

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 72 (1954)  
**Heft:** 49

**Artikel:** Spannungs- und Sicherheitsverhältnisse bei Quellen und Schrumpfen von Belägen  
**Autor:** Baud, R.V.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-61304>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 15.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

Weiterentwicklung und ihre Rückwirkung auf die bestehende Anlage sind zu überlegen. Ganz allgemein ist mit einem Anstieg des Lichtbedürfnisses in den nächsten Dezennien zu rechnen. Es ist auffallend, wie sehr das Lichtbewusstsein beim arbeitenden Menschen in letzter Zeit sich entwickelt hat, mit welchem Interesse er an Lichtfragen herantritt, welche Anforderungen er stellt und wie sehr er für gründlich studierte, gute Lösungen dankbar ist.

#### D. Menschliche Faktoren

Die Tätigkeit des Lichtfachmannes in der Verfolgung sachlicher Ziele wird durch seine eigenen persönlichen Neigungen und Erfahrungen sowie durch die Wünsche des Lichtnehmers sehr stark beeinflusst. Selbstverständlich dient jede künstliche und natürliche Lichtgabe vorwiegend der menschlichen Arbeit, Unterhaltung oder Erholung; die letzten Ziele liegen in der Erfüllung des physiologisch bedingten und psychologisch angepassten Lichtklimas. Im Fall der Beleuchtung für rein individuelle Zwecke, im eigenen privaten Heim oder im Einzelarbeitsraum, ist deshalb das Spiel der Variationen in Farbe, Form und Stärke freigegeben. Die Probleme beginnen beim Gemeinschaftsraum, in kleinem Massstab schon im Wohnraum der Familie mit den verschiedenen Lichtbedürfnissen für spielende oder arbeitende Kinder und für tätige oder sich erholende Erwachsene. Sie erweitern sich im Arbeitsraum der gewerblichen und industriellen Betriebe, sie steigern sich im Versammlungs- und Kultraum, mit dichter Besetzung durch Menschen aller Altersstufen und Charakteranlagen, höchstens geeint durch die Gleichartigkeit oder Ähnlichkeit oder Arbeitsverrichtung oder des Erlebnisses.

Dass hier nach objektiven Massstäben, nach optimalen Bedingungen für eine grosse Mehrheit gesucht werden muss, ist offenkundig. Hier müssen sich Neigung und Tendenz sowohl des Projektierenden wie der Betriebsleitung den persönlichen und sachlichen Gegebenheiten unterordnen. Dass dabei nicht alle individuellen Neigungen und Wünsche der Lichtbenützer an die Lichtfarbe, Lichtdosierung, Beleuchtungsstärke und alle andern Qualitäten einer Lichtanlage befriedigt werden können, braucht nicht zu enttäuschen. In einer Gruppe von nur hundert Personen befinden sich einige wenige, die herzhafte und unbeschadet einer Klarglaslampe von 200 W «ins Auge» blicken würden, ohne sich über Blendung zu beklagen. Eine andere kleine Gruppe hingegen würde sich mit höchster Entrüstung z. B. über den weissen Farbton, über die Stabform oder über ein vereinzelt Endflackern einer Fluoreszenzlampe aufhalten. Die Mehrzahl der normal Empfindlichen könnte sich jedoch ruhig entweder günstig oder ungünstig über Raum, Arbeitsplatz, Farbe, Licht äussern, und nach diesem möglichst günstigen Gesamturteil ist die Anlage auszurichten.

Die Kunst des erfolgreichen Projektierens liegt im vollen Erfassen der Schaufgabe, in der Fähigkeit zum innern Voraus-Schauen des beleuchteten Raumes und in der technisch und wirtschaftlich einwandfreien Verwirklichung der grundlegenden Ideen. Die letzten Ziele einer nach heutigen, fachmännischen Gesichtspunkten entworfenen Anlage sind immer: Deutlichkeit der Schaufgabe, Ruhe im Gesichtsfeld, abgewogene Leuchtdichten, Harmonie im ganzen Blickfeld, abgestimmte Farben, hohe Oekonomie der Anlage und des Betriebes.

#### Schlussbemerkungen

Unser Land verfügt nur über eine kleine Gruppe aktiver Lichtfachleute. Einige von ihnen sind seit rund 30 Jahren

Mitarbeiter des Schweizerischen Beleuchtungs-Komitees, des nationalen Organs der 1913 gegründeten internationalen Beleuchtungs-Kommission. Der äussere Gedanken- und Erfahrungsaustausch geschieht auf den internationalen Konferenzen dieser Kommission. Die 13. Konferenz wird im Jahre 1955 in Zürich stattfinden. Zwischen den Kongressen spielt sich eine lebhaftere, innere Tätigkeit der 38 einzelnen Fachkollegien ab, die sich auf alle aktuellen Aufgaben der natürlichen und künstlichen Beleuchtung beziehen. Zur Reife gebrachte Probleme finden ihren Niederschlag in Form von Beschlüssen und Empfehlungen, die über die 20 Landes-Komitees den nationalen Fachkreisen mitgeteilt werden. So bilden z. B. die Schweiz. Allg. Leitsätze für elektrische Beleuchtung, die 1947 letztmals revidiert wurden, eine solche Dokumentation internationaler und nationaler Ansichten und Erfahrungen.

Die Hauptanliegen der Lichtfachleute, die nach aussen und insbesondere vor dieser Versammlung erwähnt werden müssen, liegen auf dem Gebiet der zeitlich richtigen und persönlich gut abgestimmten Zusammenarbeit mit den Baufachleuten im weitesten Sinn. Wenige Beleuchtungsaufgaben sind rein technischer, ebenso wenige aber auch rein formaler oder künstlerischer Natur. Das Lichtschaffen liegt auf dem Grenzgebiet zwischen Kunst und Technik. Die zeitliche Priorität liegt unbestritten auf der Seite des Baugestalters, der über Bauvorhaben, Vorprojekte und Baurmine voll orientiert ist und darüber disponiert. Sorge des Lichtfachmannes ist der Einbezug aller lichttechnisch nötigen Ueberlegungen und praktischen Vorkehren vom Anfang der Bauprojektierung an. Licht ist heute nicht mehr ein primitives und nebensächliches, technisches und zeitliches Anhängsel des Bauwerks; es ist vielmehr ein integraler Faktor der Baugestaltung und als solcher von grundlegender Bedeutung und Berechtigung.

Unbestritten wird der Lichtfachmann dem lichttechnisch interessierten Baugestalter das erste Wort in der Licht-Diskussion, den Gestaltungsplan überlassen. Er wird auch die Vorstellungen des Architekten über die Farbgestaltung des Raumes, über die formale Ausführung der Leuchten, ihre individuelle und einmalige Entwicklung gründlich verfolgen. Sodann wird er seine Ansichten über die Beleuchtungsaufgabe und das Beleuchtungssystem, die Stärke und Lichtverteilung, die Leuchtdichte-Abstufungen mit den Tendenzen des Baugestalters in Uebereinstimmung zu bringen versuchen. Er wird konkrete Vorschläge über Wahl der Lampen und ihrer Attribute, über die technische Ausführung der Leuchten und die geeignete Installationsart vorschlagen. Er wird sich mit allen Fragen der Schaltung, Regelung, Steuerung der Anlage, mit den Montage- und Unterhalts-Problemen befassen und auch die nötigen Vorkehren für Modellversuche und Messungen treffen. Kein wesentliches ökonomisches oder technisches Problem darf seiner Aufmerksamkeit entgehen. Die Zusammenarbeit in diesem Sinn kann beiden Partnern nur Genugtuung und Befriedigung über das gemeinsam Geschaffene bringen und kommt schliesslich dem Bauherrn und den Lichtkonsumenten voll zu Nutzen.

Einseitigkeit und Ausschliesslichkeit der einen oder andern Seite, das völlige Uebergehen des Lichtfachmannes oder andererseits das Linksliegenlassen des Baufachmannes führen in der Regel zu unbefriedigenden Resultaten, weil ein massgebender Faktor unbeteiligt war.

Adresse des Verfassers: Prof. R. Spieser, Seestrasse 111, Herrliberg ZH.

## Spannungs- und Sicherheitsverhältnisse bei Quellen und Schrumpfen von Belägen\* DK 620.171.5

Diese Studie ist ein Beispiel für die Art von Aufgaben, wie sie von seiten der Industrie oder anderer technisch interessierter Instanzen an technisch orientierte photoelastische Laboratorien gestellt werden. Sie dürfte darüber hinaus in

\* Zusammenfassung des Vortrages, den der Verfasser anlässlich des von der International Union of Theoretical and Applied Mechanics (IUTAM) organisierten Kolloquiums über Photoelastizität und Photoelastizität, Brüssel, 29. bis 31. Juli 1954, gehalten hatte. Der Vortrag erschien in erweiterter Fassung im «Schweizer Archiv» vom Oktober 1954.

einigen Belägen von einem gewissen Allgemein- bzw. Fachinteresse sein, nämlich hinsichtlich Problemstellung (Erzeugung eines innern Spannungsfeldes) und Problemlösung, Modellmaterial (Araldit  $\sigma_p = 230 \text{ kg/cm}^2$ ,  $\beta_z = 810 \text{ kg/cm}^2$ ,  $E_B = 30 \cdot 10^3 \text{ kg/cm}^2$ ,  $\nu = 0,368$ ,  $\Sigma^{5461} = 9,91 \text{ kg/cm} \cdot \text{Ordnung}$ , spannungsoptische Kennziffer), Klebmittel (Araldit Typ 121 N, Härter 951), Auswertungsweise (Ermittlung von  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  für das ganze Feld [Belag]), Versuchsergebnisse und Anwendung.

**Problemstellung.** Wird auf eine Unterlage  $U$  ein Belag  $B$  gebracht und befestigt, so entstehen zunächst keine inneren Spannungen. Quillt oder schrumpft in der Folge beispielsweise  $B$ , während  $U$  unverändert bleibt, so entstehen in der Trennfuge Schub- und Normalspannungen, die in  $B$  und  $U$  ein inneres Spannungsfeld hervorrufen. Das selbe ist der Fall, wenn  $U$  Aenderungen unterworfen ist, oder ganz allgemein, wenn sich  $B$  und  $U$  elastisch ungleich verhalten.

**Problemlösung, experimenteller Teil.** Ein den Belag darstellender Stab  $B$  aus Araldit wurde in einem Belastungsapparat mit einer gewissen, durch Vorversuche festgestellten Kraft gezogen; dann wurde die Unterlage  $U$  (aus Aluminium,  $E_U = 740 \cdot 10^3 \text{ kg/cm}^2$ ) mittels dem erwähnten Klebmittel an  $B$  «angeklebt» und härten gelassen, und schliesslich wurde die Belastung entfernt. Damit befand sich das gesamte Modell ( $B$  und  $U$ ) in einem Spannungszustand, wie er etwa nach der Befestigung eines schrumpfenden Belages (z. B. feuchtes Holz) auf einer relativ starren Unterlage (z. B. Stein, Beton und dgl.) vorhanden ist. Auf übliche Weise ergaben sich die Isoklinen ( $\alpha$ ) und Trajektorien sowie die Intensitätsgleichen ( $\tau_{max}$ ).

**Problemlösung, theoretischer Teil.** Das Problem kann als praktisch gelöst gelten, wenn es gelingt, für den Innenrand von  $B$ , d. h. für die Trennfuge sowohl die Schubspannung  $\tau_{xy}$  als auch die senkrechte Normalspannung  $\sigma_{II}$  anzugeben. Während sich die Schubspannung in einfacher Weise aus  $\alpha$  und  $\tau_{max}$  berechnen lässt, ist die Ermittlung von  $\sigma_{II}$  umständlicher. Sie geschah wie folgt:

Für den Aussenrand von  $B$  gilt:

$$(1) \quad \sigma_{TA} + \sigma_N = \sigma_A$$

und für den Innenrand von  $B$ :

$$(2) \quad \sigma_{TI} + \sigma_N = \sigma_I$$

$\sigma_A$  ist durch Messung gegeben, während  $\sigma_{TA}$  sich aus der Zug-Biegeformel für den am Rand durch Schub  $\tau_{xy}$  belasteten «Balken» ergibt. Infolgedessen liefert (1) den Wert  $\sigma_N$  (Biegespannung infolge  $\sigma_{II}$ ), den man in (2) einsetzt. Da für die Trennfuge  $\sigma_{TI} = -2\sigma_{TA}$  ist, ergibt sich aus (2) die zu ihr

parallel gerichtete Normalspannung  $\sigma_I$ . Die hierzu senkrechte Normalspannung  $\sigma_{II}$  lässt sich sodann aus:

$$(3) \quad \sigma_{II} = \sigma_I - (\sigma_1 - \sigma_2) \cos 2\alpha$$

gewinnen. Für irgend einen Feldpunkt bestimmt man schliesslich die Normalspannung  $\sigma_{n1}$  durch Interpolation von  $\sigma_A$  und  $\sigma_I$ ; für  $\sigma_{n2}$  gilt dann wieder (3) mit den entsprechenden Werten. Zusammen mit  $\tau_{xy}$  lassen sich so die Hauptspannungen  $\sigma_1, \sigma_2$  für das ganze Feld ermitteln.

**Anwendung.** Bei schrumpfendem Belag findet Abreissen statt, wenn der Sicherheitsgrad

$$n = \frac{\beta_z}{1,58 \cdot \sigma_o} \leq 1,0,$$

bei quellendem Belag dagegen, wenn

$$n = \frac{\beta_z}{0,2 \cdot \sigma_o} \leq 1,0.$$

Abscherungsgefahr ist vorhanden, wenn

$$n = \frac{\beta_s}{0,76 \cdot \sigma_o} \leq 1,0.$$

Falls Kombination von Zug und Schub massgebend ist, besteht Gefährdung, wenn

$$n = \frac{\beta_c}{\sigma_g} \leq 1,0.$$

In diesen Formeln bedeutet  $\beta$  der aus dem Materialprüfungsversuch erhaltene Wert,  $\sigma_g$  die massgebliche Vergleichsspannung und

$$\sigma_o = \left( \frac{\Delta l}{l} \right)_B \cdot E_B.$$

So wird ersichtlich, dass die Photoelastizität auch auf diesem theoretisch und experimentell unseres Wissens bisher wenig erforschten Gebiet des Ingenieurwesens von beachtlichem Nutzen sein kann.

Adresse des Verfassers: Ing. Dr. R. V. Baud, Vorsteher des Photoelastischen Laboratoriums der EMPA, Leonhardstrasse 27, Zürich.

## Vorschlag für ein neues Verzahnungssystem

Von Ing. Arthur Baumgartner, Neuhausen am Rheinflall

DK 621.833

Die Erfolge führender Zahnradfirmen beweisen, dass durch die Anwendung der Profilverschiebung wesentlich leistungsfähigere Getriebe hergestellt werden können. Die Firma Maag-Zahnrad AG. hat sich nicht zuletzt durch ihre «Maag-Verzahnung», welche die Profilverschiebung seit Jahrzehnten anwendet, ihren Ruf geschaffen.

Leider werten ausser den eigentlichen Zahnradspezialisten nur wenige Konstrukteure die Vorteile der Profilverschiebung richtig aus, trotzdem über die mathematischen Beziehungen viele Veröffentlichungen vorliegen und der rechnerische Aufwand durch Hilfsmittel, wie Tabellen und Kurvenblätter, auf ein annehmbares Mass reduziert werden kann. Die Gründe für diese Vernachlässigung dürften wohl darin liegen, dass in der Wahl bzw. in der Aufteilung der zweckmässigen Profilverschiebungs-Faktoren für einen gegebenen Fall immer noch Unsicherheit herrscht. Die Spezialfirmen verzichten aus verständlichen Gründen auf eine Veröffentlichung ihrer auf grosser Arbeit und Erfahrung beruhenden Unterlagen. Die Systeme, die in der Literatur vorgeschlagen werden, sind zumeist nur auf einen der vielen, für einen guten Getriebeeingriff massgebenden Faktor abgestimmt (Vermeidung des Unterschnittes, grosse Eingriffsdauer, grosse Bruchsicherheit, bestimmte Gleiteigenschaften usw.). Zudem sind oft die Grenzwerte nicht oder zuwenig umrissen, so dass ungünstige oder sogar unbrauchbare Getriebe entstehen können.

Im folgenden wird ein System für die Bestimmung der Profilverschiebungs-Faktoren vorgeschlagen (Bild 1), das auf einfache Weise den Entwurf guter Getriebe gestattet. Es ist besonders für jene Konstrukteure gedacht, denen die Zahnrad nur einen Teil ihrer vielen Probleme bedeuten.

### A. Aufbau des vorgeschlagenen Systems

Wegweisend beim Aufbau des Systems war die Verwertung der beiden wesentlichen Vorteile, welche sich durch die Profilverschiebung ohne Verzicht auf die genormten Werkzeuge erzielen lassen, nämlich:

- Bei freier Wahl der Achsdistanz kann die Zahnform, die Zahnstärke und die Gleitung der Flanken günstig beeinflusst werden; bei praktisch gleichen Abmessungen lässt sich ein wesentlich leistungsfähigeres Getriebe entwerfen.
- Es ist in den meisten Fällen möglich, in eine gegebene Achsdistanz eine gegebene Uebersetzung einzubauen.

Die Kurvenscharen des Diagrammes in Bild 1 sind nach folgenden Gesichtspunkten entworfen:

#### 1. Grenzwerte

Durch die «Grenzlinie» wird das Feld umrissen, in dessen Bereich sich brauchbare Zahnformen bilden lassen. Die obere Grenzlinie gewährleistet genügende Eingriffsdauer auch bei Uebersetzungen 1:1 ( $\epsilon = 1,1$  für  $z_1 : z_2 = 9 : 9$ ;  $\epsilon = 1,2$  für  $z_1 : z_2 = 25 : 25$ ). Bei diesen Werten sind auch genügende Zahnstärken im Kopfkreis vorhanden. Der grösstmögliche resultierende Laufeingriffswinkel liegt bei etwa  $28^\circ$ . Da Profilverschiebungen über  $x = +1$  keine wesentliche Verstärkung des Zahnfusses bringen, wurde dieser Wert als Richtlinie für die obere Grenze bei Zähnezahlen über 60 gewählt. Die untere «Grenzlinie» wurde derart festgelegt, dass im Bereich der Zähnezahlen 9 bis 14 der Unterschnitt in zulässigen Grenzen bleibt und dass bei grösseren Zähnezahlen eine genügende Ausbildung der Evolvente gewährleistet ist.