

DAMIT  
**QUALITÄT  
KEIN ZUFALL**  
— IST —

Die QIB ist Generallizenznehmer des  
Qualitätszeichens QUALISTEELCOAT  
in Deutschland

**quali**  
steel  
coat

# 2-1

Die Beschichtung von feuerverzinkten  
Oberflächen „Duplex-System“

*(Richtige Auswahl des Grundmaterials, der Vorbehandlung und  
des Beschichtungssystems für die spätere Nutzung)*



# Inhalt

<b>1.</b>	<b>Allgemeines</b>	<b>S.4</b>
<b>2.</b>	<b>Arten der Verzinkung</b>	<b>S.4</b>
<b>3.</b>	<b>Beschreibung des Stückverzinkungsprozesses</b>	<b>S.4</b>
3.1.	Anforderungen an die zu verzinkenden Teile (konstruktive Vorgaben)	S.4
3.1.1.	Auswahl des richtigen Grundmaterials	S.4
3.1.2.	Verzinkung nach Stand der Technik ISO 1461/ DAST-Ri 022	S.5
<b>4.</b>	<b>Herausforderungen bei der Beschichtung von verzinktem Material</b>	<b>S.5</b>
4.1.	Oxidhaut – Abschrecken von verzinkten Bauteilen	S.5
4.2.	Nachbehandlung nach dem Feuerverzinken	S.6
4.3.	Transport/ Lagerung/ Weißrostbildung	S.7
4.4.	Schweißnähte	S.8
4.5.	Ausgasungen	S.8
4.6.	Optisches Erscheinungsbild / „Verputzen“	S.10
4.7.	Fehlstellen in der Zinkschicht	S.10
<b>5.</b>	<b>Mögliche Vorbehandlungsverfahren</b>	<b>S.11</b>
5.1.	Mechanische Vorbehandlung	S.11
5.2.	Chemische Vorbehandlung	S.11
5.2.1.	Chemisches Beizen	S.11
5.2.2.	Eisenphosphatieren	S.11
5.2.3.	Zinkphosphatieren	S.12
5.2.4.	Chromatieren	S.12
5.2.5.	Chromatfreie Konversionsschichten	S.12
<b>6.</b>	<b>Auswahl des Beschichtungssystems</b>	<b>S.12</b>
6.1.	Pulverlack	S.12
6.2.	Flüssiglack	S.12

# 1. Allgemeines

Zink dient seit mehr als 100 Jahren als Korrosionsschutz zum Schutz von Stahloberflächen, entweder in eine Kunststoffmatrix als Zinkstaubfarbe eingebettet, als Überzugsmetall im Schmelzverfahren oder elektrolytisch abgeschieden. Dabei wird die Eigenschaft des Zinks als elektrochemisch gesehenes im Vergleich zu Stahl unedleres Metall ausgenutzt, um im Falle einer mechanischen Beschädigung den Werkstoff Stahl zu schützen. Man spricht von einem sogenannten kathodischen Schutz, wobei im Bereich der Beschädigung durch die elektrochemische Eigenschaft des Zinks die Anode (Opfermetall) bildet, während der edlere Bereich, hier der Stahl, als Kathode geschützt wird. Dieser Schutz funktioniert, insbesondere bei Feuchtigkeit und bei einem Wasserfilm, nur so lange, wie dieser zwischen Zink und der Stahloberfläche deckend vorhanden ist.

Durch atmosphärische Einwirkungen wie Schwefeldioxid usw. kommt es zu einem Abtrag der Zinkoberfläche, die etwa 1 bis 2  $\mu\text{m}$  pro Jahr beträgt. Bei extremer Beanspruchung kann die Abtragsrate auch höher liegen. Im Küsten- und Off-Shore-Bereich mit hoher Salzbelastung oder in industriellen Zonen mit aggressiver Atmosphäre kann die Abtragsrate bis zu 8  $\mu\text{m}$  pro Jahr betragen. Wenn nun auch gemäß der Normvorgabe (DIN EN ISO 1461) die Zinkschichtauflage 50  $\mu\text{m}$  und mehr beträgt (siehe auch DIN EN ISO 14713), kann diese Korrosionsschutzwirkung in diesen Einsatzbereichen bereits nach 10 bis 15 Jahren nicht mehr vorhanden sein. Deshalb gilt als sinnvolle Maßnahme das Aufbringen eines organischen Schutzfilms durch Beschichten mit Pulver- oder Flüssiglacken, um den Korrosionsschutz über die geforderte Standzeit zu verlängern.

## 2. Arten der Verzinkung

Man unterscheidet neben der Stückverzinkung und Bandverzinkung, bei der das Werkstück in ein Bad mit schmelzflüssigem Zink getaucht wird, die Spritzverzinkung, bei der mit einer Art Spritzpistole unter Verwendung einer Acetyलगasflamme oder eines Lichtbogens ein Zinkdraht verflüssigt und auf die Oberfläche aufgespritzt wird, sowie die galvanische Verzinkung, bei der in einem wässrigen Elektrolyt durch Anlegen einer Gleichspannung eine Zinkschicht abgeschieden wird.

## 3. Beschreibung des Stückverzinkungsprozesses

Die nachfolgend beschriebenen Anforderungen beziehen sich ausschließlich auf die Stückverzinkung von Stahl (Feuerverzinkung).

### 3.1 Anforderungen an die zu verzinkenden Teile (konstruktive Vorgaben)

Die Konstruktion eines zu verzinkenden Bauteils beeinflusst sehr wesentlich die spätere Qualität. Es lassen sich die wichtigsten Kriterien, wie nachfolgend beschrieben, darstellen:

#### 3.1.1 Auswahl des richtigen Grundmaterials

Wie allgemein bekannt, kann es bei entsprechender Phosphor- und Siliziumbeimengungen im Stahl zu einer extrem hohen Schichtbildungsgeschwindigkeit kommen, die auch später die Haftung und die Oberflächenqualität negativ beeinflusst. Es sollten deshalb nur Stähle zur Verzinkung kommen, die gemäß DIN EN ISO 1461 für derartige Zwecke empfohlen werden.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die unter Nr. 1 und 3 definierten Arbeitsbereiche, bei dem eine normale Schichtbildungsgeschwindigkeit auftritt.

Nr.	Silicium- + Phosphor-Gehalte in %	Zinküberzug
1	Si + P < 0,03 %	Normale Eisen-Zink-Reaktion, silbrig glänzender Überzug, normale Schichtdicke
2	Si + P ≥ 0,03 - ≤ 0,13 %	Sandelin-Bereich, beschleunigte Eisen-Zink-Reaktion, graue Zinkschicht, hohe Schichtdicke
3	Si + P > 0,13 - ≤ 0,28 %	Sebisty-Bereich, normale Eisen-Zink-Reaktion, silbrig mattes Aussehen, mittlere Schichtdicke
4	Si + P > 0,28 %	Beschleunigte Eisen-Zink-Reaktion, mattgrau, hohe Schichtdicke, mit zunehmendem Si-Gehalt graues Aussehen

### 3.1.2 Verzinkung nach Stand der Technik ISO 1461 / DAST-Ri 022

Die wichtigsten Vorgaben und Parameter, auf welche zu achten sind, während und nach dem Prozess des Feuerverzinkens, sind in der DIN EN ISO 1461 geregelt. Des Weiteren existiert in Deutschland seit Dezember 2009 die DAST-Richtlinie 022, welche ebenfalls das „Feuerverzinken von tragenden Stahlbauteilen“ regelt. Um in Deutschland tragende Stahlbauteile verbauen zu dürfen, muss das ausführende Verzinkungsunternehmen nach dieser Richtlinie zertifiziert sein.

## 4. Herausforderungen bei der Beschichtung von verzinktem Material

Um spätere Probleme zu vermeiden, spielt der Verwendungszweck eine wesentliche Rolle für die Auswahl eines geeigneten Vorbehandlungsverfahrens, dem Aufbringen einer eventuell notwendigen Konversionsschicht und der Auswahl des Beschichtungssystems. Weitere Herausforderungen können Oxidbildungen, Nachbehandlungen, Weißrostbildung, Schweißnähte, Ausgasungen und das optische Erscheinungsbild sein. Der spätere Verwendungszweck ist bei der Beauftragung des Beschichtungsbetriebes vorzugeben, um spätere Reklamationen zu vermeiden.

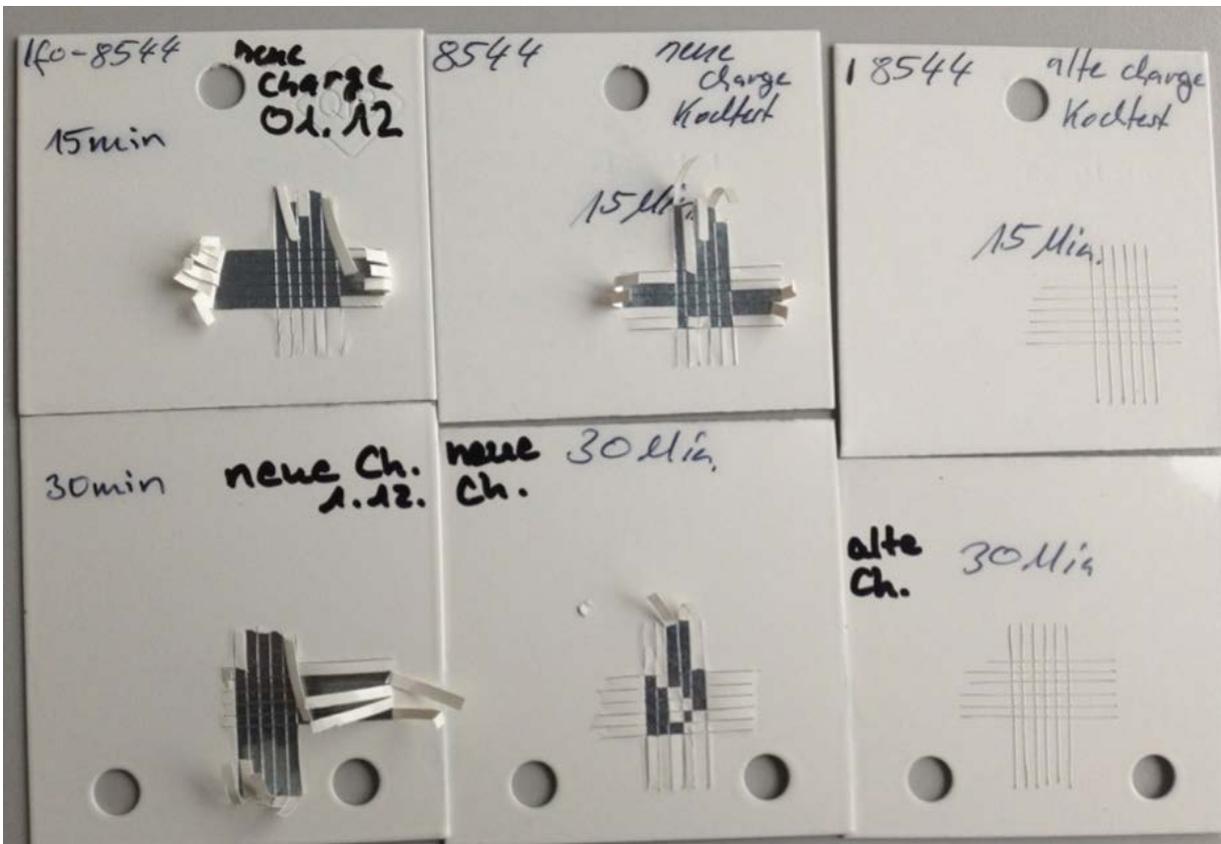
### 4.1.Oxidhaut - Abschrecken von verzinkten Bauteilen

Nach dem Verzinken des Stahls kann dieser abgeschreckt werden und reagiert dann an der Luft mit Sauerstoff ( $O_2$ ), es kommt zur Bildung von Zinkoxid ( $ZnO$ ). Dieses reagiert im Anschluss weiter mit dem in der Atmosphäre vorhandenen Kohlenstoffdioxid ( $CO_2$ ) und bildet Zinkcarbonat ( $ZnCO_3$ ). Dieser Prozess wird in der Regel dazu genutzt um einen besseren Korrosionsschutz zu erzeugen. Dies ist aber auch nur zu empfehlen, wenn es anschließend zu keiner weiteren Nachbehandlung, wie z. B. einer Beschichtung kommt. Soll das Material anschließend beschichtet werden, ist daher vom Abschrecken des Materials abzuraten, da das sich daraus bildende Zinkoxid und Zinkcarbonat stark auf die Haftfestigkeit zwischen Material und Beschichtung auswirkt und es so zu starker Delamination kommen kann.



#### 4.2 Nachbehandlung nach dem Feuerverzinken

Ebenfalls kommt es vor, dass verzinkte Bauteile mit einem temporären Korrosionsschutz versiegelt oder auch chemisch passiviert werden. Diese Versiegelung oder Passivierung kann durch den Beschichter nur schwer bis kaum festgestellt werden und kann in der nachfolgenden Beschichtung zu starken Haftfestigkeitsproblemen führen. **Daher sind feuerverzinkte Bauteile grundsätzlich ohne Nachbehandlung beim Beschichter anzuliefern, alternativ ist der Beschichter über die verwendete Passivierung zu informieren (siehe DIN 55634-1 und DIN 55633-1).**



Links und Mitte: mit Nachbehandlung, massiver Haftfestigkeitsverlust  
Rechts: ohne Nachbehandlung

Viele Probleme bei der Beschichtung von feuerverzinktem Material lassen sich auf mangelnde Kommunikation zwischen Auftraggeber, Verzinkungsbetrieb und Beschichtungsbetrieb zurückführen. Insoweit muss der Verzinker bereits bei Auftragserteilung darüber informiert werden, dass eine nachfolgende Beschichtung durchgeführt werden soll (siehe auch DIN EN ISO 1461).

**In diesen Fällen ist zusätzlich das Kurzzeichen t Zn k („keine Nachbehandlung ausführen“) bei der Beauftragung der Feuerverzinkung zu verwenden.** (siehe auch QIB Merkblatt 3-2 „Richtig Bestellen“).



Durch einen Schnelltest ist es dem Beschichtungsbetrieb möglich beim Wareneingang eine eventuell vorgenommene Nachbehandlung auf dem verzinkten Bauteil nachzuweisen. Bleiacetat und Kupfersulfat sind farblose Flüssigkeiten, die unmittelbar mit Zink reagieren und sich schwarz färben. Tritt eine Reaktion erst verspätet (mehr als 30 Sek.) auf, spricht vieles dafür, dass die verzinkte Oberfläche nachbehandelt worden ist, da eine Trennschicht die Reaktion zumindest zeitweise stört. Tritt die Reaktion erst nach Minuten oder gar nicht ein, kann nur davon abgeraten werden die Bauteile zu beschichten.

#### 4.3 Transport / Lagerung / Weißrostbildung

Falls aufgrund einer nachfolgenden Beschichtung keine Passivierung erfolgt ist, ist bei dem Transport und der Lagerung der verzinkten Bauteile, darauf zu achten, dass diese nicht mit Feuchtigkeit in Kontakt kommen. Da Zink an der Luft sehr schnell mit Sauerstoff und Feuchtigkeit reagiert und anfängt zu oxidieren, kann sich bereits am Anfang eine sehr schwache und kaum sichtbare Oxidationsschicht bilden, welche auch als Weißrost bezeichnet wird. Dieser entsteht in der Regel bei unsachgemäßer Lagerung oder unsachgemäßem Transport. Wenn dieser nicht gesehen oder entfernt wird, kann es nach der Beschichtung zu Haftfestigkeitsproblemen zwischen dem verzinkten Material und der Beschichtung führen. Bei geringer Bildung von Weißrost, kann dieser noch durch den Beschichter mit geeigneten Vorbehandlungsverfahren entfernt werden. Jedoch ist bei starker Bildung von Weißrost das Material nur noch bedingt für die Beschichtung geeignet.



*Weißrostkruste*



#### 4.4 Schweißnähte

Ein weiteres Problem kann die falsche Vorbereitung von Schweißnähten darstellen. Fast immer müssen zugeschnittene Einzelteile durch Schweißen zusammengefügt und anschließend verzinkt werden. Trotz eines Abschleifens der Schweißnaht kann es später im Bereich der Schweißraupe zu einem Aufwachsen der Zinkschicht kommen, hervorgerufen durch den bereits erwähnten unterschiedlichen Siliziumgehalt des Schweißdrahtes, der ein höheres Schichtwachstum als die daneben liegenden Bereiche besitzt.

Von einem Abschleifen dieser Zinkaufwachsungen wird aber abgeraten, da auch dann stellenweise der Korrosionsschutz mit reduziert wird und die Gefahr des Durchschleifens bis auf das Grundmaterial besteht.

#### 4.5 Ausgasungen

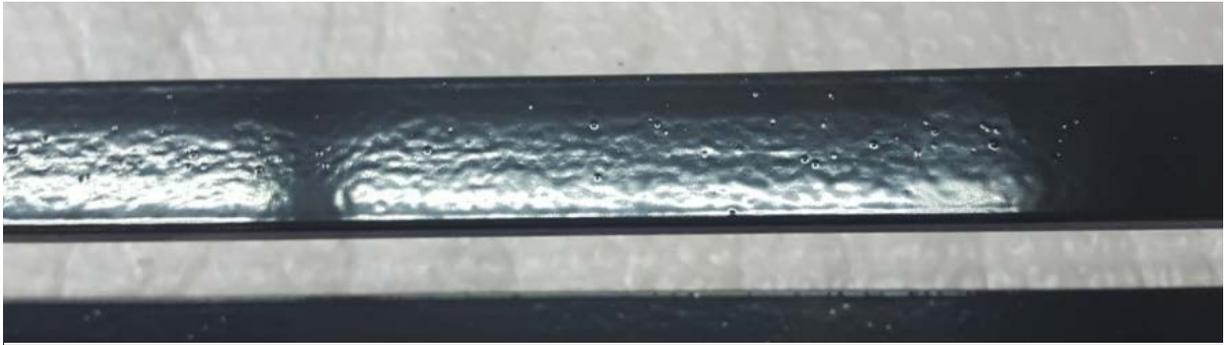
Im Zusammenhang mit den verwendeten Stahlsorten kommt es beim Aufwachsen der Zinkschicht auf dem Grundmaterial zu Störungen in Form von kleinen Hohlräumen, die beim Einbrennen des Pulverlacks Krater erzeugen können.

Ausgasungen können auch durch unsachgemäße Lagerung (Feuchtigkeitseinlagerungen in der Zinkschicht) des verzinkten Materials entstehen.



*Ausgasungen treten in Form von Pickeln und Pusteln auf*

Eine Verbesserung ist beispielsweise durch ein leichtes Strahlen (sweepen) möglich. Zusätzliche Verbesserungen schaffen sogenannte ausgasungsarme Pulverlacke, die mit speziellen Zusätzen versehen sind und dadurch eine Ausgasung der eingeschlossenen Luft bis kurz vor Erreichen der Objekttemperatur zulassen. Durch Tempern wird das Ausgasen vor dem eigentlichen Beschichtungsprozess vorgenommen. Die effektivste Tempermethode ist bei 20 - 50°C über der Vernetzungstemperatur eine Hitzebehandlung von 1,5 - 5 Std. Zusätzlich können derartige Ausgasungen auch durch Verhinderung von sehr dicken Zinkschichtdicken (über 150 µm) weitgehend reduziert werden. Besonders bewährt hat sich die sogenannte Hochtemperaturverzinkung, bei der nur Zinkschichtauflagen von im Mittel 60 µm erreicht werden.



*Grundsätzlich kann der Beschichter bei ungünstigen Stahlsorten (siehe Tabelle, Abschnitt 3.1.1.) die Beschichtungs- und Oberflächenqualität nur bedingt beeinflussen.*

Eine vollständige Verhinderung von Ausgasungen, auch beim Einsatz aller technischen Möglichkeiten (**Sweepen, Tempern, ausgasungsoptimierter Pulverlack**) ist durch den Beschichter nicht möglich und oftmals nicht vor auszusehen. **Hier kann den Kunden nur empfohlen werden auf diese technischen Maßnahmen aus Kostengründen nicht zu verzichten, da ansonsten die Gefahr von unerwarteten Ausgasungen entsteht.**



*Es sind auch luftgefüllte Ausgasungsblasen möglich*

#### 4.6 Optisches Erscheinungsbild / „Verputzen“

Beim „Verputzen“ nach DIN 1461 ist zu beachten, dass nicht bis zum Substrat durchgeschliffen wird. Wenn besondere Anforderungen an den Oberflächenzustand der verzinkten Teile gestellt werden, beispielsweise ein Feinschleifen und die Entfernung von Zinkspitzen und Rückständen aus dem Verzinkungsprozess, ist dies mit dem Beschichter speziell vereinbaren. Dieses Feinverputzen ist sehr zeitintensiv und wird in der Regel als extra Position ausgewiesen.

Ablaufspuren ergeben sich durch ein Erstarren der Zinkschicht bereits während des Rausziehens aus dem Zinkkessel. Diese Verdickungen können mehrere Millimeter dick werden.



#### 4.7 Fehlstellen in der Zinkschicht

Fehlstellen in der Zinkschicht entstehen häufig an neuralgischen Stellen (Kanten, Bohrungen usw.) und sind gemäß DIN EN ISO 1461 zulässig, wenn sie eine gewisse Größenordnung (0,5 % der verzinkten Fläche) nicht überschreiten.



*Fehlstelle, ausgehend von der Kante*

Wie ist aber mit solchen Fehlstellen umzugehen, insbesondere wenn ein gewisser Korrosionsschutz zu erreichen ist?

Da Korrosion immer vom „schwächsten Glied“ ausgeht, sind diese Stellen so zu behandeln, als ob es sich um unverzinktes Material handelt, d. h. es ist für diese Stellen ein Beschichtungsaufbau zu wählen, der den geforderten Korrosionsschutz auch bei blankem Stahl erreicht.

Grundsätzlich sind diese Fehlstellen anzuschleifen, um einen Übergang zu erstellen und anschließend partiell oder vollflächig zu grundieren. Nur so kann der geforderte Korrosionsschutz erreicht werden. Diese zusätzlichen Arbeiten sind grundsätzlich gesondert abzurechnen.

# 5. Mögliche Vorbehandlungsverfahren

## 5.1. Mechanische Vorbehandlung

Bei großen, sperrigen Teilen hat sich die mechanische Vorbehandlung durch Sweepen (leichtes Strahlen, reduzierter Strahldruck 2 – 4 bar und erhöhter Strahlabstand ca. 60 – 85 cm bei stumpfem Strahlwinkel 30 – 60° mit eisenfreiem Strahlmittel mit kantiger Struktur) bewährt.

Übliche Mittel sind Korund, Edelstahlgrit, mit der durch Aufrauen der Oberfläche bei gleichzeitigem Entfernen von Zinkoxiden (Weißrost) eine beschichtungsfähige Oberfläche hergestellt wird.

Substrate mit Weißrost müssen in der Regel mechanisch (allseitig schleifen, sweepen) vom Weißrost befreit werden.



## 5.2. Chemische Vorbehandlung

### 5.2.1. Chemisches Beizen

Durch eine Säure Beize kann die Oxidschicht chemisch behandelt bzw. entfernt werden. Die Konzentration und die Behandlungsdauer sind im Versuch zu bestimmen. Die Wirksamkeit kann optisch bewertet werden, und durch Differenzmessung kann der Schichtabtrag bestimmt werden. Abtragswerte von 2 - 5 g je m<sup>2</sup> sind möglich.

### 5.2.2 Eisenphosphatieren

Das Eisenphosphatieren führt nur zur Entfettung der Oberfläche – durch den pH-Wert von 3,6 - 5,8 ist meist kein Beizangriff nachweisbar – nicht aber zu einer Konversionsschicht. Ein hoher Korrosionsschutz ist mit einer Eisenphosphatierung nicht möglich.

### 5.2.3 Zinkphosphatieren

Durch eine Zinkphosphatbehandlung entstehen gleichmäßig grau wirkende Zinkphosphatschichten, die einen sehr guten Haftgrund für die nachfolgende Beschichtung bieten.

#### 5.2.4 Chromatieren

Bei der Chromatierung werden gelblich bzw. gelb/grünlich irisierende Konversionsschichten gebildet, die einen sehr guten Haftgrund für die nachfolgende Beschichtung darstellen. Auf Grund der REACH-Verordnung kommen zunehmend chromatfreie, auf Basis von Titan und Zirkon aufgebauten Polymer-schichten zur Anwendung. Chromathaltige Produkte (Chrom VI) sind in der Beschichtungsindustrie nur noch mit spezieller Zulassung bis 2024 möglich.

#### 5.2.5 Chromatfreie Konversionsschichten

Chromatfreie Konversionsschichten (Titan, Silan, Zirkon) erreichen heute die Eigenschaften der chemisch erzeugten Konversionsschichten. Sie sind jedoch optisch nicht sichtbar und erfordern deshalb zusätzliche Prozesskontrollen.

Detailliertere Information zu den Vorbehandlungsverfahren und zum erreichbaren Korrosionsschutz finden Sie im QIB-Merkblatt 1-1 „Die richtige Auswahl der Vorbehandlung von Metallteilen für die spätere Nutzung“

## 6. Auswahl des Beschichtungssystems

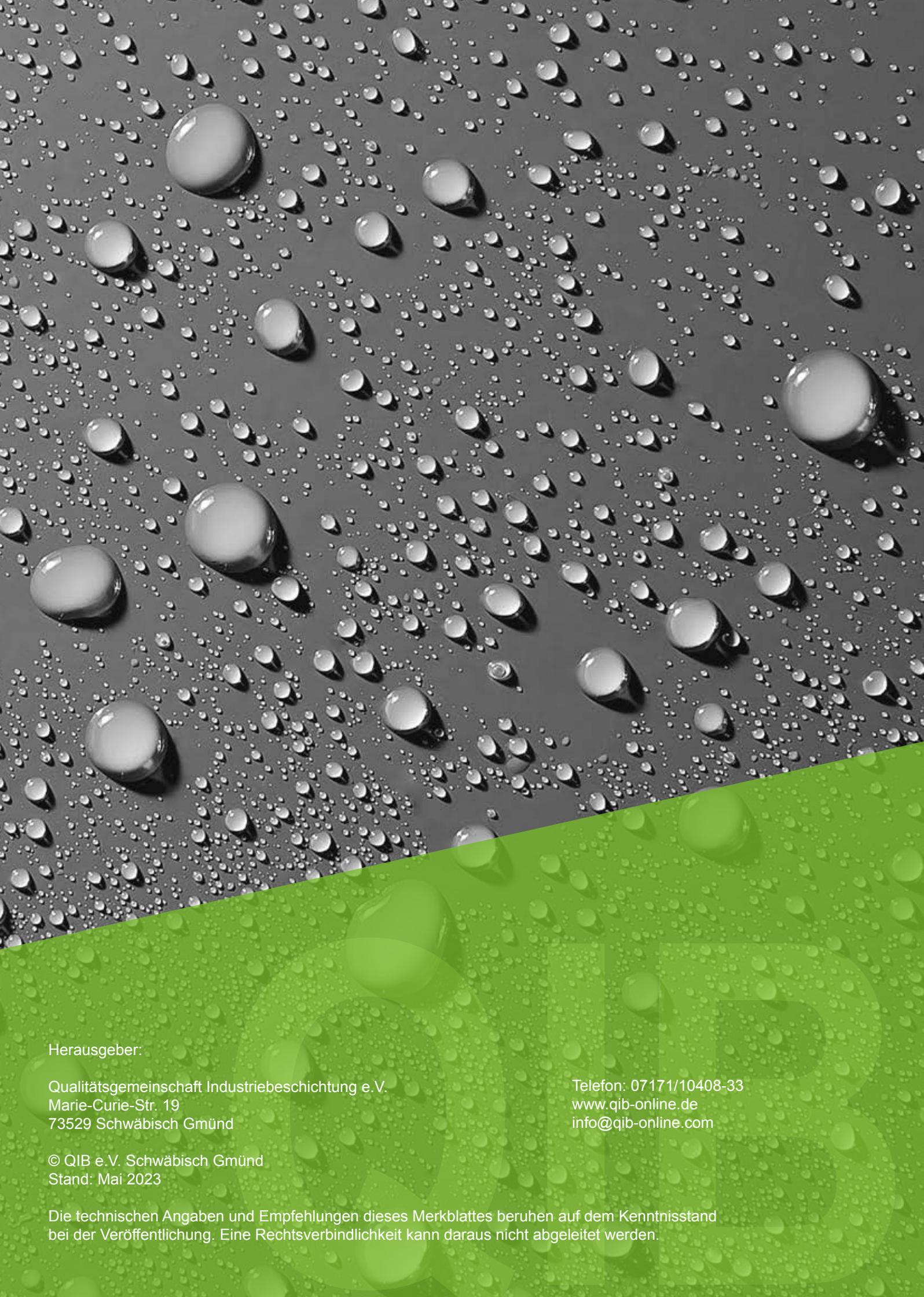
Auch hier gilt abhängig vom Anwendungsfall die richtige Auswahl des Beschichtungssystems zu treffen.

### 6.1 Pulverlack

Epoxidpulverlacke verfügen über eine ausgezeichnete Haftfestigkeit auf feuerverzinkten Untergründen und eine sehr gute Chemikalien- und Lösemittelbeständigkeit, nicht aber eine ausreichende Witterungsbeständigkeit. Hier hat sich die Verwendung von Polyesterpulverlacken, auch in einer Modifizierung als hochwitterungsbeständiges System, bewährt. Ab einer Korrosivitätskategorie C3-H gem. DIN 55633-1 und DIN 55634-1 (entspricht QIB-Beanspruchungsgruppe III) muss eine Grundierung eingesetzt werden, um den Korrosionsschutz zu gewährleisten. Sie sollte als Epoxidgrundierung mit geeigneten dampfdichten Pigmenten ausgeführt werden.

### 6.2 Flüssiglack

Bei großmaßigen, sehr sperrigen Teilen hat sich in der Vergangenheit die Verwendung von Flüssiglacken bewährt. Die Auswahl des geeigneten Flüssiglacksystems richtet sich nach dem Anwendungsfall (siehe auch DIN EN ISO 12944-5). Für wenig korrosiv beanspruchte Teile reichen lufttrocknende ein-komponentige Flüssiglacke auf modifizierter Alkydharzbasis aus. Werden aber Anforderungen an die Witterungsbeständigkeit oder auch Chemikalienbeständigkeit gestellt, sind beispielsweise zweikomponentige Polyurethanlacke sinnvoll. Auf jeden Fall ist der spätere Verwendungszweck bei der Beauftragung des Beschichtungsbetriebes vorzugeben, um spätere Reklamationen zu vermeiden (siehe auch QIB-Merkblatt 3-2 „Richtig bestellen“).



Herausgeber:

Qualitätsgemeinschaft Industriebeschichtung e.V.  
Marie-Curie-Str. 19  
73529 Schwäbisch Gmünd

Telefon: 07171/10408-33  
[www.qib-online.de](http://www.qib-online.de)  
[info@qib-online.com](mailto:info@qib-online.com)

© QIB e.V. Schwäbisch Gmünd  
Stand: Mai 2023

Die technischen Angaben und Empfehlungen dieses Merkblattes beruhen auf dem Kenntnisstand bei der Veröffentlichung. Eine Rechtsverbindlichkeit kann daraus nicht abgeleitet werden.