

Abhandlungen aus dem
Industrieseminar der Universität Mannheim

Heft 49

Licht und Farbe im Industriebetrieb

Untersuchung des Einsatzes optischer Mittel
zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit
in der Produktion

Von

Victor Meier



Duncker & Humblot · Berlin

VICTOR MEIER

Licht und Farbe im Industriebetrieb

**Abhandlungen aus dem
Industrieseminar der Universität Mannheim**

**früher unter dem Titel
Abhandlungen aus dem Industrieseminar der Universität zu Köln
begründet von Prof. Dr. Dr. h. c. Theodor Beste**

**Herausgegeben von
Prof. Dr. Gert v. Kortzfleisch, Prof. Dr. Heinz Bergner
und Prof. Dr. Peter Milling**

Heft 49

Licht und Farbe im Industriebetrieb

**Untersuchung des Einsatzes optischer Mittel
zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit
in der Produktion**

Von

Victor Meier



Duncker & Humblot · Berlin

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Meier, Victor:

Licht und Farbe im Industriebetrieb : Untersuchung des
Einsatzes optischer Mittel zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit
in der Produktion / von Victor Meier. – Berlin : Duncker und
Humblot, 1996

(Abhandlungen aus dem Industrieseminar
der Universität Mannheim ; H. 49)

Zugl.: Mannheim, Univ., Diss., 1995

ISBN 3-428-08533-7

NE: Universität (Mannheim) / Seminar für Allgemeine
Betriebswirtschaftslehre und Betriebswirtschaftslehre der Industrie:
Abhandlungen aus dem . . .

Alle Rechte vorbehalten
© 1996 Duncker & Humblot GmbH, Berlin
Fotoprint: Werner Hildebrand, Berlin
Printed in Germany
ISSN 0935-381X
ISBN 3-428-08533-7

Gedruckt auf alterungsbeständigem (säurefreiem) Papier
entsprechend ISO 9706 ∞

Vorwort

Die vorliegende Schrift wurde im Sommersemester 1995 an der Fakultät für Betriebswirtschaftslehre der Universität Mannheim als Dissertation vorgelegt.

Es ist mir ein tiefes Bedürfnis, an dieser Stelle meinem Doktorvater, Herrn Professor Dr. Heinz Bergner, meinen herzlichsten Dank auszusprechen. Er begleitete die vorliegende Arbeit in jeder Phase ihrer Entstehung. Durch Gespräche und einen regen Schriftwechsel erfuhr ich viele bedeutsame Anregungen, durch die das Gelingen meiner Arbeit in erheblicher Weise gefördert wurde. Herr Professor Dr. Bergner ist mir in fachlicher Hinsicht und in seiner menschlichen Größe ein Vorbild.

Mein Dank gilt auch Herrn Professor Dr. Gert von Kortzfleisch. Er erstellte das Koreferat und unterstützte darüber hinaus meine Arbeit durch eine Reihe von Ratschlägen und Hinweisen.

Weiter möchte ich meinem Vater, Herrn Professor Gerhard Meier, ebenfalls herzlich danken. Er förderte das Gedeihen meiner Dissertation in mannigfaltiger Weise. Sein Fachwissen ermöglichte mir den Zugang zu vielen für die Arbeit relevanten Themengebieten.

Besonderer Dank gilt auch meinem Bruder, Herrn Diplom-Kaufmann Alexander Meier. In zahlreichen kritischen und zeitintensiven Gesprächen zum Inhalt meiner Arbeit konnte ich entscheidende Impulse erhalten.

Einen wesentlichen Anteil für das Gelingen meiner Arbeit verdanke ich den Herren Diplom-Kaufleuten Rainer Frei und Roland Mayer sowie Herrn Diplom-Ingenieur Jens Matz. Ihr großes Engagement bei der Überarbeitung des Manuskriptes waren von unermeßlichem Wert.

Danken möchte ich nicht zuletzt auch den Herren Dr. J. Scheurle, Dr. P. Bärenz, Dipl.-Ing. J. Warner, Frau G. Wismann sowie den ehemaligen Assistenten des Lehrstuhls für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre und Industriebetriebslehre II der Universität Mannheim für ihre freundliche Mithilfe und Unterstützung meines Vorhabens.

Mannheim, Juli 1995

Victor Meier

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|----|
| A. Die Bedeutung von Licht und Farbe im Industriebetrieb | 19 |
| B. Voraussetzungen zur Wahrnehmung von Licht und Farbe | 23 |
| <i>I. Physikalische Grundlagen des Sehens</i> | 23 |
| 1. Entstehung von Licht und Farbe..... | 23 |
| 2. Lichttechnische Grundgrößen..... | 24 |
| a) Lichtstrom | 25 |
| b) Lichtstärke..... | 25 |
| c) Beleuchtungsstärke..... | 26 |
| d) Leuchtdichte..... | 28 |
| e) Lichtausbeute | 28 |
| f) Lichttechnische Stoffkennzahlen | 29 |
| <i>II. Physiologische Grundlagen des Sehens</i> | 31 |
| 1. Aufbau und Funktionen des Auges..... | 31 |
| a) Fixieren..... | 32 |
| b) Akkommodieren | 32 |
| c) Adaptieren..... | 33 |
| 2. Grundbegriffe des Sehens | 34 |
| a) Unterschieds- und Kontrastempfindlichkeit..... | 34 |
| b) Formempfindlichkeit und Sehschärfe | 35 |
| c) Empfindungsgeschwindigkeit..... | 36 |
| d) Farbsehen | 36 |
| e) Gesichtsfeld und Blickfeld..... | 37 |
| 3. Vegetative Einflüsse des Lichtes..... | 37 |
| C. Beleuchtung von Industriebetrieben | 40 |
| <i>I. Anforderungen an die Beleuchtung</i> | 41 |
| 1. Gewährleistung guter Sehbedingung | 45 |
| a) Beleuchtungsstärke..... | 45 |
| b) Farbtemperatur | 61 |
| c) Lichtfarbe und Wiedergabe von Farben..... | 64 |

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-------------|--|-----|
| d) | Blendungsbegrenzung | 70 |
| aa) | Blendung nach Art ihrer Wirkung | 70 |
| bb) | Blendung nach Art ihrer Entstehung..... | 72 |
| cc) | Maßnahmen gegen die Blendung..... | 76 |
| e) | Lichtrichtung und Schattenwirkung..... | 85 |
| f) | Leuchtdichtevertelung..... | 91 |
| 2. | Vermeidung gesundheitlicher Risiken..... | 96 |
| a) | Flimmern und stroboskopische Effekte..... | 97 |
| b) | Strahlungsbelastungen durch den Gebrauch künstlicher Lichtquellen..... | 99 |
| c) | Durch Kunstlicht bedingte Probleme mit der Akkommodation | 102 |
| d) | Biorhythmus und Kunstlicht..... | 104 |
| <i>II.</i> | <i>Natürliche Beleuchtung</i> | 105 |
| 1. | Spezifische Eigenschaften der Tageslichtbeleuchtung..... | 105 |
| a) | Tageslichtquotient | 108 |
| b) | Spektralbereich und Farbtemperatur des Tageslichts | 110 |
| c) | Abhängigkeit der Tageslichtbeleuchtung von Tages- und Jahreszeiten | 111 |
| d) | Probleme durch Hitze und Kälte infolge schlechter Isolierung..... | 112 |
| e) | Blendung durch direkt einstrahlendes Licht..... | 115 |
| 2. | Verschiedene Formen der Tageslichtbeleuchtung..... | 118 |
| a) | Seitliche Einzelfenster | 118 |
| b) | Verglasung von Seitenwänden | 120 |
| c) | Raupen- und Sattelaufbauten | 121 |
| d) | Laternenaufbauten | 123 |
| e) | Glaskuppeln | 124 |
| f) | Sheddächer | 125 |
| 3. | Zusammenfassende Betrachtung des Einsatzes natürlicher Beleuchtung..... | 126 |
| <i>III.</i> | <i>Künstliche Beleuchtung</i> | 129 |
| 1. | Grundsätzliche Überlegungen für den wirtschaftlichen Einsatz von Kunstlicht | 130 |
| a) | Einsatz wirtschaftlicher Leuchten..... | 131 |
| b) | Einsatz wirtschaftlicher Lampen | 132 |
| c) | Einsatz wirtschaftlicher Vorschaltgeräte, Lichtsteuerungen und Teilschaltungen..... | 132 |
| 2. | Leuchten..... | 134 |
| a) | Komponenten einer Leuchte..... | 134 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| b) | Lichttechnische Baustoffe | 138 |
| aa) | Baustoffe für das Leuchtengehäuse | 139 |
| bb) | Reflektorbaustoffe | 140 |
| cc) | Lichtdurchlässige Baustoffe | 141 |
| c) | Eigenschaften von Leuchten | 143 |
| aa) | Lichttechnische Merkmale von Leuchten | 144 |
| bb) | Schutzarten von Leuchten | 148 |
| d) | Verschiedene Leuchtentypen | 151 |
| aa) | Leuchten für Allgemeinbeleuchtung und arbeitsplatzorientierte Allgemeinbeleuchtung | 152 |
| bb) | Leuchten zur Einzelplatzbeleuchtung | 156 |
| 3. | Lampen | 158 |
| a) | Temperaturstrahler | 159 |
| aa) | Allgebrauchslampen | 161 |
| bb) | Glühlampen mit Sonderformen für spezielle Einsatzgebiete | 164 |
| cc) | Halogenlampen | 164 |
| b) | Entladungslampen | 168 |
| c) | Niederdrucklampen | 171 |
| aa) | Leuchtstofflampen | 171 |
| bb) | Natriumdampf-Niederdrucklampen | 179 |
| d) | Hochdrucklampen | 182 |
| aa) | Natriumdampf-Hochdrucklampen | 182 |
| bb) | Quecksilberdampf-Hochdrucklampen | 185 |
| cc) | Halogen-Metaldampflampen | 188 |
| dd) | Xenonlampen | 191 |
| e) | Mischlichtlampen | 193 |
| 4. | Schaltungen von Lampen | 194 |
| a) | Vorschaltgeräte | 194 |
| b) | Zündhilfen | 195 |
| c) | Häufig in der Praxis eingesetzte Schaltungen | 196 |
| aa) | Schaltungen für Leuchtstofflampen | 196 |
| bb) | Schaltungen für weitere Niederdrucklampen | 202 |
| cc) | Schaltungen für Hochdrucklampen | 202 |
| 5. | Zusammenfassende Betrachtung des Einsatzes künstlicher Beleuchtung | 204 |
| D. | Farbgebung in Industriebetrieben | 208 |
| I. | <i>Eigenschaften von Farben</i> | <i>212</i> |
| 1. | Die Grundfarben | 212 |
| a) | Die Farbe Rot | 214 |
| b) | Die Farbe Blau | 216 |

| | |
|---|------------|
| c) Die Farbe Gelb | 218 |
| d) Die Farbe Grün | 219 |
| 2. Wechselwirkungen zwischen Farben | 220 |
| a) Farbkontraste | 220 |
| aa) Kontraste aufgrund unterschiedlicher Bunttöne | 221 |
| bb) Kontraste im Hellwertsbezug | 222 |
| cc) Der Simultankontrast | 224 |
| dd) Der Komplementärkontrast | 229 |
| ee) Der Qualitätskontrast | 232 |
| ff) Der Quantitätskontrast | 233 |
| b) Gewichtung im Einsatz von Farben | 235 |
| 3. Beeinflussung der Wahrnehmung am Arbeitsplatz durch Farben | 237 |
| a) Wärme und Kälte | 237 |
| b) Weitere Synästhesien | 239 |
| c) Perspektiven in der Horizontalen | 241 |
| d) Perspektiven in der Vertikalen | 243 |
| e) Bevorzugte und abgelehnte Farben | 243 |
| f) Farbwahl und Lebensalter | 245 |
| g) Farbwahl und Geschlecht | 247 |
| <i>II. Der Einsatz von Farbe zur Erleichterung des Betriebsablaufes</i> | <i>248</i> |
| 1. Der Einsatz der Farbe als Ordnungselement | 248 |
| a) Innerbetriebliche Anordnungen | 250 |
| b) Ordnung und Organisation des Arbeitsplatzes | 251 |
| c) Kennzeichnung des Inhalts von Rohren und Behältnissen | 255 |
| 2. Der Einsatz der Farbe als Sicherheitselement | 258 |
| a) Unmittelbare Gefahren und Verbote | 260 |
| b) Verdeckte und bewegliche Gefahren | 262 |
| c) Gefahrlosigkeit und Erste Hilfe | 267 |
| <i>III. Die farbliche Gestaltung der Raumelemente eines</i> | |
| <i>Industriebetriebes</i> | <i>268</i> |
| 1. Die Wände | 271 |
| 2. Die Decke | 275 |
| 3. Der Boden | 276 |
| 4. Im Raum befindliche Objekte | 278 |
| <i>IV. Farbgebung und Arbeitsformen</i> | <i>283</i> |
| 1. Anforderungen an die körperliche Leistung | 284 |
| a) Leichte Arbeit | 284 |
| b) Anstrengende Arbeit | 285 |