



Application Note AN-PAN-1069

Online Elementanalyse von Zink/Nickel-Beschichtungsbädern mittels XRF

Die Aufrechterhaltung einer konstanten Badzusammensetzung in der Oberflächenbeschichtung ist entscheidend für die Produktqualität und die betriebliche Effizienz. Während des Galvanisierungsprozesses kann eine inkonsistente Badzusammensetzung zu Defekten und erhöhten Betriebskosten führen. Defekte an galvanisch beschichteten Bauteilen haben weitreichende Folgen wie hohe Nacharbeitskosten, Produktionsverluste und Kundenrücksendungen aufgrund von vorzeitigem Verschleiß oder Korrosion [1].

Zink-Nickel-Beschichtungen (Zn/Ni) sind bekannt für

ihre hervorragende Korrosionsbeständigkeit. Sie bieten einen fünf- bis sechsmal höheren Schutz als reine Zinküberzüge [2,3]. Dies macht sie besonders wertvoll für Anwendungen in der Automobilindustrie, der Luft- und Raumfahrt und der Schifffahrt. Das Erreichen und Aufrechterhalten des optimalen Zn/Ni-Verhältnisses ist jedoch eine Herausforderung, insbesondere bei herkömmlichen Überwachungsmethoden wie der Nasschemie, der AAS (Atomabsorptionsspektroskopie) oder der ICP-OES (induktiv gekoppelte Plasmaoptische Emissionsspektroskopie). Diese Methoden sind zeitaufwändig und liefern verzögerte Ergebnisse.

Mit dem 2060 XRF Process Analyzer von Metrohm steht ein performancestarkes System zur Verfügung, mit dem analytische Herausforderungen gemeistert werden können. Das Prozessanalysensystem nutzt die Röntgenfluoreszenzspektroskopie (XRF) zur

kontinuierlichen Überwachung der Elementkonzentrationen im Galvanikbad und liefert Echtzeitdaten, die beispielsweise eine präzise Dosierung von Chemikalien ermöglichen.

EINFÜHRUNG

In der Galvanotechnik wird mit Hilfe von elektrischem Strom eine dünne Schicht aus einem Material, z. B. Nickel oder Zink, auf die Oberfläche eines anderen Materials, z. B. Kupfer, aufgebracht. Zink und Zinkbasislegierungen wie Zink-Nickel (Zn/Ni) werden häufig verwendet, um Stahl vor Korrosion zu schützen. Zn-Ni-Legierungen sind besonders beliebt, da sie eine höhere Korrosionsbeständigkeit als reines Zink aufweisen [2,3].

Sowohl alkalische als auch saure Zn/Ni-Bäder werden in der Regel für die Galvanisierung verwendet (Abbildung 1). Jeder Elektrolyttyp bietet je nach Anwendung einzigartige Vorteile [4]. Alkalische Zn/Ni-Bäder sind dafür bekannt, dass sie sehr gleichmäßige Überzüge mit guter Streufähigkeit erzeugen, was sie ideal für komplex geformte Bauteile macht. Andererseits bieten saure Zn/Ni-Bäder höhere Abscheidungsraten und können glatte, glänzende Oberflächen erzeugen, die oft für dekorative Anwendungen bevorzugt werden [4].

Galvanikbäder sind empfindlich gegenüber verschiedenen prozessbedingten Schwankungen, die sich erheblich auf die Metallabscheidung auswirken und die endgültige Schichtdicke und Qualität beeinflussen. Diese Schwankungen können durch Änderungen der Temperatur, der Metallkonzentration oder durch Verunreinigungen verursacht werden. Die regelmäßige Analyse der Badlösung ist entscheidend für die Aufrechterhaltung stabiler Beschichtungsbedingungen und die Minimierung von Materialabfällen. Die kontinuierliche Überwachung der Elektrolytlösungen hilft sicherzustellen, dass sich

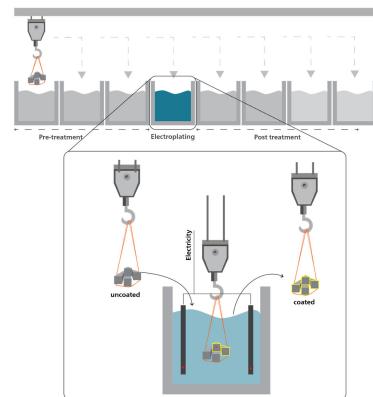


Abbildung 1. Illustrierte Darstellung eines typischen Verzinkungsprozesses.

die Metallkonzentration im optimalen Bereich bewegt.

Der Metallgehalt in Galvanikbädern wird häufig manuell in Laboren vor Ort gemessen. Zu diesem Zweck werden in der Regel klassische nasschemische Verfahren wie AAS und ICP-OES eingesetzt. Diese Methoden sind zwar effektiv, können aber zeitaufwändig sein, erfordern qualifiziertes Personal und liefern möglicherweise keine Echtzeitdaten. Dies führt unter Umständen zu verzögerten Korrekturen bei Abweichungen und Einbußen in der Endproduktqualität.

Lösungen aus der Prozessanalysentechnik (PAT) werden zunehmend in der Oberflächentechnik eingesetzt, um die Überwachung von Galvanikbädern zu automatisieren und zu optimieren. Diese Systeme analysieren kontinuierlich kritische Badparameter wie Der 2060 XRF Process Analyzer von Metrohm Process Analytics (**Abbildung 2**) bietet eine effektive Lösung zur kontinuierlichen Überwachung von Galvanikbädern. Durch Echtzeitmessungen von Metallkonzentrationen wie Zink und Nickel trägt dieser Prozessanalysator zur Aufrechterhaltung der idealen Badzusammensetzung bei, die für konsistente und hochwertige Beschichtungen erforderlich ist.

Metallkonzentration, pH-Wert, Temperatur und Leitfähigkeit in Echtzeit. All diese Faktoren haben einen direkten Einfluss auf die Qualität und Gleichmäßigkeit der abgeschiedenen Metallschicht.



Abbildung 2. 2060 XRF Process Analyzer für Zink-/Nickelbäder.

ANWENDUNG

Die XRF-Analyse wird mit einer Wolfram (W)-Röntgenröhre durchgeführt, die mit einem Prolen-Fenster ausgestattet ist. Das Analysen-Modul arbeitet mit einer vorkonfigurierten Kalibrationsmethode. Die

Probenzuführung in die Messzelle erfolgt über Magnetventile und/oder Pumpen, je nachdem ob Vordruck vorliegt oder nicht.

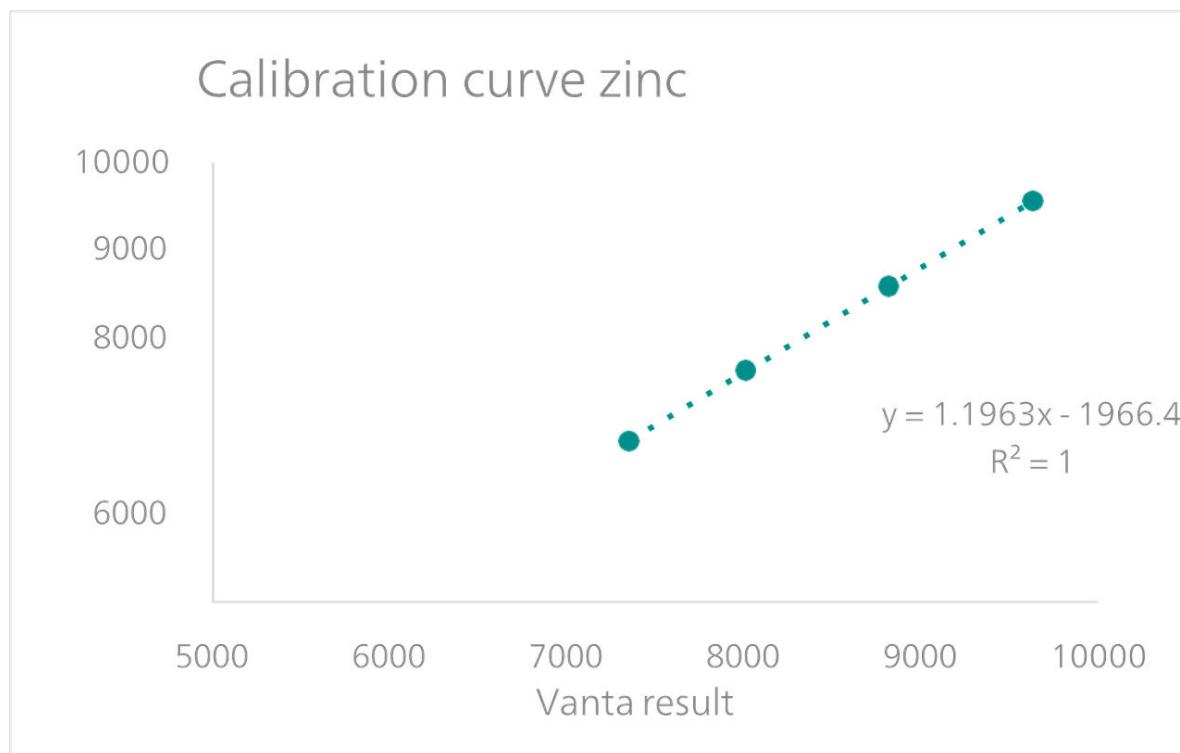
Tabelle 1. Messbereich verschiedener Badbestandteile in Zink-/Nickelbädern, bestimmt mit dem 2060 XRF Process Analyzer.

Parameter	Messbereich (g/L)
Zink	6.5–9.5
Nickel	0.5–2.5

KALIBRATION

Die lineare Kalibrierung wird sowohl für die Zink- als auch für die Nickelkonzentration durch Messung des entsprechenden XRF-Signals über einen bestimmten Konzentrationsbereich erstellt. Für Zink wird eine Kalibrierkurve für Konzentrationen von 6,5 bis 9,5 g/L erstellt, während für Nickel eine ähnliche Kurve im Bereich von 0,5 bis 2,5 g/L erstellt wird (Abbildung 3). Bei der Kalibrierung wird die Badprobe mit bekannten

Zink- und Nickelmengen dotiert. Zur Überprüfung der Genauigkeit wird eine 3-fach Bestimmung durchgeführt. Die Ergebnisse dienen der Bestimmung der Zink- und Nickelkonzentration in Galvanikbädern. Dies gewährleistet eine präzise und zuverlässige Analyse mit einer hervorragenden Korrelation (R^2 -Werte von etwa 0,998 für beide Elemente).



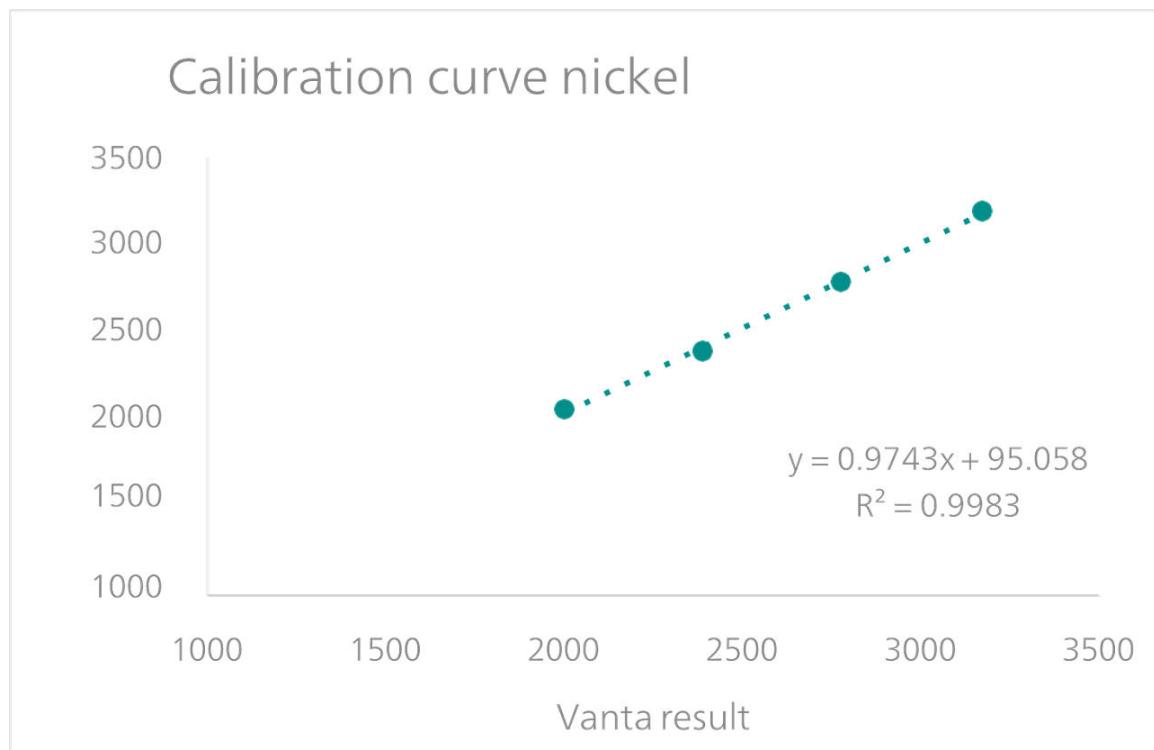


Abbildung 3. Kalibrationskurve für Beschichtungsbadproben im Bereich von 6,5-9,5 g/L Zink (oben) und 0,5-2,5 g/L Nickel (unten).

ANMERKUNGEN

Der 2060 XRF Process Analyzer bietet eine kontinuierliche Echtzeitüberwachung der Zink- und Nickelkonzentration in galvanischen Bädern. Andere

ergänzende Techniken wie Titration können integriert werden, um zusätzliche Parameter wie pH-Wert und Leitfähigkeit zu verfolgen.

FAZIT

Der 2060 XRF Process Analyzer ist eine zuverlässige Lösung für metallveredelnde Betriebe, die eine Echtzeitüberwachung der Zink- und Nickelkonzentration in Galvanikbädern ermöglicht.

Seine Fähigkeit, diese wichtigen Badparameter kontinuierlich zu messen, gewährleistet eine gleichbleibende Beschichtungsqualität, reduziert den Materialabfall und verbessert die Prozesseffizienz.

VERWANDTE APPLICATION NOTES

[AN-PAN-1064 Überwachung organischer Additive in galvanischen Bädern mit Inline-Raman-Spektroskopie](#)

[AN-PAN-1068 Online-Elementanalyse von Kupfer, Zinn und Zink in Weißbronzebädern mittels XRF](#)

VORTEILE DER ONLINE-PROZESSANALYSE

- Sichereres Arbeitsumfeld für die Mitarbeiter - keine Berührung mit gefährlichen Chemikalien.
- Garantiert gleichbleibende Schichtendicken.
- Frühzeitige Detektion von Abweichungen - Vermeidung von häufigem Austausch von Elektrolyten.
- Verbessert die Qualitätskontrolle - genaueres Verständnis der tatsächlichen Prozessbedingungen.
- Gewährleistet die Herstellung hochwertiger Endprodukte durch die schnelle Reaktion auf Schwankungen der Badbedingungen.



REFERENZEN

1. *The Soft Cost of In-house Rework.*
<https://www.pfonline.com/columns/the-soft-cost-of-in-house-rework> (accessed 2025-04-23).
2. Westphal, L. Zinc Nickel Electroplating Differences | DeKalb Metal Plating, 2023.
3. Leiden, A.; Kölle, S.; Thiede, S.; et al. Model-Based Analysis, Control and Dosing of Electroplating Electrolytes. *Int J Adv Manuf Technol* 2020, 111 (5), 1751–1766.
<https://doi.org/10.1007/s00170-020-06190-0>.
4. *Why opt for Acid or Alkaline in Zinc Electroplating?*. PAVCO.
<https://pavco.com/blog/acid-or-alkaline-in-zinc-electroplating> (accessed 2025-04-24).

CONTACT

Metrohm Deutschland
In den Birken 3
70794 Filderstadt

info@metrohm.de

KONFIGURATION



2060 XRF Process Analyzer

Der **2060 XRF Process Analyzer** ist ein zerstörungsfreier Online-Prozessanalysator, der die energiedispersive Röntgenfluoreszenz-Technologie (EDXRF) nutzt. Dieses Analysengerät gewährleistet eine präzise und echtzeitnahe Überwachung flüssiger Probenströme in industriellen Prozessen.

Durch Anschlussmöglichkeiten für bis zu 20 Probennahmestellen vereinfacht der **2060 XRF Process Analyzer** die reibungslose Online-XRF-Analyse. Als Teil der [2060-Plattform](#) verbindet er mehrere Analysentechniken nahtlos in einer einheitlichen Plattform. Erleben Sie die leistungsstarke Kombination aus XRF und Titration oder Photometrie für so umfassende Prozesseinblicke wie nie zuvor.