



## Email

ist eine durch völliges oder teilweises Schmelzen entstandene glasartige Masse mit einer anorganischen, im Wesentlichen aus Oxiden bestehenden Zusammensetzung, die in einer oder mehreren Schichten mit verschiedenen Zusätzen auf metallische oder Glas-Gegenstände aufgetragen und danach bei Temperaturen über 450 °C geschmolzen wird oder wurde.

## Emaillierung

ist ein fest haftender, anorganisch-glasiger Überzug auf einem Trägerwerkstoff, bzw. das Verfahren zu dessen Herstellung.

## Emailfritten

sind die Grundstoffe zur Emaillierung. Bei Temperaturen von rund 1200°C wird ein Rohstoffgemenge aus Quarz, Feldspat, Borax, Soda, Pottasche, Aluminiumoxid und haftungsbildenden Metalloxiden geschmolzen. Dieser Schmelzprozess kann in rotierenden Trommelöfen oder kontinuierlich in großen Wannenöfen geschehen und erfolgt heute fast ausschließlich in den darauf spezialisierten Werken, bei den Emailfrittenherstellern. Abhängig vom Abschreckvorgang der Schmelze entstehen körnige Granalien beim Abschrecken in Wasser oder schuppenförmige Produkte, so genannte Flakes, bei der Kühlung zwischen Walzen. Granalien und Flakes werden als Emailfritten bezeichnet.

## Emailschlicker

entstehen als auftragsfertige Suspensionen durch eine Nassvermahlung der Emailfritten mit Ton, Quarz, Stellsalzen und eventuell Farbkörpern. Sie werden in ihrem rheologischen Verhalten den Auftragsverfahren angepasst.

Elektrostatisch abscheidbare **Pulver** oder auf heiße Gussteile aufstrebare **Puder** werden durch eine Trockenvermahlung der Emailfritten hergestellt.



*ETE / Vorbehandlung*

## Konstruktionsvoraussetzungen

Das zu emaillierende Werkstück muss konstruktive Voraussetzungen erfüllen. Eine nachträgliche Korrektur der Formgebung ist bei emaillierten Gegenständen nicht möglich. Eine frühzeitige Zusammenarbeit zwischen Designer, Konstrukteur und Emailfachmann ist zu empfehlen. Gute Emaillierergebnisse setzen die Beachtung konstruktiver Details voraus. Hierbei sind verfahrenstechnische, werkstofftypische und gestalterische Gesichtspunkte zu berücksichtigen. Durch eine Emaillierung wird die Festigkeit und Stabilität des korrosionsanfälligen Metalls mit der Härte,

chemischen Widerstandsfähigkeit und Temperaturbeständigkeit von Glas kombiniert.

Je nach Metallart und Materialstärke werden Emails bei Temperaturen von 550°C (Aluminiumemail) bis über 900°C (Innemaillierung von Chemieapparaten/-behältern) eingebrannt. Während des Einbrennprozesses laufen zwischen Metall und Email chemische Reaktionen ab. Im Grenzbereich zwischen Metall und Email verbinden sich beide Werkstoffe. Dies führt zu einer untrennbaren Verbindung, deren Haftfestigkeit bis zu 100 Pa reicht.



*Problemloses Recycling*

### Verbundwerkstoff

Im Gegensatz zu ungeschützten Metalloberflächen, die korrodieren, sind emaillierte Metalloberflächen dauerhaft korrosionsschutz. Beim Emaillieren entsteht ein neuer Verbundwerkstoff. Die Verschmelzungsschicht Email-Metall verhindert jegliche Unterwanderung.

Der Verbundwerkstoff Email-Metall verliert niemals seine isolierenden Eigenschaften, bleibt immer elektrisch neutral. Für die Emaillierung von technischen Anlagenteilen stehen hochwertige Spezialemails zur Verfügung, die anwendungsabhängig ge-

gen Säuren oder Laugen, heiße und aggressive Wässer resistent sind. Im Temperaturbereich von  $-60$  bis  $+450^{\circ}\text{C}$  sind Emaillierungen beständig, und es bleiben auch bei diesen Temperaturen alle Eigenschaften des Oberflächenschutzes erhalten. Dies gilt für alle Pluspunkte der anorganischen Beschichtung: Glanz, Glätte, Farb-, Witterungs- und Temperaturbeständigkeit.

Extreme Temperaturwechsel sind selbst bei einem Thermoschock von  $300^{\circ}\text{C}$  in dieser Temperaturspanne für die meisten Emaillierungen kein Problem. Die moder-

ne Emailtechnik hat Dünnschichtemailierungen entwickelt, die ungewöhnlich kratz- und stoßfest sind. Es sei hier der Vergleich zwischen einem brechenden Glasstab und einer biegsamen Glasfaser, die für die moderne Emaillierung steht, erlaubt. Die glasartigen Emailoberflächen sind hart wie Glas, damit sehr strapazierfähig und zudem leicht zu reinigen. Zahlreiche Tests haben bewiesen, dass Bakterien und sonstige Organismen auf Emailoberflächen keinen Nährboden finden. Sie sind hygienisch einwandfrei. Wenn gefordert, können Emailierungen physiologisch unbedenklich ausgeführt werden. Durch die Einbindung harter, keramischer Teilchen kann die Abriebfestigkeit, die für bestimmte technische Anwendungen vorausgesetzt wird, noch wesentlich gesteigert werden. Anlagenteile, die einem starken mechanischen Abrieb (Abraasivverschleiß) ausgesetzt sind, können durch solche Spezial-Emailierungen besonders geschützt werden.

### Umweltrelevanz

Die Herstellung von Emailfritten und der Emaillierprozess sind umweltfreundliche Verfahren. Basis der Emails sind natürliche, anorganische Rohstoffe. Als Grundmaterialien zur Emailherstellung werden überwiegend Quarz, Feldspat, Borax, Soda, Pottasche und Metalloxide verwendet. Die knappen Ressourcen unserer Erde werden nicht angegriffen. Auch in der Verarbeitung kann vollständig auf organische Lösungsmittel verzichtet werden. Als Lösungs- und Reinigungsmittel wird nur Wasser verwendet. Emaillierte Produkte sind sehr stark beanspruchbar und überzeugen durch eine besonders lange Lebensdauer, die die von anderen Werkstoffen oft um 100% übertrifft. Mit einer Emaillierung kann ein qualitativ, wirtschaftlich und ökologisch sehr hochwertiger Oberflächenschutz erreicht werden. Natürliche Grundstoffe, Langlebigkeit in der Anwendung, effektives Recycling ohne großen Aufwand ermöglichen, dass der Kreislauf vom Rohstoff zum neuen Produkt erfolgreich geschlossen werden kann.



PUESTA

### Emallierfähige Metalle sind:

- Stahl
- Grauguss
- Aluminium
- Edelstahl

### und für Schmuckemallierungen:

- Kupfer
- Silber
- Gold
- Platin

Bei jedem Trägerwerkstoff sind die chemische Zusammensetzung, die technischen Kennwerte und das Reaktionsverhalten

unter Emallierbedingungen zu beachten. Industriell wird heute jedoch überwiegend Stahl, Grauguss und Aluminium emalliert. Das wichtigste Basismaterial ist Stahl. Eine differenzierte Betrachtung emallierfähiger Stahlgüten ist notwendig. In der DIN EN 10209 sind die emallierfähigen Stähle beschrieben.

Das in Zusammenarbeit mit dem Stahl-Informations-Zentrum herausgegebene **Merkblatt 414 „Emallieren von Stahlblech – Stahlsorten, Konstruktionshinweise“** wird als weiterführende Literatur empfohlen.

### Vor dem Emallauftrag

muss in den meisten Fällen die Metalloberfläche vorbehandelt werden. Nur in Sonderfällen kann unter Beachtung bestimmter Randbedingungen, z.B. beim Pulverauftrag, auch ohne Vorbehandlung gearbeitet werden.

Die Metallvorbehandlung hat die Aufgabe, einen für das jeweilige Emallierverfahren geeigneten Ausgangszustand der Oberfläche zu schaffen. Sei es die Gewährleistung absoluter Sauberkeit (Entfernung von Korrosionsschutzölen und Ziehhilfsmitteln sowie eventuell von Rostansätzen) oder die Bildung einer besonders reaktionsfähigen Schicht, wie sie z. B. für eine Direktweißemallierung erforderlich ist.

Die Vorbehandlung von Gussteilen erfolgt durch Strahlen. In Sonderfällen wird Strahlen oder Bürsten auch für Stahlbleche eingesetzt (z.B. bei warmgewalzten Blechen).

Emallierfähiges Aluminium wird in wässrigen alkalischen Emulsionen vorbehandelt und in schwach sauren Lösungen passiviert.

### Der Emallauftrag

erfolgt in einer oder mehreren Schichten nass (mit Emallsuspensionen) oder trocken (mit Emaltpulver oder -pulver). Beim Nassauftrag werden feine Suspensionen (Emallschlicker) aus gemahlten Emalfritten, Zuschlagstoffen und Wasser verwendet. Der Nass-Emallauftrag kann durch Spritzen, Tauchen oder Fluten von Hand oder maschinell erfolgen. Für die Fertigung großer Serien sind automatisierbare Auftragsverfahren und maschinelle Einrichtungen entwickelt worden, die ein besonders wirtschaftliches Emallieren ermöglichen: ETE, ESTA und PUESTA.

**Ein besonders hoher Automatisierungsgrad** ist bei den Emallauftragsverfahren im elektrischen Feld erreichbar. Der elektrophoretische Emallauftrag (ETE), der elektrostatische Nassauftrag von



*Feuerbeständig + graffitiprohibitiv*

Emailschlickern (ESTA) und der elektrostatische Emailpulverauftrag (PUESTA) nutzen zwischen Werkstück und Gegenpol ausgebildete elektrische Felder, um die Bewegung von Emailteilchen gezielt zu steuern. Die drei Verfahren unterscheiden sich im Wesentlichen in der Ladung der Emailteilchen, dem Trägermedium für die Emailteilchen, den Transportvorgängen durch das elektrische Feld, den eigentlichen Abscheidungsverfahren und den dabei auftretenden Nebenwirkungen. Allen gemeinsam ist die Bewegung der Teilchen entlang elektrischer Feldlinien.

Als Applikationsverfahren für besondere Anwendungen sind noch das Roll-Coater-Verfahren für die Emaillierung von Stahlcoils oder der maschinelle Geschirrauftrag mit einer Kombination von Tauchen, Fluten und Spritzen zu nennen.

### **ESTA Nass-elektrostatischer Auftrag**

In der Chronologie der modernen Emailauftragsverfahren ist der elektrostatische Auftrag von Emailschildern (ESTA) das zuerst eingeführte Verfahren. Das elektrische Feld hat hier nur die Funktion der Lenkung der Schlickertröpfchen zum

Werkstück. Die Haftung kommt durch Kapillarkräfte zustande. Im Unterschied zur ETE sind beim ESTA-Verfahren mehrschichtige Aufträge mit Zwischenbränden möglich. Eine vollständige Rückgewinnung des am Werkstück vorbei gesprühten Emails kann in vielen Fällen durch den Einsatz von neuen Kabinen-Konstruktionen erreicht werden. Insgesamt ist der Anlagenaufwand für das ESTA-Verfahren oftmals geringer als für ETE und PUESTA.

### **PUESTA Elektrostatischer Pulverauftrag**

Der elektrostatische Pulverauftrag bietet für die Großserienfertigung (z.B. für Haushaltgeräte) mit speziell präparierten Emailpulvern große Vorteile. Die Aufladung des Emailpulvers erfolgt durch Ionen atmosphärischer Komponenten, die durch eine Coronaentladung an den Spitzen einer Zerstäuberpistole gebildet werden. Zwischen Pistole und dem geerdeten Werkstück werden 45-100 kV angelegt. Die Emailteilchen bewegen sich vorzugsweise entlang der elektrischen Feldlinien zum Werkstück. Eine für den Produktionsprozess ausreichende Haftung der Pulver kommt durch elektrostatische Kräfte zustande. Ein zu schneller Ladungsabfluss wird durch die spezielle Präparation der Pulver verhindert. Der spezielle Vorteil des elektrostatischen Emailpulverauftrags liegt in der Möglichkeit, durch geringere, gleichmäßige Schichtstärken dem emaillierten Werkstück (z.B. einem Backkasten) eine besonders hohe Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Beanspruchung zu verleihen.

### **ETE Elektrotauchemaillierung**

Bei der ETE handelt es sich um einen elektrophoretischen Emailauftrag. Grundsätzlich wird unter Elektrophorese der Transport geladener Teilchen in einer Suspension durch ein angelegtes elektrisches Feld verstanden. Im Gegensatz zur Elektrolyse werden hier aber nicht Ionen, sondern wesentlich größere Feststoffteilchen bewegt. Die Natur der Teilchen in der



*Farbbeständig + pflegeleicht*

Suspension bleibt in der abgeschiedenen Schicht unverändert. Die Emailteilchen in der Suspension sind gegenüber den sie umgebenden Wassermolekülen negativ geladen. Damit ist festgelegt, dass die zu beschichtenden Werkstücke anodisch (+) geschaltet werden müssen. Gasreaktionen infolge von Elektrolyse können nicht ganz vermieden werden und treten z.B. auf, wenn die zur elektrolytischen Zersetzung des Wassers notwendigen Bedingungen erreicht werden. In der Praxis wird eine Sauerstoffentwicklung am Werkstück während des Auftrags reduziert, so dass sie sich nicht störend bemerkbar macht. Neben elektrophoretischen und elektroly-

tischen Vorgängen laufen während der Beschichtung auch elektroosmotische Prozesse ab. Die Elektroosmose bringt zwei sehr positive Wirkungen mit sich: Eine Entwässerung sowie gleichzeitig eine außergewöhnliche Verfestigung und Konstanthaltung der Dichte der Emailsuspension (Schlickerdichte) durch Anreicherung von Wasser im Kathodenbereich. **ETE** ist in einer Schicht oder in speziellen Fällen in zwei Schichten, aber nur in einem Brand möglich (zwei Schichten / ein Brand). Eine weitere elektrophoretische Beschichtung einer bereits gebrannten Schicht ist wegen der dann fehlenden Leitfähigkeit unmöglich.

## Aufbau der Emailsicht

Hinsichtlich der gewünschten Werkstück-eigenschaften ist auch entscheidend, ob sie mit einer Schicht erreicht werden können oder ob ein Mehrschichtaufbau der Emaillierung erforderlich ist.

Hinsichtlich des Schichtaufbaus wird zwischen einer konventionellen Emaillierung, den Direktemaillierverfahren und den "Kombinationsverfahren" (zwei Schichten / ein Brand) unterschieden.

Eine **konventionelle Emaillierung** entsteht durch die Prozessfolge:

- Metallvorbehandlung
- Grundemailauftrag
- Einbrand
- Deckemailauftrag
- Einbrand

Beim Einsatz von Nassauftragsverfahren sind zwischen Auftrag und Einbrand Trocknungsvorgänge erforderlich.

**Die Direktemaillierverfahren** sind durch einen einschichtigen Emailauftrag mit anschließendem Einbrand gekennzeichnet. Hierbei unterscheiden sich in der Vorbehandlung dunkle Farbemaillierungen und die Direktweißemaillierung, bei der das Metall nach dem Beizprozess eine Vernickelung benötigt.

**Bei den kombinierten Verfahren** (zwei Schichten / ein Brand) wird ein Deckemail auf das getrocknete aber noch nicht eingebrannte Grundemail aufgetragen. Es bestehen folgende Kombinationsmöglichkeiten: Nass/Nass, Pulver/Pulver, Nass/Pulver. Der Vorteil liegt in der Einsparung eines Trocknungs- und eines Einbrennvorganges sowie geringerer Schichtstärken im Vergleich zur konventionellen Zweischichtemaillierung.

Sind Dekorationen gewünscht, können diese durch Siebdruckverfahren, Abziehbilder oder Schabloniertechnik eingebracht werden. Die dazu verwendeten Produkte sind Emails, die nach dem Dekorbrand das gewünschte Eigenschaftsprofil der Oberfläche ergeben.



*Thermoschock + kratzfest, hygienisch*

**Beim Einbrennprozess** werden Temperaturbereich und Dauer von verschiedenen Parametern bestimmt. Hier sind das Trägermetall, das Gewicht und die Materialstärke des Werkstückes sowie die ausgewählten Emailfritten zu nennen. Ofenbauern bieten Emailieröfen an, die einen breiten Einsatzbereich ermöglichen und den unterschiedlichsten Forderungen an den jeweiligen Einbrennprozess genügen. Dieses gilt mit spezifischen Forderungen an den Verlauf der Objekttemperatur während des Wärmebehandlungsprozesses für chargenbetriebene Kammeröfen und kontinuierlich arbeitende Durchlauföfen.

Isoliermaterialien, die kaum Energie speichern, machten eine vollkommen neue Ofentechnologie möglich. In Verbindung mit Strahlheizrohren als Heizelemente wurde eine Emailierofengeneration entwickelt, die gegenüber den früher üblichen gemauerten Steinöfen bedeutende Vorteile bietet. Ein für alle Beheizungs- bzw. Energiearten weiterer Vorteil ergibt sich aus der Abschaltbarkeit der mit diesen neuen Isoliermaterialien ausgekleideten Öfen. Hierdurch sind die Gesamtenergiekosten des Einbrennprozesses heute wesentlich geringer. Die Anlagen werden bei Schichtende abgeschaltet und vor Schicht-

beginn (programmierbar) automatisch wieder aufgeheizt.

Der Umkehremailierofen mit Overhead- oder Unterflurförderer hat sich als universelle und sehr wirtschaftliche Emailierofenbauart durchgesetzt. Bei diesem Ofensystem erfolgt durch die gegenläufige Führung des Förderers und somit der Ware eine Energieaufnahme der einlaufenden, kalten Ware von der auslaufenden, gebrannten, heißen Ware. Dieser Effekt bringt eine Verbesserung des Energiehaushaltes, da durch den Wärmeaustausch die in die Brennzone des Umkehrofens einlaufende Ware bereits ohne zusätzlichen Energieaufwand Temperaturen von 500 bis 700°C angenommen hat. Die sich hierbei zwangsläufig einstellende, langsame Aufheizung und Abkühlung der Ware hat in der Regel auch technologische Vorteile. Mehrere Luftschleusen unterbinden weitgehend den Eintritt von Kaltluft in die Brennzone. Be- und Entlüftungssysteme, die Thermik nutzend oder zwangsweise gesteuert, sorgen für eine saubere Ofenatmosphäre.

In den meisten Fällen werden Umkehremailieröfen mit Overheadförderern mit entsprechenden Gehängen zur Aufnahme der Ware eingesetzt. Die sehr variable Gestaltung der Gehänge gewährt vielseitige Beschickungsmöglichkeiten und somit einen universellen Betrieb.

Bei einer Vollautomatisierung des Beschickungs- und Entnahmeprozesses bietet der Unterflurförderer Vorteile. Außerdem ergeben sich durch die in der Regel geringeren Bauhöhen und den nicht erforderlichen Deckenschlitz eine geringere Thermik, keine Austrittsverluste durch den Deckenschlitz und somit wesentlich geringere Energieverluste. Als Energie zur Beheizung von Emailieröfen können Öl, Gas und Strom eingesetzt werden. Der Emailierprozess ist mit dem Einbrand abgeschlossen. Anschließend erfolgt die Endqualitätskontrolle und eine eventuell notwendige Nachbearbeitung.

**Der Deutsche Email Verband e.V. (DEV) ist die Wirtschaftsvereinigung der Emailindustrie, ihrer Zulieferer und der in diesen Unternehmen tätigen Mitarbeiter.**

Qualitätsüberwachung und firmenneutrale Information sind die Hauptaufgaben des DEV. Der Verband verfolgt dabei das Ziel, die Bedeutung des Werkstoffes Email und der emaillierten Oberfläche durch Presse- und Öffentlichkeitsarbeit sowie Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen allen interessierten Wirtschafts- und Verbraucherkreisen zu verdeutlichen.

Haben Sie Fragen zum Werkstoff Email, dem aus wirtschaftlichen und ökologischen Aspekten idealen Oberflächenschutz für Metalle?

**Wir antworten gern!**

**Deutscher Email Verband e.V.**  
**An dem Heerwege 10**  
**58093 Hagen**  
**Tel. 02331 / 788651**  
**Fax 02331 / 22662**  
**e-mail: [kontakt@emailverband.de](mailto:kontakt@emailverband.de)**  
**Internet: [www.emailverband.de](http://www.emailverband.de)**