

# **EINFLUSS DER RESTWELBIGKEIT AUF DIE HARTCHROMABSCHIEDUNG**

Dokumentation des Einflusses der Restwelligkeit auf Stromausbeute, Rissigkeit und Härte in Zusammenarbeit mit der Firma Munk in Hamm. Versuchsdurchführung in den Enthone Labors Langenfeld mit speziell angefertigten Gleichrichtern definierter Restwelligkeit der Firma Munk.

Autoren: Frank Kösling, Helmut Horsthemke, Enthone Langenfeld

Enthone GmbH  
Elisabeth-Selbert-Straße 3  
DE-40764 Langenfeld  
+49.2173.8490.642  
fax +49.2173.8490.206  
+49.172.9904003  
fkoesling@cooksonelectronics.com  
www.cooksonelectronics.com



## EINLEITUNG

Die meisten Verfahrensanleitungen für galvanotechnische Prozesse schreiben eine Restwelligkeit von maximal 5% vor. Am Markt finden zunehmend Thyristor oder Schaltnetzteile Verwendung. Besonders im Teillastbereich weisen diese Gleichrichtertypen ohne zusätzliche Glättungseinrichtungen sehr hohe Restwelligkeiten von deutlich über 20 % auf. Der Anspruch des Verfahrenslieferanten und die Realität in der Produktion sind in Einzelfällen weit von einander entfernt. Diese Dokumentation soll Aufschluß darüber geben, mit welchen Auswirkungen durch Restwelligkeit bei der Hartverchromung zu rechnen ist und welche Werte vertreten werden können. Gemessen werden Stromausbeute, Risszahl und Härte bei der Abscheidung aus ANKOR® 1127. Der Prozeß steht allgemein für Hartchrom als der an weitesten verbreitete industrielle Elektrolyt in Europa. Die Ergebnisse sind jedoch grundsätzlich auch auf konventionelle oder fluoridhaltige Elektrolyte übertragbar, wie punktuelle Untersuchungen ergaben.

## RESTWELIGKEITSMESSUNG

Restwelligkeit definiert sich als prozentualer Anteil der Wechselstromspannung (AC) an der Gleichstromspannung (DC) einer Gleichstromquelle. Zur Ermittlung der Restwelligkeit muss mit einem sogenannten „echt effektiv“ Meßgerät die AC und DC Spannung ermittelt werden. Alte Zeigerinstrumente sind geeignet, simple Digitalgeräte versagen zumeist oder schalten automatisch auf AC um. Die Messung muß unter Last (während des Betriebs bei gleicher Stromstärke) erfolgen, da die Restwelligkeit sehr stark von der Auslastung des Gleichrichters abhängig ist. Angaben der Restwelligkeit müssen sich immer auf eine Stromstärke oder Auslastung des Gleichrichters beziehen.

$$\text{Restwelligkeit [\%]} = \frac{U_{AC} [V] * 100}{U_{DC} [V]}$$

### **Beispiel:**

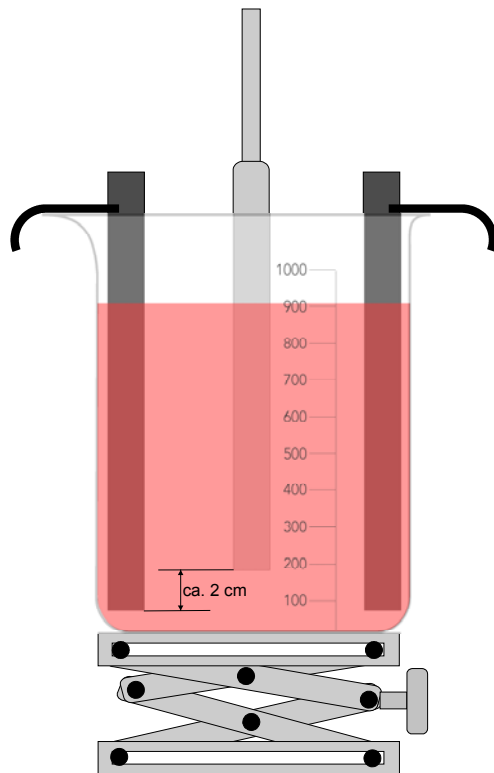
Ein 1000 A Gleichrichter wird bei 500 A auf Restwelligkeit geprüft.  
Bei 8 V Gleichspannung werden 0,4 V Wechselspannung angezeigt,  
die Restwelligkeit beträgt 5 % bei 50 % Gleichrichterauslastung.

Restwelligkeitsangaben der Gleichrichterhersteller beziehen sich gewöhnlich auf ohmsche Lasten, während Messungen in der Praxis am Bad die elektrische Kapazität des Elektrolyten mit erfassen und geringere Meßwerte ergeben als bei rein ohmschen Widerständen. Der Elektrolyt wirkt als elektrischer Kondensator und glättet teilweise die Restwelligkeit. Alle Angaben in diesem Bericht sind nominal Werte, Werte in Klammern geben die effektiv Werte an die mit einem Echt-Effektiv Spannungsmessgerät ermittelt wurden.

## UNTERSUCHUNGSBEDINGUNGEN

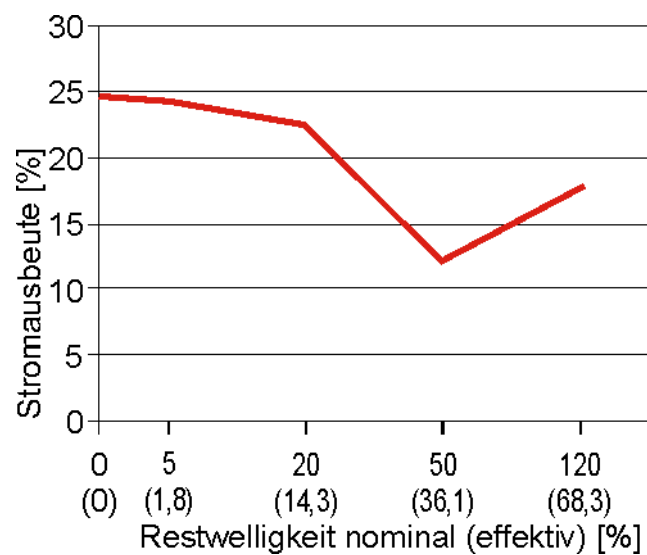
Elektrolyt:	ANKOR® 1127
Temperatur:	55 °C
Stromdichte:	50 A/dm <sup>2</sup>
Expositionszeit:	30 Minuten, bzw. mindestens 30 µm Schichtdicke, Erfassung der Ah durch geeichten Amperestundenzähler
Stromquelle:	Sonderanfertigung der Firma Munk mit einstellbarer Restwelligkeit auf nominal 0, 5, 20, 50 und 120 %, Leistung max. 20 A.
Prüfkörper:	Stahlkolben CK 45 induktiv gehärtet, 8 mm Durchmesser, Verchromungslänge 78 mm, entsprechend 0,2 dm <sup>2</sup> Fläche, Rz kleiner 1 µm, elektrolytisch Entfettet
Stromausbeute:	Bestimmung gravimetrisch durch Auswiegen vor und nach Beschichtung
Rißzahl:	Auszählen der Rißzahl an der Oberfläche nach Anätzen durch coulometrisches Ablösen von 1,5 µm. Mittelwert aus drei Messungen
Härtebestimmung:	Vickers Kleinlasthärte nach DIN an Kolbestangen mit mindestens 30 µm Cr

## VERSUCHSAUFBAU

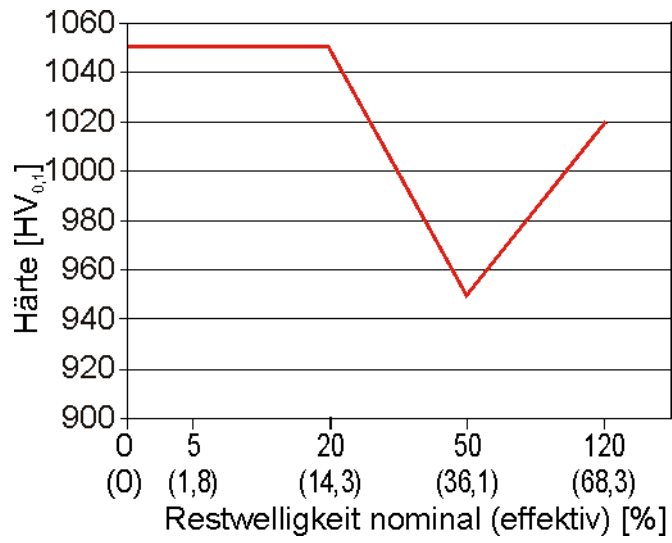


## VERSUCHSERGEBNISSE

Einfluss der Restwelligkeit auf die Stromausbeute und damit auf die Abscheidengeschwindigkeit



Einfluss der Restwelligkeit auf die Härte



Einfluss der Restwelligkeit auf die Rissbildung

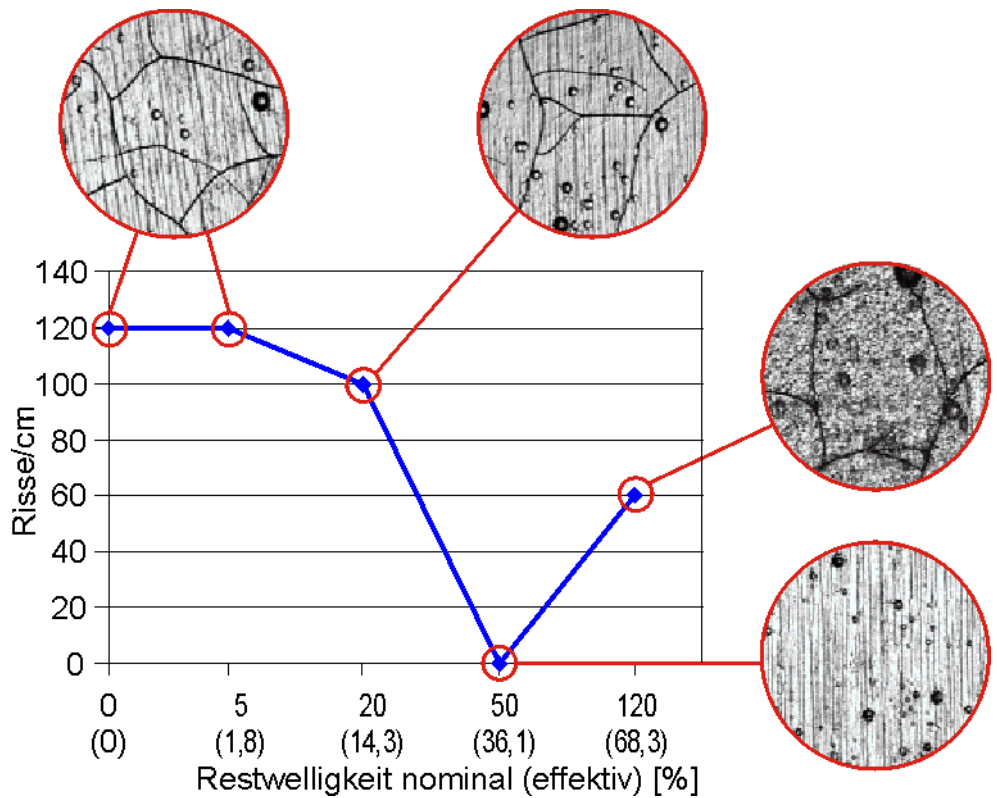




Foto 1  
Restwelligkeit 0 % und 5 %  
120 R/cm<sup>2</sup>, 1050 HV<sub>0,1</sub>, glänzend

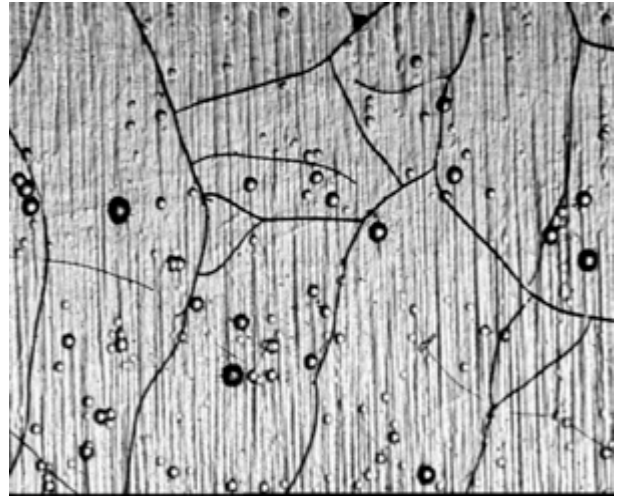


Foto 2  
Restwelligkeit 20 %  
100 R/cm<sup>2</sup>, 1050 HV<sub>0,1</sub>, glänzend

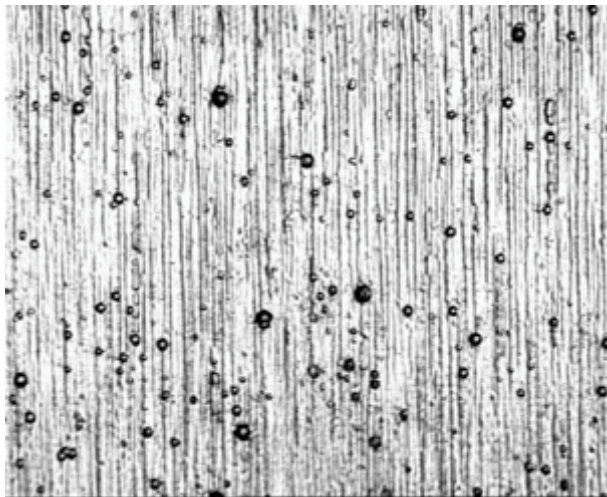


Foto 3  
Restwelligkeit 50 %  
Rissfrei, 950 HV<sub>0,1</sub>, glänzend

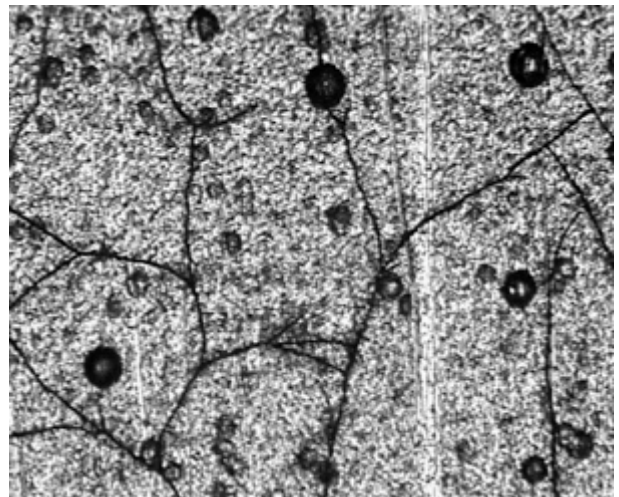


Foto 4  
Restwelligkeit 120 %  
60 R/cm<sup>2</sup>, 1020 HV<sub>0,1</sub>, matt

## **AUSWERTUNG**

Die Ergebnisse bei 0 und 5 % Restwelligkeit für Stromausbeute, Rißzahl und Härte unterscheiden sich nicht. Bei 20 % Restwelligkeit sinkt die Stromausbeute von 24,5 auf 21,9 %. Etwa 20 % weniger Risse werden ausgebildet, während sich bei der Härte noch kein Abfall zeigt.

Bei 50 % Restwelligkeit zeigt sich bei allen drei Eigenschaften ein Minimum, Die Stromausbeute halbiert sich fast gegenüber dem Ausgangswert. Risse werden nicht mehr ausgebildet, die Härte beträgt 950 HV<sub>0,1</sub>, etwa 100 unterhalb des Ausgangswerts.

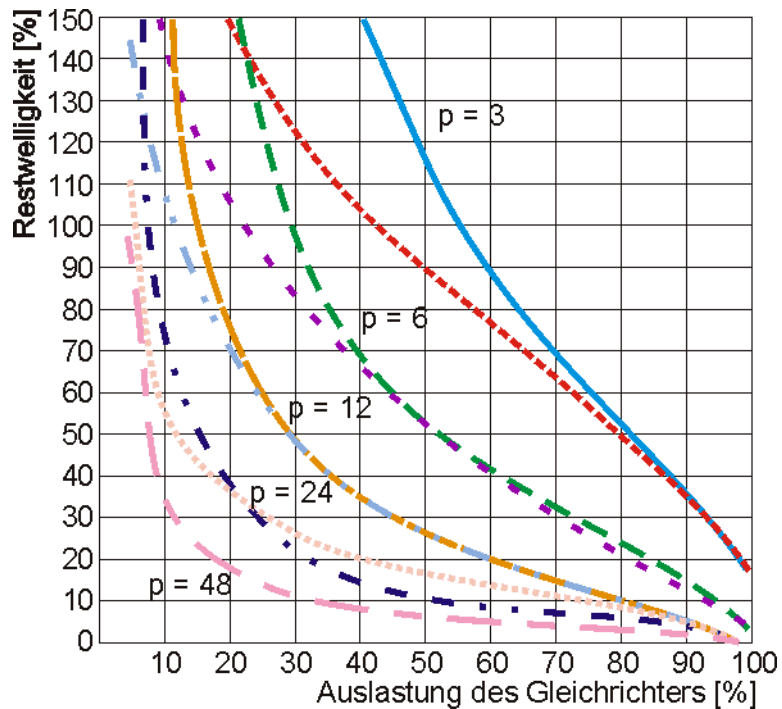
Bei 120 % Restwelligkeit steigen Stromausbeute, Rißzahl und Härte wieder an, verbleiben aber unter dem Ausgangsniveau. Das Aussehen der Chromschicht bei 120 % Restwelligkeit ist matt grau, alle anderen Schichten sind glänzend.

**Wie viel Restwelligkeit ist nun erlaubt?**

Mit Blick auf die untersuchten Eigenschaften der Chromschicht, wären Restwelligkeiten von bis zu 20% nominal in den meisten Anwendungen vertretbar. Ob 20 % Restwelligkeit wirtschaftlich vertretbar ist, entscheidet der Mehraufwand an elektrischer Energie und die Produktivität durch Verlangsamung der Abscheidung. Bei nominal 20 % Restwelligkeit, oder 14,3 % effektiv werden 10% weniger Chrom abgeschieden, entsprechend 10 % mehr Energieaufwand und 10 % Anlagenkapazitätsverlust. Eventuelle negative Auswirkungen auf die Metallverteilung und Deckfähigkeit erfaßt diese Untersuchung nicht. Die alte Forderung nach Gleichrichtern mit maximal 5 % Restwelligkeit ist somit für Hartchrom durchaus begründet. Höhere Restwelligkeiten sind im Bezug auf Schichteigenschaften bis 20 % vertretbar, aber vermutlich unwirtschaftlich.

**ANHANG** (Quelle: Munk)

Welligkeit symmetrisch gesteuerter Stromrichter-Schaltungen  
 als Funktion der Aussteuerung:



p = Pulszahl der Gleichrichter-Schaltung  
 Aussteuerung

Thyristor Gleichrichter ohne Glättung  
 6-pulsige Gleichrichter-Schaltung

Die nachstehende Tabelle zeigt den Zusammenhang zwischen Aussteuerung und Restwelligkeit für einen Gleichrichter mit 10 V Nennspannung.

Aussteuerung [%]	Ausgangsspannung [V]	Restwelligkeit [%]
100	10	±5
90	9	15
80	8	20
70	7	30
60	6	40
50	5	50
40	4	70
30	3	95
20	2	150
10	1	∞