet den Menschen seit vorgeschichtlicher Zeit. Die Erfüllung dieses menschlichen Grundbedürfnisses hat zu einer frühen Entwicklung von Prozessen zur Gewinnung von Farbstoffen und Pigmenten und einer wissenschaftlichen Erfassung des Phänomens Farbe geführt.

Farbmittel finden in allen Bereichen des täglichen Lebens Verwendung. Beispiele sind Textilien und Kosmetika aber auch aber auch technische Gegenstände wie Kraftfahrzeuge, Maschinen und Werkzeuge die durch individuelle Farbgebungen wiedererkennbar und attraktiver gemacht werden.

Der Beitrag nennt die wichtigsten Vertreter von Farbstoffen und Pigmenten und gibt eine Einführung in die wissenschaftlichen Begriffe der Farbenwelt.

Eine etwas nähere Betrachtung wird den modernen Perlglanzpigmenten gewidmet, da diese Pigmente in neuerer Zeit breite Verwendung in dekorativen und auch funktionellen Anwendungen finden.

Darüber hinaus werden spezielle neue Anwendungen von Farbstoffen anhand ausgewählter Beispiele vorgestellt.

Kataraktoperation und altersbedingte Makuladegeneration

Indre Offermann, Augenklinik, Klinikum Karlsruhe

Photodynamische Prozesse und davon ausgehende oxidative und entzündliche Reaktionen spielen bei der Pathogenese der altersbedingten Makuladegeneration (AMD) eine wesentliche Rolle. Dies gilt sowohl für die trockene als auch für die feuchte Form, da solche oxidativen Prozesse nicht nur zu einer Zelldegeneration führen sondern auch die Produktion von Wachstumsfaktoren initiieren bzw. steigern können.

Ab dem 40. Lebensjahr beginnt ein Nachlassen der physiologischen Schutzmechanismen des Netzhaut-Pigmentepithel- und Aderhautkomplexes. Diese bestehen v.a. aus dem Makulapigment, dem Melanin und einem Mechanismus, der als biochemische Adaptation bezeichnet wird. Gleichzeitig nimmt im Laufe des Lebens der Gehalt an Lipofuszin (A₂E) sowohl in den retinalen Pigmentepithelzellen als auch extrazellulär deutlich an Menge zu. Lipofuszin ist ein Photosensibilisator, der sein Absorptionsmaximum im blauen Bereich um 500 nm hat. Dies bedeutet, dass ab dem 40. Lebensjahr wichtige Schutzeinrichtungen nur noch vermindert vorliegen und gleichzeitig ein potenter Schädigungsmechanismus in Form von Lipofuszin-induzierten photodynamischen Prozessen in verstärktem Maße ablaufen kann. Ebenfalls zu dieser Zeit verändert jedoch die natürliche Linse auch durch photooxidative Alterationen der Aminosäuren ihr Transmissionsspektrum. Die Linse absorbiert nun durch die Produktion von gelben Chromophoren einen großen Anteil des blauen Lichts.

Diese pathophysiologischen Erkenntnisse und Überlegungen müssten bedeuten, dass eine Kataraktoperation nicht nur zu einer erhöhten Exposition gegenüber blauem Licht führt, sondern auch mit einer erhöhten Rate an altersbedingter Makuladegeneration einhergehen sollte. Epidemiologische Untersuchungen haben eindeutig gezeigt, dass beim Vorliegen von Frühstadien der altersbedingten Makuladegeneration eine vermehrte Rate an AMD-Spätformen nach der Kataraktoperation zu verzeichnen ist. Unterstrichen werden diese zunächst hypothetischen Ansätze auch durch die Tatsache, dass offensichtlich keine vermehrte „de novo“ Entwicklung der AMD nach Kataraktoperation stattfindet. Ob ein konsequenter Schutz externer oder sogar interner Schutz vor blauem Licht die AMD-Rate nach Kataraktoperation senkt, müssen prospektive Studien zeigen.

Fluoreszenzdiagnostik und photodynamische Therapie in der Dermatologie

Rolf-Markus Szeimies, Universität Regensburg

Abstract lag zur Zeit der Drucklegung noch nicht vor

Schützende Schichten

Dr. Thomas Rentschler, Sachtleben Chemie GmbH, Duisburg

Beschichtungen von Untergründen werden nicht nur vorgenommen, um den Objekten eine dekorative, ästhetische Komponente zu verleihen, sondern auch um schützende Funktionen auszuüben. Die Beschichtungen bieten dabei Schutz gegen mechanische Belastungen wie Verkratzungen, gegen Chemikalien, Licht, Verwitterung, Korrosion und dergleichen. Im Mittelpunkt dieses Beitrages steht die Wechselwirkung von UV-Strahlung mit Beschichtungen und den darin enthaltenen Komponenten.

Der natürlichen Verwitterung der Beschichtungen und dem darunterliegenden Substrat wird durch die Zugabe von speziellen Pigmenten und Additiven Einhalt geboten. Als UV-Stabilisatoren finden organische und anorganische UV-Absorber Verwendung, häufig in Kombination mit Radikalfängern. Die Funktionsmechanismen dieser Substanzen werden erläutert, mit dem Schwerpunkt Titandioxid. Hierbei wird auf den fotokatalytischen Kreidungszyklus, die Strategie zur Fotostabilisierung von TiO_2 und die Möglichkeit zur Realisierung von transparenten Schichten eingegangen. Die Wetterbeständigkeit von unterschiedlich pigmentierten Lacken einerseits und der transparente Holzschutz durch Kombinationen unterschiedlicher UV-Stabilisatoren andererseits verdeutlichen dies beispielhaft und ebenso anschaulich wie am Ende der Sonnenschutz am menschlichen Objekt selbst.

Möchte man sich hingegen die absorbierte UV-Strahlung als reaktive, chemische Energie zunutze machen, so setzt man Titandioxid in anderer Form als Fotokatalysator ein. Es wird ein Überblick über die Funktionsweise und erste kommerzielle Anwendungen gegeben, die Titandioxid mit seinen fotohalbleitenden Eigenschaften als Kraftwerk für chemische Prozesse verwenden. Dazu zählen selbstreinigende Oberflächen, Luftreinigung und antibakterielle bzw. algizide Wirkung.

Der zuletzt genannte Punkt kann im Übrigen auch mit Weißpigmenten auf der Basis von Zinksulfid erzielt werden, bspw. um Fassaden bewuchshemmend auszurüsten.

A propos - „Weiß“, das lässt sich auch mit optischen Aufhellern „vorschützen“, in der Weise, als diese die UV-Strahlung aus der Umgebung absorbieren und als frisches, blaues Licht emittierend wieder herbeizaubern.

Strahlungskonversion mit Fluoreszenzfarb-/ bzw. Leuchtstoffen in modernen Strahlungsquellen

Thomas Jüstel, Philips Research Laboratories Aachen und Fachhochschule Münster

Lichtquellen für Beleuchtungszwecke werden je nach dem physikalischen Prinzip der Lichterzeugung als Glüh- und Halogenlampen, als Gasentladungslampen oder als Leuchtdioden (Festkörperlichtquellen) bezeichnet. Während Glüh- und Halogenlampen als thermische Strahler direkt weißes Licht erzeugen, verwendet man in vielen Gasentladungslampen eine Leuchtstoffschicht zur Konversion der Primärstrahlung in ein Weißspektrum oder in ein anderes gewünschtes Spektrum, dessen Form durch die anvisierte Anwendung der Lichtquelle definiert wird. Für derartige Fluoreszenzlampen, die in Form von Leuchtstoffröhren oder Energiesparlampen auf dem Markt sind, hat man eine Vielzahl von Leuchtstoffen entwickelt, die den Anforderungen an eine effiziente Lichtkonversion und an eine hohe Lichtqualität gerecht werden.

In den letzten Jahren sind nun eine Reihe neuer Technologien, wie z.B. Hg-freie Entladungslampen, Plasmabildschirme und anorganische bzw. organische LEDs, entwickelt worden, in denen ebenfalls Leuchtstoffe oder Fluoreszenzfarbstoffe als Strahlungskonverter zur Anwendung kommen. Während Plasmabildschirme, gemeinsam mit den LCDs, die Kathodenstrahlröhre schon beinahe vollständig vom Markt verdrängt haben, steht eine ähnliche Entwicklung bei den Lichtquellen noch aus. Hier sind es vor allem die anorganischen Leuchtdioden, die das Potential haben, einen beträchtlichen Marktanteil im Lichtquellenmarkt zu erobern.

Für den technischen und kommerziellen Erfolg sowohl der anorganischen als auch der organischen LEDs, muss deren Energieeffizienz und Lichtausbeute allerdings noch weiter gesteigert werden. Eine Schlüsselrolle nehmen dabei die Strahlungskonverter ein, denn durch die unterschiedlichen Anregungsbedingungen können die Materialien, die für Fluoreszenzlampen entwickelt worden sind, nur sehr eingeschränkt auch in Festkörperlichtquellen verwendet werden. Demnach werden gegenwärtig Materialien entwickelt, die optimal auf die Anregungsbedingungen in LEDs angepasst sind. Die Entwicklung umfasst sowohl die Suche nach neuen Materialkompositionen als auch nach neuen Anwendungsformen (Filme und Keramiken anstelle von Pulvern).

In dem angekündigten Vortrag wird die Funktionsweise und die Anwendung von Fluoreszenzfarbstoffen und Leuchtstoffen erläutert. Insbesondere wird auf die Strahlungskonversion in Fluoreszenzlampen, anorganischen und organischen LEDs eingegangen.

Einerseits können wir den Verlauf des Gesamteigenschutzverhaltens der Haut aus Melanin-Pigmentierung und Lichtschwiele photodiagnostisch über die minimalen Erythemdosis (MED) mittels Solarsimulatorstrahlung (SSR) bestimmen. Andererseits steht jetzt mit dem OCT-Verfahren eine Methode zur Verfügung, die es uns ermöglicht, **nicht-invasiv** Zeitverläufe der natürlichen UV-Eigenschutzkomponente Lichtschwiele über die Epidermis- und Hornschichtdicke zu ermitteln.

Basierend auf der lichtungewöhnten Haut im Winter erfolgte eine Untersuchung des Zeitverlaufes des UV-Eigenschutzes nach 5 suberythematischen UV-Expositionen (jeweils 1,8 SED; umtäglich auf dem Rücken appliziert) an 12 Probanden (Hauttyp II: n = 9 / Hauttyp III orientierend: n = 3). Epidermisdicke und 24h-MED-Wert der Probanden wurden jeweils vor und 24 h, 48 h, 7d, 14d, 21d, 56d nach den fünf UV-Expositionen bestimmt.

Die MED der Probanden lag nach 2 Wochen bei ≥ 120 % des Ausgangswertes. Die Epidermisdicke lag nach 48h bei 110...140 % der Ausgangsschichtdicke.

Mit gleicher Technik wird das UV-Eigenschutzverhalten der Haut aus Melaninpigmentierung und Lichtschwiele von im Freien Beschäftigten im Jahresverlauf untersucht. Ein Halbseitenvergleich am arbeitstypisch bekleideten Rücken soll dabei auch den Einfluss einer permanent mit Lichtschutzsubstanz LSF 40 präparierte Haut gegenüber Haut ohne Lichtschutzpräparat klären.

Die Untersuchungen sind Bestandteil des Forschungsprojektes F 1986 „Untersuchung des Eigenschutzes der Haut gegen solare UV-Strahlung bei Arbeitnehmern im Freien“, gefördert von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.

Monitoring als natürlicher Lichtschutz der Haut

Peter Knuschke, Ines Unverricht, Klinik und Poliklinik für Dermatologie, Medizinische Fakultät der TU Dresden
Edmund Koch, Alexander Popp, Klinisches Sensing und Monitoring
Günther Ott, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

Nach einzelnen oder wiederholten UV-Bestrahlungen baut die Haut - abhängig vom Hauttyp - einen mehr oder minder starken Eigenschutz auf. Der Hautfarbstoff Melanin ist als Komponente dieses natürlichen UV-Eigenschutzes der Haut bekannt. Durch UV-Exposition(en) wird in speziellen Zellen, den Melanozyten, die Photosynthese von Melanin ausgelöst. Das photobiologische Wirkungsspektrum entspricht dabei etwa dem des UV-Erythems. Die Melaninpigmentkörnchen lagern sich in der unteren Epidermis (Oberhaut) schützend über den dort neu gebildeten Zellen an. Der Farbstoff Melanin absorbiert im UVB-Bereich und schützt so die DNA in den Zellkernen in gewissem Umfang vor der UVB-Strahlung, die die DNA direkt zu schädigen vermag. Aufbau bzw. Verstärkung des Schutzes durch Melaninpigmentierung erfolgt über 5-7 Tage. Geschützt werden die Zellen der unter Epidermis und der darunter liegenden Cutis (Unterhaut).

Ein weiterer Eigenschutzmechanismus der Haut, die Lichtschwiele, ist wenig bekannt. Die Lichtakantose - eine vermehrte Zellbildung unmittelbar beginnend nach der UV-Exposition führt zur Verdickung der Epidermis und dann der Hornschicht. Diese erhöhte Schichtdicke reduziert die Transmission für nachfolgend einfallender UVB- und UVA-Strahlung. Darüber wird zusätzlich auch für weiter oberflächlich liegende Hautzellschichten ein begrenzter Schutz ausgebildet.

Diese Lichtschwiele wurde von Miescher bereits 1940 beschrieben. Der Effekt wurde auch in einzelnen histologischen Untersuchungen an Biopsien (Hautentnahmeprobe) bestätigt. Jedoch waren auf diese Weise, keine Untersuchungen zur Bestimmung der Zeitverläufe von Aufbau und Beständigkeit des Eigenschutzes durch die Lichtschwiele in Untersuchungsgruppen durchzuführen, da das eine erhebliche Anzahl von Hautproben je Proband einer Untersuchungsreihe erfordert hätte.

Der Verlauf des Gesamteigenschutzes nach UV-Exposition(en) aus Melaninpigmentierung und Lichtschwiele kann durch aufeinanderfolgende photodiagnostische Bestimmungen der minimalen Erythemdosis (MED) ermittelt werden. Eine Differenzierung, zu welchem Zeitpunkt welche Komponente des UV-Eigenschutzes bestimmend ist, oder wie sich die Haut bezüglich Eigenschutzverhalten und Struktur darstellt, wenn zusätzlich Lichtschutzsubstanzen aufgetragen werden bzw. das unterbleibt - dazu liegen keine Daten aus Studien vor. Das wäre bisher untersuchungstechnisch und ethisch schwer zu realisieren gewesen wäre.

Mit einem neuen Verfahren, der Optischen Kohärenztomografie (OCT) lässt sich die Epidermis und die Hornschicht der Haut durch „optische Biopsie“ u.a. in deren Schichtdicke untersuchen. Diese OCT-Technik wurde von der AG Klinisches Sensing und Monitoring (Medizinische Fakultät/TU Dresden) speziell für nichttransparente Substrate, wie es die Haut darstellt, weiterentwickelt und gemeinsam u.a. für die Fragestellung der Objektivierung der Lichtschwiele optimiert.

Ergonomische Farbgestaltung, insbesondere von Computer-Arbeitsplätzen

Christoph Schierz, Fachgruppe Umweltergonomie im Zentrum für Organisations- und Arbeitswissenschaften der Eidgenössischen Technische Hochschule Zürich

Was bedeutet „ergonomische Gestaltung“? Ergonomische Gegenstände „an sich“ gibt es nicht. Es gibt nur die Interaktion zwischen Mensch und Gegenstand die nach ergonomischen Prinzipien ablaufen kann. Der Gegenstand kann diese behindern oder fördern. Der Gegenstand, dem in diesem Referat die Aufmerksamkeit gilt, ist die Farbe am Bildschirmarbeitsplatz. Diskutiert werden soll einerseits die Interaktion zwischen Mensch und Darstellung am Bildschirm und andererseits diejenige zwischen Mensch und Büroumwelt. Die Farbe spielt dabei eine wesentliche und zwiefältige Rolle: Sie dient einerseits der Codierung von Information, andererseits ist sie geeignet, emotionale Wirkungen auf den Menschen auszuüben. Beides soll Thema des Referats sein.

Wie muss Farbe für die Informationscodierung verwendet werden? Wesentliche Probleme der Farbcodierung auf dem Bildschirm sind durch die den optischen Farbfehler des Auges bedingt (chromatische Aberration). Für blaues Licht wird es relativ kurzsichtig, für rotes weitsichtig. Mittels der sogenannten Akkommodation ist das Auge in der Lage, ein unscharfes Bild scharf zu stellen. In gewissen Grenzen kann es damit auch den Farbfehler korrigieren. Was geschieht aber, wenn mehrere Farben gleichzeitig nebeneinander im Fokus der Aufmerksamkeit stehen? Das Auge kann nicht alle gleichzeitig scharf stellen. Welche wird ausgewählt? Andere Farben bleiben unscharf und reduzieren die Sehschärfe. Diese ist bei blauem Licht auch deshalb geringer, weil das Auge nur wenige Blaurezeptoren enthält. Ein weiteres Gestaltungskriterium bilden die Farbfehlsichtigkeiten. Rund 8% der Männer können nicht oder nur schlecht zwischen Rot, Gelb oder Grün unterscheiden. Mit diesen Grundlagen lassen sich Regeln zur Verwendung von Farbe auf dem Bildschirm ableiten.

Wie kann Farbe zur Erzeugung erwünschter Emotionen herangezogen werden? Welche Farben passen zu den Geschmacksqualitäten Süß, Bitter und Sauer? Bei der Vorgabe der Farben Gelbgrün, Rosa und Braun fällt es uns nicht schwer, eine von den meisten akzeptierte Zuordnung zu finden. Offenbar hilft uns dabei ein Netz von Assoziationen – gemeinsame mentale Konzepte. Wir haben auch eine Vorstellung darüber, wie das Wahrgenommene auf uns wirkt. Oft wird über das „unnatürliche“ und daher „ungesunde“ Lichtspektrum von Leuchtstofflampen geklagt. Das mentale Konzept über Leuchtstofflampen wird mit einem Konzept über die Gesundheit verknüpft; unnatürlich wird mit ungesund gleichgesetzt. Über diese sogenannte Attribuierung beeinflusst Farbe auch die Emotionen. Farbe kann aber auch direkt beeinflussen. So wirken rote Gegenstände aufreizend, beunruhigend und aktivierend; blaue Gegenstände eher beruhigend. Interessanterweise ist dies bei Lichtfarben gerade umgekehrt: Warmweisses Leuchtstofflampenlicht wirkt beruhigend, tageslichtweisses (bläuliches) Licht aktivierend. Dies lässt sich auch aus Rezeptoren des Auges ableiten, die erst seit kurzem entdeckt wurden: Sie wirken vermutlich energisierend und sind im blauen Spektralbereich besonders empfindlich.

Carotinoide – Lichtschutz beim Menschen

Wilhelm Stahl, Institut für Biochemie und Molekularbiologie I der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

Carotinoide spielen eine zentrale Rolle beim Lichtschutz von Pflanzen und Mikroorganismen. Aufgrund ihrer besonderen Struktur, sind sie in der Lage angeregte Triplettzustände und Singulett-Sauerstoff zu deaktivieren, sowie reaktive Sauerstoffverbindungen abzufangen, die als Sekundärprodukte im Verlauf photooxidativer Prozesse entstehen und DNA, Lipide oder Proteine schädigen. Auch zur endogenen Photoprotektion beim Menschen werden Carotinoide eingesetzt. Als orale Sonnenschutzmittel sind verschiedene beta-Carotinpräparate im Handel, deren Wirksamkeit in Humanstudien nachgewiesen wurde. Bei Supplementierung im Dosisbereich von 24 mg beta-Carotin pro Tag über 12 Wochen wurden Schutzeffekte erzielt. Bereits nach 8 Wochen Intervention war die UV-induzierte Erythembildung im Vergleich zur Kontrolle vermindert; der Effekt war nach 12-wöchiger Gabe von beta-Carotin noch stärker ausgeprägt. Eine Verbesserung der Schutzwirkung wurde durch die Kombination von beta-Carotin mit Tokopherol erhalten. Neben beta-Carotin finden sich im Blut des Menschen zahlreiche andere Carotinoide wie Lycopin, Lutein, Zeaxanthin, Cryptoxanthin oder alpha-Carotin, die auch in der Haut vorhanden sind. Es konnte gezeigt werden, dass auch die Kombination von beta-Carotin mit Lutein und Lycopin photoprotektiv wirkt. Carotinoidreiche Nahrungsmittel oder funktionalisierte Nahrungsmittel (Functional Food) können ebenfalls zur Photoprotektion eingesetzt werden. Die Ausprägung eines UV-induzierten Erythems ist nach 12-wöchiger Intervention mit lycopinhaltigen Nahrungsmitteln, z.B. einem Tomaten-Oleoresin-Getränk oder dem Saft einer lycopinreichen Karotte, vermindert. Die Untersuchungen weisen darauf hin, dass auch andere Komponenten in der Nahrung zur Photoprotektion beitragen. Flavonoide, oder weitere Carotinoide wie Phytoen und Phytoflen dürften hier eine Rolle spielen.

Die hier erwähnten Studien zeigen: Endogener Sonnenschutz durch Carotinoide und andere Mikronährstoffe ist möglich. Die Schutzwirkung kann aber nicht mit der einer Sonnencreme mit hohem Lichtschutzfaktor verglichen werden. Daher sind Carotinoide zur Prophylaxe beim Sonnenbaden nur bedingt geeignet. Ziel ist es den Grundschutz der Haut durch eine entsprechende Ernährung über lange Zeiträume zu stärken.

Heinrich, U., Gärtner, C., Wiebusch, M., Eichler, O., Sies, H., Tronnier, H., & Stahl, W. (2003) Supplementation with beta-carotene or a similar amount of mixed carotenoids protects humans from UV-induced erythema. *J.Nutr.* 133: 98-101.

Sies, H. & Stahl, W. (2004) Nutritional protection against skin damage from sunlight. *Annu.Rev.Nutr.* 24: 173-200.

Aust, O., Stahl, W., Sies, H., Tronnier, H., & Heinrich, U. (2005) Supplementation with tomato-based products increases lycopene, phytofluene, and phytoene levels in human serum and protects against UV-light-induced erythema. *Int.J.Vitam.Nutr.Res.* 75: 54-60.

Postervortrag - UV-Schutz in Sonnen- und Schattenblättern der Buche gemessen mit Fluoreszenzbildern

Sándor Lenk und Claus Buschmann, Botanisches Institut der Universität Karlsruhe

Einleitung: In der Natur können Pflanzen an die Lichtversorgung an ihrem Standort angepasst sein (Sonnen- und Schattenpflanzen). Außerdem unterscheiden sich bei einigen Pflanzen die Blätter je nach ihren Lichtbedingungen während des Wachstums (Sonnen- und Schattenblätter z.B. bei der Rotbuche, *Fagus sylvatica* L.).

Fluoreszenzbilder liefern Informationen über Verteilung, Lokalisierung und Muster des Fluoreszenzsignals und bieten außerdem eine größere statistische Sicherheit als die sonst üblichen Punktmessungen [1]. Durch Auswahl verschiedener spektraler Banden bei der Anregung und der Detektion der Fluoreszenz lässt sich die photosynthetische Aktivität, die Zusammensetzung und Eigenschaften der Blattfarbstoffe sowie die Gewebestruktur des Blattes charakterisieren [2].

Material und Methoden: Blitze einer Xenon-Lampe (20 μ s, 50 Hz) bestrahlen die Messobjekte. Eine CCD-Kamera mit einem zu den Blitzen synchronisierten Bildverstärker nimmt die Fluoreszenzbilder auf. Zur Anregung der Fluoreszenz verwendet man einen UV-Filter oder einen Blaufilter vor der Xenon-Lampe. Die Detektion der Fluoreszenz erfolgt durch Filter mit Transmissionsmaximum bei 440, 520, 690 bzw. 740 nm [2]. Damit kann man unterschiedliche Fluoreszenzbanden bei der gleichen Anregung oder gleiche Fluoreszenzbanden mit verschiedener Anregung vergleichen. Für die Untersuchungen wurden Sonnen- und Schattenblätter einer freistehenden Rotbuche (*Fagus sylvatica* L.) abgetrennt und sofort im Labor gemessen.

Ergebnisse und Diskussion: Der UV-Schutz wurde durch den Vergleich der Chlorophyllfluoreszenz bei 690 und 740 nm (F690 bzw. F740) bei Anregung mit Blaulicht bzw. UV detektiert. Ein UV-Schutz der Blätter wird dadurch gewährleistet, dass in der äußeren Blattzellschicht (Epidermis) UV-absorbierende Substanzen (Flavonoide und Zimtsäuren) gebildet werden, die ansonsten farblos sind, d.h. Blaulicht nicht absorbieren. Chlorophylle, die unter UV- und Blaulicht-Bestrahlung rot fluoreszieren, befinden sich in dem Gewebe unter der Epidermis. Somit lässt sich die UV-Abschirmung der Epidermis als Quotient der Chlorophyllfluoreszenz (z.B. bei 690 nm) nach Anregung mit Blaulicht ($^{BF}F690$) bzw. UV ($^{UV}F690$) ausdrücken. Mit dem Parameter $\log (^{BF}F690/^{UV}F690)$ kann man die gesamte Variationsbreite darstellen und erhält gleichzeitig ein Maß für die Absorption entsprechend dem Lambert-Beer-Gesetz. Größere Abschirmung wurde bei den Sonnenblättern und insbesondere an der Blattoberseite gefunden. An der Unterseite der Sonnenblätter und an der Oberseite der Schattenblätter zeigten sich die größten Werte des Quotienten $\log (^{BF}F690/^{UV}F690)$ und damit auch die größte UV-Abschirmung am Blattrand.

Literatur:

[1] Buschmann C, Lichtenthaler HK. 1998. Principles and characteristics of multi-colour fluorescence imaging of plants. *J. Plant Physiol.* 152: 297-314.

[2] Lichtenthaler HK, Langsdorf G, Lenk S, Buschmann C. 2005. Chlorophyll fluorescence imaging of photosynthetic activity with the flash-lamp fluorescence imaging system Photosynthetica. (in press).

Danksagung: Die Arbeit wurde finanziert von der Europäischen Gemeinschaft im Rahmen des Research Training Network Projekts "STRESSIMAGING".

