

# Leben mit optischer Strahlung

Joachim Fisch, Karin Bieske

Die vorgestellte Literaturrecherche entstand im Auftrag der Maschinenbau- und Metall-Berufsgenossenschaft/Fachausschuß Eisen und Metall III/Sachgebiet Lichttechnik und wurde von Fachgebiet Lichttechnik der TU Ilmenau durchgeführt. Die Recherche stellt eine kritische Auseinandersetzung mit der Literatur dar. Dabei wurden von den über zehntausend Veröffentlichungen, die im Zeitraum 1800-2000 weltweit existieren, 773 in Form von Forschungsberichten, Zeitschriftenveröffentlichungen, Büchern, Vorträgen und Patentschriften eingesehen und bewertet.

Eine Betrachtung der evolutionsgeschichtlichen Entwicklung auf unserer Erde und die dabei sich ständig neu entwickelnden Wechselbeziehungen „Optische Strahlung-Leben“ waren dabei unumgänglich. Eine kritische Bewertung des heutigen Standes der Technik und eine Verbesserung der interdisziplinären wissenschaftlich-technischen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zusammen mit Medizinern und Biologen sind für Gegenwart und Zukunft unumgänglich.

Die ausführliche Recherche kann beim Auftraggeber angefordert werden. Auf dem Poster werden nur auszugsweise die Ergebnisse dargestellt und die Angabe der Literaturstellen muß wegen des Umfangs entfallen.

## 1. Photobiologische Prozesse und deren Grundsätze

Die Spezies Mensch befindet sich in enger komplexer Wechselwirkung mit ihrer Umwelt. Zwischen Mensch und Umwelt finden Austauschvorgänge statt. Bekannt ist, daß der Mensch Sauerstoff verbraucht und Kohlendioxid als Verbrennungsprodukt abgibt und daß er Nahrungsmittel aufnimmt und abgebaute Nahrung ausscheidet. Außerdem weiß man, daß der Mensch optische Strahlung absorbiert und im infraroten Strahlungsbereich emittiert. Die Strahlungsemission im sichtbaren und sogar UV-Strahlungsbereich ist weniger bekannt und wird erst seit einigen Jahren mit hochempfindlicher Meßtechnik untersucht /233/, /343/, /387/, /507/, /520/, /576/, /625/ - /626/, /715/, /725/ - /730/, /740/, /745/, /748/, /750/.

Andere Umwelteinflüsse wie Umgebungstemperatur, Luftfeuchtigkeit und mögliche Streßbelastungen, z. B. Lärm und Blendung, wurden bei diesen Betrachtungen nur zweitrangig betrachtet, obwohl deren Einflüsse nicht vernachlässigt werden dürfen. Interdisziplinäre Forschungen sind dazu verstärkt erforderlich.

---

Dr.-Ing. Joachim Fisch  
Dipl.-Ing. Karin Bieske  
Technische Universität Ilmenau  
Fakultät für Maschinenbau  
Fachgebiet Lichttechnik  
Postfach 10 05 65  
D-98684 Ilmenau

Photobiologische Prozesse, die auch beim Menschen ablaufen, gehorchen den Grundgesetzen der Photobiologie und Photochemie. Von besonderer Wichtigkeit sind die Vorgänge, die von der Strahlung über die Haut, die Augen und die Haare in Gang gesetzt werden. Mit Kenntnissen über Wirkungen der Strahlung auf diese Organe können Aussagen zu positiven und negativen Folgen gemacht werden.

Die Entstehung, Aufrechterhaltung und Weiterentwicklung des Lebens bzw. der lebenden Organismen sind auf das Engste auch mit dem Einfluß ultravioletter Strahlung verbunden /170/, /276/. Sowohl die Ausbildung der primären Sauerstoffatmosphäre wie auch die erste abiogene Synthese biologisch aktiver Bausteine sind auf die photobiologischen Wirkungen ultravioletter Strahlung zurückzuführen /141/, /170/.

Die optische Strahlung, insbesondere ihr ultravioletter Anteil, zählt zu den wichtigsten Umweltfaktoren, da sie als Energie- wie auch als Informationsquelle eine wesentliche Voraussetzung für die Existenz und Weiterentwicklung der Lebewesen darstellt. Intrazelluläre Schutzmechanismen in Form von Reparatursystemen und spezifischen Molekülen sorgen dafür, daß unter natürlichen Bedingungen Überdosierungen nicht wirksam und somit schädliche Effekte weitestgehend vermieden werden. Kommt es durch die Bestrahlung zu photochemischen und/oder photobiologischen Veränderungen, so findet eine aktive Absorption statt, d. h. die Strahlung wirkt aktinisch. Sehr häufig sind am Bestrahlungsobjekt passive und aktive Absorption gleichzeitig wirksam. Für die photochemischen Reaktionsabläufe gilt das von Grothus und Draper formulierte erste Grundgesetz der Photochemie, das besagt, daß nur die vom Reaktionsgemisch absorbierte Strahlung photochemisch wirksam ist. Außerdem gilt das zweite Grundgesetz. Dieses besagt: die photochemische Wirkung ist der eingestrahlten Energiemenge proportional (Bunsen-Roscoesches-Gesetz). Der Zusammenhang wird durch das Stark-Einsteinsche Gesetz bestimmt. Es beinhaltet, daß eine quantitative Beziehung zwischen der absorbierten Strahlung und der umgesetzten Stoffmenge vorhanden ist. Man spricht deshalb vom Stark-Einsteinschen-Äquivalentgesetz. Im einzelnen bedeutet das:

- Die primäre photochemische Reaktion ist streng monomolekular.
- Durch ein Energiequant wird ein Molekül umgesetzt.
- Die Primärreaktion ist nahezu temperaturunabhängig. Die nachfolgenden Dunkelreaktionen können von der Temperatur beeinflusst werden.
- Zwischen primär umgesetzter Stoffmenge und der absorbierten Strahlungsmenge besteht Proportionalität.

Der für die Erhaltung des menschlichen Lebens benötigte Strahlungsbereich liegt zwischen Wellenlängen von 0,3 mm und 10 mm. Wesentliche photobiologische Stoffwechselvorgänge finden im Wellenlängenbereich zwischen 300 nm und 800 nm statt /170/. Ganz allgemein gilt, daß hohe Dosisbelastungen zu Schädigungen führen /352/, /527/. Bei ausreichender Dosis der energiereichen Strahlung (UV-Strahlung) können irreversible Änderungen (Schädigungen) eintreten /514/. UV-Strahlung ist in der Lage, in Abhängigkeit von der Wellenlänge in Mikroorganismen und Lebewesen einzudringen und dort in Abhängigkeit von der Dosis die

Stoffwechselfvorgänge zu beeinflussen. Dies ist schon viele Jahrzehnte bekannt und intensiv untersucht worden /19/, /30/, /61/, /141/, /735/, /748/. Das Spektrum der Beeinflussung geht von der Stimulierung der Stoffwechselfvorgänge bis hin zur Abtötung lebender Mikroorganismen und Zellen höherer Lebewesen.

Für längerwellige Strahlung (Wellenlängen > 800 nm) hat der menschliche Organismus keine direkten photobiologischen Empfänger entwickelt. Die Photonenenergie ist zu klein. Es kommt nur zu einer Erwärmung, die aber bei hohen Bestrahlungsstärken und Dosen auch Stoffumwandlungen bewirken können /738/. Seit langem ist bekannt, daß 85% aller Sinneswahrnehmungen optischen Ursprungs sind. Licht ist der Mittler auf der Strecke Sehobjekt – Auge – Gehirn. Für diese Leistungen benötigt der Mensch 25% seines gesamten Energiehaushaltes.

Man weiß auch, daß optische Strahlung nicht nur dem Sehprozeß dient, sondern darüber hinaus viele Organfunktionen und Verhaltensweisen des menschlichen Körpers regelt. Diese Aussagen sind seit vielen Jahrzehnten immer wieder unter anderen Gesichtspunkten erforscht worden /1/ - /7/, /134/, /162/, /485/, /514/, /766/. Dabei wurde sehr frühzeitig der Untersuchung der Sehschärfe, dem relevantesten Parameter des Sehvorganges, besonderes Augenmerk geschenkt. Bild 1 zeigt schematisch die Abhängigkeit der Sehschärfe von der Beleuchtungsstärke und vom Lebensalter.

Daß eine Beleuchtungsniveausteigerung eine erhöhte geistige und körperliche Leistungssteigerung mit sich bringt und daß Lichtmangel krankmachen kann, ist

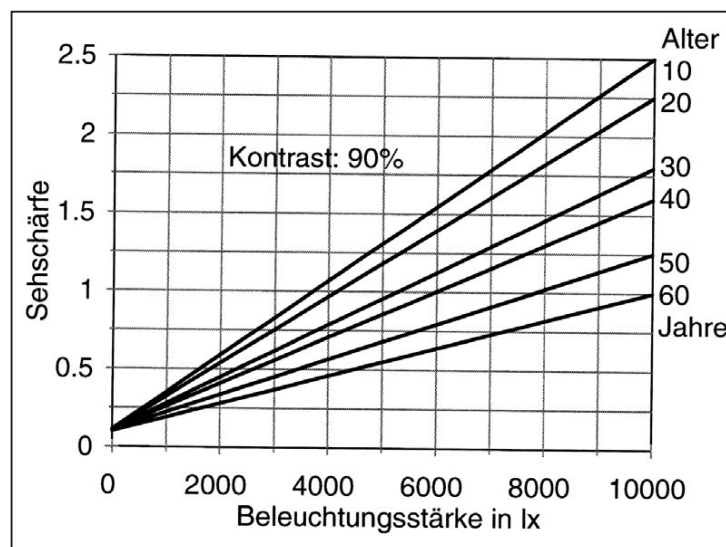


Bild 1 Abhängigkeit der Sehschärfe von Beleuchtungsstärke und Lebensalter /86/

gründlich bekannt gewesen /134/, /260/, /494/, /514/, /582/, /593/, /615/, /631/, /641/, /697/, /699/, /714/, /717/ - /718/, /722/ - /723/, /736/ - /738/, /753/, /756/, /763/ - /766/, /770/, /773/. Mit wissenschaftlichen Untersuchungen wurde mehrfach nachgewiesen, daß Leistungszuwachs, Ausschub- und Unfallrückgang mit der Beleuchtungsstärke in Arbeitsstätten in Verbindung gebracht werden können /86/, /114/.

Bereits in den 70er Jahren gab es Arbeitsplätze in Deutschland mit Beleuchtungsstärken von 1000 bis 3000 lx /134/. Viele Untersuchungen in den 80er und 90er Jahren zeigten, daß niedrige Beleuchtungsniveaus, sogar mit Beleuchtungsstärken von  $E \leq 500$  lx für spezielle Arbeitsaufgaben Wahrnehmbarkeit garantieren. Neuere Arbeiten tendieren wieder zu höheren Grundbeleuchtungsniveaus, z. B. /754/. Derzeit werden beleuchtungstechnische Größen in den DIN-Normen festgelegt /741/, /762/.

Wiederholt muß festgehalten werden, daß es ein großer Irrtum ist und bleibt, daß die Beleuchtung nur in Zusammenhang mit dem Sehprozeß in Verbindung gebracht werden muß. Seit langem ist bekannt, daß es außer Zapfen und Stäbchen in der Netzhaut noch weitere lichtempfindliche Empfänger gibt, die allerdings nicht der optischen Wahrnehmung sondern der Signalaufnahme zur Weiterleitung des optischen Reizes zur Zirbeldrüse und zur Hypophyse dienen /28/, /36/, /43/, /58/, /62/, /67/ - /69/, /74/ - /76/, /79/ - /82/, /85/, /87/, /107/, /111/, /114/, /124/, /126/ - /127/, /133/, /139/. Die optische Strahlung, auch ein Teil der nichtsichtbaren Strahlung (UV- und IR-Strahlung), beeinflußt den Hormonhaushalt und triggert die innere Uhr aller Lebewesen in tages-, wochen- und jahreszeitlichen Rhythmen /582/, /723/. Man spricht von circadianen Rhythmen.

Die Beleuchtung ist ein wichtiger Teil der physikalisch-biologischen Umgebung sowohl am Arbeitsplatz als auch im privaten Bereich. Eine ausgewogene Beleuchtung im Gesichtsfeld insbesondere am Arbeitsplatz und dessen Umgebung sowie wohlfindliche Lichtfarben sorgen nicht nur für momentanes Wohlbefinden, sondern dienen langfristig dem gesunden Leben mit optischer Strahlung /485/, /545/, /615/, /631/, /709/, /723/, /763/, /765/, /771/.

Von Cakir wurden in /733/ sechs Hypothesen aufgestellt und Erläuterungen dazu gegeben, die sich nur auf die Beleuchtung von Arbeitsplätzen mit Leuchtstofflampen beziehen. Im Ergebnis der Auswertung vieler Literaturstellen kommen die Verfasser dieser Literaturrecherche zu dem Schluß, daß diese sechs Hypothesen auch auf andere Beleuchtungssysteme übertragbar sind. Entwurf und Bau fensterloser Projektierungs- und Fertigungseinrichtungen mit der zwangsweise nur künstlichen Beleuchtung waren eine architektonische und technische Entgleisung, deren biologische, medizinische und wirtschaftliche Folgen bis heute nicht gründlich untersucht wurden /103/, /111/, /113/, /131/, /499/, /722/. Die Rückbesinnung zur Benutzung des natürlichen Lichtes in der Raumausleuchtung zeigt den gegenwärtigen Trend. Dies fördert Wohlbefinden und Gesundheit /169/, /399/, /514/, /559/, /733/, /766/ - /767/.

Die Entwicklung und Technisierung von Bildschirmarbeitsplätzen schränkt jedoch abermals die Tageslichtnutzung ein, obwohl die visuellen und energetischen Belastungen enorm steigen. Man spricht von „Lichtschutzvorrichtungen zur Ablenkung des Tageslichtes an Bildschirmarbeitsplätzen“. Festlegungen gibt es dazu in der Bildschirmarbeitsplatzverordnung /772/.

Nicht nur im Arbeitsprozeß, sondern auch im Freizeitverhalten der Menschen gab es besonders in den letzten 100 Jahren gewaltige Veränderungen. Bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts waren viele Menschen in der Landwirtschaft tätig und somit stärker der natürlichen Sonnenstrahlung ausgesetzt. Dies hatte nicht nur positive Auswirkungen auf die Gesundheit sondern auch negative. Recht häufig gab es an den der Sonnenstrahlung zu lange und zu oft ausgesetzten Körperoberflächen Hautveränderungen bis hin zu Hautkrebs. Laufend besser werdende Produktionstechniken in der Landwirtschaft und Industrie bewirkten höhere Produktivität und eine enorme Umverteilung der Arbeitskräfte. Ein Großteil der Menschen entzog sich damit der häufigen und intensiven Sonnenbestrahlung.

Da die in den Arbeitsräumen notwendige künstliche Beleuchtung weder bezüglich Wellenlängen, Lichtfarben und Beleuchtungsstärken der natürlichen Sonnenstrahlung entsprach, entstanden bei nicht wenigen Menschen Lichtmangelerscheinungen.

## 2. Zusammenfassung bisheriger Untersuchungen aus der Literatur

Seit den 70er Jahren wird intensiv an der Entwicklung und Gestaltung optimaler und dem Menschen wohlbefindliche Eindrücke vermittelnder Arbeitsplatzbeleuchtung geforscht und gearbeitet. Viele Literaturstellen sind dazu beispielsweise in /733/, /751/, /754/ und /762/ enthalten. Sehr frühzeitig war bekannt, daß Beleuchtungsstärken über 1000 lx einen positiven Einfluß auf die Gesundheit haben. Einige wenige Arbeiten sollten dazu erwähnt werden: /1/ - /7/, /134/, /162/, /485/, /514/, /766/. Dennoch wurden Festlegungen getroffen und Normen festgelegt, die ihren Ursprung in wissenschaftlichen Untersuchungen zur Erkennbarkeit der Arbeitsaufgaben und zum Wohlbefinden bei entsprechender Beleuchtung am Arbeitsort haben. In /733/, /751/, /754/ und /762/ werden sie ausführlich zitiert. Die Lichttechnik, sowohl Licht- und Strahlungsquellen, als auch Beleuchtungsanlagen mit Betriebsgeräten haben eine enorme Weiterentwicklung erfahren. Heute ist es an vielen Arbeitsplätzen möglich, durch mechanische und/oder elektronische Regelungen die Beleuchtungsstärken sowohl für Tageslicht aber auch Kunstlicht individuell zu regeln. Berücksichtigt man den wesentlichen Faktor „Gesundheit“, also Gesunderhaltung trotz künstlicher Beleuchtung, langfristig, so sollte man die über mehrere Jahrzehnte gesammelten Erfahrungen im medizinischen und biologischen Bereich nutzen und höhere Beleuchtungsniveaus mit individueller Einstellbarkeit sowohl hinsichtlich der Lichtfarben als auch der Helligkeit realisieren. In /733/ und /766/ werden beispielsweise Vorschläge dazu unterbreitet.

Bei künftig zu projektierenden Beleuchtungsanlagen muß im Vordergrund die Gesunderhaltung der Menschen stehen. Dies schließt die Sehleistung und Erkennbarkeit von Sehobjekten ein. Die Beleuchtung muß eine Aktivierung körperlicher und/oder geistiger Arbeit bewirken. Damit führt die Tätigkeit auch nicht zur Ermüdung und zu ermüdungsbedingten Fehlern. Es ist weiterhin noch zu klären, ob eine gewisse Blendung nicht positive Effekte im Arbeitsprozeß und für die Gesundheit bewirken kann. Die Unzufriedenheit über Beleuchtungskonzepte zeigt sich in der zunehmenden Tendenz, „Licht und Gesundheit“ als ein Ganzes zu betrachten. Forschungsprojekte und Tagungsthemen versuchen die Beleuchtungsprobleme der Gegenwart und Zukunft ganzheitlich anzugehen. Dies ist auch im Sinn der vorliegenden Literaturstudie. Die ins Leben gerufene Tagung „Licht und Gesundheit“ im Jahre 2000 war ein sinnvoller Anfang.

## 3. Wechselwirkungen optische Strahlung und lebende Materie

Das Bild 2 demonstriert in allereinfachster Form die Wechselwirkungen lebender Materie und optischer Strahlung. Diese Darstellung soll nur die Zustände allgemein beschreiben und sagt nichts über Wellenlängen- und Dosisabhängigkeiten aus. Die eigentliche Zellstrahlung ist in dieser Darstellung nicht enthalten, da diese um Größenordnungen kleiner ist. Um konkreter zu Wechselwirkungen und deren Ergebnissen zu kommen, wurden beispielhaft die menschliche Haut, das menschliche Blut, das menschliche Auge und das menschliche Haar untersucht.

### 3.1 Wirkungen auf Blut, Haut, Augen und Haare

Für den Menschen war von jeher der sichtbare Bereich wegen der visuellen Wahrnehmung von besonderer Bedeutung. Die Auswirkungen der unsichtbaren Strahlung wurden z. T. für therapeutische Zwecke in der Medizin genutzt. Seit der Entdeckung der UV-Strahlung durch Ritter /1/ im Jahre 1803 beschäftigten sich viele Generationen von Physikern, Chemikern, Medizinern und Technikern

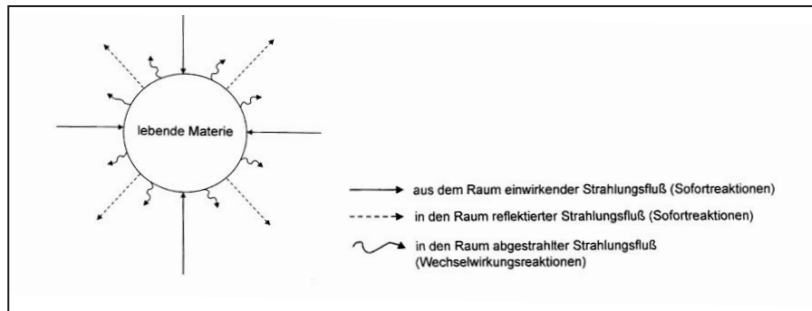


Bild 2 Stark vereinfachte Darstellung der Wechselwirkung optischer Strahlung mit lebender Materie

mit der Erzeugung, Untersuchung und Anwendung der energiereichen optischen Strahlung. In der Literatur sind in zahllosen Beiträgen die schädigenden und/oder biopositiven Wirkungen optischer Strahlung beschrieben. Darüber

wird in dieser Recherche noch ausführlich berichtet. Wichtige Parameter und Festlegungen sind in den Normvorschriften enthalten.

1983 untersuchten Riemann u. a. /221/ erneut die Absorptions- und Transmissions-eigenschaften von Blut und seiner Bestandteile mit moderner Meßtechnik. Bild 17 demonstriert den Sachverhalt. Die Ergebnisse von Schubert /10/ und Kolath/Suhrmann /12/ wurden damit erhärtet.

Dies hatte Auswirkungen auf die Entwicklung und die Produktion neuer Blutbestrahlungsgeräte für medizinische Therapien. Für die medizinische Behandlung der Neugeborenen gelbsucht (Hyperbilirubinemie) wurden spezielle Geräte und Verfahren entwickelt /39/, /48/, /260/, /695/ - /697/. Die Photonenenergie von  $E = 2,7 \text{ eV}$  im Blaulichtbereich reicht aus, das Bilirubin zu zersetzen. Blut, speziell das Hämoglobinmolekül, ist, wie seit langem bekannt, nicht nur Target für die kurzwellige optische Strahlung im UVB - bis Blaulichtbereich /10/, /12/, /212/, /221/, /269/ - /270/, /274/ - /275/, /291/, /359/, sondern soll auch „Transporteur“ der Strahlungsenergie zu den Zielorganen sein, wie neuere Veröffentlichungen darlegen /707/ - /708/.

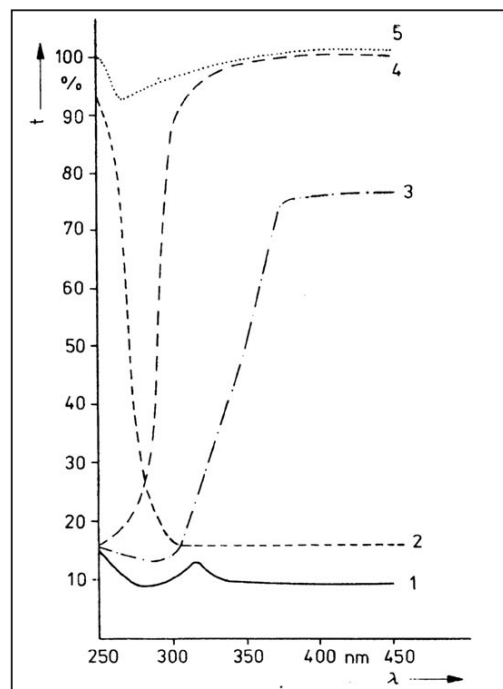


Bild 3 Transmissionskurven der einzelnen Medien:

- 1 Vollblut/Aqua dest.,
- 2 Erythrozytenkonzentrat / Konservierungsstabilisator,
- 3 Serum/Aqua dest.,
- 4 Konservierungsstabilisator / Aqua dest.,
- 5 Natrium citricum/ Aqua dest

Die Kenntnis der optischen Eigenschaften der Haut ist unentbehrlich für das Verständnis der Auswirkungen der Strahlung. Aus optischer Sicht ist die Haut ein inhomogenes Medium, das aus vier Schichten besteht:

Hornschicht (Cuticie), Stachelzellenschicht (Germinative Zone), Lederhaut (Dermis) und Unterhaut (Subkutis). Die einzelnen Hautschichten haben einen unterschiedlichen Brechungsindex und eine unterschiedliche Verteilung der Chromophore, was zu unterschiedlichen Reflexions-, Übertragungs- und Streuungseigenschaften je nach Wellenlänge führt. Die Eindringtiefe der Strahlung in die Dermis wird wegen des Gefäßsystems mit der Absorption der Strahlung durch das Blut (Hämoglobin, Oxyhämoglobin) im Wellenlängenbereich zwischen 300 nm und 600 nm und durch die Streuung in der Kollagenfaserschicht beeinflusst. Die Farbstoffe in der Hornschicht sind vorrangig Melanin, Urocaninsäure und Proteine. Die Hornhautunterschicht besteht aus lebensfähigen Zellen und besitzt die gleichen Farbstoffe wie die Hornschicht. Hier spielen die Nukleinsäuren der DNA bezüglich der kurzwelligeren UV-Strahlung eine lebenswichtige Rolle.

Strahlung mit Wellenlängen zwischen 800 nm und 1400 nm (kurzwelliges Infrarot) kann am tiefsten bis in die subkutane Schicht eindringen, die daher als das optische Fenster der Haut bezeichnet wird.

Die Augen sind im Zusammenhang mit dem Gehirn wohl die kompliziertesten Organe. Auf der einen Seite wird ein Sinneseindruck unserer Umwelt optisch vermittelt und parallel wird über die von Hollwich /28/, /36/, /43/, /62/, /67/ - /69/, /75/, /79/ - /80/, /87/, /93/, /107/, /111/, /120/, /126/, /139/, /366/ bezeichnete energetische Sehbahn, Verhalten, Entwicklung oder Stagnation sowie tages- und jahreszeitliche Anpassung des menschlichen Organismus gesteuert. Viele dieser Mechanismen befinden sich erst am Beginn der Klärung. Hollwich /69/, /75/ hat bereits im Jahre 1964 die Reaktionen der Eosinophilenzahl auf okuläre Lichtreize untersucht. Dabei wurden bei einer normalsichtigen Probandin der Abfall der Eosinophilen Zellen nach 20 min Bestrahlung mit Kunstlicht unterschiedlicher Lichtintensität betrachtet. Es konnte nachgewiesen werden, daß mit zunehmender Beleuchtungsstärke der eosinophenische Effekt als Folge einer vermehrten Cortisol-Ausschüttung der Nebennierenrinde ausgeprägter und frühzeitiger eintritt. Dieser Effekt wurde von anderen Autoren bestätigt. Bild 4 zeigt die Zusammenfassung der Ergebnisse. Die Konzentration der Eosinophilen Granulozyten ist demnach abhängig von der Beleuchtungsstärke.

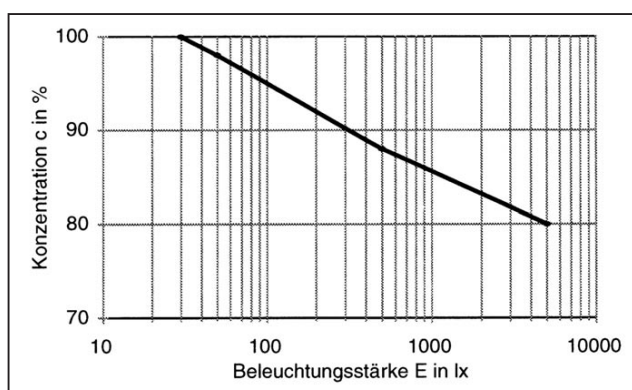


Bild 4 Konzentration c der Eosinophilen Granulozyten (2-4% der Blutleukozyten, 100-300 Zellen/ $\mu$ l) in Abhängigkeit von der Beleuchtungsstärke E /69/, /75/

Nach Wirz-Justice in Jung/ Hollick /615/ kann die Grenze der biologischen Wirksamkeit des Lichtes bei Beleuchtungsstärken von  $E = 2000$  lx gezogen werden, wenn man die Melatoninproduktion untersucht. Diese wird ab 2000 lx unterdrückt.

Auch ein Teil der biologisch-medizinischen Steuerungsmechanismen über die energetische Bahn ist bekannt. Eine zusammenfassende Darstellung wurde von Stark und Methling /162/ gegeben. In den letz-

ten Jahren sind neue Erkenntnisse dazugekommen. Die vorliegenden wissenschaftlichen Ergebnisse aus dem medizinischen Bereich, von Saller /514/ herausgearbeitet, zwingen zum erneuten Nachdenken über gesunde Beleuchtungstechniken, siehe auch Bild 5.

Haare sind Lichtleiter. Tierische Haare wurden sehr gut auf ihre Strahlungsflußeigenschaften untersucht /435/. Das Verhalten menschlichen Haares bezüglich der Speicherung und Weiterleitung optischer Strahlung ist bisher kaum erforscht worden. Eine Ausnahme bilden die Cochlear Haarzellen, bei denen viele Untersuchungsergebnisse vorliegen, z. B. /142/. Alle Literaturstellen weisen auf

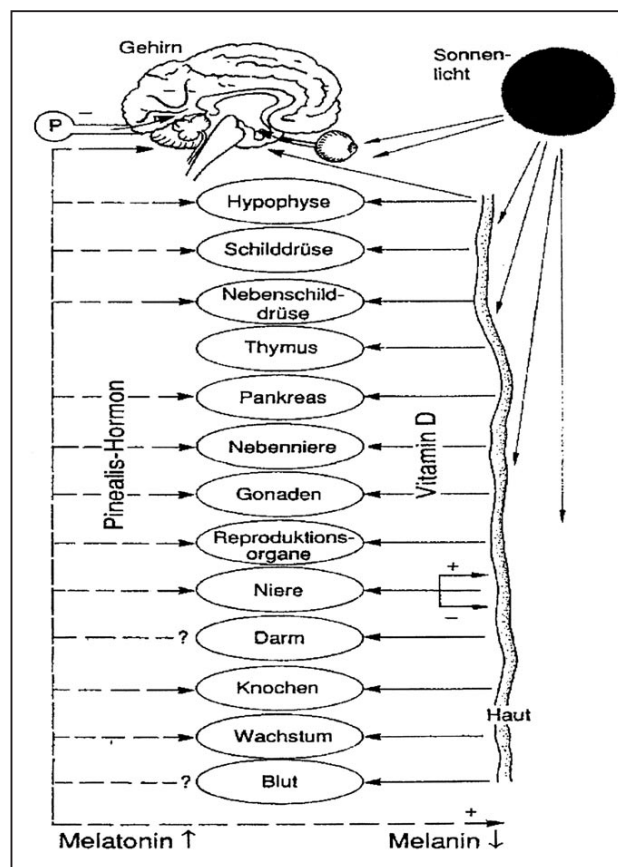


Bild 5 Schematische Zusammenfassung der endokrinen Systeme Haut, Vitamin D und Auge-Pinealis nach Stumpf /350/

Lichtleit- und Speichereigenschaften hin /142/, /435/, /737/. Aus diesen Ergebnissen ist abzuleiten, daß es unbedingt erforderlich ist, die Lichtleit- und Lichtspeichereigenschaften menschlichen Kopfhaares zu untersuchen. Ergebnisse dieser Forschungen werden möglicherweise Denkanstöße für weiterführende biologische und medizinische Untersuchungen geben, in dessen Folge grundlegende Überlegungen für neue Beleuchtungskonzepte entstehen werden.

### 3.2 Lichtmangelschädigungen

Depressionen gehören heute zu den häufigsten psychiatrischen Erkrankungen. Vermutlich hat es sie schon immer gegeben. Menzel /64/ machte bereits 1962 auf den menschlichen Tag-Nacht-Rhythmus und Schichtarbeit aufmerksam. Zu



Beginn der 80er Jahre erscheinen in zunehmendem Maße Veröffentlichungen, die sich mit circadianen Rhythmen befassen /105/, /110/, /112/, /116/ - /117/, /127/, /136/, /138/, /140/, /144/ - /145/, /149/, /153/ - /157/, /160/, /164/, /166/. 1980 berichteten Lewy u. a. /171/-/172/, daß ein Zusammenhang zwischen dem Wechsel der Jahreszeiten einerseits und der Häufigkeit und Intensität des Auftretens von Depressionen andererseits besteht. Lewy entdeckte, daß helles Licht die allnächtliche Melatoninausschüttung unterdrückt und den Körper auf Tagbetrieb umstellt. Die Folgejahre bestätigten, daß dieses Nachtsignal „Melatoninausschüttung“ manipuliert werden kann. Die Patienten zeigen als Besonderheiten neben der Bindung der Depression an die sonnenarmen Wintermonate noch den Drang zum vermehrten Essen, z. B. Appetit auf Süßigkeiten, eine Gewichtszunahme, erhöhtes Schlafbedürfnis und Zunahme der depressiven Beschwerden zum Nachmittag und Abend.

Die Wirksamkeit der Lichttherapie ist in vielen Studien belegt worden. So konnte ein Nachlassen depressiver Symptome bei SAD in über 50% erreicht werden. Als erforderliche Beleuchtungsstärken am Auge werden vorerst 2500 bis 10000 lx empfohlen. Bei Beleuchtungsstärken von 2500 lx am Auge soll die Bestrahlungsdauer 2 Stunden betragen, bei 10000 lx 30 bis 40 Minuten /234/, /245/, /248/, /258/, /263/, /292/, /302/, /308/, /321/, /337/, /345/ - /347/, /369/, /375/, /377/, /385/ - /386/, /398/ - /402/, /426/ - /434/, /454/, /469/ - /480/, /510/ - /513/, /577/ - /584/, /590/ - /595/, /616/ - /624/, /628/ - /633/, /642/ - /661/, /666/ - /682/, /685/ - /689/, /700/ - /708/, /711/ - /712/, /718/ - /723/, /746/ - /747/, /756/ - /758/.

#### Literatur

Die zitierten Literaturstellen sind im Recherchebericht „Licht und Gesundheit – Das Leben mit optischer Strahlung“ enthalten.