

**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt  
**Band:** 112 (1994)  
**Heft:** 38

**Artikel:** Optischer Aufheller für Strassenbeläge: Beurteilung und Kontrolle vom Rohmaterial bis zur einbaufertigen Formulierung  
**Autor:** Grünig, Walter / Hannemann, Christiane / Kessler, Philipp  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-78514>

### **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:** 24.11.2024

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

# Optischer Aufheller für Strassenbeläge

Beurteilung und Kontrolle vom Rohmaterial bis zur einbaufertigen Formulierung

**Die stetige Zunahme des Strassenverkehrs verlangt nach Strassenbelägen, die hohen Anforderungen gerecht werden. Ein wesentliches Kriterium ist dabei die Helligkeit des Belages, weil dadurch die Verkehrssicherheit direkt betroffen wird, indem beispielsweise Vorgänge und Bewegungen von Verkehrsteilnehmern früher und genauer wahrgenommen und eingeschätzt werden können. Aber auch die Einsparung von Beleuchtungsinstalltionen und Energie ist dabei ein nicht zu unterschätzender Faktor.**

## Materialauswahl

Zum Aufhellen von Strassenbelägen sowie für deren Formulierung müssen Mineralien für einen erfolgreichen Ein-

VON WALTER GRÜNIG,  
CHRISTIANE HANNE-  
MANN, ZÜRICH, UND  
PHILIPP KESSLER,  
ADLISWIL

satz die vielfältigsten Kriterien erfüllen. Die Anforderungen an die Aggregate bestehen vorerst darin, dass sie die strassenbautechnischen Normen punkto Siebkurve, Kornform, Härte, Zerkleinerungsgrad, Los Angeles-Koeffizient und Polier-Widerstand erfüllen.

Weiter sollten sie auch die Farb- und Lichtwerte wie Weissgrad, Helligkeitsgrad und Remissionsgrad in einem bestimmten Wellenlängenbereich aufweisen.

## Farbkriterien

Sind die rein strassenbautechnischen Anforderungen an die Mineralien nach der Norm SN 670 710 d noch zu erreichen, wird es bei der erforderlichen Farbauswahl der Aufheller im trockenen Zustand recht schwierig. Noch enger wird die Wahl, wenn alle geforderten Kriterien, sowohl im trockenen wie im nassen Zustand, erreicht werden sollen. Dies ist jedoch nur die erste Stufe eines Auswahlverfahrens. Die eigentliche Arbeit beginnt dann mit der Optimierung der Formulierung.

## Belagsformulierung

Sind die vorgängig beschriebenen Anforderungen erfüllt, muss bei der Belagsformulierung dem prozentmässigen Anteil der ausgewählten Komponenten die notwendige Aufmerksamkeit geschenkt werden. Hier gibt es verschiedene Systeme, wie zum Beispiel mit hellen, pigmentierten oder unpigmentierten Bindemitteln, Systeme mit konventionellen Bindemitteln ohne Pigmente sowie Gussasphalte oder Hot Rolls.

Alle verlangen sie nach einem leicht differenzierten Verfahren zur Auswertung. Zur Beurteilung werden die Belagsmuster im Originalzustand fotooptisch beurteilt. Dieser Schritt gibt vorerst Auskunft über die Mischungsqualität und die Verteilung der Aufheller. Sie ist in hohem Masse für die anschliessende Farbmessung sowie für die darauffolgenden Remissionsmessungen massgebend. Aber auch die Belagskosten hängen im wesentlichen von einer optimalen Zusammensetzung der Mischung ab. Nach der ersten Farbmessung werden die Muster behandelt, so dass sie einem etwa 1 bis 2 Jahre alten Belag entsprechen (vgl. Bild 1).

## Farbmetrische Grundlagen

Lichtstreuung und Lichtabsorption sind wellenabhängige, optische Kenngrössen eines Materials. Sie werden durch die in einem Substrat eingelagerten Feststoffe, aber auch durch das Substrat selbst beeinflusst.



Bild 1. Musterplatte für Messzwecke

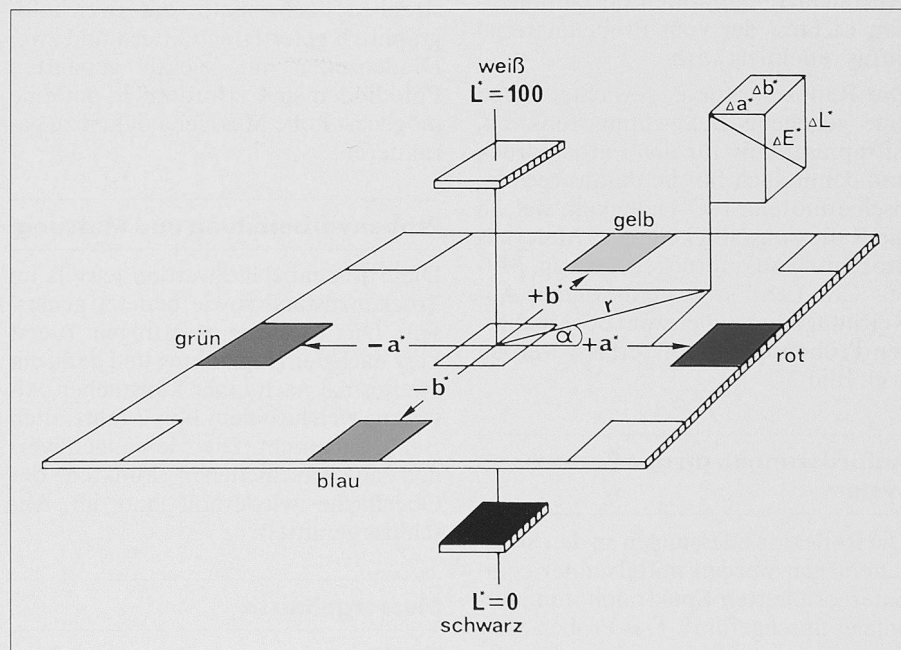


Bild 2. CIE-LAB-Farbsystem



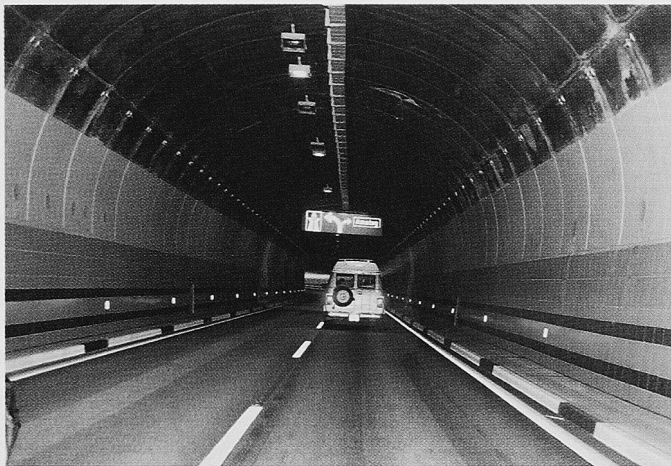


Bild 3. Platti-Tunnel der St.-Gotthard-Autobahn, Fahrbahn Süd-Nord



27/10/93 11:51:33 (C) DATACOLOR V2

Spektralwerte Remission, einbaufertiger Belag

MUSTER-1-2-T TROCKEN							
nm :	00	10	20	30	40	50	
300 :							
400 :	23.53	24.58	25.59	26.54	27.47	28.42	
500 :	32.49	33.42	34.30	35.00	35.67	36.45	
600 :	39.19	39.59	39.94	40.25	40.53	40.83	
700 :	42.07						

MUSTER-1-2-N NASS							
nm :	00	10	20	30	40	50	
300 :							
400 :	17.07	18.29	19.44	20.52	21.57	22.63	
500 :	26.97	27.98	28.97	29.75	30.50	31.39	
600 :	34.49	34.96	35.37	35.72	36.05	36.39	
700 :	37.83						

Bild 4. Spektralwerte Remission, Auszug als Beispiel

Bild 5. Aufgehellter Belag beim Tunnelportal, Regrouillon-Tunnel, Staatsstrasse Sion-Sierre (VS)

Die aus dem Zusammenspiel von Streuung und Absorption resultierende Grösse ist die diffuse Reflexion. Diese kennzeichnet die optische Wirkung eines Materials und kann mittels einer Reflexionskurve zum Ausdruck gebracht werden. Sie beschreibt für jede Wellenlänge den Anteil des auffallenden Lichtes, der vom Probenmaterial diffus reflektiert wird.

Die Reflexionskurve, gewichtet durch eine gegebene Beleuchtungsfunktion, ist repräsentativ für den Farbeindruck und damit auch für die daraus rechnerisch ermittelte ISO-Helligkeit, welche die Reflexionsfähigkeit eines Materials prozentual auszudrücken vermag. Mittels CIE-Lab-Farbsystem können Abweichungen zwischen zwei oder mehreren Proben quantitativ erfasst werden (vgl. Bild 2).

**Anforderungen an das Farbmesssystem**

Die Reflexionsmessungen an den Strassenbelägen werden mittels einer computergesteuerten Spektralphotometeranlage durchgeführt. Die Proben werden dabei von zwei gepulsten Xenon-Blitzlampen über eine Fotometerkugel

diffus beleuchtet und unter acht Grad gerichtet gemessen.

Bei jedem Arbeitsgang wird die Probe über 16 Messwerte im Bereich der sichtbaren Strahlung von 400 bis 700 Nanometer mit einer Referenzfläche in der Fotometerkugel verglichen. Ein Zweistrahl-Monochromator mit zwei holographisch gefertigten Gittern und zwei Diodenzeilen mit selektiv gepaarten Fotodioden sind erforderlich, um eine möglichst hohe Messgenauigkeit zu garantieren.

**Probenvorbereitung und Messung**

Die Strassenbeläge werden jeweils im Trockenzustand sowie benetzt gemessen. Die Messungen erfolgen zuerst kurz nach der Herstellung und dann ein zweitesmal nach einer künstlichen Alterung, welche einem 1 bis 2 Jahre alten Belag entspricht. Die Messungen werden an verschiedenen Punkten der Oberfläche wiederholt und im Anschluss gemittelt.

**Messergebnisse**

Trockene Strassenbeläge erreichten Remissionswerte zwischen 38 bis 46

Grad, nasse Beläge zwischen 34 bis 42 Grad im 600 bis 700-nm-Wellenbereich. Die Farbdifferenzen nach CIE-Lab, zwischen den trockenen und den benetzten Belägen mit reinen Aufhellern, lagen im Bereich DeltaE = 1 bis 3.

Bei guten Formulierungen beträgt die Abweichung ungealtert nur etwa DeltaE = 1 bis 2 und gealtert DeltaE = 2 bis maximal Delta E = 5. Die ISO-Helligkeit beträgt dabei rund 23 bis 25% (vgl. Bild 4).

**Lichtmessung**

Ist das vorgängig beschriebene Auswahlverfahren abgeschlossen, kann schliesslich vor dem Einbau des Belages mit praxisgerecht simulierten Lichtquellen eine annähernd genaue Leuchtdichtemessung vorgenommen werden. Dabei sind 1°-Messungen im trockenen und nassen Belagszustand angebracht. Die Messwerte liegen bei optimaler Belagsformulierung im Bereich von 3,00 bis 5,00 cd/m<sup>2</sup> und mehr beim Einsatz einer Lichtquelle von durchschnittlich 50,0 lx.

Der Leuchtdichteverlust trocken / nass beträgt in der Regel bei guten Systemen rund 10 bis 15%. Im Vergleich dazu er-

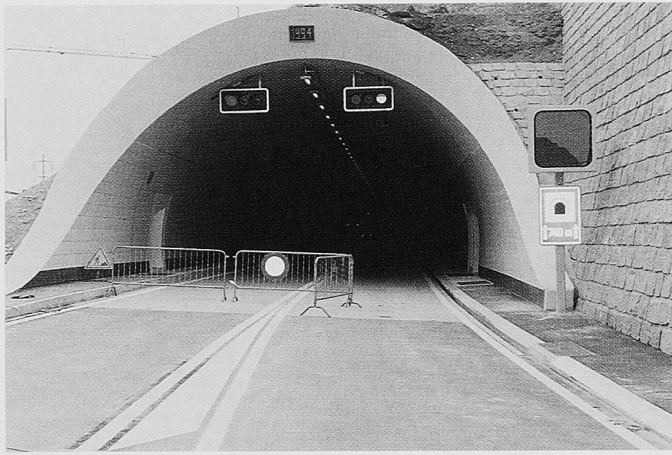


Bild 6. Regrouillon-Tunnel, Staatsstrasse Sion-Sierre (VS), aufgehellter Belag

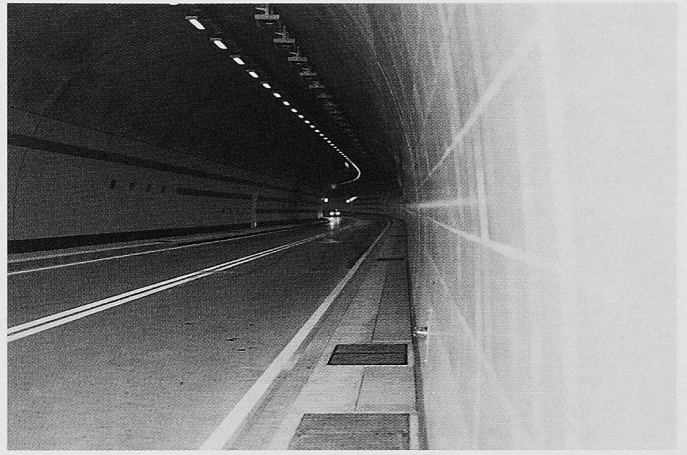


Bild 7. Aufgehellter Belag im Tunnelinnern, Regrouillon-Tunnel, Staatsstrasse Sion-Sierre (VS)

reichen weisser Beton und Strassenmarkierungsfarben mit einem Weissgrad von 85 bis 90% Werte um 7,00 bis 9,00 cd/m<sup>2</sup>. Sie liegen demnach annähernd doppelt so hoch wie Strassenbeläge. Diese Lichtmesswerte entsprechen zwar nicht genau denjenigen im Felde, werden aber mit wissenschaftlich anerkannten Geräten ermittelt und können somit gut als Basis zur Berechnung von Tunnel- und Strassenbeleuchtungen verwendet werden.

### Fazit

Dieser Mehrstufenvorgang ist zwar aufwendig und kostspielig. Er ist jedoch mit Sicherheit wesentlich preisgünstiger als die Erstellung eines echten Strassenmusters von 50 bis 100 m Länge für Lichtmesszwecke. Zudem gestattet das Prozedere in relativ kurzer Zeit die Erarbeitung einer Belagsformulierung, die in hohem Masse vor unbefriedigen-

den Resultaten schützt. Die weiteren positiven Punkte aufgehellter Beläge sind bekannt und wurden am Anfang dieses Beitrages erwähnt (vgl. Bild 3, 6, und 7).

Adressen der Verfasser: *W. Grünig*, und *Ch. Hannemann*, Lacktechnikerin, Impac AG, 8034 Zürich; *P. Kessler*, Farbmetrik, 8134 Adliswil.

## Ein Leichtbaustein mit hoher Wärmedämmung

**Baumaterialien, die ein kostengünstiges und ökologisches Bauen ermöglichen, haben grosse Zukunftschancen. Ein Baustoff, der diese Eigenschaften aufweist, ist der Porenbeton. Porenbeton vereinigt zudem eine für Wandbaustoffe ausserordentlich günstige Kombination von Festigkeit und Rohdichte auf sich. Porenbetonwände weisen deshalb eine Tragfähigkeit auf, die Gebäude mit bis zu vier Geschossen ermöglicht, bei gleichzeitig hervorragender Wärmedämmung und ausreichender Schalldämmung. Der Feuerwiderstand ist ebenfalls sehr hoch.**

### Der Baustoff

#### Produktion von Porenbeton

Der Calziumsilikatleichtbaustoff mit der Markenbezeichnung «Hebel» ist ein anorganisches, nicht brennbares Porenbetonprodukt, das in Estavayer-le-Lac FR aus rein schweizerischen Rohstoffen hergestellt wird. Quarzreicher Sand fluvioglazialer Herkunft aus der Westschweiz wird pulverfein gemahlen, dann mit Zement und gebranntem Kalk als Bindemittel und mit Wasser zu einer vis-

kosen Masse angerührt. Diese gelartige Masse in Formen gegossen wird unter Entwicklung von Wasserstoffgas aus Alupulverzusatz zu einem standfesten, mit runden Poren durchsetzten Kuchen gebläht. Im anschliessenden hydrothermalen Härtingsprozess unter Wasserdampfdruck und hoher Temperatur entwickelt sich die charakteristische kristalline Mikrostruktur, die diesem Leichtbaustoff hohe Wärmedämmung und Tragfähigkeit sowie Stabilität bei niedrigem Raumgewicht verleiht. Dank der auf der besonderen Struktur beru-

henden guten bauphysikalischen und baubiologischen Eigenschaften gilt er als aktueller, empfehlenswerter Leichtbaustoff.

### Komplexe Reaktionsvorgänge

Die hydrothermale Härtung im Autoklaven bei einem Druck von 16 atü beziehungsweise einer Temperatur von 200° ist für die Qualität von entscheidender Bedeutung, weil dabei Mineralsynthesen, besondere kristalline Neubildungen, sogenannte Calcium-Silikat-Hydrate (CSH-Phasen), aus den Wechselreaktionen zwischen Quarz aus der Sandkomponente und dem Bindemittel Kalk/Zement sowie Wasser entstehen und die Mikrostruktur des gehärteten Baustoffs prägen.

Die CSH-Phasen können in verschiedenen Modifikationen und Kristallformen auftreten, die abhängig sind einerseits von der Feinheit und von der mineralogisch-chemischen Zusammensetzung der Rohstoffmischung, andererseits von den Härtebedingungen (Temperatur/Druck, Zeit). Dabei spielt für die Reaktionskinetik im Autoklaven