

# FARBENSYSTEM IM INDUSTRIEBAU

von

A. NÉMETH

Lehrstuhl für Industrielle und Landwirtschaftliche Bauten, Technische Universität Budapest

(Eingegangen am 1. November 1971)

Vorgelegt von Prof. Dr. K. Rados

## I. Anwendung der Grundsätze des farbigen Systems im Industriebau, neuere Erfahrungen

Mechanisierung, teilweise oder volle Automatisierung, produktionstechnische Vervollkommnung stellen lebenswichtige Bestrebungen der Industrie in der ganzen Welt dar. Es genügt jedoch nicht, diese produktionsseitig zu fördern; es besteht die grundlegende Notwendigkeit, die andere Sicht der Produktionskräfte, im Verhältnis des Menschen zum Arbeitsmittel die Ansprüche von *menschlicher Seite*, die Voraussetzungen zu erforschen und zu entwickeln. In der Geschichte der Industrie konnten parallel zu den Entwicklungsabschnitten der Menschheit jeweils nur verschiedene Arbeitsumgebungen und gebaute Räume den neueren Ansprüchen der Entwicklung genügen. Es ist kein bloßer Zufall, daß sich in den vergangenen Jahrzehnten in der ganzen Welt, sowohl in sozialistischer als auch in kapitalistischer Umwelt, Institute, Forschergruppen in zunehmender Zahl mit *Ergonomie* befassen. Durch die Ergonomie, diese die physiologischen, biologischen, psychologischen, soziologischen u. a. Erkenntnisse über den *arbeitenden* Menschen erforschende und systematisierende Wissenschaft, wird dem Entwerfen, der Organisation von zeitgemäßen Arbeitsmitteln, Arbeitsplätzen, Arbeitsräumen zusammenfassend Richtung gegeben. Eine rasche Produktionsentwicklung ist lediglich durch eine Gesamtheit der ergonomisch richtig geplanten Maschinen und Arbeitsumweltverhältnisse möglich.

Die Arbeit ist eine bewußte Tätigkeit, die auf ein im voraus bestimmtes Ziel abgerichtet ist. Jede Aktion im Interesse dieses Zieles realisiert sich durch ständige, vergleichende Urteilsbildung, die u. a. durch die *Arbeitsbedingungen*, die im Laufe des Arbeitsvorgangs durch ihre objektiven und subjektiven Faktoren das Arbeitsergebnis wirksam beeinflussen, bestimmt wird. Man unterscheidet:

a) *persönliche Arbeitsbedingungen*, die aus der physischen und psychischen Persönlichkeit des Menschen hervorgehen;

b) *prozessabhängige Arbeitsbedingungen*, sämtliche psychologische Bedingungen der menschlichen Tätigkeit (wie z. B. Ermüdung, Zufriedenheit, Monotonie der Arbeit usw.);

- c) *arbeitsstellenbedingte Arbeitsbedingungen* u. zw. — allgemeine Arbeitsbedingungen (z.B. Beleuchtung, Farbe, Lärm, Geruch, Raumklima, Zeit).  
 — für die Arbeitsstelle kennzeichnende Arbeitsbedingungen (z.B. Technologien).  
 — für die Tätigkeit kennzeichnende Arbeitsbedingungen.

Unserem Thema gemäß wird die Aufmerksamkeit vor allem auf die *allgemeinen Arbeitsbedingungen* gelenkt. Durch diese wird einerseits die menschliche Leistungsfähigkeit unmittelbar physiologisch beeinflusst, andererseits wirken sie durch Rückstrahlung dieses Einflusses. Durch die Farbe wird z.B. über einer gewissen Intensität das Verhalten, die Art der Reaktion, damit die Leistungsfähigkeit des Menschen verändert; außerdem wird jedoch die Farbe vom Menschen gewertet, d.h. sie ruft eine emotionale Reaktion hervor, die psychologisch durchlebt wird (Ermüdung, Befriedigung). Der Mensch als bewußtes Wesen erlebt seine Umgebung, indem er sie widerspiegelt. Das Erlebnis dieser Bedingungen ist nicht immer bewußt, es bleibt oft im »Unterbewußtsein«.

Diese Ausführungen sollten unterstreichen, daß dem *Industriebau* wirksame Mittel für die Arbeitsumweltgestaltung zur Verfügung stehen. Diese Aufgabe ist eigentlich nicht neu, die »Raumgestaltung« stellte ja immer eine der wichtigsten Aufgaben des Architekten dar. Es steht jedoch fest, daß diese Zielsetzung, die Schaffung einer optimalen Arbeitsumwelt an den Produktionsstätten der Industrie oft vernachlässigt oder aus rationalen, technologischen u. a. Gründen in den Hintergrund gedrängt wurde.

Bei der Ertwurfstätigkeit werden oft einzelne Teile vom Fachingenieur allein entworfen (Klimatechnik, Beleuchtung, Farbgebung, Schalldämmung usw.). Ist der Fachmann auf sich selbst angewiesen, wird er, an die besten technischen Einfahrungen angelehnt, das wirtschaftlichste Projekt ausarbeiten, und dennoch kann das Endergebnis, der Industriebau in seiner Gesamtheit u. U. zu unwirtschaftlichen und in der Raumgestaltung nicht rationellen Lösungen führen.

Beim Entwerfen von Industriebauten sollen immer mehr auch gestalterische und ergonomische Fragen betrachtet werden, um die Entwicklungstendenzen des vorgesehenen Betriebs und der Technologie sowie die vielseitigen Ausnutzungsmöglichkeiten eines Mehrzweckbaues zu befriedigen.

Durch Mechanisierung und Automatisierung, durch die rasche Entwicklung der Produktionstechnik und durch die Ergonomie (die Fürsorge für den Menschen) werden also an das Raummilieu immer höhere Anforderungen gestellt. U. a. werden im Betrieb eine günstige Temperatur, gleichmäßige Luftfeuchtigkeit, Entstaubung, Lärmdämmung und nicht zu allerletzt eine richtige Beleuchtung mit geeigneter Leuchtdichte, die Farbgestaltung mit inbegriffen, gefordert.

In den Industriebetrieben rückt die Licht- und *Farbenplanung* immer mehr in den Vordergrund, über Inhalt und Qualität herrschen jedoch verschiedene Meinungen. Vor einigen Jahren wurde von den Bauherren der Farbe als Faktor der Arbeitsbedingungen selten eine besondere Bedeutung beigemessen. Im Industriebau war die Raumkonzeption lange Zeit lediglich auf den störungsfreien Verlauf des technologischen Vorgangs abgerichtet. Dabei wird durch Technik, Maschinen, Verkehr, Konzentration der Aufmerksamkeit, durch physische und geistige Beanspruchung des Werk tätigen an der Arbeitsstätte, wo er einen bedeutenden Teil seines Lebens verbringt, eine spezielle Arbeitsplatzatmosphäre geschaffen. Die Umgebung wird vom Menschen durch die Sinnesorgane, vor allem durch das Sehorgan, erkannt. 80% aller Sinneseindrücke fallen auf die Augen, folglich wird der Mensch durch nichts stärker als durch das Licht und dessen wichtigsten Eigenschaften, die Farbe beeinflusst. Die Farbdynamik, d. h. die Wissenschaft der farbigen Raumgestaltung, erhält erst in unseren Tagen den ihrer Bedeutung gebührenden Platz im Industriebau.

Die Anwendung der Farbdynamik im Industriebau wird auch als »*farbiges System*« bezeichnet. Unter farbigem System versteht man also, daß Werkhallen, Werkstätten, Büros, Sozialbauten des Betriebs, Einrichtungsgegenstände, Maschinen, Fördermittel, Wände, Fußböden und Decken, ja sogar die Arbeitskleidung eine Farbgebung im Einklang mit dem Raummilieu (mit der Arbeitsumwelt) erhalten. Zum farbigem System gehören auch die sog. »Sicherheitsfarben«, deren direkter Zweck der Arbeiterschutz (die Unfallverhütung), die Warnung ist; hierher gehören die Signalfarben der rotierenden Teile, der Kranhaken, der Orientierungs- und Verbotsschilder, verschiedener Rohrleitungen usw.

Im Sinne der arbeitspsychologischen Untersuchungen bilden die Fragen der farblichen Gestaltung mit denen der Beleuchtung ein unzertrennliches Ganzes. Im Industriebau hat die Farbe folgende Funktionen:

- a) unmittelbare Hilfe bei der Arbeit durch wahrnehmungspsychologische Wirkung (z. B. Farbenkontrast);
- b) eine Verfügungs- und Signalfunktion durch die Auslösung von Bedingungsreflexen (z. B. Sicherheitsfarben);
- c) eindruck- und stimmungsbeeinflussende Funktion durch von historischen Beziehungen abhängige, ästhetische Wirkung aufgrund von unbedingten psychophysiologischen und bedingten Reflexen (z. B. Farbenpräferenz).

Der bewußte Einsatz dieser Funktionen wird unter dem Begriff der »*Farbdynamik*« zusammengefaßt.

Ein richtig gewähltes Farbensystem im Industriebetrieb übt auf die Arbeitenden eine günstige Wirkung aus:

- a) die Ermüdung zufolge der Beanspruchung der Augen wird vermindert;

- b) Betriebsunfälle werden weitgehend vermieden;
- c) es wird eine genauere Arbeit ermöglicht;
- d) Verspätungen und Wegbleiben von der Arbeit werden herabgesetzt;
- e) der Sinn für Ordnung und Reinlichkeit wird begünstigt;
- f) Arbeitslust und Produktion werden erhöht.

Für eine wissenschaftliche Erfassung der Beleuchtung und Farbgebung liefern die Gesetzmäßigkeiten und Eigenschaften des Auges den Ausgangspunkt. Bekanntlich ist die Farbe — mit den Komponenten Farbton, Helligkeit, Sättigung und Oberflächenstruktur — verschiedenartig wirksam, d. h. die einzelnen Farbkomponenten wirken in unterschiedlicher Weise. Bei der Analyse der spezifischen Wirkungen läßt sich beobachten, daß

- die Wirkung der Leuchtdichte vielmehr physiologisch als psychologisch;
- die Wirkung der Helligkeit eher physiologisch als psychologisch;
- die des Farbtones sowohl psychologisch als auch physiologisch;
- die der Sättigung mehr psychologisch als physiologisch;
- die Wirkung von Struktur und Farbenästhetik lediglich psychologischer

Natur sind.

Aus dieser Gruppenbildung ergibt sich eine Reihenfolge für das Farbgebungsverfahren:

von der physiologischen Ordnung zur psychologischen, von der Sinneswahrnehmung zur Empfindung.

Der Wirkungsbereich der Farben dehnt sich — unter Berücksichtigung der Augen und der Körperhaltung — über folgende Abstufungen aus:

- auf den Arbeitsplatz.
- auf die Wandflächen.
- auf den Fußboden.
- auf die Decke.

Daraus folgt, daß die Ausgestaltung des farbigen Systems für einen Industrieraum jederzeit vom Arbeitsplatz ausgehen soll. Hier muß der Mensch seine Aufgabe ausführen, hierher muß er seinen Blick wenden und ihn längere Zeit hier behalten. Es ist eine intensive Berücksichtigung sämtlicher Zusammenhänge der Farbenlehre, der physikalischen und psychischen Beziehungen im Sehfeld erforderlich. Für die Farbgebung sind die Sichtbereiche des Auges maßgebend, die durch den Sichtwinkel bestimmt und auf die Bereiche der direkten (scharfen) Sinnesempfindung — inneren Flächenempfindung — und der Umgebungsflächenempfindung unterteilt werden. Die einzelnen Bereiche müssen zueinander in einem bestimmten Helligkeitsverhältnis stehen, denn nur so läßt sich die Ermüdung der Augen innerhalb erträglicher Grenzen halten. Bei der Helligkeitsempfindung ist nicht von der Belichtungsintensität, sondern von der physiologischen Helligkeit, von der sog. »Leuchtdichte« auszugehen. Die Helligkeitsempfindung beruht nämlich auf der Unterscheidung der Leuchtdichte, auf dem sog. Lichtkontrast. Nach Ansicht der Physiologen

sind z. B. im inneren Sehfeld Helligkeitsabweichungen von höchstens 1:3 zulässig.

Neben der Abstimmung der Leuchtdichteverhältnisse aufeinander müssen im weiteren die verschiedensten arbeitshygienischen Forderungen berücksichtigt werden: die Wahl der Beleuchtungsart, der geeignetesten Lampen und Leuchtkörper, die Bestimmung der Beleuchtungsstärke je nach Arbeitskategorie, die Helligkeit des Werkstücks, der Kontrast mit diesem, die Arbeitsdauer, Lebensalter, Geschlecht, u. U. Sichtweite, Sehstärke, Körperhaltung des Arbeitenden usw. Es sollen auch die Forderungen hinsichtlich der Gleichmäßigkeit des Lichtes, der Schattenbildung bzw. der Schattenfreiheit, der Blendungsfreiheit sowie der Einfluß der Sympathie für das Licht berücksichtigt werden.

Der nächste Schritt ist die Bestimmung des *Farbtone* für die einzelnen Bereiche des Arbeitsplatzes. Eine gemeinsame Wahl von Farbton und Farbsättigung, der sog. »Farbcharakter«, liefert den farblichen Gesamteindruck. Den Ausgangspunkt zur Bestimmung des Farbtone — bzw. des Farbcharakters — bildet jeweils die Farbe des Werkstoffes des zu bearbeitenden Werkstückes. Das innere Sehfeld soll nur eine einzige Farbe aufweisen, die die eigene Farbe des Werkstoffes (des Werkstückes) ergänzt oder mit dieser kontrastiert. Bei der Wahl von Kontrastfarben können statt Komplementärfarben psychologische Einflüsse berücksichtigt werden. Ist die Farbe des Werkstückes unbunt, lassen sich sämtliche psychologisch wirksamen Farbtöne verwenden. Der Zweck besteht nicht in einer theatralischen Beleuchtung des Werkstückes, sondern in seiner Hervorhebung und der Vermeidung von groben Gegensätzen. Bei stark gesättigten Eigenfarben ist es üblich, für den Hintergrund weniger satte Nachahmungs-Farbtöne zu wählen.

Bei der Wahl der Farben für den Umgebungsbereich des Arbeitsplatzes können schon die notwendigen Komplementärfarben in Frage kommen, die durch ihre stimulierende oder reduzierende Wirkung geeignet sind, die Belastungen zu vermindern bzw. die Beanspruchung zu erhöhen.

Auf die angedeutete Zusammenstellung des »farbigen Systems« folgt in der Regel die Überprüfung der vorgesehenen Farben aus ästhetischer Sicht. Leider beginnt man oft mit dieser die Lösung der Farbgebungsaufgaben; dabei dürften bei der Zusammenstellung eines farbigen Systems die physiologischen und psychologischen Forderungen keinesfalls außer acht gelassen werden.

## **2. Die Farben und ihre Wirkung in den Innenräumen von Industriebauten; Farben für Bauteile, Einrichtungsgegenstände, Produktionsmittel, Maschinen**

Beim Farbeneinsatz muß zwar der individuelle Geschmack nicht ausgeschaltet werden, doch ist zu berücksichtigen, daß die farbliche Gestaltung von Arbeitsplätzen der Industrie nicht die Persönlichkeit zum Ausdruck bring-

gen soll (im Gegensatz zu den Wohnungen) und auf die für die Werktätigen beruhigenden, allgemeingültigen Grundsätze der Farbdynamik aufzubauen ist. Es sind jeweils die Gesichtspunkte von vorrangiger Wichtigkeit auszuwählen, während die nebensächlichen vernachlässigt werden können.

Farbenästhetik und Farbenpsychologie sind eindeutig voneinander zu unterscheiden. Ästhetische Farbwirkungen lassen sich mit unterschiedlichen Farbsystemen in mannigfaltiger Weise ausdrücken und damit läßt sich ein »subjektiver Objektivismus« erreichen. Die psychischen Farbwirkungen sind eher individuell und können durch Gruppenpsychologie vorteilhaft ausgewertet werden.

Vor allem läßt sich im Verhältnis des Menschen zu den Farben eine Rangordnung von den am meisten sympathischen gegen die unsympathischen Farben bilden. Mit einer derartigen Bestimmung der Wahl beschäftigt sich die *Farbenpräferenz*. Es ist nachgewiesen, daß die Menschen auf Farben stark reagieren und gerne bereit sind, sich über ihre Farbenvorliebe zu äußern, selbst wenn sie sich sonst gegen verschiedene Teste ablehnend verhalten.

In der BDR wurde bei der Befragung von über 5000 Personen (Männer und Frauen zwischen 16 und 70 Jahren) nach den Lüscherschen 8 Farbentafeln die folgende Reihenfolge der Farbenvorliebe ermittelt: Blau, Rot, Grün, Violett, Gelb, Grau, Schwarz, Braun.

Mit Farbenpräferenzuntersuchungen beschäftigt man sich auch in Ungarn, an der Technischen Universität Budapest (Dr. Nemesics) sehr eingehend; es wurde das Verhältnis zu den Farbwerten von 50 000 Personen erforscht. Obwohl zu den Untersuchungen nicht ausschließlich Mitarbeiter von Industriebetrieben herangezogen wurden, lassen sich die Ergebnisse zum Teil für die Ermittlung der Farbenvorliebeverhältnisse auch dieser Gesellschaftsschicht verwenden.

Das Lebensalter der interessierten Industriearbeiter fällt vorwiegend auf die Altersgruppen von 20—30 bzw. 31—50 Jahren.

Männer und Frauen zwischen 20 und 30 Jahren haben eine ausgesprochene Vorliebe für Blau (siehe z. B. Abb. 12 im Beitrag »Koloroid« von A. Nemesics in diesem Heft der Zeitschrift). Grün steht bei Männern hinter Blau an der zweiten Stelle, während es für Frauen hinter Blau, Orange und Gelb die vierte Stelle einnimmt. Die Vorliebe für Rot steht bei Männern an vierter, bei Frauen an fünfter Stelle. An die letzte Stelle kommen für Männer Gelb, für Frauen Violett.

Im Alter von 31—50 Jahren ist in der Farbenvorliebe sowohl der Männer als auch der Frauen eine starke Veränderung zu beobachten. Die Bevorzugung der blauen Farbe hört auf und ihr Platz wird bei Männern durch Orange, das wenig vor Rot steht, bei Frauen durch Rot eingenommen. Die Farbenpräferenzkurve nimmt bei beiden Geschlechtern einen fast horizontalen Verlauf, ein Umstand, der darauf deutet, daß das Interesse an den Farben abgenommen

hat. Violettt steht jedoch für beide Geschlechter entschieden an letzter Stelle. Es kann festgestellt werden, daß der Mensch in jedem Alter am stärksten auf zwei Farben reagiert; diese sind Rot und Blau.

Bei der Planung eines Industrieinterieurs müßte selbstverständlich die Untersuchung über die Farbenvorliebe tiefer und in größerer Breite weitergeführt werden. Es sollte die Farbenpräferenz der männlichen und weiblichen Mitarbeiter je *Industriezweig* untersucht werden, wobei neben dem Lebensalter auch nach der Arbeitsart (schwere, mittelschwere, leichte Arbeit) ein Unterschied zu machen wäre. Wir wissen, daß es aus Gründen der Betriebsorganisation schwer zu bestimmen ist, Mitarbeiter welchen Alters, Geschlechts und mit welchem Interessenkreis jeweils in einer Werksabteilung beschäftigt sind (und besonders in der Zukunft beschäftigt werden sollen); dennoch können für je einen kennzeichnenden Industriezweig (z. B. für die Textilindustrie) das voraussichtliche Lebensalter, das Geschlecht bzw. die Farbenpräferenz des Großteils der Mitarbeiter ermittelt werden. Bei dem farbdynamischen Entwerfen von Innenräumen für die Industrie muß dies eine grundlegende Ausgangsangabe sein.

Es ist bekannt, daß Farben auf das Nervensystem verstimmend, anregend, erheiternd usw. wirken, also je nach der Wellenlänge der Farbe veränderliche, sich dynamisch vermindernde oder steigernde, psychische Erregung herbeiführen. Aus dem Vorgehenden folgt, daß es sich nicht bloß um eine psychische, sondern um eine psycho-physikalische Erscheinung handelt. Unter der Wirkung der roten Farbe beschleunigen sich z. B. Kreislauf und Atmung des Menschen.

Man unterteilt die Farben nach ihrer psychologischen Wirkung in vier Gruppen:

1. kalte bzw. warme Farben (Wärmewirkung);
2. erregende bzw. beruhigende Farben (Gemütswirkung);
3. leichte bzw. schwere Farben (Gewichtswirkung);
4. annähernde bzw. entfernende Farben (Raumwirkung).

Als *warm* werden die Farben im Farbkreis von Gelb über Orange bis Rot bezeichnet. Sie haben die Wirkung, in ihrer Umgebung eine um 2 bis 3° höhere Temperatur empfinden zu lassen. Sie müssen also vor allem in kalten Räumen zur Anwendung kommen. Außerdem sind warme Farben bei Mitarbeiterinnen vor allem im Alter von 30 bis 50 Jahren sehr beliebt. Warme Farben enthalten immer Rot, wenn auch in geringer Menge, z. B. in den verschiedenen Orangetönen (sattes Gelb ist keine warme Farbe, da es kein Rot enthält). Gelb wird dort zweckmäßig verwendet, wo die Tageslichtbeleuchtung schwach ist (fensterlose Betriebe), bzw. es an Sonnenbestrahlung mangelt. Als sonnige Farbe erzeugt Gelb im allgemeinen Wohlbefinden, doch an zu

ausgedehnten, ununterbrochenen Flächen angewandt führt es zur Farbermüdung. In nach Norden liegenden Räumen läßt es sich günstig verwenden. Kalte Farben werden in Räumen mit höheren Betriebstemperaturen angeordnet. Arbeiter haben besonders für deren bläuliche Farbtöne Vorliebe. Die Farben besitzen also eine Wärmewirkung. Indifferente Farben sind hingegen ein neutrales Grün und Purpurrot.

*Erregende* Farben sind die Farbtöne von Gelb, Orange und Rot. Durch ihre anregende Wirkung wird die Arbeitslust gesteigert und die lebhaften Töne machen auf Unfallgefahr aufmerksam. Kalte Farbtöne wirken hingegen beruhigend. Bei einer monotonen Arbeit ist auch die Verwendung von erregenden Farben angebracht; sie sind jedoch mit entsprechender Umsicht, an nicht allzu großen Flächen anzuwenden, um die Werk tätigen nicht zu irritieren. Farben wirken also auf den menschlichen Gemütszustand.

Es ist eine alte Erfahrung, daß von zwei Gegenständen nebeneinander, mit den gleichen Abmessungen, der dunkle Gegenstand schwerer erscheint als der hellere. Dunkle Farbtöne wirken schwer, während die hellen, mit Weiß versetzten Farben einen leichteren Eindruck machen. Im Farbkreis ist Violett die am schwersten, Zitronengelb die am leichtesten wirkende Farbe. Durch Beimischung von Schwarz lassen sich »schwerere« Farben erzielen. Werden Stahlbehälter, Warmwasserbereiter und andere massive Gegenstände hell (z. B. ockergelb oder aluminiumgrau) angestrichen, ist ihre Gewichtigkeit, ihre Masse weniger wahrzunehmen, sie schmiegen sich besser in die Umgebung ein. Farben haben also eine *Gewichtswirkung*.

Es wurde auch beobachtet, daß mit dunklen, warmen Farben angestrichene Gegenstände und Flächen näher zu liegen scheinen als helle. Enge Arbeitsräume wirken bei hellem Anstrich und starker Beleuchtung geräumiger. Durch hellblaue oder hellgrüne Farbgebung können Räume mit niedriger Decke höher, luftiger gestaltet werden. In den Luftraum von Arbeitssälen auskragende Konstruktionsteile werden leichter, weniger drückend erscheinen, wenn sie in leichten, hellen Farbtönen angestrichen sind, die sich auch an die Decken- und Wandflächen der Umgebung anpassen. In ähnlicher Weise lassen sich ungünstig angeordnete Rohrleitungen verbergen. Farbtöne besitzen also auch eine *Raumwirkung*.

Es besteht eine Beziehung zwischen Werkstoff, technischer Ausführung und der Farbe. Starke Farben erhalten in Stoffen mit glatter, glänzender Oberfläche (Emaille, Glasschmelz, Klinker, Kunststoffe usw.) einen besonderen Glanz, während matte, grobkörnige oder geaderte Flächen (Putz, Beton, Stein) mit tiefen, durch Grau gedämpften Farbtönen harmonisieren. Mit in einer Richtung geadeter Oberfläche wirkt die rote Farbe unangenehm. Der fette Glanz des Ölanstrichs ist in Bronzetönen ganz besonders abstoßend.

In Ungarn werden Industriebetriebe noch selten farbdynamisch entworfen (es kommt höchstens bei fensterlosen, dunklen Betrieben vor). Der



Großteil der Werkhallen ist von innen weiß oder grau gekalkt, hat u. U. eine Sichtbetonoberfläche. Diese Flächen sind nur in neuem Zustand weiß, bald werden sie staubgrau. Auch eine weiße Umgebung wirkt ermüdend; sie verursacht allzu starke Kontraste: eine graue Umgebung wirkt jedoch deprimierend, traurig, schmutzig, soll also vermieden werden.

Bei der Farbenwahl für Industrieinterieure sind also u. a. zu berücksichtigen: die Art der Tätigkeit, die Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsverhältnisse, Gerüche und der Lärm, ferner die zu behandelnden Werkstoffe, die Farbe des Endprodukts, die Verteilung der Mitarbeiter nach Alter und Geschlecht, die Orientierung der verglasten Flächen, Form und Abmessungen des Raumes, die Farbe des künstlichen Lichtes, die Beleuchtungsintensität usw. Auf dieser Grundlage ist die allgemeine *Farbtemperatur*, d. h. der Umstand zu bestimmen, ob kalte oder warme Farben vorherrschen sollen. Unter Anwendung der Gesetzmäßigkeiten der allgemeinen Farbenlehre lassen sich die Richtlinien der Gestaltung von farbigen Innenräumen im folgenden kurz zusammenfassen:

a) bei farbigen Flächen ist zwischen Farbton, Helligkeit und Intensität ein Unterschied zu machen. Bei der Wahl läßt man sich von funktionellen Forderungen (Technologie usw.) leiten. Die Farbeigenschaften (Farbwert, Intensität usw.) werden in verschiedenen Farbsystemen, Behelfen kategorisiert.

b) Die Verwendung der Farbkontraste stellt eine wichtige Forderung der Farbgebung dar, u. zw. ebenfalls wegen funktioneller Forderungen. Am wichtigsten sind die Farbwertdifferenzen. Bei starken Farben verursachen gewisse Farbtonkombinationen Blendung. Allzu grelle Gegensätze beim Wechsel von Licht und Schatten müssen durch Farbgebung gedämpft werden.

c) Die Harmonie der Farben stellt eine unentbehrliche Eigenschaft der richtigen Farbgebung dar. Werden wenig unterschiedliche Töne angewandt, sind die Fehlermöglichkeiten geringer. Stark betonte Farben sind auf geringe Flächen zu beschränken.

d) Die Farbgebung kann auch durch eine bessere Reflexion zur Verbesserung der Sichtverhältnisse beitragen. In einzelnen Räumen erfordert die genügende Reflexion einen hohen Mittelwert der gesamten Farbgebung (auch den Fußboden mit inbegriffen).

e) Durch die Farbgebung lassen sich Sicherheit und Konzentration der Aufmerksamkeit erhöhen, die Blendwirkung von Fenstern und Leuchten mäßigen.

f) Durch die meisten künstlichen Lichtquellen werden die Farben im Vergleich zur Tageslichtbeleuchtung verzerrt; dieser Umstand ist auch bei der farblichen Gestaltung zu berücksichtigen. Bei Tageslicht sieht man am schärfsten und das Gesehene dringt am raschesten ins Bewußtsein. Für eine moderne Ausleuchtung von Arbeitsstätten lassen sich manchmal auch beson-

dere Lichtquellen vorteilhaft einsetzen: z. B. lassen Quecksilberdampflampen an Metalloberflächen auch Haarrisse, Fehler von verzinnnten Blechoberflächen, Fehler an vernickelten, verchromten und Emailleflächen erkennen, die weder bei Tageslicht noch beim Licht gewöhnlicher Glühlampen sichtbar wären.

Eine der Hauptaufgaben der Farbdynamik besteht in der Aufhebung des »Tarnungseffekts« (gleichfarbige Maschinenteile und Werkstücke). Um z. B. auf einer grauen Fläche einen grauen Faden wahrzunehmen, ist 1500mal stärkeres Licht erforderlich als im Falle einer hellgelben Fläche. Bei der farblichen Gestaltung des Raumes wird die angenehmste Stimmung durch die gemeinsame Anwendung von mäßig erregenden und beruhigenden Farben erzielt.

Anhand der obigen Ausführungen sollen nun die Anwendungsmöglichkeiten einzelner Farben und Farbkombinationen geprüft werden.

*Rot.* Eine Farbe von anregender, warmer, belebender Wirkung. Eine Kombination von Rot und Weiß ist ungünstig, da Weiß — wenn man den Blick von einer roten Fläche auf eine weiße wendet — grünlich erscheint (Grün und Rot sind Komplementärfarben), während Rot graublau scheint, wenn man den Blick von einer weißen Fläche auf eine rote wendet.

*Orange.* Eine warme Farbe mit belebender, aufheiternder Wirkung, die sich günstig für Stirnwände im Gesichtsfeld verwenden läßt. Gleichzeitig mahnt Orange zur Vorsicht.

*Gelb.* Ist für große, gewölbte Räume, z. B. bei Schalenkonstruktionen, Hängedecken ganz besonders geeignet. Ergibt eine luftige, sonnige Wirkung, läßt sich auch für die farbliche Gestaltung von Fluren, Treppenhäusern gut verwenden.

*Gelbgrün.* Ein Farbton von freundlicher Wirkung, trägt zur guten Sichtbarkeit bei. Hat den Nachteil, daß seine Reflexe die menschliche Körperfarbe verzerren.

*Blaugrün.* Ein kühler Farbton von passiver Wirkung. Soll in Räumen eingesetzt werden, wo größere Massen arbeiten oder der Innenraum eine höhere Temperatur hat.

*Grün.* Übt eine erfrischende Wirkung aus, doch erweckt es ein gelinde passives Empfinden. Stellt eine wichtige Komplementärfarbe für das menschliche Sehvermögen dar. Maschinen werden weitgehend grün angestrichen.

*Blau.* Auf größeren Flächen als vorherrschende Farbe angewandt wirkt Blau kalt. Wegen seiner freien, luftigen Wirkung eignet es sich für Stirnwände und Decken.

*Eisblau.* Eine kalte, unfreundliche Farbe, die sich u. U. in heißen, dunstigen Räumen verwenden läßt.

*Violett.* Eine den Eindruck der Entferntheit erweckende Farbe. Ihre weicheren Töne vergrößern die Raumwirkung und sind für die Augen angenehm und beruhigend.

*Purpur.* Eine allzu steife, eher dekorative Farbe. Auf größeren Flächen ist ihre Anwendung nicht zweckmäßig, da sie beunruhigend, erregend wirkt.

Für die Anwendung der Farben in verschiedenen Industrieanlagen stehen in Ungarn nur beschränkte Erfahrungen zur Verfügung. Es wäre zweckmäßig, gewisse farbdynamische Entwurfsgrundlagen festzulegen, Modellvorschläge zu erarbeiten, die auf einer gründlichen wissenschaftlichen Analyse der Arbeitsvorgänge in den einzelnen Industriezweigen, auf der Kategorisierung der für diese kennzeichnenden Raumgruppen, andererseits auf der breiten Farbenpräferenzuntersuchung der voraussichtlichen Belegschaft beruhen sollen. Im Fachschrifttum wird wiederholt betont, daß es zweckmäßig sei, für die Farbgebung »Rezepte« zu geben, daher wollen wir hier die erfahrungsmäßigen Ergebnisse eher an Beispielen veranschaulichen. Verständlicherweise kommt unter den Räumen eines Betriebs die größte Bedeutung der *Werkhalle* zu. An diese müssen die als Hilfseinrichtungen dienenden anderen Anlagen anknüpfen und in ihrer Kompositionslösung müssen sie sich der Werkhalle unterordnen. Bei der Abwägung der mannigfaltigen Gesichtspunkte der Farbwahl erweist sich in der Regel auch die Hervorhebung der Baukonstruktion mit Farben als notwendig. Eine übermäßige Herausstellung des konstruktiven Gedankens ist jedoch ungünstig. Die höhere Festigkeit der Werkstoffe (Stahl, Stahlbeton), größere Spannungen lassen sich durch dunklere Farbtöne betonen. Von unten sichtbare Deckenkonstruktionen aus Stahlfachwerkträgern sind mit der Farbe der Decke zu »verschmelzen«, da andernfalls die etwaige Unregelmäßigkeit der Stäbe eine unsichere, drückende Wirkung ausübt. Nach praktischen Erfahrungen sollen in *Maschinensälen* und Nebenbetrieben helle, dynamische Farben, wie Gelb, Ocker, Orange, eingesetzt werden. Auch Gelbgrün hat sich bewährt, vorausgesetzt, daß die Maschinen nicht die standardisierte, optimale Maschinenfarbe, Gelbgrün mit der Wellenlänge 550 nm haben. In diesem Falle würde sich nämlich im gesamten Betriebsraum eine starke Tarnwirkung geltend machen. In Maschinenwerkstätten hat sich auch eine doppelte grüne Farbgebung gut bewährt, nämlich bis zur Höhe von 2 bis 2,5 m ein dunklerer, darüber ein hellerer grüner Anstrich. Brauchbare Farbtöne sind weiterhin: Kombinationen von dunklerem Elfenbein, Gelbbraun, Hellgrün und warmem Braun. An den beiden Stirnwänden des Saales wirkt eine sanftgelbe Farbe sehr günstig.

In *Großraum-Montagehallen* werden im allgemeinen große Mengen von rostigen Teilstücken gespeichert, die der Bearbeitung harren. In solchen Räumen ist es zweckmäßig, Wände und Stützen hellgrün anzustreichen, damit erhält die Rostfarbe einen edleren Ton, weil sie vor ihrer Komplementärfarbe (Grün) als Hintergrund röter wirkt. Dabei wird die Decke zweckmäßigerweise in hellem Orange gelb gehalten. Die angenehme und auch sicherheitstechnisch richtige Farbgebung für die Kräne wird in Abb. 1 durch einige Beispiele veranschaulicht.

Die Wärmeempfindung läßt sich in *Schmied*en, Härtereien und anderen Warmbetrieben durch blaue Färbung vermindern. Diese ist auch für die Mäßigung der Lärmwirkung günstig.

In Schmutzbetrieben erweisen sich helle blaugraue Farbtöne, die nicht so leicht verschmutzen, als geeignet. In Abhängigkeit von der Raumtemperatur kann der blaue Farbton bis zum Eisblau gesteigert werden. Als unfallgefährliche Betriebe bedürfen Kesselräume einer möglichst vollkommenen Ausleuchtung.

In *Flugzeughallen* stellen die Flugzeuge und Flugzeugbauteile aus Leichtmetall den Werkstoff dar. Werden die Seitenwände in Orangerot und Gelb gehalten, macht sich dieses Material durch die simultane Kontrastwirkung mit einem ausgesprochenen Blau geltend. Die Flügelunterfläche erhält vom Hintergrund (dem Fußboden von roter Tönung) ein reflektiertes Licht, daher wird mit dem Stahlgrau und Blau der Decken sozusagen ein Gegensatz gebildet. Auch die Tore können einen blauen Farbton erhalten.

In *Tischlereien* werden in der Regel verschiedene großflächige Werkstücke mit warmer Färbung bearbeitet. Ein richtiges Farbgleichgewicht läßt sich durch eine kalte Farbgebung in beschränkter Ausdehnung erzielen. Es ist günstig, die Querwände in Blau, die Decke in gebrochenem Weiß, die anderen Wände in hellem, weichem Grüngelb zu halten.

Im Räumen, wo sich meist keine Menschen aufhalten, z. B. in *Kernreaktoranlagen*, erübrigt es sich, eine besondere »Farbenatmosphäre« zu schaffen. Beim Kernmaterie-Austausch werden zweckmäßig Farben eingesetzt, durch die Nähe und Weite hervorgehoben werden, um den Kranführer, der sich außerhalb des Reaktorraumes befindet, in der räumlichen Orientierung zu helfen. Das schwarze Kernmaterial macht in der orangeroten Greifvorrichtung des Kranes einen »Vordergrund«-Eindruck und ist vor dem gelben Hintergrund bzw. bei grünlichem Untergrund gut sichtbar.

In einem polnischen Betrieb wurden Versuche mit gelbgrün gefärbten Fensterflächen gemacht, um die Blendung durch Sonnenbestrahlung zu verhindern; dadurch erhielten sämtliche Farben im Innenraum optisch einen gelbgrünen Reflex. Dabei gelang es, die Raumtemperatur (im Vergleich zu gewöhnlichem Fensterglas) um 5° herabzusetzen. Die Halle erhielt eine behagliche Raumwirkung; gleichmäßige Beleuchtung und Farbton ermöglichten eine andauernde Konzentration auf die Arbeit, bei geringer Anstrengung der Augen.

In *Webereien* ist wegen des Lärms und der großen Luftfeuchte die Anwendung von kalten Farben zu empfehlen. Die Decke kann hellgrau oder hellblau sein. Für die Wände läßt sich Gelb zweckmäßig anwenden, u. zw. oben Zitronengelb und unten helles Ocker. Die Webstühle sind heute in der Regel gelbgrün.

In *Spinnereien* ist für die Wände — falls die Maschinen hellgrau sind — Elfenbeinfarbe mit bräunlichem Sockel zu wählen. Es kommt auch vor, daß

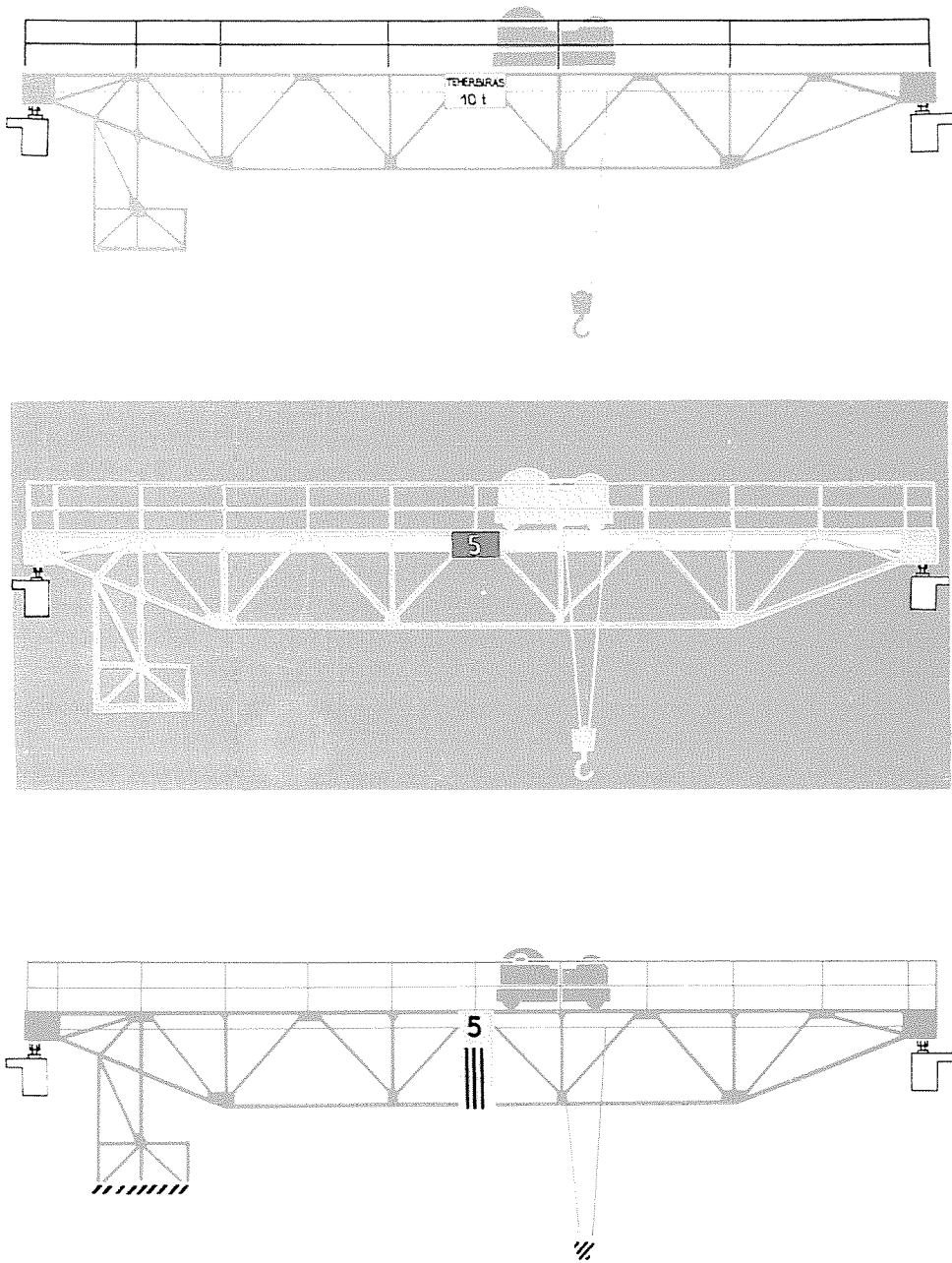


Abb. 1. Farbgestaltung einer Krankonstruktion

hier die Maschinen mattblau sind; in diesem Falle können die Wände hellblau mit dunklem Sockel sein. Im Falle von gelbgrünen Maschinen können die Wände Elfenbein- oder eine helle Orangefarbe erhalten.

Wo mit farbigem Faden gearbeitet wird, soll der Hintergrund die Komplementärfarbe erhalten; werden jedoch Fäden von verschiedener Farbe verarbeitet, ist ein Hintergrund in neutraler Farbe günstiger.

Mattere Farben werden in Betrieben angewandt, wo die Arbeit ein gutes Sehvermögen, gespannte Aufmerksamkeit erfordert, z. B. in *Präzisionsbetrieben, Instrumentenfabriken, Laboratorien*.

In *Steuerwarten* können sich eine satinweiße Decke, hellgrüne Wände und mittelgrüne Türrahmen als günstig erweisen. Die Gerätetafel wird die gleiche grüne Farbe wie die Fensterrahmen erhalten, wobei die Gerätegehäuse in noch dunklerem Grün gehalten werden. Sitzmöbel, Aktenschränke und andere kleinere Gegenstände erhalten eine ähnliche Farbe.

In großen Werkhallen mit zusammenhängender Bodenfläche verschwinden eigentlich die farbentragenden, optischen Hintergründe, die Wandflächen; daher wird die farbliche Gestaltung vor allem durch die technologischen Einrichtungen beeinflusst. In solchen Räumen machen sich lediglich die Stützen und der Fußboden als Farbträger geltend, vor allem wenn die Halle durch Oberlichtfensterbänder beleuchtet ist. In solchen Fällen ist eine stärkere farbliche Betonung der Stützen begründet, es sind sogar die Anordnung von Zimmerpflanzen, u. U. von optischen Trennwänden zu überlegen.

Der *Fußboden* ist im allgemeinen dunkelgrau oder dunkelbraun; das ist vor allem wegen der Verschmutzung zweckmäßiger, andererseits sind die Möglichkeiten der Farbgebung bei Fußböden auch aus technischen Gründen begrenzt. Dabei würde durch einen hellen Fußboden viel Licht reflektiert und der ganze Raum überraschend erhellt. Außerdem läßt die psychische Wirkung heller Farben zur Sauberkeit ein. Die Bezeichnung von innerbetrieblichen Verkehrswegen, die in ihrer Gesamtbreite heller gefärbt oder an beiden Seiten mit einem Verkehrsstreifen versehen sind, eifert zur Einhaltung der technologischen Ordnung an. Die auffallendsten Signalfarben sind Gelb und Weiß. Die Streifen werden oft durch Pfeile ergänzt.

Eine anspruchsvollere Gestaltung der Fußböden wird nur durch die neuen Beläge auf Kunstharzbasis ermöglicht; diese sind jedoch noch ziemlich kostspielig. Auch der Farbe der *Türen* ist Aufmerksamkeit zu schenken. Sind die Farben von Wänden, Fußboden und Decke unterschiedlich, doch harmonisch, soll im allgemeinen an den Türen keine weitere Farbe verwendet werden, weil dadurch das geschlossene Gleichgewicht des Raumes gestört würde. Es ist zweckmäßiger, für die Türen eine dunklere Variante der Wandfarbe zu wählen. Eine Ausnahme stellen Türen dar, die auf eine Gefahr im Raum (Feuer-, Explosionsgefahr) aufmerksam machen sollen: (z. B. können Tore von Lackier- und Farbenspritzräumen orangengelb angestrichen sein). In

*Büroräumen*, Laboratorien, wo vor allem geistige Arbeit geleistet wird, sind die beruhigenden Töne von Grün und Blau günstig. Wo man sich längere Zeit aufhält, und dabei strenge Disziplin und Aufmerksamkeit erforderlich sind, sind neutrale Farben am Platze. Für den Fußboden ist hier ein heller Farbton zweckmäßig.

Die Farben von Erholungs-, *Umkleide- und Waschräumen* müssen unbedingt von jenen der Betriebsräume unterschiedlich sein; es werden hier lebhaftere Farbtöne eingesetzt; in von Frauen benutzten Räumen sind Rosa, Korallrot und Hellgelb beliebt, in jenen für Männer Türkis und dessen Schattierungen.

In *Verhandlungssälen* wirken warme rote Farbtöne günstig, die eine aufmunternde Wirkung haben. Als Ergänzung können Sitzmöbel mit günstig gewählter grüner Polsterung in Frage kommen. Für einen Empfangsraum lassen sich ein lebhafter, grüner Anstrich und u. U. rote Polstermöbel empfehlen.

In *Speisesälen* sind Pastellfarben, z. B. Pfirsich, Hellgelb, günstig, die erfrischend und zugleich aufmunternd wirken. Ein monotones Grau sowie Violett, Mattblau und Weiß sind zu vermeiden.

*Flure und Treppenhäuser* sind in hellen Farben zu halten. Hier sind auch intensivere Farben, sogar Buntheit gestattet. Die Beleuchtung der Vorhalle soll jedoch hinter jener der Arbeitsstätten zurückbleiben. Treppenauftritte sind in dunklen Tönen einer warmen Farbe, die Stufen in einem hellen Farbton, u. U. Weiß auszuführen. Damit lassen sich die einzelnen Treppenstufen gut unterscheiden.

Die Farbgebung für *Maschinen* ist ein Problem, mit dem man sich schon seit längerer Zeit beschäftigt, von einzelnen Maschinenbauunternehmen bzw. in einzelnen Ländern wurde die Farbauswahl standardisiert. Die Farbauswahl für die Maschinen hängt im allgemeinen von der Farbe und Eigenschaften des bearbeiteten Werkstoffes ab. Am häufigsten werden für Maschinen die Farben Gelbgrün, Beige und Mittelgrau verwendet, die beruhigend wirken und die Augen nicht ermüden. In großen Hallen, wo die Farben der Umfassungswände nicht zur Geltung kommen, lassen sich auch andere Farben heranziehen, um die notwendige Farbwirkung auch durch die Farben der Maschinen zu ergänzen. Die Maschinengestelle können in dunkleren, doch harmonischen Farben gehalten werden. Handgriffe usw. erhalten einen gelben Anstrich oder können aus solchem Kunststoff hergestellt werden. Solche Handgriffe, Druckknöpfe erhalten eine schwarze Beschriftung, die auf dem gelben Grund genügend ins Auge fällt. Gefährliche Maschinenteile werden in der Regel brennend rot angestrichen. Die Farben werden an den einzelnen Maschinen in gleicher Weise angewandt, damit durch einen etwaigen Maschinenwechsel im gewohnten Farben- und Arbeitsrhythmus des Arbeiters keine Stockung entsteht. An Arbeitsmaschinen müssen die Arbeitsflächen eine besondere Farbe erhalten,

damit sie der Arbeiter von anderen Maschinenteilen mühelos unterscheidet. Dabei ist die Lage des Arbeitspunkts als Mittelpunkt der größten Aufmerksamkeit, besonders hervorzuheben.

Alle diese Farben sollen miteinander und dem Werkstück einen günstigen Farbenkontrast ergeben und die Forderung erfüllen, daß im Gesichtswinkel des Arbeitenden der Arbeitspunkt die Fläche mit der größten Flächenhelligkeit darstelle, und von dort auswärts Maschinenflächen mit ständig abnehmender Flächenhelligkeit folgen.

Die Innenflächen der Schutzhauben sowie die durch diese umkleideten gefährlichen Maschinenteile sind zweckmäßig orangengelb anzustreichen, damit sie beim Öffnen auf die Gefahr aufmerksam machen.

In Betrieben müssen die unregelmäßig verkehrenden Einrichtungen (Karren, Kräne usw.) in auffallenden Farben gehalten sein, damit sie leicht wahrzunehmen sind. Hängeschalter von Kränen mit unterer Steuerung, Förderhaken, Anlaßpedale von Druckluft und Dampfhämmern, durch deren zufällige oder unbefugte Berührung ein Gerät in Bewegung gesetzt oder zum Stillstand gebracht und ein Unfall herbeigeführt werden kann, werden gelb-schwarz gestreift.

Auch das farbige System für *Rohrnetze* ist in internationalen Normen festgelegt. An Rohrleitungen wird die Signalfarbe im allgemeinen entweder in deren Gesamtlänge oder nur stellenweise in Form von Ringen angebracht (im ersteren Falle kann sich diese Farbe nicht gut der harmonischen farblichen Gestaltung der Umgebung anpassen); in letzteren Falle wird die Signalisation hauptsächlich in den Knotenpunkten verwendet, während die Rohrleitung aluminiumgrau ist oder sich in ihrer Farbe der farbigen Raumgestaltung anpaßt.

Für Betriebsrohrleitungen werden je nach dem Inhalt folgende normierte Farben verwendet:

Rohrleitungen für

Luft	Weiß
Abwasser	Schwarz
Gas	Kremfarbe
Öl	Hellbraun
kaltes Wasser	Azur
warmes Wasser	Himmelblau
Zentralheizung	Grasgrün
Salzwasser	Meergrün

Abb. 2 stellt die farbige Innenansicht der Preßmaschinenhalle der Citroën-Werke (Rennes) dar. Die Farben der Einrichtungen sind ungemein dynamisch, deshalb ist die Farbgebung des baulichen — konstruktionsmäßi-



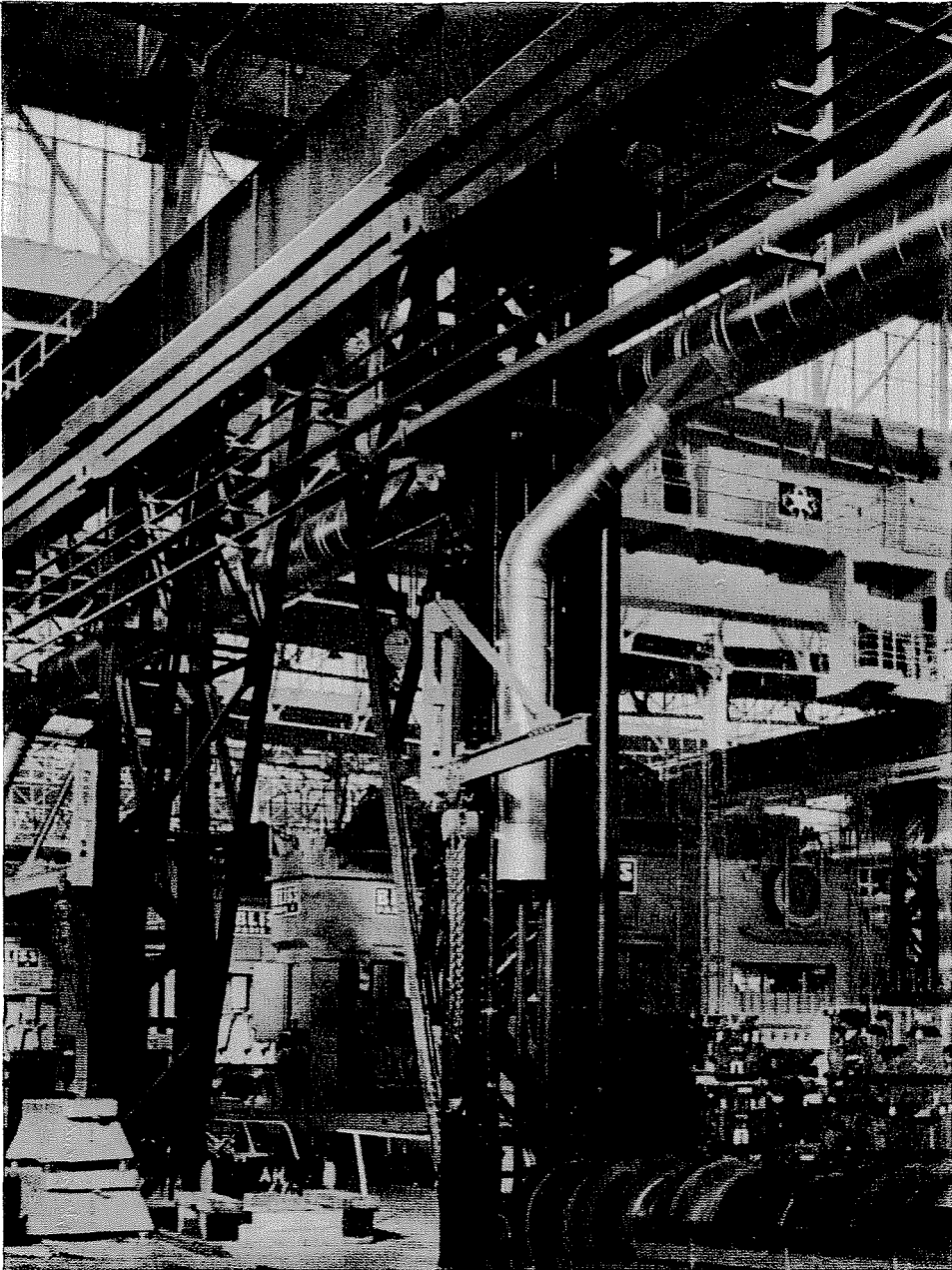


Abb. 2. Farbige Innenansicht der Maschinenfabrik Citroën (nach Usines d'aujourd'hui, H. 98)

gen — Hintergrunds zurückhaltend. Eine ausgeglichene, harmonische (statische) Raumgestaltung vermittelt das Gefühl der Ruhe. Neuerdings wird das (vor allem in Produktionsbetrieben) wenig angestrebt. Dieser gemäßigten, gesteuerten Wirkung wird eine dynamische Wirkung gegenübergestellt, wodurch zur Entstehung eines — in seinen Auswirkungen uneingeschränkten — Reizes beigetragen wird, der eine den Anforderungen entsprechende Arbeitsverrichtung fördern oder die Belastung (Inanspruchnahme) des Menschen vermindern soll.

Für das im Industriebau angewandte farbige System und die Instandhaltung stellt die Qualität der Farbstoffe und der Anstreichtechnik eine grundlegende Voraussetzung dar. Es darf jedoch auch nicht vergessen werden, daß die verschiedenen, in der Masse gefärbten Fußboden- und Wandbeläge u. U. dauerhafter sein können. Die durch die Industrie angebotene Material- und Farbauswahl steht jedoch weit hinter dem Bedarf zurück (Mangel an matten Fliesen, Wandplatten in harmonischen Farben usw.).

### 3. Farbige Systeme für fensterlose Betriebe

Durch die industrielle Entwicklung, den differenzierten Produktionsbedarf, die unumgänglichen Wirtschaftlichkeitsbestrebungen werden heute Forderungen gestellt, die die an klassische Industriebauten gestellten Ansprüche erheblich übersteigen; in den modernen Industriebetrieben müssen oft besondere technische Voraussetzungen gewährleistet werden (geschlossene, kompakte Bauweise, variable (universale) Betriebe usw.).

Über den Bau von fensterlosen Betrieben (ohne Tageslichtbeleuchtung) wurde festgestellt, daß sie vor allem dort gerechtfertigt und wirtschaftlich sind, wo technologische Bedingungen, spezifische Forderungen hinsichtlich des Raumklimas, der Reinheit und Feuchtigkeit der Raumluft die geschlossene Bauweise bzw. die Ausschaltung des unzuträglichen Einflusses der Sonnenbestrahlung erfordern. Solche Forderungen bestehen vor allem in der Textilindustrie, Elektrotechnik, im Präzisionsmaschinenbau, in der Fertigung von photographischen Materialien sowie in einigen besonderen Speicher- und Kühlräumen. In diesen Industriezweigen ist mit einer raschen Verbreitung der fensterlosen Bauten sogar ohne Oberlichtfenster zu rechnen. Bei der Planung derartiger Betriebe sind neben den komplexen baulichen, technologischen, installationstechnischen und farbdynamischen Belangen die arbeitshygienischen und psychologischen Anforderungen in erhöhtem Maße zu berücksichtigen.

Betriebe ohne verglaste Flächen wurden zuerst in den Vereinigten Staaten gebaut, ein Umstand, der sich nicht zu allerletzt durch den niedrigen Preis der elektrischen Energie erklären läßt. In Pittsburg wurde 1930 eine Halle mit  $110 \times 171$  m Grundfläche ohne jede Tageslichtbeleuchtung errichtet. Durch

gleichmäßige künstliche Beleuchtung, mäßige Heizung, sommerliche Kühlung, geregelte Luftfeuchtigkeit und Reinigung der Luft sollte die Wirtschaftlichkeit um 33% erhöht werden. Diese Lösung entsprach damals nicht den Erwartungen, die Arbeitsproduktivität nahm nicht im erwarteten Maße zu. Der Grund dafür war, daß es auf die Arbeiter bedrückend wirkte, nichts von der Außenwelt zu sehen, den Sonnenschein nicht wahrzunehmen. Ohne Zweifel spielten dabei auch die Mängel des farbigen Systems und der Klimatisierung mit. Daher versuchte man später Werkhallen mit mäßigem Tageslicht zu bauen (psychologische Fensterbänder), wobei die Arbeitsplätze ständige, gleichmäßige, künstliche Beleuchtung erhielten.

In der Sowjetunion wurden die ersten fensterlosen Betriebe 1959 gebaut.

Da durch die Verschmutzung der Glasflächen der Lichteinfall sogar auf 35% des ursprünglichen Wertes herabgesetzt werden kann, sind die übermäßig großen verglasten Flächen an sich oft illusorisch. Abgesehen davon, kann man in Industriebauten in der Regel — besonders im Winter und in den Morgen- und Abendstunden — nicht ohne künstliche Beleuchtung auskommen.

In Kompaktbauten ohne Tageslichtbeleuchtung nimmt die Produktivität zu, jedoch lediglich unter der Voraussetzung, daß die technischen und hygienischen Arbeitsschutzforderungen sowohl in arbeitsphysiologischer, arbeitspsychologischer als auch in ästhetischer Hinsicht gelöst werden. In solchen Gebäuden ist bei der Innenraumgestaltung die architektonische Berücksichtigung von Licht und Farbe von ausnehmender Wichtigkeit und beeinflußt in bedeutendem Maße die Arbeitsleistung der Arbeiter. Die Abgeschlossenheit gegenüber der Außenwelt, dem Tageslicht äußert sich möglicherweise in Beklemmung, Unruhe, Depression — in Klaustrophobie. Der Grund dafür ist der Mangel an Sonnenlicht. Durch die IR- und UV-Strahlung des Sonnenlichts werden Blutkreislauf und Bildung des Hauptpigments begünstigt; ihr Mangel verursacht Blutarmut, eine bleiche Gesichtsfarbe, vermindert die Widerstandsfähigkeit des Organismus Erkrankungen gegenüber. Es ist fraglich, ob sich der Depressionszustand durch künstliche UV-Bestrahlung (Quarzlampenbestrahlung) beheben läßt. Oft genügt ein schmales Fensterband in der Wand des Arbeitsraumes, um das Auge ausruhen zu lassen. Auch die Einführung von Arbeitspausen von 10 bis 15 Minuten zwei- bis dreistundenweise (u. U. in Verbindung mit Turnübungen) in einem anliegenden Raum mit großen Fensterflächen kann günstig wirken.

In fensterlosen Kompaktbauten kommen die wirtschaftlichen Vorteile voll zur Geltung. Nach den Untersuchungen sind fensterlose Bauten schon aus der Sicht der Lüftungs- und Klimaanlage wirtschaftlicher. Die Betriebskosten der Beleuchtung sind selbstverständlich höher als z. B. im Falle von Shedhallen, diese Mehrkosten betragen jedoch bei Dreischichtenbetrieb nur 30%, dabei lassen sich Kompaktbauten mit genügend großen inneren Stützenabständen und deren Fördereinrichtungen für verschiedene Fertigungstechnologien ausstatten.

nologien mit der größten Flexibilität verwenden; sie sind universal. Lichttechnisch ist die fensterlose Ausführung auch aus dem Grunde vorteilhaft, da die Gebäudeorientierung nicht berücksichtigt werden muß, die ungleichmäßige Tageslicht-Ausleuchtung wegfällt, für die Fertigungsvorgänge läßt sich ständig, von Tages- und Jahreszeit unabhängig, die erforderliche Beleuchtungsintensität gewährleisten.

Im weiteren sollen die visuellen Wirkungen untersucht werden, die in fensterlosen Werkhallen durch Licht und Farbe ausgelöst werden. Als künstliche Lichtquellen werden vorwiegend Leuchtstoffröhren verwendet, vorausgesetzt, daß die Arbeitsraumhöhe eine ökonomische Beleuchtung ermöglicht. Neben einer günstigen Helligkeitsausbeute haben die Leuchtstoffröhren die Vorteile einer geringen Leuchtdichte und Wärmestrahlung, der Variabilität der Lichtfarbe und der Wahl einer physiologisch optimalen Leuchtdichte. Da mit einer weiteren Verbesserung der Lichtausbeute kaum gerechnet werden darf, ist in den nächsten 10 Jahren ein Fortschritt vor allem hinsichtlich des Belechtungskomforts, d. h. der Wahl der Farbe des Lichtes und der geeigneten Leuchtdichte zu erwarten. Da Licht- und Lufttechnik miteinander eng verbunden sind, läßt sich durch Abstimmung dieser beiden Faktoren aufeinander für den Menschen eine sowohl psychologisch als auch physiologisch günstige Atmosphäre schaffen. Da jedoch das Licht dieser künstlichen Lichtquellen anderer Beschaffenheit als das Tageslicht ist, muß ihre Wirkung auf den arbeitenden Menschen sorgfältig geprüft werden. Wegen der intermittierenden Lichtwirkung der Leuchtstoffröhren ist eine Dreiphasenschaltung anzuwenden. Um den Dikroismus (unterschiedliche Farbensehensrichtungen) zu vermeiden, empfiehlt es sich, keine Glühlampenbeleuchtung in Räumen mit Leuchtstoffröhrenbeleuchtung einzufügen; auch ist die Installation von Leuchtstoffröhren mit verschiedener Lichtfarbe in demselben Betriebsteil zu vermeiden.

Der Entwurfsbearbeiter muß weiterhin erwägen, ob eine allgemeine oder eine Arbeitsplatzbeleuchtung zu installieren sei. Dabei ist die raumbildende und raumunterteilende Wirkung der technologischen Ausrüstung, die Rolle in der Ausgestaltung einer günstigen Raumatmosphäre der Fenster, der Farben von Böden, Produktionsmitteln, Kränen zu berücksichtigen.

Im Falle einer Arbeitsplatzbeleuchtung ist keine mittelbare oder unmittelbare Blendung zu befürchten und es ergeben sich hinreichende Schattenkontraste. Den Forderungen der Sichtbarkeit gemäß fällt das Licht von der entsprechenden Seite oder dem Arbeitenden gegenüber ein.

Sofern es die technologischen Anlagen gestatten, ist die Allgemeinbeleuchtung beliebter. In diesem Falle ist der Betriebsteil gut übersichtlich, die Ausleuchtung gleichmäßig und psychologisch wird der kollektive Charakter der Arbeit unterstrichen. Ein Nachteil kann, selbst im Falle der Abschirmung der Leuchtkörper, durch indirekte Blendung und vor allem infolge der geringen

Schattenbildung entstehen. Um die ästhetische Wirkung zu erhöhen, ist mit höherer Beleuchtungsintensität auch die Farbtemperatur des Lichtes unter Berücksichtigung der kalten und warmen Farben zu erhöhen.

Die erforderliche Lichtintensität beträgt in Arbeitsräumen 300 bis 1500 lux, in Verkehrs- und Aufenthaltsräumen 80 bis 300 lux.

In Betrieben ohne Tageslichtbeleuchtung kommt den *Farben* eine besonders große Bedeutung zu. Architektonische Form, Licht und Farben gehören immer zusammen.

Bei der farbigen Gestaltung solcher Werkräume soll das Hauptmotiv stets die maximale Luftigkeit sein. Eine wichtige physikalische Voraussetzung ist die Vollklimatisierung. Es ist nicht ratsam, warme Farben übermäßig einzusetzen, auch deren hellste Töne nicht. Es sollen im Interieur keine Baustoffe angewandt werden, die zufolge ihrer natürlichen Farbe wenig lichtrückstrahlend sind, jedoch sind auch spiegelnde, blanke Flächen unerwünscht. Um keine ausdruckslose, matte Farbgebung zu erzielen, sind zweckmäßige Helligkeitskontraste im Einklang mit der Konzeption der gesamten Beleuchtungsarchitektur zur Geltung zu bringen.

Bei der Farbenwahl für die Räume ist den Beleuchtungsverhältnissen bzw. der *Farbwiedergabe* der Lichtquellen Rechnung zu tragen.

Die farbenverändernde Wirkung der künstlichen Beleuchtung wurde von Frieling und Auer in einer Tabelle zusammengefaßt (s. im Schrifttum).

Durch Farben wird der Arbeitsplatz übersichtlich und klar gegliedert, Unordnung und Unsauberkeit werden sichtbar gemacht.

Die durch die Technologie bestimmte, zweckmäßige Ordnung ist mit den gestalterischen Grundsätzen der farbigen Raumgestaltung schaffenden Architekten in Einklang zu bringen. Aus der Helligkeit der einzelnen Farben läßt sich gleich ihr Reflexionsvermögen feststellen, ein Umstand, der für die innere Farbgebung der Halle sehr wichtig ist. In fensterlosen Betrieben ist die Blendwirkung glänzender, widerspiegelnder Flächen besonders zu vermeiden und im Arbeitsraum muß mit der Farbwirkung der großen Menge der gespeicherten oder bearbeiteten Werkstücke gerechnet werden.

Wie in Betrieben mit Tageslichtbeleuchtung ist auch hier, um eine gute Sichtbarkeit des Werkstückes zu gewährleisten, für die Unterlage oder den Hintergrund ein Farbton zu wählen, der dem Farbton des nach langer Betrachtung des Werkstückes entstehenden Nachbildes entspricht (Simultan- und Sukzessivkontrast). Aus physiologischen Gründen sollen das Werkstück und sein unmittelbarer Hintergrund die gleiche Helligkeit haben (Abweichung max. 1 : 3). Hintergrund oder Unterlage werden oft durch Maschinen, Arbeitstische oder Unterlagen gebildet; in solchen Fällen wird durch die Unterlagefarbe zugleich die Farbe der technologischen Einrichtung mitbestimmt. Die Farbe der Unterlage kann je nach der Buntheit des Werkstückes aktiver oder passiver Art sein.

Für Warnungs- und Unfallverhütungszwecke sowie farbige Signale werden auch in fensterlosen Betrieben die normierten Farben verwendet. Auf die Harmonie der Farben der technologischen Einrichtung und des Raumes ist ein großes Gewicht zu legen. Die Raumfarben dienen als Hintergrund und Unterlage für die gesamte technologische Einrichtung, für Personen- und Materialverkehr sowie für den Produktionsvorgang. Hier haben die Farben die Funktion, jeden Arbeitsteil gut sichtbar zu machen und den Wahrnehmungsvorgang wirksam zu unterstützen. Die Raumfarben sollen von denen der technischen Ausrüstung hinreichend abweichen, müssen jedoch nicht unbedingt deren Komplementärfarben sein.

Physiologisch sind Schwarz, Weiß und die sog. reinen Farben ungünstig (mit Ausnahme von Signalfarben, Aufschriften). Das Tragen von weißer Arbeitskleidung ist nur dort gerechtfertigt, wo die Werkstücke einen hohen Reflexionsgrad aufweisen.

Ungesättigte Farben, also graue und blasse Farbtöne werden zweckmäßigerweise für große Flächen (Fußböden, Wände, Decken) verwendet.

Je reiner und glatter (doch nicht spiegelnd) die Flächen sind, umso mehr werden der Farbton, die Sättigungs- und Helligkeitsabstufungen wahrgenommen. Kontraste sind notwendig, jedoch nur innerhalb der entsprechenden physiologischen Grenzen.

Die psychologische Wirkung der Farbtöne wurde bereits in Abschnitt 2 erörtert (kalte und warme Farben usw.).

In fensterlosen Kompaktbauten haben die Arbeitsplätze in ihrer Mehrheit keine Wandfläche als farbetragenden Hintergrund. So stellen die technologischen Einrichtungen abwechselnd die innere und äußere Raumabschließung dar, ein Umstand, der eine besondere Art der Farbenwahl erfordert. Es ist zu klären, in welchem Grade die Unendlichkeit der Raumwirkung vermindert oder erhöht werden soll, andererseits sind Zimmerpflanzen, u. U. optische Raumabschließungen oder technologische Einrichtungen mit stärker betonten Farben anzuordnen. Wegen der an der Decke installierten Leuchten spielt auch diese Fläche oft keine farbetragende Rolle. Werden im Betriebsraum in der Decke Einsenkleuchten angebracht, ist neben der gleichmäßigen Ausleuchtung auch für leichte Auswechselbarkeit und Reinigung der Leuchtkörper zu sorgen.

#### 4. Ungarische und ausländische Beispiele

In Ungarn wurden Betriebe ohne Tageslichtbeleuchtung zuerst für die Textilindustrie entworfen. Solche waren die klimatisierten Betriebsteile der Spinnereien Szeged und Miskolc, sodann die der Danulon-Seidenwerke (Nyergesújfalu). Später wurde diese Bauweise auch in Betrieben mit besonderen Produktionsbedingungen anderer Industriezweige (Wellpaper-Betrieb, Kühl-

häuser und Laboratorien, elektrotechnische und Präzisionsmaschinenbau-  
betriebe) angewandt.

In derartigen Betrieben werden auch Standortwahl, Grundrißanordnung  
und Konstruktion der Objekte durch die besonderen technischen Forderungen  
beeinflußt. Hängedecken bzw. Installationsgeschosse, in denen Klima- und  
Beleuchtungsanlagen zusammen günstig untergebracht werden, spielen hier  
eine besondere Rolle.

Was die räumliche Anordnung anbelangt, werden fensterlose Industrie-  
bauten sowohl in ein- als auch in mehrgeschossiger Form ausgeführt. Häufig  
werden Produktionsräume und nicht produktive Betriebsteile in je einen  
Betriebsteil, in einen sog. »Monoblock«, zusammengefaßt. Ein anderer Charak-  
terzug besteht in der »Zonierung«: Betriebsteile mit verwandten Profilen wer-  
den im Innenraum des Gebäudes in horizontaler oder vertikaler Gliederung  
in Zonen gruppiert.

Für diesen Gebäudetyp ist die Ausgestaltung von Vertikalzonen besonders  
kennzeichnend, d. h. die einzelnen Geschosse werden in der Höhe in mehrere  
Zonen unterteilt. Die Zone des obersten Geschosses (die von oben durch die  
Dachschalung oder Dachdecke, unten durch die Ebene der künstlichen Beleuch-  
tung, u. U. durch die Hängebahnen für den Materialverkehr begrenzt ist)  
wird in der Regel für Energieversorgungs- und Klimatisierungsleitungen und  
Einrichtungen in Anspruch genommen. Eventuell werden hier auch Neben-  
betriebe und Sozialräume untergebracht.

Nun folgt die Hauptproduktionszone, die von oben durch die Zone der  
Versorgungsleitungen bzw. durch die Decke oder aufgehängte Decke, von unten  
durch die Produktionsfläche begrenzt ist. Die Decke zwischen energetischer  
und Produktionszone eignet sich vorzüglich zur Unterbringung von versenkten  
Leuchtkörpern bzw. für eine diffuse Beleuchtung. In gewissen Betrieben ist  
wegen besonderer Forderungen (Absaugelüftung, Abwasserleitung, Wärme-  
und Vibrationsschutz) unter der Produktionszone noch eine weitere Zone  
erforderlich (Abb. 3). Dieses Zonensystem ist für moderne, eingeschossige,  
fensterlose Betriebe kennzeichnend, die damit praktisch zwei- u. U. drei-  
geschossig werden.

Abb. 4 zeigt den Querschnitt durch die Baumwollspinnerei Miskolc.  
Es verdient Interesse, daß das Gebäude 1953 mit anderer Bestimmung, mit  
mittlerem Oberlichtaufbau errichtet wurde. Da für die in drei Schichten arbei-  
tende, klimatisierte Spinnerei die Ausnutzung der Tageslichtbeleuchtung un-  
wirtschaftlich zu sein schien, wurde die Klimaanlage im Oberlichtaufbau über  
der Halle untergebracht. Die an die Decke aufgehängten Installationsleitungen  
wurden aus Staubschutzrücksichten durch eine Hängedecke verdeckt (Ent-  
wurfsbüro: Iparterv 1958).

Auch die Textilhalle für die Danulon-Seidenwerke Nyergesújfalu wurde  
ohne Fenster und Oberlichter ausgeführt (Abb. 5). Hier findet man bereits

die Grundprinzipien der Dreizonengestaltung, durch die zugleich die Wahl der Konstruktion wesentlich beeinflusst wurde. Die den Raum mit großen Stützenabständen überspannenden Konstruktionen werden zugleich für die Klimatisierung ausgenutzt (Entwerfer: Iparterv 1968).

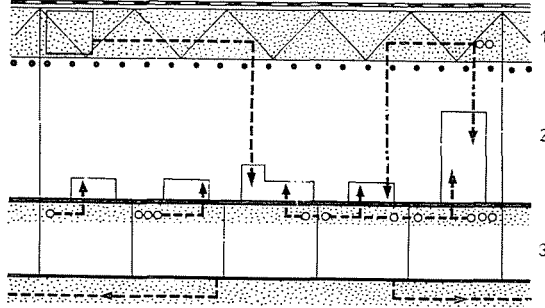


Abb. 3. Zoneneinteilung fensterloser Betriebe. 1. Zone der Energieversorgung und Klimatisierungsleitungen und Einrichtungen: 2. Produktionszone: 3. Zone der Hilfsbetriebe und Versorgungsleitungen

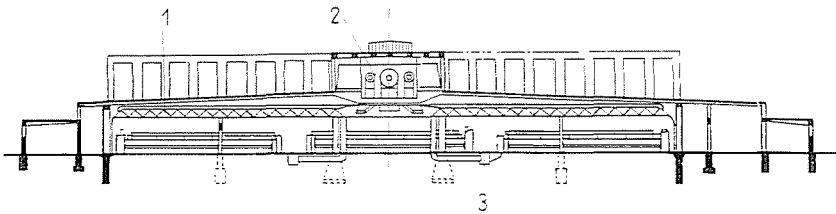


Abb. 4. Schnitt durch die Baumwollspinnerei Miskolc (Entwurf: Iparterv). 1. Hängendecke unter den Versorgungsleitungen: 2. Klimaanlage: 3. Absaugkanal

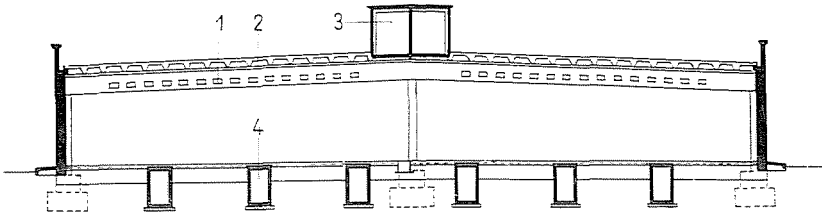


Abb. 5. Schnitt durch die Textilhalle der Danulon-Seidenwerke Nyergesújfalu (Entwurf: Iparterv). 1. Zuluftgitter: 2. Als Klimakanal ausgebildeter Hauptträger: 3. Verteilungskanal der Klimaanlage: 4. Abluftkanal der Klimaanlage

Spezielle Bedingungen werden in der weiter unten näher behandelten, den Grundsätzen des Zonensystems gemäß ausgeführten Präzisionswerkzeugmaschinenfabrik befriedigt; der Betrieb wurde am Lehrstuhl für Industriebau und landwirtschaftliche Bauten der Technischen Universität Budapest (1968) für die Stahlwerke Csepel entworfen. Hier begann die Produktion von automatisierten Werkzeugmaschinentypenreihen *hoher Genauigkeit*. Grundriß und Schnitt durch den Betrieb sind in Abb. 6 und 7 dargestellt. Hier sollen Produkte





mit einer Genauigkeit von 0,002–0,008 hergestellt werden, ein mehrfaches der bei herkömmlichen Maschinen üblichen Genauigkeit von 0,02–0,1. Um diese Genauigkeit zu erreichen, mußten in der Werkhalle besondere Betriebsbedingungen gewährleistet werden.

Durch die Fertigungstechnik werden an die Werkhalle, in der die abschließenden Arbeitsvorgänge durchgeführt werden, folgende Anforderungen gestellt:

- eine ständige Lufttemperatur  $+20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ;
- relative Luftfeuchtigkeit  $50\% \pm 5\%$ ;
- Staubgehalt der Luft max. 50 Staubkörner/cm<sup>3</sup>;
- Schwingungswert (Amplitude) der Maschinenfundamente max. 8  $\mu$ ;
- Schwingungswert des Fußbodens max. 15  $\mu$ ;
- allgemeine Beleuchtung 800 lx;
- allgemeine Fußbodenbelastung 2000 kp/m<sup>2</sup>;
- verschleißfester, staubfester, wasser- und ölbeständiger Fußbodenbelag.

Die Halle ist mit einem 15 t und zwei 5 t Kränen mit 20 m Spannweite und 3 m Hubgeschwindigkeit ausgerüstet. Eine Erweiterungsmöglichkeit der Halle um 100%, war bei der Projektierung vorzusehen.

In Kenntnis der technologischen Forderungen ließen sich die *Architekten* durch folgende Rücksichten leiten:

1. Die Werkhalle soll zweckmäßigerweise als fensterloser Kompaktbau ausgestaltet sein.

Die technologischen Anforderungen sprachen einstimmig für eine derartige Ausführung, andererseits fielen in zweischichtigem Betrieb die energetischen Vorteile der Tageslichtbeleuchtung nicht entscheidend ins Gewicht.

2. In der Umgebung des klimatisierten Raumes ist die Wärmedämmung sehr sorgfältig auszuführen.

3. Im klimatisierten Raume muß an jeder Stelle und das ganze Jahr über eine ständige und gleichbleibende Temperatur gewährleistet sein, da sonst störende Luftströmungen entstehen, die zur Verformung der bearbeiteten Werkstücke führen können. Jede, selbst kurzzeitige Besonnung des Raumes ist zu vermeiden.

Nach Erwägung der technologischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkte wurde der Plan des fensterlosen Betriebs von den zuständigen Behörden genehmigt, obwohl auch die bekannten psychischen und physiologischen Wirkungen als hindernde Faktoren in Frage kamen. Im Betriebsraum wurde neben der geforderten Klimatisierung bzw. Belüftung auch eine höhere Beleuchtungsstärke vorgesehen. Die Halle wurde farbdynamisch ausgestaltet. In Verbindung mit den Umkleideräumen wurde ein Quarzlichtbehandlungsraum geplant, im

Verbindungsstrakt wurden Aufenthaltsräume und Rauchzimmer vorgesehen, wo größtmögliche verglaste Flächen im Verein mit den Grünflächen der Umgebung dazu bestimmt sind, den Anspruch auf Sonnenlicht der Mitarbeiter zu befriedigen.

Das tragende Skelett der »doppelkastenartigen« Umfassungen besteht aus Stahlbetonfertigteilm-Vierendeel-Stützen und einem auf diesen ruhenden Stahlfachwerk. Sowohl die Dachdecke als auch die Hängendecke unter dem Installationsgeschoß bestehen aus Stahlbeton-Dachplatten mit 6 m Spann-

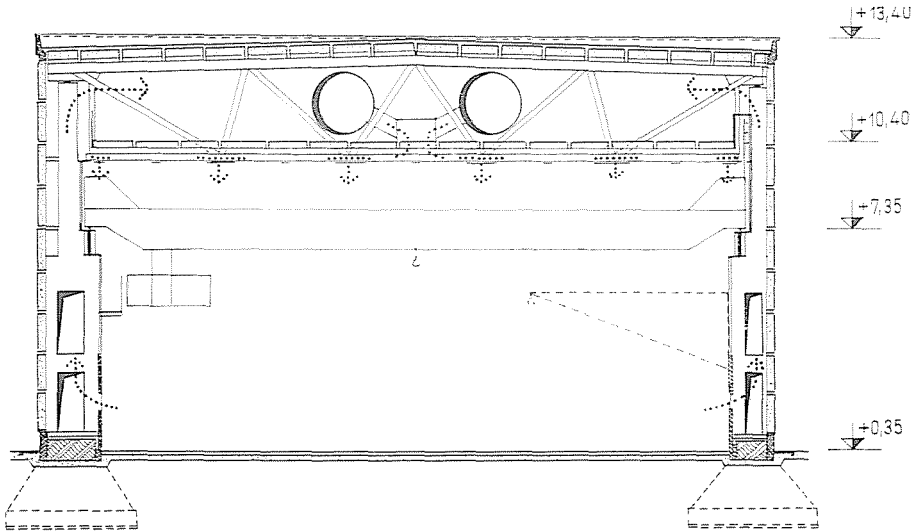


Abb. 7. Schnitt durch die Werkhalle der Präzisionswerkzeugmaschinenfabrik Csepel (Entwurf: Technische Universität Budapest)

weite. Sowohl die Außenseitenwände als auch die Dachdecke sind mit Stahlbeton-Großplatten mit Gassilikat-Füllkörpern ausgeführt. Die inneren Trennwände spielen nur eine raumgliedernde Rolle, und sind für die leichte Reinhaltung unten als Stahlbeton-Plattenkonstruktion mit Kachelbelag, oben mit ebener weißer Asbestzementplattenbekleidung ausgeführt. In der Sockelwand sind in einem einheitlichen Rhythmus die Lüftungsgitter aus Aluminium und die Schaltplatten der elektrischen Ausrüstung untergebracht.

Die Hängendecke hat hier eine doppelte Funktion: einerseits die Verteilung der aufbereiteten und der Mischluft über der Halle bzw. deren gleichmäßige Einführung in die fiktiven Hallensektionen, andererseits die versenkte Unterbringung von Quecksilberdampf lampen mit Anschlußvorrichtungen im 6m-Raster der Werkhalle.

Durch die doppelte Wand- und Deckenkonstruktion wurde die verdeckte Verlegung sämtlicher Beleuchtungs- und Versorgungsleitungen, der Nieder-

schlagswasser- und Abwasserleitungen, der technologischen Versorgungsleitungen (Druckluft, Entstaubung, Kühlwasser) ermöglicht. Auch die Speiseleitungen der Kranbahnen sind im Installationsgeschoß verlegt.

Bei der Wahl des Fußbodenbelags schienen der Betonbelag wegen Staubanfall, die Asphaltbeläge wegen der Ölgefahr, die PVC-Beläge wegen ihrer Weichheit unzuweckmäßig zu sein. Es wurde schließlich ein Epoxy-Kunstharzbelag gewählt, der in etwa 1 mm Dicke auf einen hochfesten Unterbeton aufgetragen wurde. Das Bindemittel mit pigmentierter Paste ermöglichte eine beliebige Farbgebung.

Um die Entstaubung der Lüftungskanäle und der geschlossenen Lufträume zu gewährleisten, wurden die Begrenzungsflächen mit einem mehrlagigen Kunststoff (Polyäthylen-) -Belag (Hypalon und Walkyd) beschichtet.

Die vorgeschriebene Beleuchtungsstärke von 800 lux wird (bei einer Ungleichmäßigkeit von 0,8) in der klimatisierten Halle durch eine Leuchte in Aluminiumkonstruktion, die je 6 m-Feld mit je 5 Quecksilberdampflampen von  $2 \times 1000$  W Leistung mit korrigierter Lichtfarbe bestückt ist, erzielt.

Von den farbdynamischen Gestaltern (Kunstgewerbe-Hochschule) wurde dem charakteristischen, rotarmen Spektrum der Quecksilberdampflampe eine große Aufmerksamkeit gewidmet; um starke Verzerrungen zu vermeiden, wurden für die Farben der Innenräume alternative Farbenvarianten ausgearbeitet.

Die *Färbung* der Halle nimmt von oben nach unten an Stärke und Gewicht zu; im mittelbaren und unmittelbaren Sehfeld wird sie an Intensität und Kontrasten angereichert. Durch die stärker betonte Farbe der Giebelwände erscheint der Arbeitsraum kürzer, die hellen Seitenwände täuschen größere Breite vor. Die konstruktionsmäßig betonten Elemente (Kranbahn, Türen usw.) heben sich gegen die Umgebung mit sanfter Tonänderung, doch durch stärkeren Farbenkontrast ab. Diese Elemente sowie der rhythmische Raster des Seitenwandskeletts tragen dazu bei, das große Raumverhältnis den kleineren Formen, dem menschlichen Maßstab, und noch weiter abwärts den Einzelheiten der Maschinen und Einrichtungen näherzubringen.

Unter Berücksichtigung des Gesagten wird die hellpastellblaue, matte Fläche der Hängedecke aus ebenen Holzfaserverplatten durch Bänder aus anodisch oxydierten Aluminiumlochplatten in einem gleichmäßigen Rhythmus gegliedert. Der in der Masse weiß gefärbte Asbestzementbelag der beiden Längswände der Halle ergibt ebenfalls eine einheitliche Umfassung mit gleichmäßigem Rhythmus (Stahlskelett), die durch die türkisgrünen Flächen der kurzen Seitenwände abgeschlossen wird. Der in zurückhaltenden Farben ausgeführte Innenraum bildet im wesentlichen einen Hintergrund für die bunt pulsierende Arbeit, die dort vor sich geht. Die Seitenwände erhielten rundherum einen matten Kachelbelag von 2,00 m Höhe, an den Längsseiten von neapelgelber, an den Giebelseiten von türkisgrüner Farbe.

Der Kranbalken erhielt einen erbsengrünen, die Kranbedienungsbrücke einen silbergrauen Anstrich, die gekapselten Brückenkräne selbst tragen blaue bzw. weiße Farben. Dieser Farbenwechsel schließt sich an die Gestaltung der Decke an und bildet mit dieser eine harmonische Farbenverbindung. Als betonte Farben machen sich die Führerkabinen und die Hebehaken mit ihren gelb-schwarz gestreiften Sicherheitsfarben geltend.

Die im Fußboden verlegten mattweißen Verkehrsbänder ermöglichen dem Kranführer eine gute Orientierung, zu der auch der Umstand beiträgt, daß sich die Farben der Maschinen stark gegen den Fußboden abheben. Für die Maschinen wurde Taubengrau, aufgelichteter Ocker und Neapelgelb gewählt. Die weichere, an Parkett erinnernde Farbe des Fußbodens verleiht dem direkten Sehfeld einen behaglichen Ton und erzeugt mit der kalten Farbe der Metalle einen ergänzenden Kontrast (Abb. 8).

Die farbliche Wirkung im Innenraum wird durch die in lebhaften Farben vorgesehene Arbeitskleidung der Werk tätigen vervollständigt. Die koloristische Gesamtwirkung des Interieurs wird auch durch die Farbe der Arbeitskleidung wesentlich beeinflusst. In die in gemäßigten Farben gehaltene Halle bringt die Farbe der Kleider eine Abwechslung; es besteht jedoch kein greller Farbenunterschied, die Töne verbleiben innerhalb eines einzigen Farbbereichs.

Die Farbgebung der Halle wird durch die farbige Gestaltung der sich an sie anschließenden, ergänzenden Raumgruppen vervollständigt (Abb. 9). Die farblichen Effekte des Arbeitsraumes werden erst nach entsprechender Vorbereitung, und nach dem Verlassen des Raumes durch die erforderliche Auflösung zum Ganzen. Auch hinsichtlich der Farbgebung bilden das Rauchzimmer und der Erholungsraum, der Speisesaal, die Büro- und Umkleieräume eine organische Fortsetzung der Werkhalle.

Nach mehrjährigen Betriebserfahrungen haben sich die in der Präzisionsmaschinenbauhalle tätigen Arbeiter an die neuen Arbeitsverhältnisse gewöhnt, sie halten diese für physiologisch und psychisch befriedigend und ertragen leicht die besonderen Arbeitsbedingungen. Um dem Ausschließen des natürlichen Tageslichts das Gegengewicht zu halten, mußten jedoch im Arbeitsraum günstige klimatische Verhältnisse, geeignete, hochwertige Beleuchtung, Staubfreiheit und Sauberkeit, Geräusch- und Vibrationsfreiheit sowie eine farbige Raumgestaltung geschaffen werden. In der Halle ließ sich gute Übereinstimmung zwischen Meß- und Rechenwerten feststellen. Die Luftverteilung ist vorschriftsmäßig, es treten keine Zegerscheinungen auf. 90% aller Mitarbeiter finden die klimatischen Verhältnisse zufriedenstellend. Der weitgehend verwendete Werkstoff Aluminium (Luftkanäle, Leuchtkörper, Lüftungsgitter usw.) hat sich gut bewährt. Mit dem Kunstharz-Bodenbelag wurden günstige Erfahrungen gemacht, er erwies sich als verschleißfest und ist leicht zu reinigen. Die grünliche Lichtfarbe der Quecksilberdampf lampen wurde sowohl bei der



Abb. 8. Innensicht der Werkhalle der Präzisionswerkzeugmaschinenfabrik Csepel (Entwurf Lehrstuhl für Industriebau und landwirtschaftliche Bauten, Technische Universität Budapest, 1967)



Abb. 9. Innenansicht der Steuerwarte der Präzisionswerkzeugmaschinenfabrik Csepel



Abb. 10. Innenansicht der Packerei der Zigarettenfabrik Dijon (nach Usines d'aujourd'hui, H. 104)



farbigen Gestaltung der Umgebung als auch bei der Bestimmung der Farbauswahl für die Arbeitskleider berücksichtigt. 76% aller Werktätigen finden die Beleuchtung ausreichend.

Von den zahlreichen ausländischen Ausführungsformen der fensterlosen Betriebe wird in Abb. 10 die Packerei der Zigarettenfabrik Dijon gezeigt. Der Farbton des Raumes ist zurückhaltend, macht einen angenehm kühlen Eindruck, erweckt das Gefühl der Sauberkeit. Einen gerade entgegengesetzten Eindruck erhält man vom Interieur des Arbeitsraumes der Kleiderfabrik in Frankreich (Pas de Calais) (Abb. 11). Durch den lebhafteren Farbton der Einrichtung wird versucht, der Monotonie der Fließbandarbeit entgegenzuwirken. Im Betrieb arbeiten fast ausschließlich Frauen. Beide ausländischen Betriebe sind klimatisiert, die Luftkanäle der Klimaanlage und die Beleuchtungsleitungen sind hinter der Hängedecke verlegt.

Auch die vorggeführten farbigen Innenräume zeigen, daß das farbige System in den Arbeitsräumen der Industrie in der Gewährleistung optimaler Arbeitsbedingungen eine zunehmende Wichtigkeit hat; mit seinem erhöhten Einsatz ist beim Bau von Industriebauten sowohl mit Tageslicht als auch mit künstlicher Beleuchtung zu rechnen.

## 5. Vorschläge

In der Architektur unseres Jahrhunderts entstanden in der Frage des farbigen Systems Bewegungen und Gegenbewegungen, deren Ergebnisse sich nur in ihrem Zusammenhang auswerten lassen. Es sind die Farbgebungs- und dekorativen Bestrebungen des sog. »Jugendstils« sowie die farbliche Gestaltung ohne Charakter der darauffolgenden Periode bekannt, auf die wieder die dynamische Farbgebung der Gebäude zur Zeit des Expressionismus folgte. Alle diese Tendenzen sind heute bereits überwunden; die Untersuchungen erfassen einen weiteren Kreis, sie versuchen, im Spiegel der Farbenanwendung das Verhältnis des Menschen zu seiner Umwelt zu erforschen. Auch für die Zukunft ist die Bestrebung maßgebend, die Grundsätze der farblichen und konstruktiven Gestaltung zu erarbeiten.

Für den Architekten stellt der Umstand ein großes Hindernis dar, daß er keine zuverlässigen Kenntnisse und Erfahrungen über die Anwendung der Farben besitzt und sich oft nur auf seinen instinktiven Schönheitssinn (Geschmack) verlassen muß. Daher begegnet man häufig in der farbigen Gestaltung von Industriebauten der Monotonie, dem bedächtigen Konservativismus, der Interessenlosigkeit oder der Furcht vor dem Neuen. All das erfordert die beschleunigte Schaffung einer koordinierten Farbenplanung. Auch die Gesetzmäßigkeiten der Technik fordern die Normung der Farbgebung und der Erzeugung ihrer Mittel. Die Farbauswahl ist jedoch nicht eine Frage allein der Farbenindustrie.



Abb. 11. Innenaussicht einer Kleiderfabrik in Frankreich (nach Usines d'aujourd'hui, II, 84)

Damit der Industriebau in der bewußten *Anwendung* des farbigen Systems einen weiteren Schritt nach vorwärts tun kann, müssen weitere wohlorganisierte Untersuchungen durchgeführt und die voraussichtlichen Ergebnisse einer breiten Fachöffentlichkeit bekanntgegeben werden. Wir meinen, daß in den Betrieben des Landes die Verteilung nach Lebensalter der männlichen und weiblichen Arbeitskräfte untersucht werden sollte, innerhalb der einzelnen Industriezweige sollte die Verteilung der Werkstätigen nach Alter und Geschlecht und innerhalb der einzelnen Betriebsarten nach Schwere und Natur der Arbeit in verschiedenen Geschlechts- und Altersgruppen untersucht werden. Die Farbenpräferenzuntersuchungen sollten praktisch auf die Mitarbeiter der einzelnen Betriebskategorien ausgedehnt werden, für eine die farbdynamischen Forderungen befriedigende praktische Entwurfstätigkeit sind Farbenreihen zu schaffen, durch die die verschiedenen Kennwerte (physikalische Kennwerte, Farbkomponenten) der üblichen Farbensysteme und Farbenreihen, auf das Verhältnis des Menschen zur Farbe konzentriert, vereint werden. Derartige Initiativen sind bereits an der Technischen Universität Budapest zu verzeichnen.

Als Ergebnis der Auswertung könnten Farbensystemmodelle ausgearbeitet werden, die sich für verschiedene Industriezweige, charakteristische Betriebe (z. B. Gießereien, Textilwerke usw.) empfehlen lassen. Die Untersuchungen mußten selbstverständlich neben physiologischen und psychischen Verhältnissen der Betriebsangehörigen auch die technologischen Prozesse, die Möglichkeiten zur Farbgebung der Werkstücke und Einrichtungen erfassen. Im scheinbaren Durcheinander der Formen, Einrichtungen, Maschinen und Rohrleitungen sind ordnende, vereinigende Elemente zu suchen, durch die ihre Funktionen hervorgehoben werden.

Man sollte sich auch innerhalb der einzelnen Betriebsarten mit den unterschiedlichen Wirkungen beschäftigen, die die farbliche Gestaltung beeinflussen, z. B. mit Temperatur, Lärm, Staub, Luftzustand, als Einflußfaktoren.

All diese Untersuchungen sollten durch Betriebserfahrungen ergänzt werden, die die Anwendung einzelner Farbensystemvarianten, empfohlener Modelle bestätigen oder zu deren Ablehnung führen können.

Schließlich sollte in die Architektenausbildung oder Fortbildung auf Universitätsebene die farbliche Gestaltung von Industriebauten als Unterrichtsgegenstand eingeführt werden. Die Wissenschaft der farblichen Gestaltung muß gelehrt und gelernt werden.

Die großangelegte Aufgabe selbst erfordert selbstverständlich die Zusammenarbeit von Fachleuten der Lichttechnik, der Farbenlehre, der Psychologie, der verschiedenen Industrietechnologien sowie der Entwurfsarchitekten und der Fachleute der Bauausführung (z.B. mit Kenntnissen über Farbstoffe).

Berücksichtigt man den Umstand, daß der arbeitende Mensch 30% seines Lebens an der Arbeitsstelle, bei der Ausübung seines Berufs verbringt,

und welche Bedeutung für sein Behaglichkeitsgefühl und für den Produktionserfolg die Farbwirkung der Umgebung besitzt, ist es leicht einzusehen, daß es sich lohne, sich mit der Frage der optimalen Einrichtung des Arbeitsplatzes zu beschäftigen.

### Zusammenfassung

Parallel mit den großangelegten Industrieentwicklungsbestrebungen der Welt (Mechanisierung, Automatisierung) müssen auch die Produktionsumwelt der arbeitenden Menschen, die allgemeinen Bedingungen der Arbeitsleistung verbessert werden. Eines der wichtigsten Mittel zur Verbesserung der allgemeinen Arbeitsbedingungen in Industriebetrieben ist die Farbdynamik, die vor allem in der Hand des Architekten liegt.

In Industriebetrieben lassen sich durch ein »farbiges System« die Ermüdung der Augen vermindern, genauere Arbeit gewährleisten, die Zahl der Unfälle herabsetzen, der Sinn für Ordnung und Reinlichkeit entwickeln, die Arbeitslust und mit ihr die Produktion erhöhen.

Die Farbenwahl wird durch physiologische und psychologische Faktoren wesentlich beeinflusst. Die Farbgebung erfaßt nicht nur die Arbeitsmaschinen und Einrichtungen, sondern den gesamten Innenraum des Industriebetriebs, Wände, Decken und Fußböden, ja sogar die Arbeitskleidung der Mitarbeiter.

Die Anwendung des farbigen Systems erhält in fensterlosen Kompaktbauten eine besondere Bedeutung.

Es wird vorgeschlagen, unter Berücksichtigung des Verhältnisses des Menschen zur Farbe und unter Anwendung von auf den Gesetzmäßigkeiten der Farbenlehre und der Psychologie fußenden farbdynamischen Methoden für die Betriebe verschiedener Industriezweige Modelle der farblichen Gestaltung zu entwickeln.

### Schrifttum

- KÖHLER, W.—LUCKHARDT, W.: Lichtarchitektur, Bauwelt Verlag, Berlin, 1956.  
 FRIELING, H.—AUER, X.: Mensch + Farbe + Raum, Callwey Verlag, München, 1954.  
 GATZ, K.—WALLENFANG, W.: Farbige Bauten, Callwey Verlag, München, 1964.  
 HRUSKA, R.: Allgemeine Farbenlehre und Farbmessung\* Közgazd. és Jogi Könyvkiadó, Budapest, 1956.  
 RADOS, K.: Entwerfen von Industriebauten\*. Tankönyvkiadó, Budapest, 1969.  
 RADOS, K.: Architektur der Industrieanlagen IV.\* Akadémiai Kiadó, Budapest, 1969.  
 NEMCSICS, A.: Farbenlehre.\* Tankönyvkiadó, Budapest, 1969.  
 RADOCSAY, L.: Anwendung von Farben beim Entwerfen der zeitgemäßen Industriebetriebe.\* Manuskript, Felsőoktatási Jegyzetellátó Vállalat, Budapest, 1954.  
 CSORDÁS, L.: Innere Farbdynamik der Industriebauten.\* Műszaki Tervezés, 1962/10.  
 NÉMETH, A.: Präzisionswerkzeugmaschinenfabrik.\* Műszaki Tervezés, H. 4, 1968.  
 MISKOLCZY, V.: Medizinische und technische Probleme der Werkstätten mit ausschließlich künstlicher Beleuchtung.\* Pécsi Műszaki Szemle, H. 1—3, 1962.  
 NEMCSICS, A.: Die Rolle der farbdynamischen Indexwerte in der Ausgestaltung einer farbdynamischen Farbenreihe.\* Konferenzvortrag, Manuskript, 1970.  
 PODRÁSKY, E.: Tragkonstruktionen der fensterlosen und oberlichtlosen Gebäude.\* Konferenzvortrag, Manuskript, 1967.  
 STÖSSLEIN, S.: Allgemeine Arbeitsbedingungen in Industriebauten aus psychologischer Sicht, Konferenzvortrag, Manuskript, 1968.  
 KOZIOL, R.: Anwendung von Farben an Industrieobjekten, Architektura, H. 7, 1963. (In russischer Sprache)  
 GLOAG, H. L.: Colouring in factories, Her Majesty's Stationery Office, London 1961.  
 SCHIELLER, J. X.: La peinture dans l'usine, Usines d'aujourd'hui, N° 98, 1968.  
 RICHTER, O.: Zur Beleuchtung und Farbgestaltung von fensterlosen Industriegebäuden, Deutsche Architektur, 1962/8.

\* In ungarischer Sprache

- KRIVOHLAVY, J.: Die Rolle der Farben im Innenraum von Industriebauten, Architektura CSSR, 1962/6 (In tschechischer Sprache)
- GILWANN, M.: Innenraumgestaltung fensterloser Gebäude aus der Sicht der baulichen Gestaltung der Arbeitsumwelt. Konferenzvortrag, Manuskript, 1967.
- LAMPE, J.: »Betriebsklima« und Farbgestaltung, Baukunst und Werkform 1962/2.
- BAUMGÄRTEL, G.: Arbeitsumweltgestaltung und ihre Gestaltungsfaktoren im Projektierungsprozeß des Industrie-Architekten. Konferenzvortrag, Manuskript, 1968.
- RICHTER, O.: Hygienische Forderungen an eine Farbgebung in Produktionsräume. Konferenzvortrag, Manuskript, 1968.
- ZIMMERMANN, W.: Systematik in der Festlegung von Beleuchtung und Farbe im Arbeitsraum, Konferenzvortrag, Manuskript, 1968.

Oberassistent Dr. Antal NÉMETH, Budapest XI., Múegyetem-rkp. 3. Ungarn