

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 91 (1973)
Heft: 38

Artikel: Niederspannungs-Farbradiatoren für Zentralheizanlagen
Autor: Saunders, J.A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-71994>

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: 17.05.2025

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

Niederspannungs-Farbradiatoren für Zentralheizanlagen

DK 697.353

Von J. A. Saunders, BSC, ARIC¹⁾

Einleitung

Der Gedanke, farbüberzogene, elektrisch erwärmte Flächen zur Abstrahlung von Wärme zu benutzen, ist nicht neu. Wegen der hohen elektrischen Spannungen, die zum Betrieb solcher «Radiatoren» erforderlich sind, liess er sich jedoch nicht verwirklichen. Nun hat die britische Paint Research Association (PRA) eine Farbmasse von relativ geringem spezifischem Widerstand entwickelt, die zuverlässig für Niederspannungs-Farbradiatoren – d.h. für solche, die mit weniger als 50 V arbeiten – benutzt werden kann. Sie enthält ausgesuchte Graphit- und Russpigmente, die so gemischt sind, dass der dispergierte Graphit seine lamellare Partikelform bewahrt. Die Farbe ist grau bis schwarz. Das ist nicht nachteilig, da sie mit normalen Dekorationsfarben überstrichen oder mit Tapeten überklebt werden kann.

Die Entwicklung dieses Verfahrens beruht auf früheren Arbeiten über temperaturbeständige anorganische Anstriche, die für einen grossen Temperaturbereich brauchbar sind. Versuche für eine industrielle Anwendung wurden bei Temperaturen bis zu 300 °C durchgeführt. Die neuere Forschung erstreckte sich auf den gesamten Bereich der derzeit verfügbaren organischen Polymere, die gute elektrische Leitfähigkeit zeigten und sich bis zu Temperaturen von 70 °C zufriedenstellend verhielten.

Wahlweise Farbmassen

Die Farbelemente können mit dem Pinsel, mit der Spritzpistole oder mit der Rolle auf jede Wand aufgebracht werden, vorzugsweise jedoch auf eine innere Trennwand. Die Farben sind so zusammengestellt, dass sie bei einer durchschnittlichen Wandhöhe, die die horizontal verlegten Stromschienen trennt, einen geeigneten elektrischen Widerstand ergeben; die spezifische Leistung eines Anstrichs beträgt 130 bis 160 W/m².

Die Heizelemente können entweder parallel zu zentralen Transformatoren (Bild 1a) oder mit einzelnen Kleintransformatoren (Bild 1b) angeschlossen werden. Die zweite Anordnung wird bevorzugt, denn sie ermöglicht es, die Transformator-Primärwicklungen mit normalen Thermostaten und Zeitschaltern zu versehen.

Zwar sind kleine Transformatoren je kW etwas teurer als grosse, doch wird der Kostenunterschied dadurch ausgeglichen, dass normale Leitungen benutzt werden können. Ein

2000-W-Farbelement würde demnach bei 40 V eine Stromstärke von 50 A erfordern. Die Anschlüsse und Verkabelungen müssen so bemessen sein, dass sie auch höheren Stromstärken standhalten.

Mit der angestrebten Betriebsspannung von 40 V nahm die PRA eine konservative Haltung ein. Es gibt keine technischen Hindernisse für die Verwendung niedrigerer Spannungen, wenn solche in anderen Ländern vorgeschrieben sind.

Das Wärmeverhalten von Heizwänden

Die Wärme eines Farbradiators wird durch Abstrahlung und Konvektion von der Farbfläche sowie durch Fortleitung durch die Wand hindurch an den Raum übermittelt. Die erstgenannte Übermittlungsart ist aufgrund der Farbflächen-temperatur, die zweite aufgrund der Wärmeleitfähigkeit der Wand vorausberechenbar. Bei Anwendung von Anstrichen an Trennwänden wird die Wärme voll genutzt.

Berechnet für ein Emissionsvermögen von 0,90 und einen Oberflächen-Wärmeübertragungskoeffizienten von $\alpha = 9,75 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$, zeigt Tabelle 1 die spezifischen Heizleistungen und die zugehörigen Oberflächentemperaturen bei einer Raumtemperatur von 21 °C. Unter diesen Bedingungen werden 59% der Wärme abgestrahlt.

Die Gefahr einer Beschädigung von Möbeln und Stoffen wird durch die empfohlene geringe Leistung von 130 bis 160 W/m² vermieden. Die zugeführten elektrischen Leistungen entsprechen den Emissionswärmern in Tabelle 1, sofern

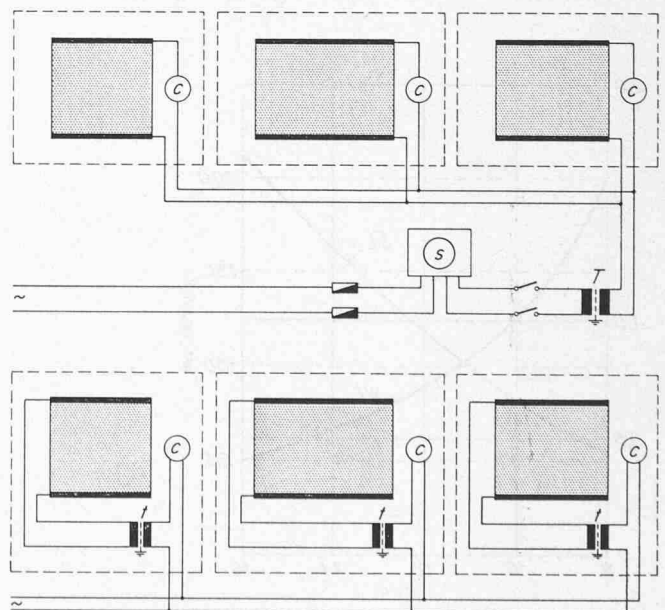


Bild 1. Verschiedene Anschlussweisen von Heizelementen. C thermostatische Schalter, S gemeinsame Schalter. Oberer Bildteil: Anschluss mehrerer parallel geschalteter Heizelemente über einen gemeinsamen Transformator T. Unterer Bildteil: Anschluss mehrerer Heizelemente über je einen individuellen Transformator t

Tabelle 1. Spezifische Heizleistungen Q in Abhängigkeit von der Oberflächentemperatur t_o

	schwach			bevorzugter Bereich				hoch	
$t_o \text{ } ^\circ\text{C}$	31,3	32,3	33,3	34,3	35,4	36,4	37,4	38,4	39,5
$Q \text{ W/m}^2$	100	110	120	130	140	150	160	170	180

Bluttemperatur 36,9 °C

¹⁾ Der Autor ist Mitglied der Paint Research Association (PRA), Teddington, Middlesex, England.

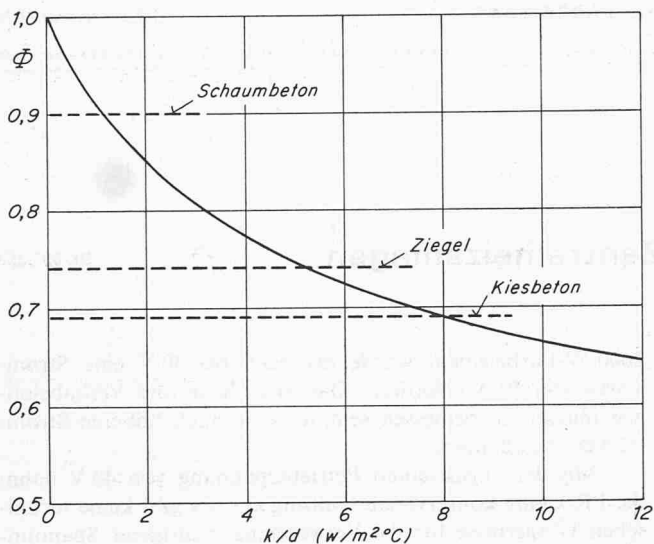


Bild 2. Anteil Φ der an den Raum abgegebenen Nutzwärme zur elektrisch eingeführten Wärme bei Verwendung verschiedener Baumaterialien und einer Wandstärke von $d = 11,5$ cm in Abhängigkeit von der Wärmeleitfähigkeit des Farbanstriches k/d in $W/m^2 \text{ } ^\circ C$

die durch die Wand abgeleitete Wärme null ist, wie etwa bei Baumaterialien mit geringer Leitfähigkeit, oder wenn auf beiden Wandseiten ein Farbradiator verwendet wird. Bei wirksamer thermostatischer Regelung können diese elektrischen Eingangsleistungen erhöht werden, um ohne Überschreitung der empfohlenen Oberflächentemperatur ein schnelles Aufheizen zu gewährleisten.

Wärmeaufteilung

In den meisten älteren Gebäuden mit dichtem Wandbaumaterial ermöglicht die Aufteilung der Wärme mit einem angrenzenden Raum eine stärkere elektrische Belastung. Die Wirkung der Wärmeaufteilung zeigt Bild 2 für den besonderen Fall, wo der angrenzende Raum bei gleicher Temperatur durch eine d Meter dicke Wand mit einer Wärmeleitfähigkeit k (in $W/m \text{ } ^\circ C$) und einer Wärmeübergangszahl α (in

$W/m^2 \text{ } ^\circ C$) getrennt ist. Der nach vorn abgestrahlte Wärmebruchteil Φ wird nach der Formel berechnet:

$$\Phi = \frac{\alpha + k/d}{\alpha + 2k/d}$$

In diesen Fällen liessen sich für Tabelle 1 die elektrischen Eingangsleistungen pro Einheitsfläche dadurch berechnen, dass man die erforderliche Wärmeabgabe mit dem Faktor $1/\Phi$ multiplizierte. Typische Φ -Werte für einige 11,5 cm dicke Baumaterialien werden in Bild 2 gezeigt. Danach macht bei einer Schaumbetonwand die kontinuierlich durch die Wand abgeleitete Wärme nur 10% der gesamten Wärmeabgabe aus. Für Ziegelmauerwerk sind es etwa 25%; die zugeführte elektrische Leistung würde dabei das 1,3fache der Wärmeabgabe an der nahen Wandfläche betragen.

Die elektrischen Parameter von Oberflächen

Zur Charakterisierung widerstandsbehafteter Filme benutzt man die Grösse «Ohm pro Quadrat». Ihr liegt die Gleichung zugrunde

$$R = \frac{\rho l}{A} \text{ mit}$$

R = elektrischer Widerstand (Ω)

ρ = spezifischer Widerstand ($\Omega \text{ cm}$)

l = Länge zwischen den Anschlüssen (cm)

A = Querschnitt der stromleitenden Fläche (cm^2)

Angewendet auf einen dünnen rechteckigen Film von der Breite b und der Dicke t und beim Abstand l der stromzuführenden Ränder, erhält man

$$R = \frac{\rho l}{b t}$$

oder, bezogen auf ein Quadrat mit $l = b$, ist der Widerstand

$$R_0 = \rho/t$$

Die Grösse R_0 wird als der spezifische Oberflächenwiderstand in Ohm pro Quadrat bezeichnet. Sie ist nicht eine spezifische Konstante eines Materials, jedoch nützlich für Berechnungen, wo ein Film konstanter Dicke benutzt wird. Auch zeigt der Ausdruck, dass R_0 von der Filmdicke abhängt, was beim Entwurf leitender gestrichener Flächen ausgenutzt werden kann, um für eine vorgegebene Wärmeleistung mit verschiedenen Spannungen arbeiten zu können.

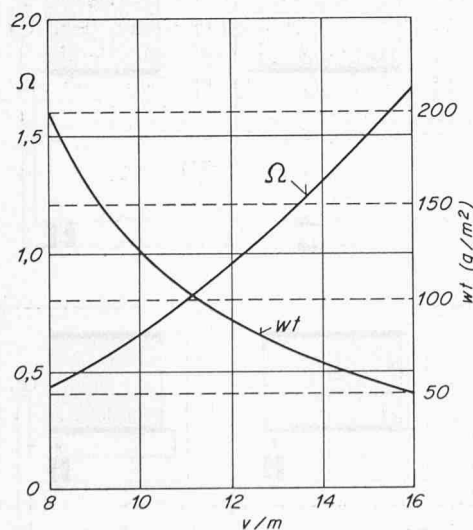


Bild 3. Spezifischer Oberflächenwiderstand Ω in Ohm pro Quadrat (Kurve 1) und Trockengewicht wt des Farbanstriches pro Quadratmeter (Kurve 2) in Abhängigkeit vom Spannungsgefälle in V/m , das erforderlich ist, um eine spezifische Heizleistung von $150 W/m^2$ aufrechtzuerhalten

Tabelle 2. Ungefähre Installationskosten verschiedener Heizsysteme bei einer Anschlussleistung von 2,5 kW

System	Ausführungsart	Kosten in £
1. Leitende Farbe (150 W/m^2)	a) Neubauten, ausschliesslich Vorbereiten und Tapezieren	44,50
	b) Wie oben, doch bei Anwendung von Vinylpapier	55,60
	c) Altbauten, einschliesslich Vorbereitung, doch ohne Tapezieren	48,50
	d) Altbauten mit Vorbereitung und Anwendung von Vinylpapier	59,30
2. Deckenheizungen	Wie unter a) angeführt	59,00
3. Elektrische Warm-luftheizungen		42,50
4. Elektrische Fussbodenheizung		62,50
5. Wärmespeicheröfen		37,50

Die eingeführte Leistung ist bei der Spannung V

$$(2) \quad P = V^2/R \quad \text{oder} \quad (2a) \quad V = \sqrt{P \cdot R}$$

Um bei einer Farbfläche von 1 m^2 mit einem Widerstand von $1,7 \text{ Ohm}$ pro Quadrat und einem Überzugsgewicht von 50 g Trockenfarbe eine Leistung von 150 W/m^2 zu erreichen, ergibt sich die erforderliche Spannung zu

$$V = \sqrt{150 \cdot 1,7} = 16 \text{ V/m}$$

Bei einer Höhe von $2,5 \text{ m}$ ist somit eine Spannung von 40 V anzulegen. Um bei niedrigeren Spannungen eine gleich grosse Abgabeleistung einzuhalten, könnte der R -Wert durch Steigerung der Farbdicke verringert werden. Bild 3 zeigt für die gleiche Farbe, wie sich R_0 mit dem Überzugsgewicht verändert. Um bei Halbierung der Spannung die gleiche Wärmeabgabe zu erzielen, ist somit ein Anstrich erforderlich, dessen spezifischer Widerstand viermal kleiner ist. Zwar wäre die Dicke der Farbe für diesen extremen Fall nicht unmöglich. Man wird aber mit Vorteil für die Stromschienen eine Anordnung nach Bild 4, oben rechts mit normaler Farbdicke wählen. Es wurden Stromschienenkuppelungen entwickelt, die für solche Verbindungen genügend flach sind.

Installations- und Betriebskosten

Bei einem Farbpreis von $0,20 \text{ £/m}^2$ für leitende Flächen, die 150 W/m^2 abstrahlen, würden die Materialkosten für das Heizelement $1,33 \text{ £/kW}$ betragen. Leitende Farbe für kleine Häuser kostet nicht mehr als das Zehnfache dieser Summe. Die Kosten anderer Systemteile müssen jedoch berücksichtigt werden, so insbesondere für Transformatoren mit etwa 10 bis 12 £/kW Leistung. Ebenfalls zu berücksichtigen sind die Kosten zur Vorbereitung der Wand sowie für die eigentlichen Anstrich- und Tapezierarbeiten. Die Installationskosten in einem Neubau sind ähnlich wie für andere Elektroheizsysteme und halb so hoch wie für Warmwasserheizungen.

In Tabelle 2 werden die vergleichswisen Installationskosten für $2,5\text{-kW}$ -Anlagen den Kosten anderer Elektroheizsysteme gegen übergestellt.

Die Betriebskosten hängen von den örtlichen Strompreisen ab. Für verschiedenartige 10-kW -Systeme werden in Tabelle 3 die vergleichswisen Kosten aufgeführt.

Für Dauerbetrieb ist das Wärmespeichersystem eindeutig wirtschaftlicher, doch ergeben die nur in der Hauptlastzeit betriebenen Systeme im Kurzzeitbetrieb allgemein beträchtliche Einsparungen. Es ist diese Betriebsart, in der leitende Wandanstriche die grösste Anwendung finden dürften, denn sie bieten hier den Vorteil einer leichten Regelung und eines schnellen Ansprechens.

Subjektive Faktoren

Bei der Auswahl eines Heizsystems müssen natürlich neben den Kosten auch andere Faktoren berücksichtigt werden.

Die Kosten der Stromschienenkuppelungen sind in Tabelle 3 aufgeführt.

Klimatechnik für Büro- und Verwaltungsgebäude

DK 697.94

Von J. Faeh, Volketswil

In allen Räumen, in denen sich Personen aufhalten, muss die Luft ständig erneuert werden. Infolge des stets wachsenden Verkehrsstroms und des dadurch bedingten Anfalls von Lärm, Staub und Abgasen genügt die früher übliche Fensterlüftung heute oft nicht mehr. Aussenlärm und Luftverschmutzung zwingen im Stadtzentrum, in Industriegebieten und in verkehrsreichen Gegenden vielfach zum Einbau luftdichter, schalldämmender Fenster. Damit werden keine Komfortbedürfnisse befriedigt, sondern Immissionen abgewehrt. In oberen Geschos-

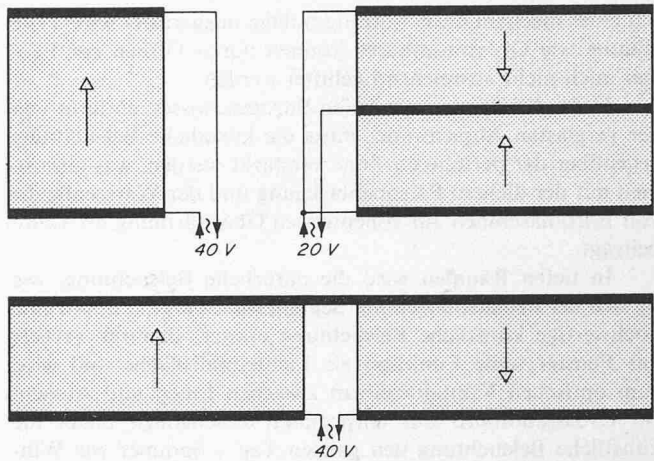


Bild 4. Verschiedene Anordnungen der Stromschienen. Bildteil oben links: Normale Anordnung für 40 V . Bildteil oben rechts: Dreischienensystem für 20 V . Unterer Bildteil: Anordnung für 40 V bei halber Höhe des leitenden Anstrichs

Tabelle 3. Ungefähre Jahreskosten in £ bei verschiedenen Systemen bei einer Anschlussleistung von 10 kW

System	Kapitalaufwand	Jahresgebühr (10 %)	Wartung	Energiekosten		Gesamtkosten	
				A	B	A	B
Kohlenkessel	500	50	20	40	35	110	105
Leitende Farbe	210	21	1	165	35	186	56
Deckenheizung	200	20	—	165	35	185	55
Warmluft	170	17	6	165	35	188	58
Unterboden	250	25	—	83	83	108	108
Wärmespeicher	150	15	—	83	83	98	98

A Dauerbetrieb (20°C , 24 h täglich)

B Kurzzeitbetrieb (20°C , 8 h täglich)

den. Warmluftsysteme, Fussboden- und Wärmespeicherheizungen haben den Nachteil, dass sie grösstenteils konvektive Wärme liefern. Obwohl Rohrleitungsradiatoren eine ähnliche Heizleistung wie Heizwände abstrahlen, ist eine Seite des Radiators durch die Wand verdeckt, was die Wärmeabstrahlung auf nicht mehr als 30% der Gesamtleistung reduziert. Ihre relativ kleinen Abstrahlflächen begrenzen die direkte Abstrahlung, und in Bodennähe kann ein Kältegefühl aufkommen. Demgegenüber verteilt sich beim PRA-System die Wärme dank des grossen Abstrahlungsanteils von 60% bei grossflächiger Wandbeheizung und von fast 100% bei Deckenbeheizung schnell und gleichmässig im Raum.

Die Kosten der Stromschienenkuppelungen sind in Tabelle 3 aufgeführt.

Die Kosten der Stromschienenkuppelungen sind in Tabelle 3 aufgeführt.

Die Kosten der Stromschienenkuppelungen sind in Tabelle 3 aufgeführt.

Die Kosten der Stromschienenkuppelungen sind in Tabelle 3 aufgeführt.

Die Kosten der Stromschienenkuppelungen sind in Tabelle 3 aufgeführt.

Die Kosten der Stromschienenkuppelungen sind in Tabelle 3 aufgeführt.

Die Kosten der Stromschienenkuppelungen sind in Tabelle 3 aufgeführt.

Die Kosten der Stromschienenkuppelungen sind in Tabelle 3 aufgeführt.

Die Kosten der Stromschienenkuppelungen sind in Tabelle 3 aufgeführt.

Die Kosten der Stromschienenkuppelungen sind in Tabelle 3 aufgeführt.

Die Kosten der Stromschienenkuppelungen sind in Tabelle 3 aufgeführt.

Die Kosten der Stromschienenkuppelungen sind in Tabelle 3 aufgeführt.

Die Kosten der Stromschienenkuppelungen sind in Tabelle 3 aufgeführt.

Die Kosten der Stromschienenkuppelungen sind in Tabelle 3 aufgeführt.

Die Kosten der Stromschienenkuppelungen sind in Tabelle 3 aufgeführt.