



Technische Fachtagung 2026
mit fachbegleitender Ausstellung

Journée Technique 2026
avec exposition technique

12. Mai / 12 mai 2026
Tissot Arena, Biel / Bienne

Nachhaltige Oberflächenbeschichtung: Chemisch Nickel bei reduzierter Prozesstemperatur

Manfred Beck¹, Alfadil Mohammedbrhan¹,
Dr. Uwe Weis¹, Dr.-Ing. Georg Andersohn²

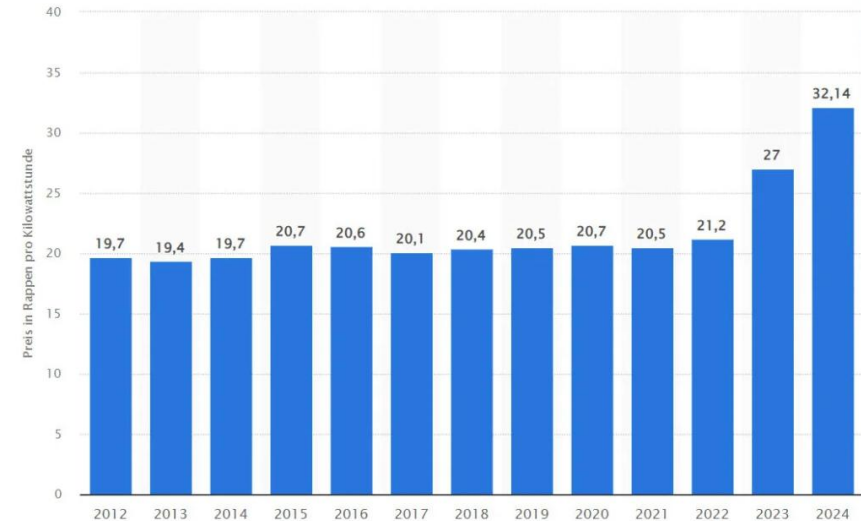
- 1) riag Oberflächentechnik AG
- 2) Aalberts Surface Technologies GmbH



Inhalt

- Motivation und Ziele
- Arbeitsparameter & Prozesseigenschaften
- Schichteigenschaften
- Zusammenfassung & Ausblick

- Konventionelle Mid-Phos-Verfahren benötigen hohe Prozesstemperaturen (88–92 °C).
 - Hoher Energieverbrauch führt zu steigenden Betriebs- und Energiekosten
 - Erhöhter ökologischer Fussabdruck durch hohen Energiebedarf
- Bedarf an alternativen, nachhaltigeren und wirtschaftlicheren Beschichtungsverfahren
- Wunsch nach Prozessinnovationen ohne Einbussen bei Schichtqualität und Funktion



Durchschnittlicher Strompreis in kWh für Haushalte in der Schweiz in den Jahren 2012 bis 2024

Quelle: <https://www.invisia.ch/blog/strompreis-haushalte-schweiz-2024>

- Gesamtenergiebedarf setzt sich aus Anfangsheizenergie (E_0) und zeitabhängigen Energiezugaben (E_i) zusammen.

$$E(t) = E_0 + \sum_{i=1}^{\infty} (E_i)$$

- Anfangsheizenergie (E_0):
 - Energie, die benötigt wird, um der Elektrolyt erstmals auf Betriebstemperatur zu bringen.
 - Besonders relevant bei klassischen Hochtemperaturverfahren (88–92 °C).

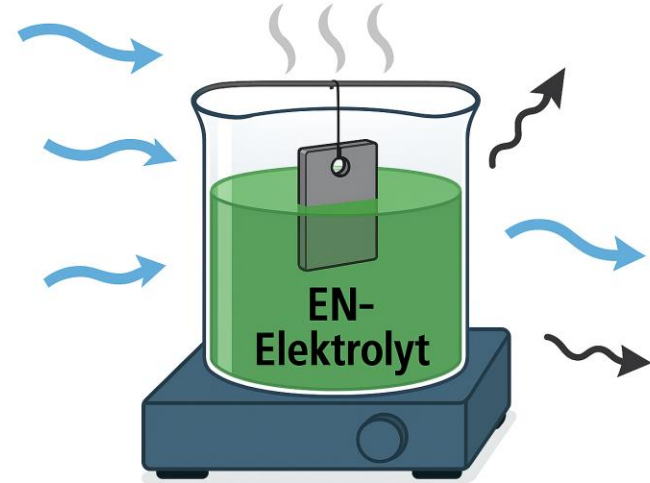


Abb. 1: Schematische Darstellung eines Chemisch Nickel Elektrolyt in Betrieb

- **Anfangsheizenergie (E_0):**

- Die gesamt Wärmemenge ist die Summe der Energie (Q_{Gesamt}), die benötigt wird, um den Elektrolyten zu erhitzen ($Q_{\text{Elektrolyt}}$), und der Energie, die erforderlich ist, um die Wanne (Q_{Wanne}) mitzuerwärmen.

$$Q_{\text{Gesamt}} = Q_{\text{Elektrolyt}} + Q_{\text{Wanne}}$$

$$Q_{\text{Gesamt}} = c_{\text{Elektrolyt}} m_{\text{Elektrolyt}} \Delta T + c m_{\text{Wanne}} \Delta T$$

$$\frac{Q_{82^\circ\text{C}}}{Q_{90^\circ\text{C}}} = \frac{(c_{\text{Elektrolyt}} m_{\text{Elektrolyt}} + c_{\text{Wanne}} m_{\text{Wanne}}) \Delta T_{82^\circ\text{C}}}{(c_{\text{Elektrolyt}} m_{\text{Elektrolyt}} + c_{\text{Wanne}} m_{\text{Wanne}}) \Delta T_{90^\circ\text{C}}}$$

$$\frac{Q_{82^\circ\text{C}}}{Q_{90^\circ\text{C}}} = \frac{(82 - 20)^\circ\text{C}}{(90 - 20)^\circ\text{C}}$$

c = spezifische Wärmekapazität in J/(kg.K)

m = Masse in kg

ΔT = Temperatur Differenz in K oder $^\circ\text{C}$

- Durch Absenkung der Prozesstemperatur von 90°C auf 82°C ergeben sich ca. 11 % Einsparpotentiale bei der Anfangsheizenergie.

- **Zeitabhängige Energiezugaben (E_i) :**

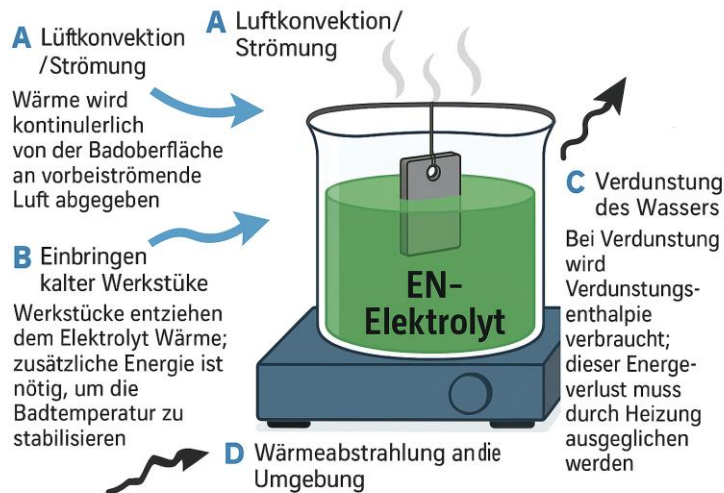


Abb. 2: Schematische Darstellung eines Chemisch Nickel Elektrolyt in Betrieb

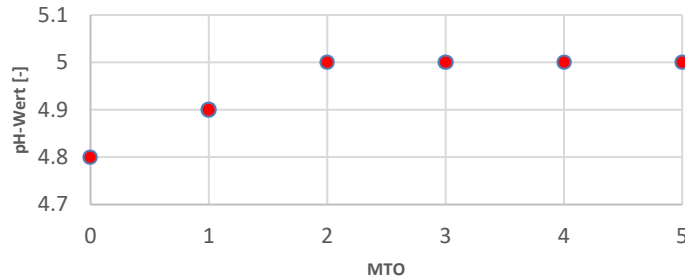
- Durch Absenkung der Prozessparameter von 90 °C auf 82 °C ergeben sich folgende Einsparpotentiale:

Energiebedarf	Einsparpotential [%]
Verdunstungsenergie	28
Erwärmung des nachgeführten Wassers	36
Wärmeabstrahlung	9
Energie für die Erwärmung der Bauteile/Gestelle	11

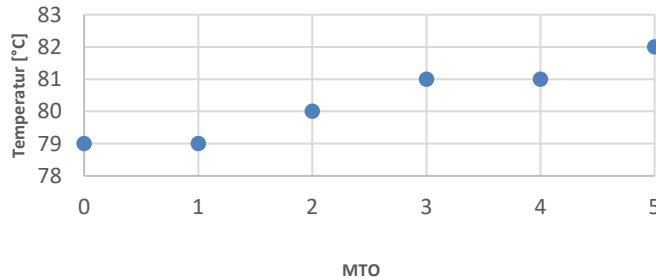
- Basierend auf diesem Konzept wurde das neue DNC 530 Verfahren entwickelt.

Die Prozessparameter des neuen Verfahrens sind vergleichbar zu bekannten Prozessen

pH-Arbeitsbereich



Temperatur-Arbeitsbereich

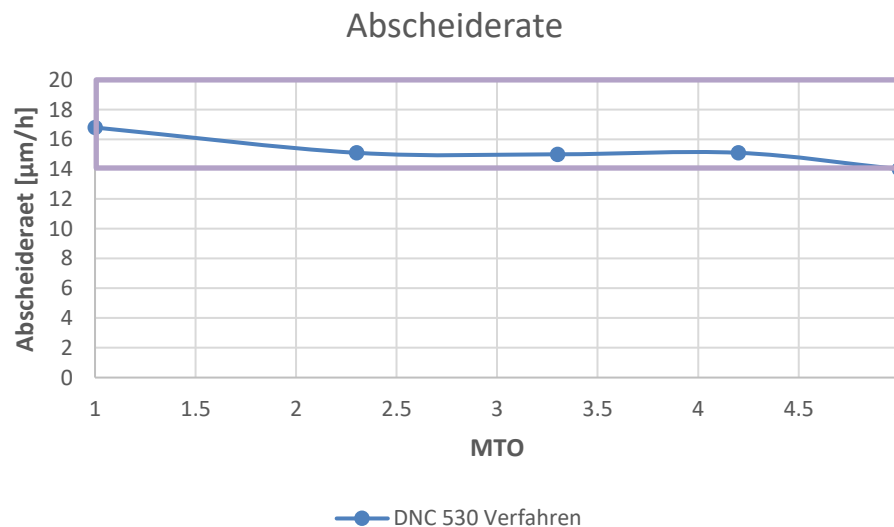


Parameter	Sollwert
Ni-Gehalt [g/L]	5.0 ± 0.5
Natriumhypophosphit [g/L]	40 ± 4
Arbeitstemperatur	79 – 82
pH-Bereich [-]	4.8 – 5.0
Literbelastung [dm ² /L]	0.2 – 1.0
Abscheidegeschwindigkeit [µm/h]	13 – 17
Standzeit	> 4 MTO
Dosierverhältnis [Repl. 1: Repl. 2]	1:1

Vergleich der Abscheiderate

- 13 – 17 $\mu\text{m/h}$
- Typische Mid-Phos EN-Verfahren

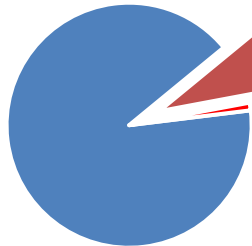
P-Gehalt ↑	DNC-Verfahren	Abscheiderate [$\mu\text{m/h}$]
	DNC 471	8 – 12
	DNC 520-9	10 – 14
	DNC 520-11	10 – 14
	DNC 520-12	10 – 14
	DNC 520-12-46	14 – 16
	DNC 520-12-50	15 – 20
	DNC 520-9-48	12 – 20
	DNC 771	15 – 20



Schichtzusammensetzung

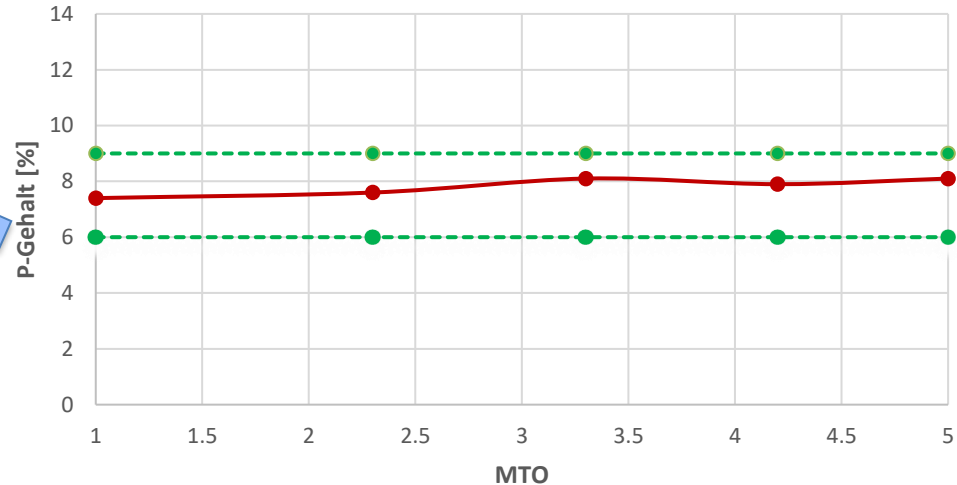
- Phosphor 7 bis 9 % (m/m)
- Kupfer 0.7 bis 1.0 % (m/m)

Schichtzusammensetzung



■ Ni ■ P ■ Cu

P-Gehalt in der Schicht

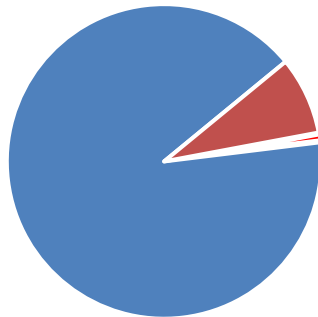


—●— P-Gehalt DNC 530

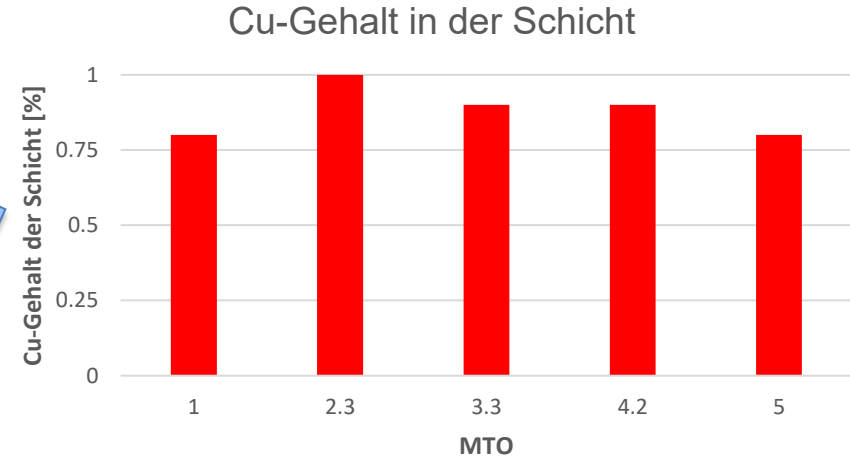
- -●- - Mid-Phos Bereich gemäss DIN EN ISO 4527

Schichtzusammensetzung

- Phosphor 7 bis 9 % (m/m)
- Kupfer 0.7 bis 1.0 % (m/m)



■ Ni ■ P ■ Cu



Korrosionsbeständigkeit (DIN EN ISO 9227 – NSS, 192 h)

Std. [h]	Nr. 201 (40 µm)	Nr. 213 (25 µm)
0	/	/
192	Rp 10	Rp 10



Abbildung 1: Q-Panels Nr.1 vor NSS



Abbildung 2: Q-Panels Nr.1 nach 192h im NSS

Schichtdicke = 40 µm



Abbildung 5: Q-Panels Nr.3 vor NSS



Abbildung 6: Q-Panels Nr.3 nach 192h im NSS

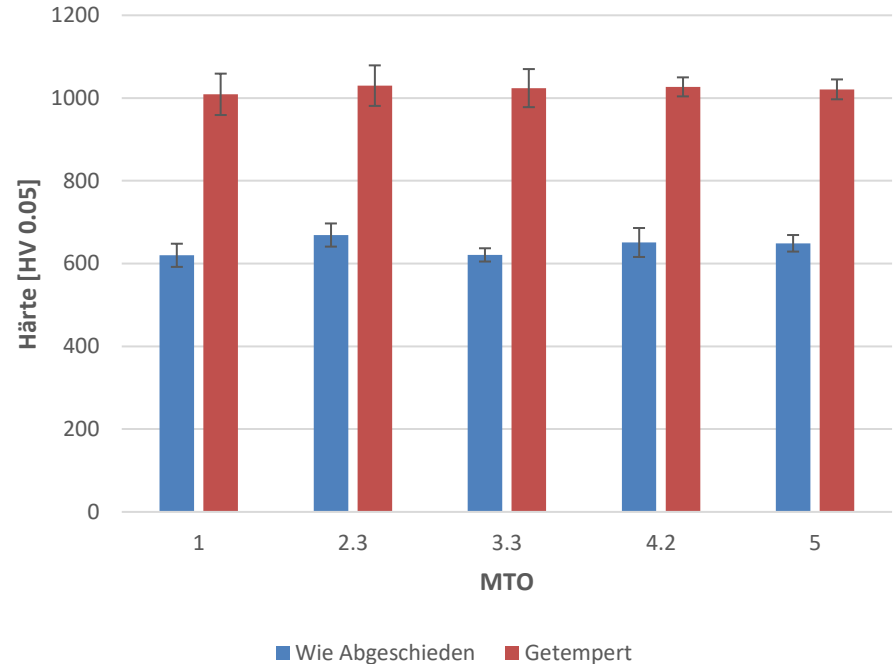
Schichtdicke = 25 µm

Härte im Abscheidezustand und nach Wärmebehandlung

- 650 ± 50 HV 0.05 im Abscheidezustand
- > 950 HV 0.05 nach Wärmebehandlung (400 °C, 1h)



Messungen mit Härteprüfgerät Qness EVO 60 A+

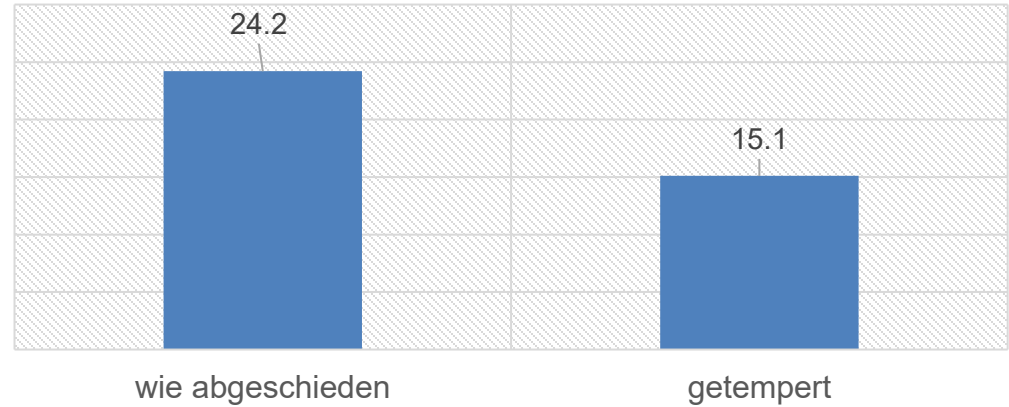


Abrasive Verschleissbeständigkeit

- Bestimmung mittels Taber-Abraser mit Reibrolle CS 10 (ASTM D4060)
- Bestimmung aus 10 x 1000 Umdrehungen



Verschleissrate in mg/1000 Umdrehungen



Aussehen der Schicht



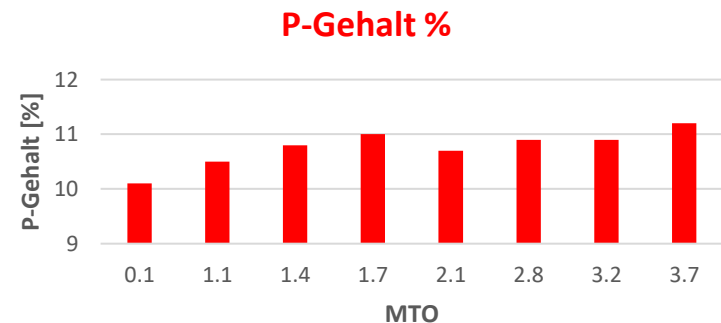
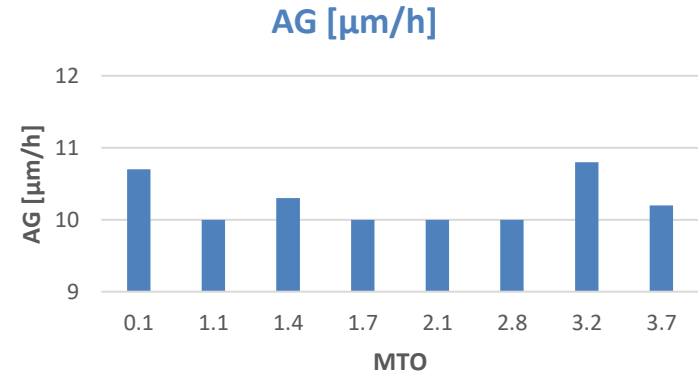
Vorteile

- Niedrigerer Energieverbrauch durch reduzierte Temperatur
- Verbesserte CO₂ -Bilanz durch geringeren Energiebedarf und damit einen geringeren ökologischen Fussabdruck
- Reduzierte Belastung der Anlagenkomponenten (Heizung, Tankauskleidung, usw.)
- Milchsäure-/Acetatfreies Verfahren
- Schichteigenschaften vs. Klassische EN bleiben gleich
- Das Verfahren ist seit Januar 2026 erfolgreich im Produktionseinsatz

Parameter	DNC 530
P-Gehalt Schicht [%]	7 – 9
Härte wie abgeschieden [HV 0.05]	650 ± 50
Härte (getempert 400 °C, 1h) [HV 0.05]	≥ 950
Verschleissbeständigkeit wie abgeschieden [mg/1000 Umdrehungen]	24.2
Verschleissbeständigkeit nach Wärmebehandlung* [mg/1000 Umdrehungen]	15.1
Eigenspannung [MPa]	< 20
Korrosionsbeständigkeit	Rp 10
Konformität	RoHS-Konform

Wärmebehandlung*: 1 h bei 400 °C.

- **Weitere Verifizierung der erhaltenen Daten im Technikumsmassstab**
 - Vergleich zwischen verschiedenen traditionellen Mid-Phos-Chemisch-Nickel-Verfahren und niedrig-Temperatur-Mid-Phos-Verfahren (DNC 530)
 - Exaktere Bewertung des experimentellen und praktischen Einsparpotenzials durch reduzierte Prozesstemperatur bei DNC 530
- **Erweiterung des bestehenden Konzepts auf ein Niedrig-Temperatur-High-Phos-Verfahren**
 - Proof of Concept erfolgreich erbracht, erste Laborversuche zeigen ein vielversprechendes Prozessverhalten
 - Weiterführende Arbeiten laufen, um das Verfahren energetisch und prozesstechnisch weiter zu optimieren



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

Kontakt

Forschung und Entwicklung:

Alfadil.Mohammedbrhan@riag.ch

Uwe.Weis@riag.ch

Georg.Andersohn@aalberts-st.com