

Alternative Edelmetallgütern zu den klassischen nichtrostenden Austeniten



Ergebnisse des IGF-Vorhabens Nr. 16049 N der AiF

Andreas Burkert
Jens Lehmann
Annette Burkert

BAM, Berlin



Gefördert durch:



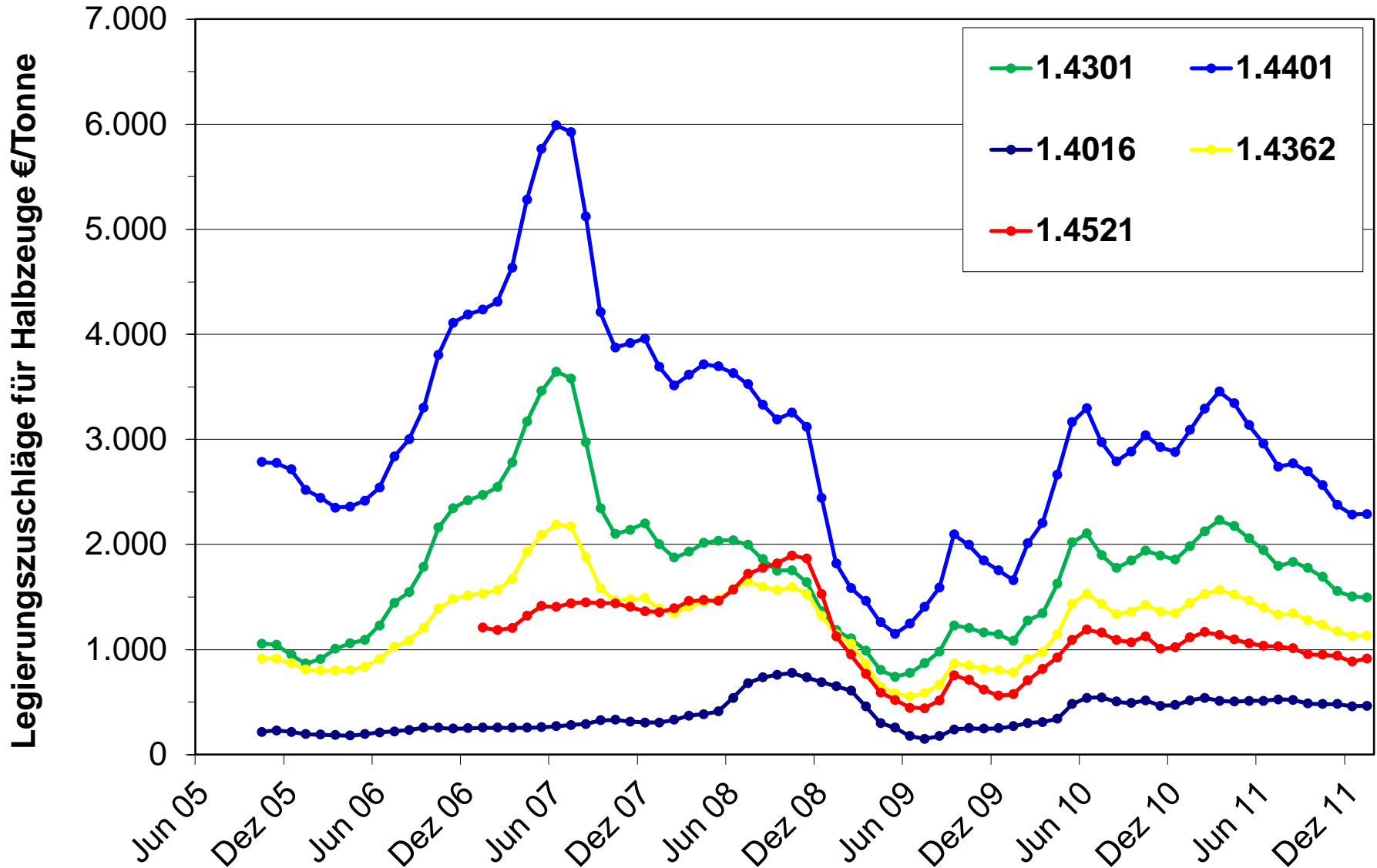
Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Praktikertagung im Metallhandwerk,
23. Februar 2012, Kaiserslautern



Preisentwicklung





Forschungsprojekt

- Werkstoffe -



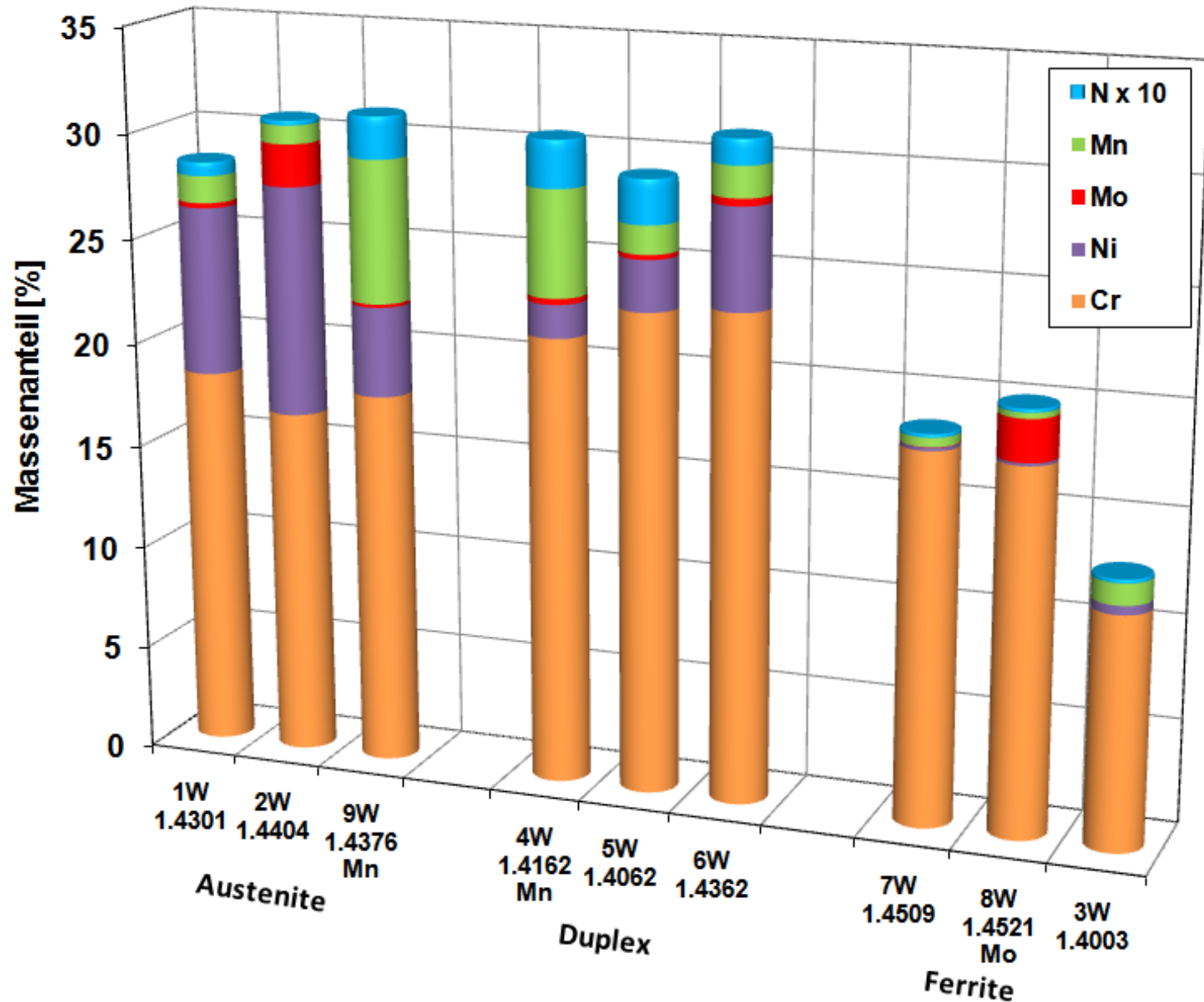
Werkstoff		Kurzbezeichnung	Wirksamkeit W*	Bemerkungen
1	1.4301	X5CrNi18-10	18 (17 – 20)	Austenit, KWK II, Referenz
2	1.4404	X2CrNiMo17-12-2	23 (23 – 27)	Austenit, KWK III, Referenz
3	1.4003	X2CrNi12	11 (11 – 13)	Ferrit, KWK I
4	1.4162	X2CrMnNiN22-5-2	25 (25 – 29)	Lean Duplex, Patent, Mangan
5	1.4062	X2CrNiN22-2	26 (25 – 30)	Lean Duplex, Patent
6	1.4362	X2CrNiN23-4	25 (23 – 29)	Duplex, KWK III
7	1.4509	X2CrTiNb18	18 (18 – 19)	Ferrit
8	1.4521	X2CrMoTi18-2	24 (23 – 28)	Ferrit, Molybdän
9	1.4376	X8CrMnNi19-6-3	18 (17 – 20)	Austenit, Mangan

*) $W = \% Cr + 3,3 \cdot \% Mo + x \cdot \% N$ (Mo \geq 1,0 % ; Austenit/Ferrit: x=0 ; Duplex : x=16)



Forschungsprojekt

- Werkstoffe -





Forschungsprojekt

- Oberflächen -



Oberflächenzustand	
W	kaltgewalzt, gebeizt + passiviert
TS	Trockenschliff
GP	Glasperlen gestrahlt
EP	Elektropoliert
S	Verbindungsschweißen, gebeizt + passiviert

Probenanzahl: ca. 2500 Proben



Forschungsprojekt

- Untersuchungen -



Auslagerungsversuche in künstlichen Klimaten

- Salzsprühkammer + Klimakammer (Cl⁻ Aufkonzentration)
- Kesternichtest (Cl⁻ + SO₂)
- Erde
- Reiniger-Lösungen

Freibewitterungsversuche (natürliche Klimate)

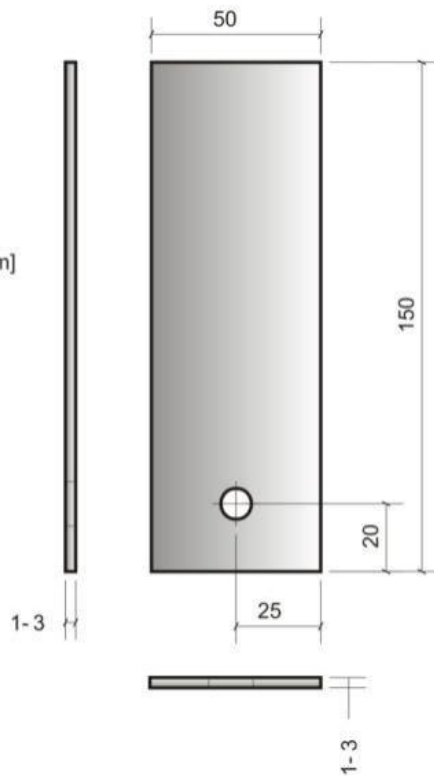
- Stadtklima
- Meeresklima
- Schwimmhalle
- Lebensmittelindustrie

Spannungsrissskorrosionsversuche (MgCl₂-Tropfentest)

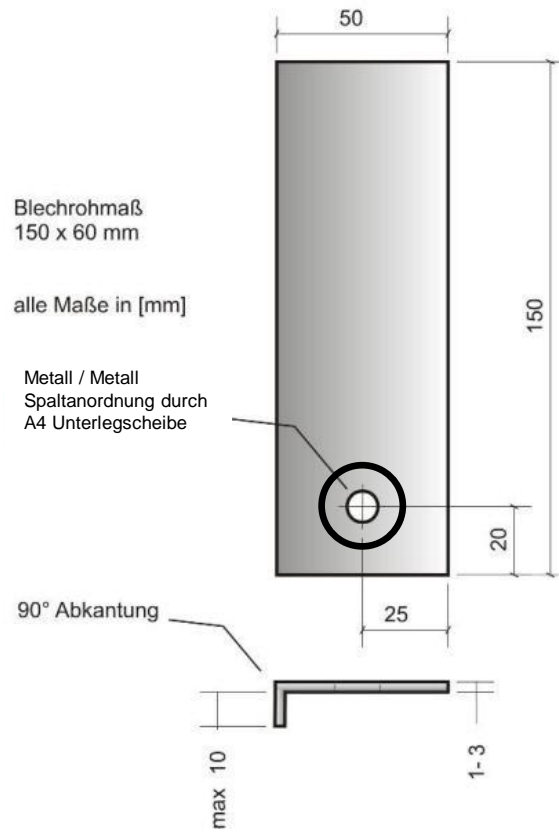
Elektrochemische Untersuchungen

- Stromdichte-Potential-Kurven
- Spaltkorrosionsversuche

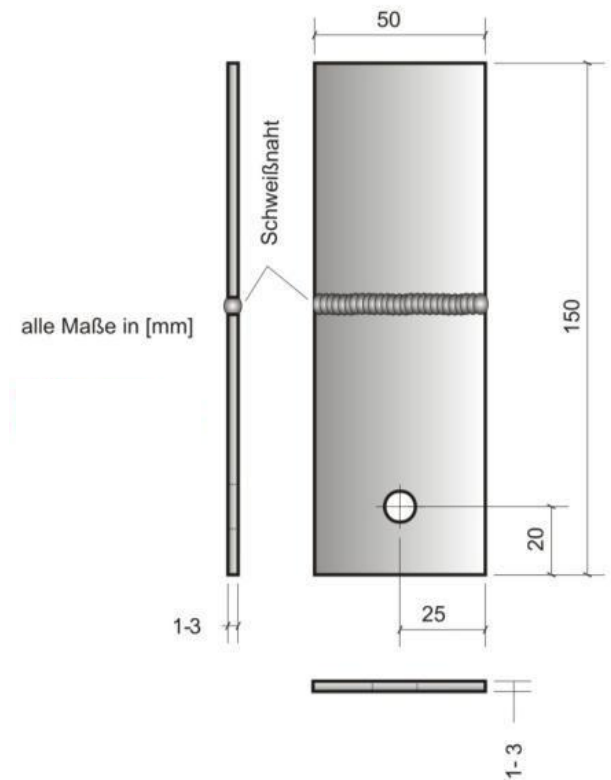
Oberflächenzustand TS, GP, EP



Oberflächenzustand W



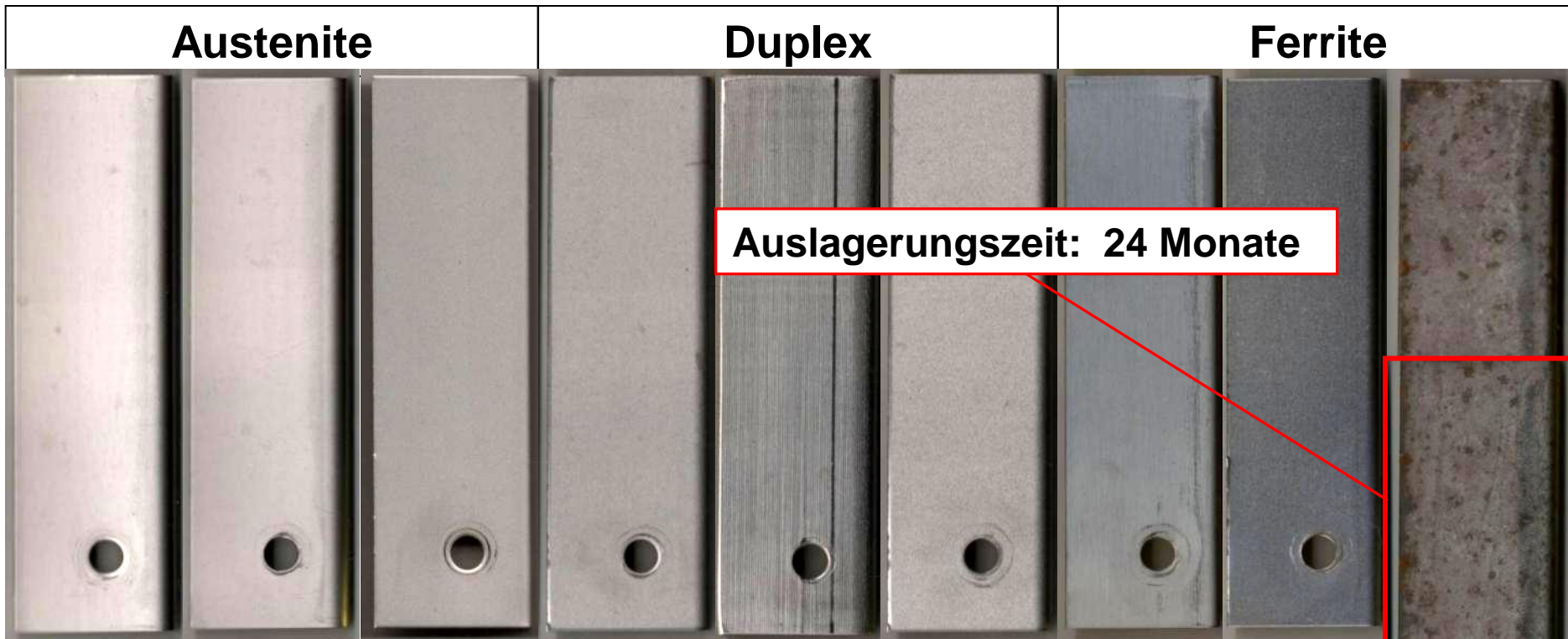
Oberflächenzustand S



Auslagerungsstand, Stadtatmosphäre Berlin



Auslagerungszeit: 12 und 24 Monate



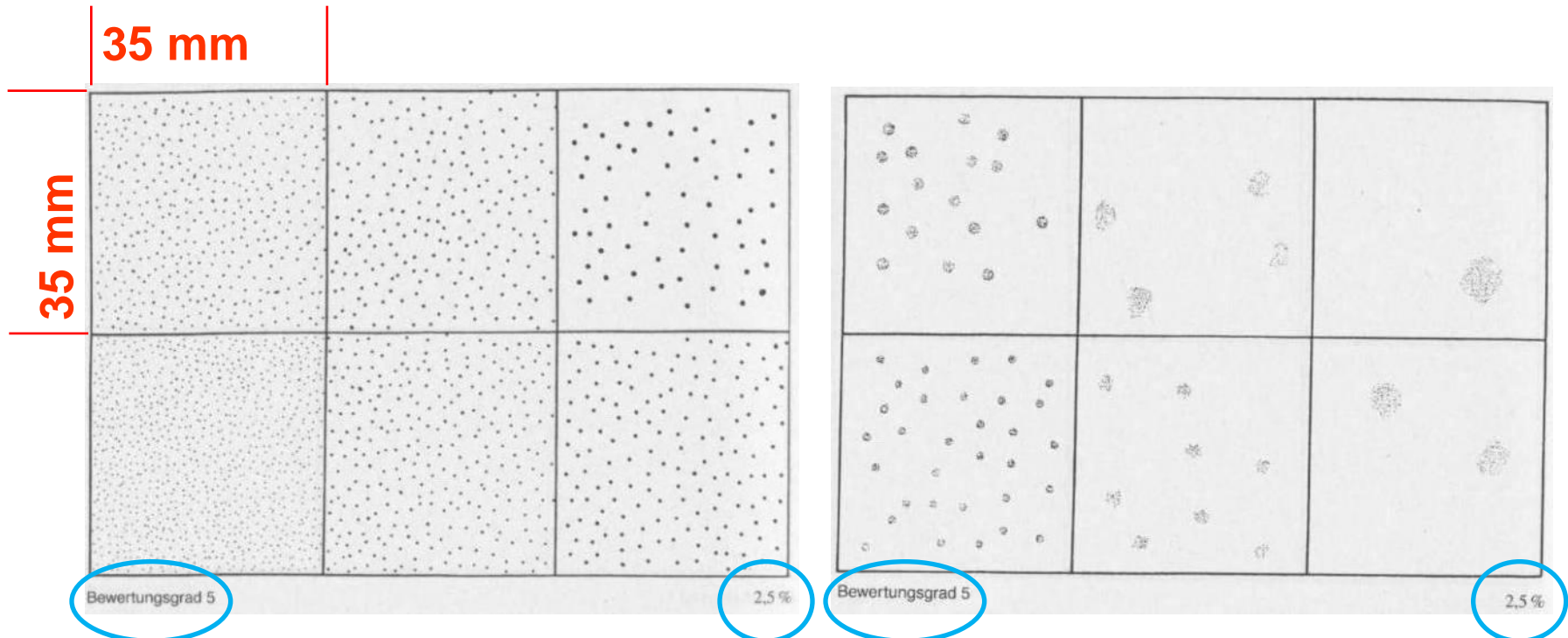
Auslagerungszeit: 24 Monate

1W	2W	9W	4W	5W	6W	7W	8W	3W
1.4301	1.4404	1.4376	1.4162	1.4062	1.4362	1.4509	1.4521	1.4003
A _{Ni}	A _{Ni+Mo}	A _{Mn}	D _{Mn}	D	D	F	F _{Mo}	F

Klassifizierung des Oberflächenzustandes



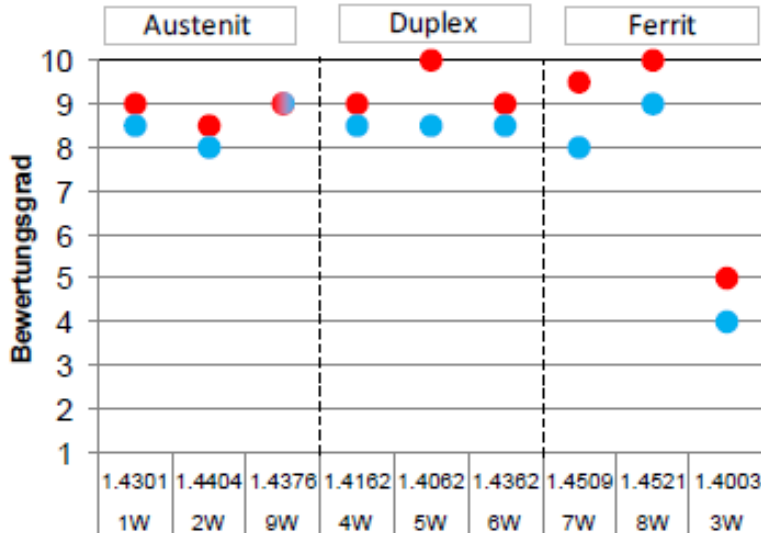
- in Anlehnung an **DIN EN ISO 10289:2001**
- Bewertung des schlechtesten Oberflächenanteils einer Probe
- Bewertungsfenster **35 x 35 mm**
- Eingruppierung des Oberflächenzustandes in 10 Bewertungsgrade bezogen auf **Flächenanteil der Flecken**
- Rand- und Spalteffekte an Probenhalterungen ohne Bewertung



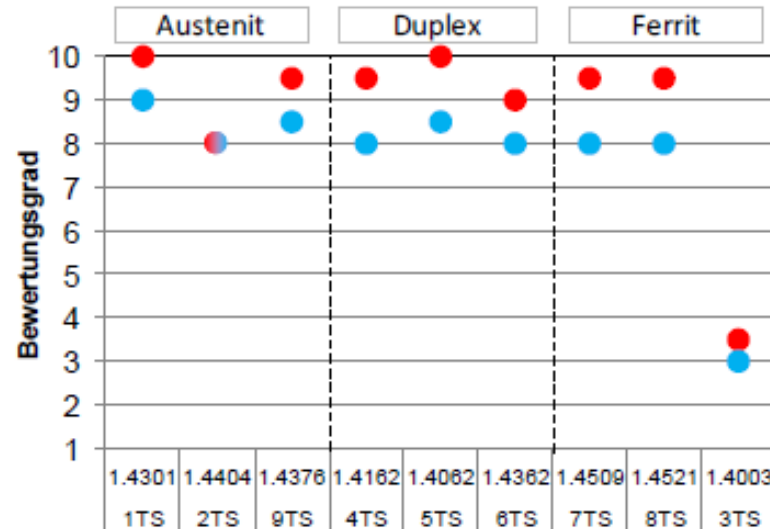
Stadtatmosphäre Berlin, freibewittert



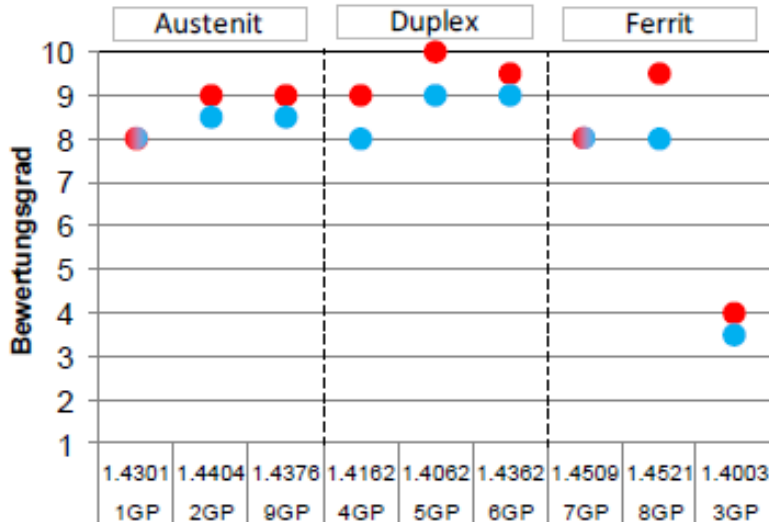
W Walzoberfläche



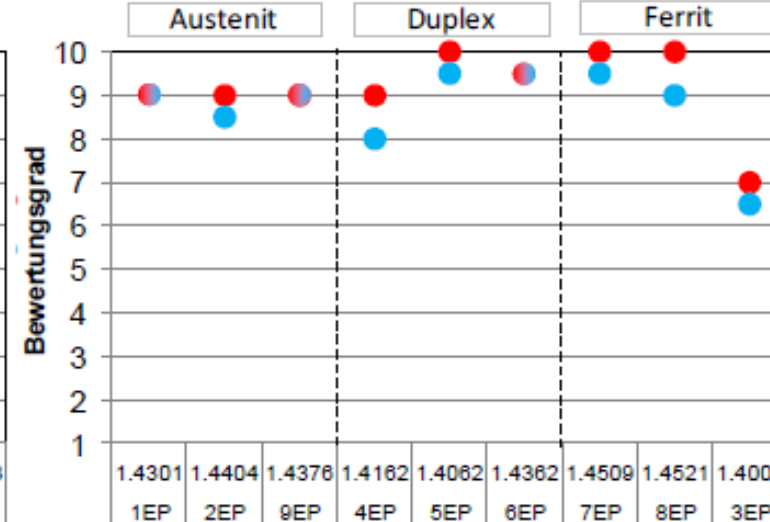
TS Trockenschliff



GP Glasperlen gestrahlt



EP Elektropoliert

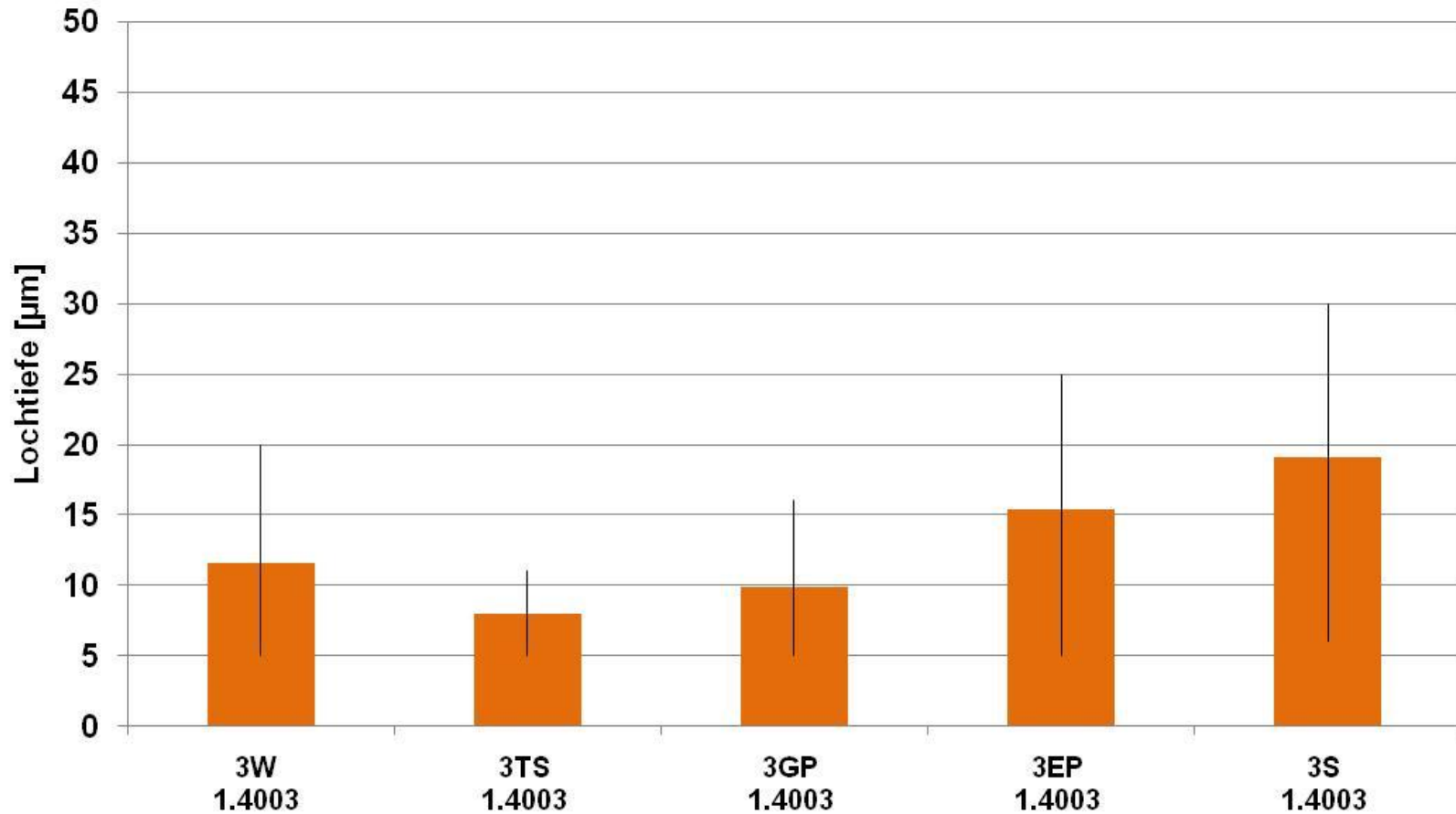


● 12 Monate ● 24 Monate

Lochtiefenermittlung Werkstoff 1.4003



BAM Dach freibewittert, 24 Monate



Auslagerungsstand, Meeresatmosphäre Helgoland



freibewittert

überdacht



Auslagerungsbeginn September 2009:

Werkstoffe: 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9

Oberflächen: W, TS, GP, S

Auslagerungsbeginn Juni 2010

Werkstoffe: 5 (1.4062, alle Oberflächen)

Oberflächen: EP (alle Werkstoffe)

Meeresatmosphäre freibewittert

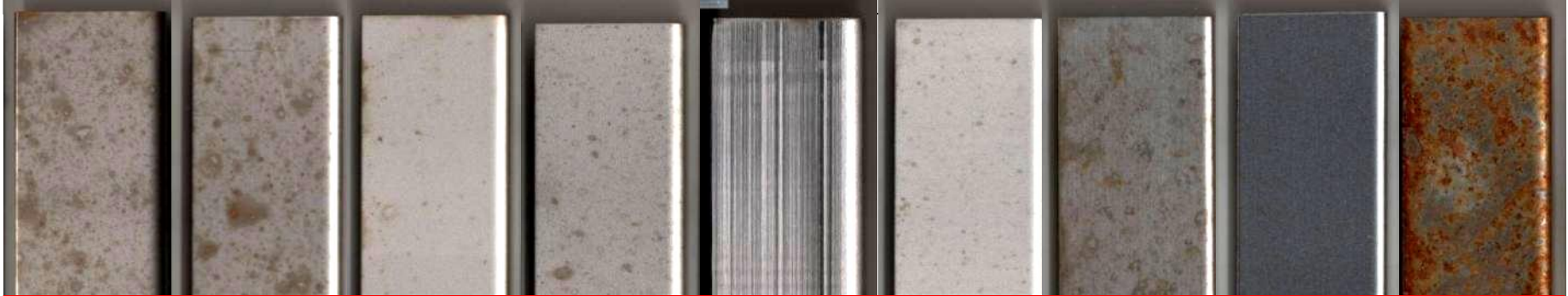


Auslagerungszeit: 12 Monate

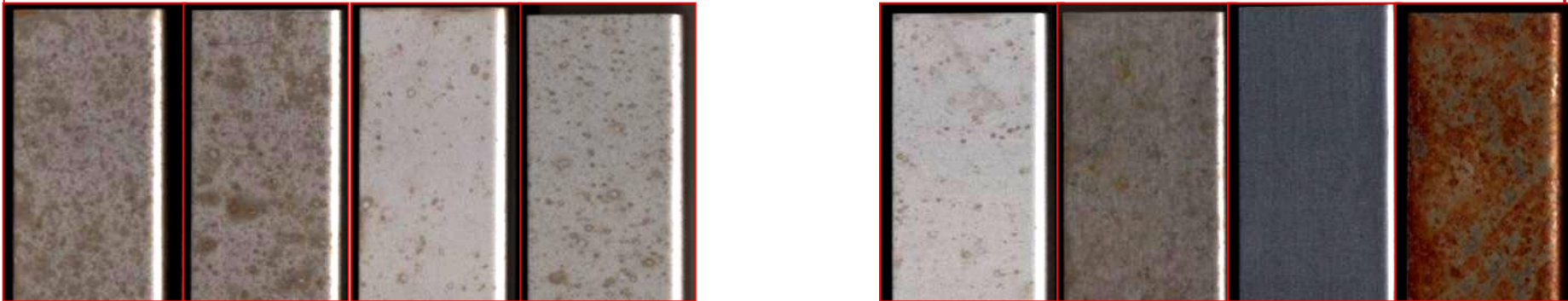
Austenite

Duplex

Ferrite



Auslagerungszeit: 22 Monate

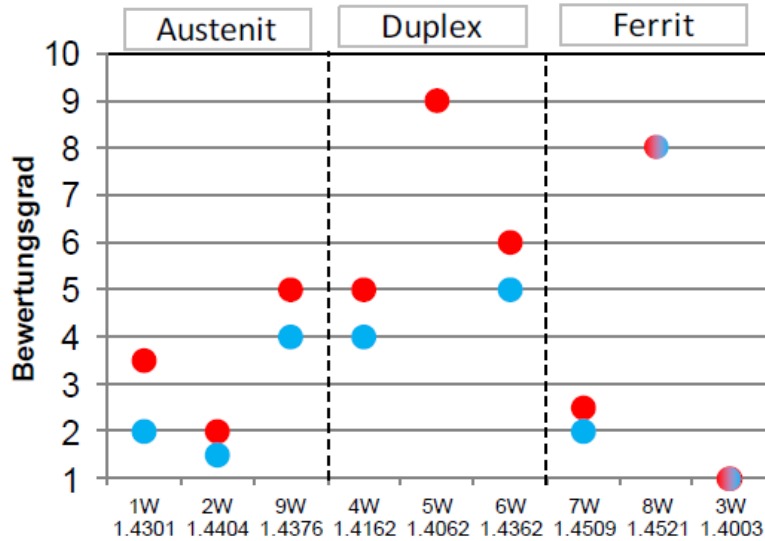


1W	2W	9W	4W	5W	6W	7W	8W	3W
1.4301	1.4404	1.4376	1.4162	1.4062	1.4362	1.4509	1.4521	1.4003

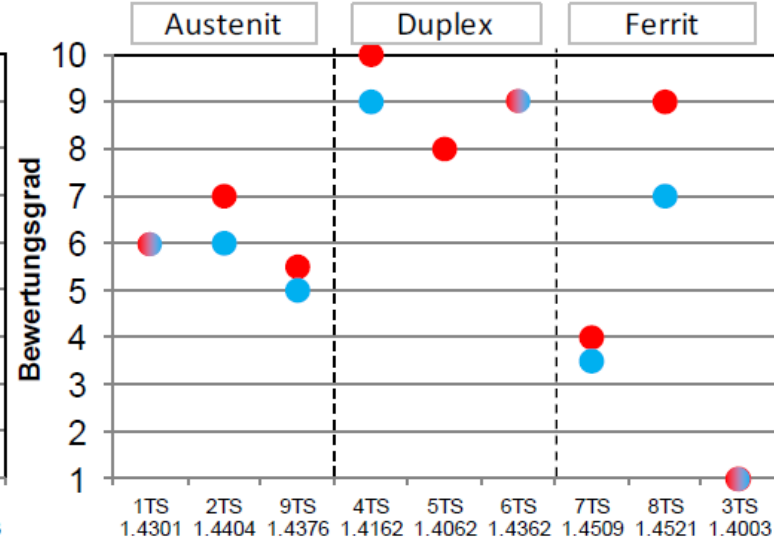
Meeresatmosphäre freibewittert



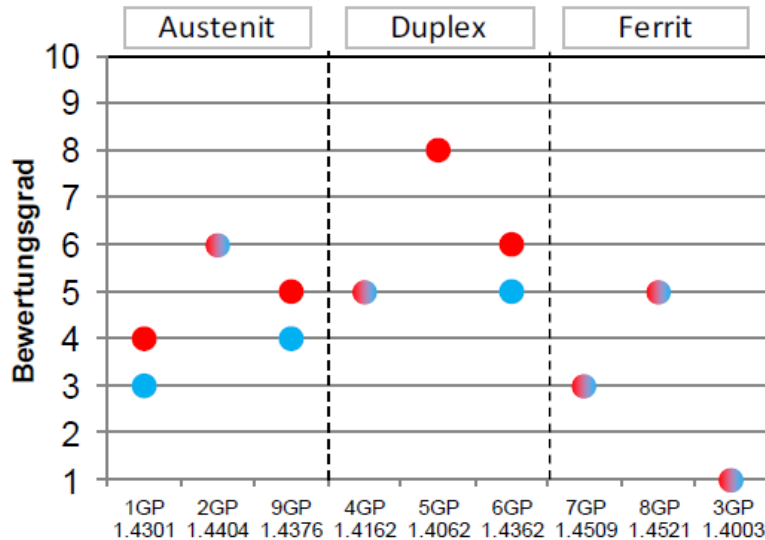
W Walzoberfläche



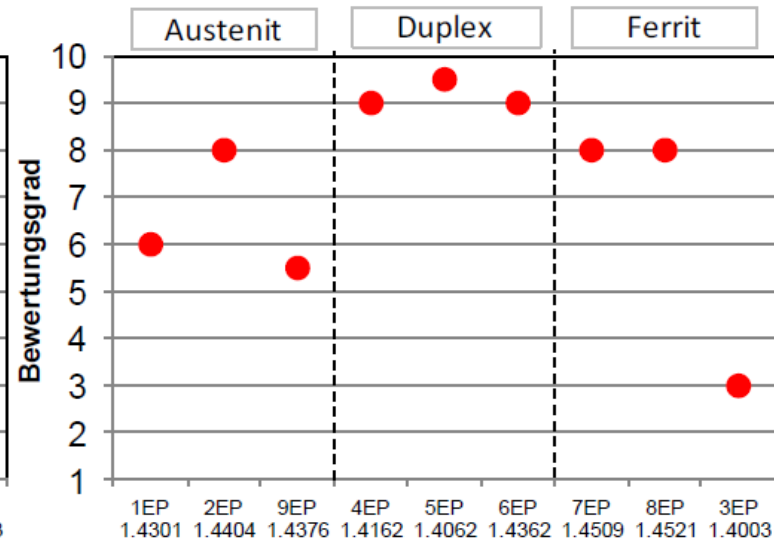
TS Trockenschliff



GP Glasperlen gestrahlt



EP Elektropoliert

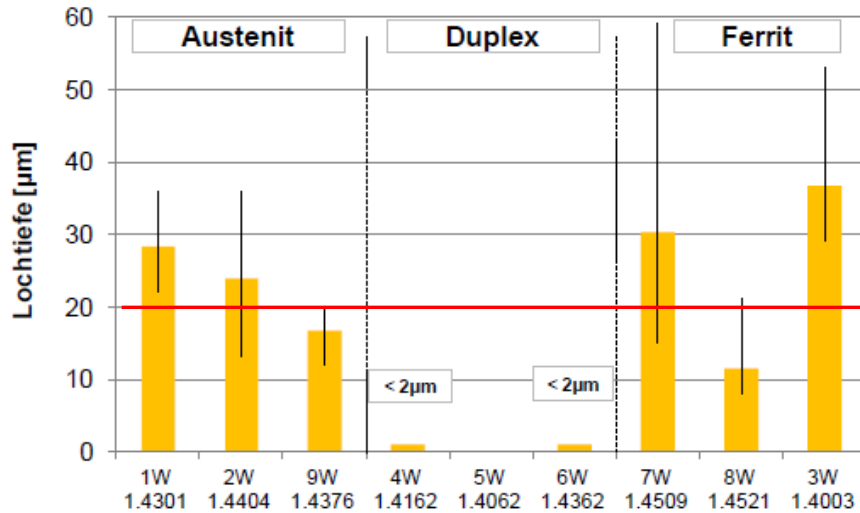


● 12 Monate ● 22 Monate

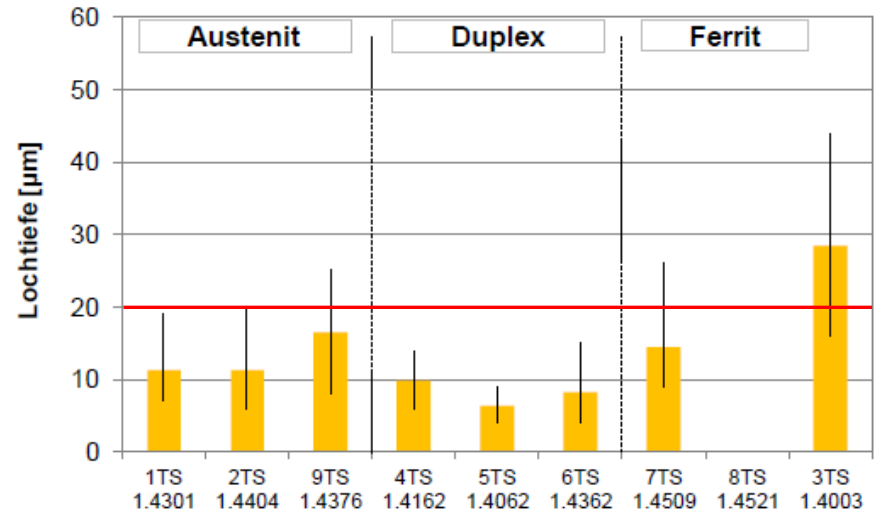
Meeresatmosphäre freibewittert, 22 Monate



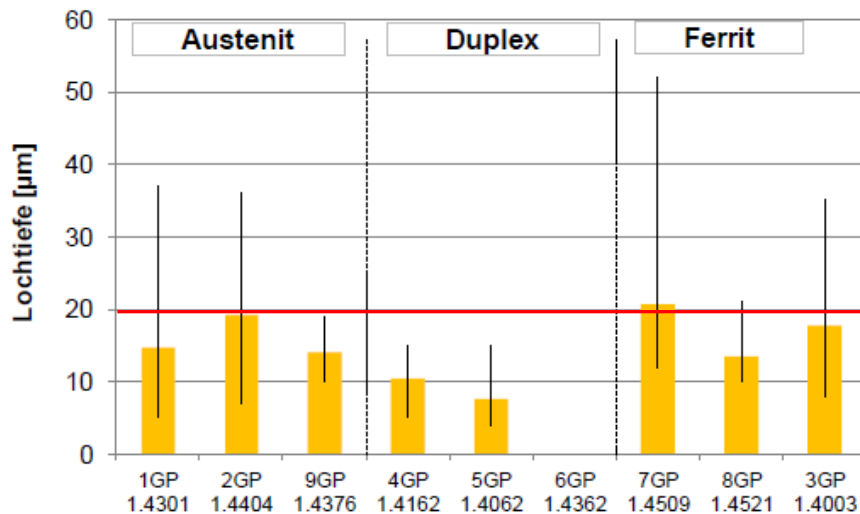
W Walzoberfläche



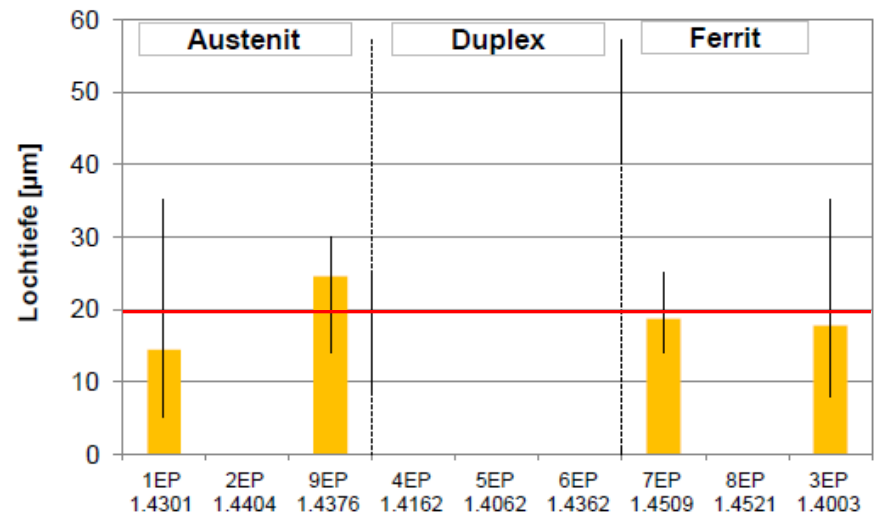
TS Trockenschliff



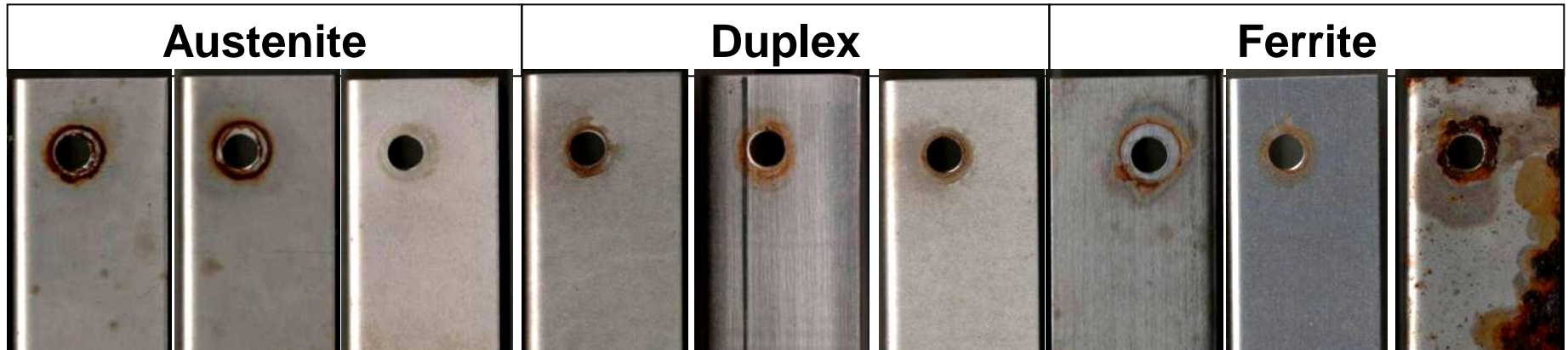
GP Glasperlen gestrahlt



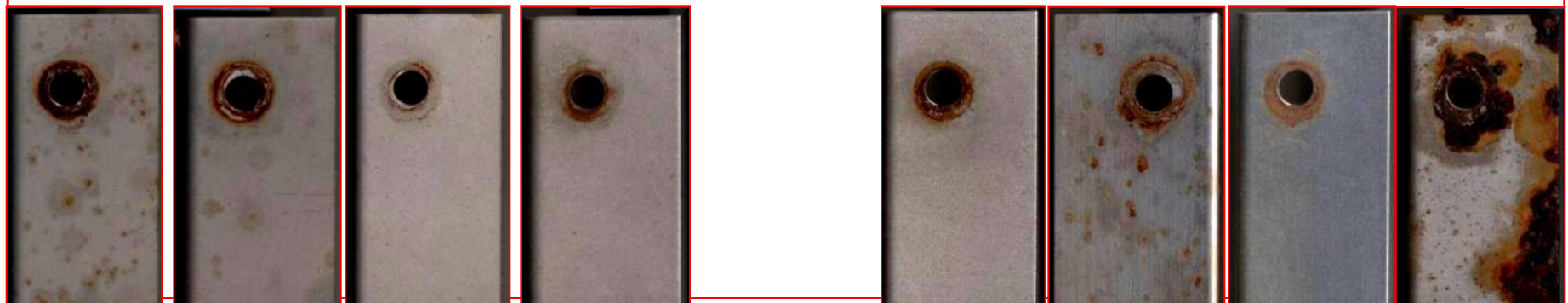
EP Elektropoliert



Auslagerungszeit: 12 Monate

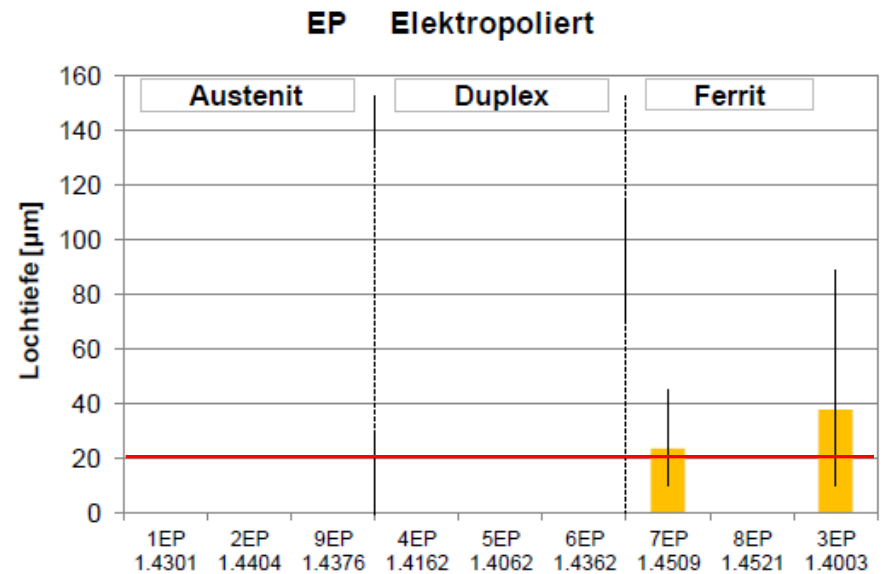
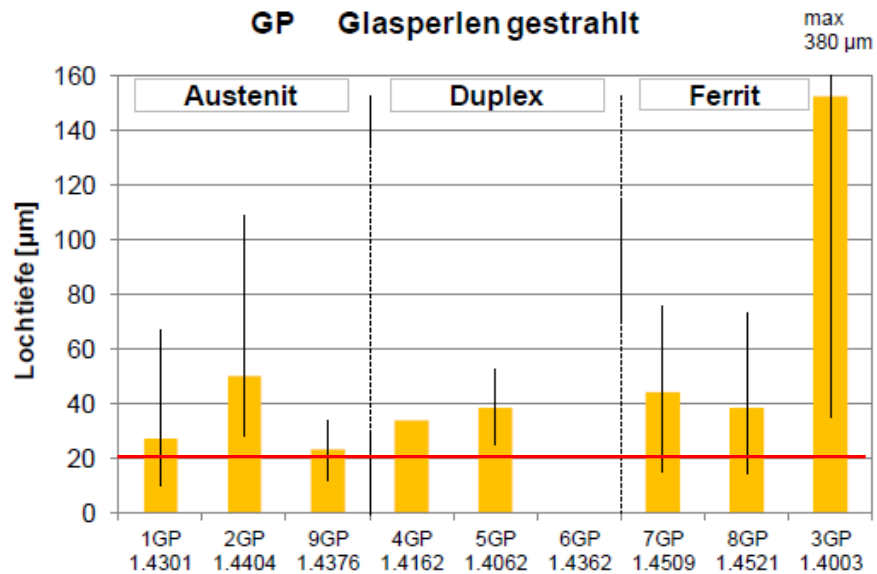
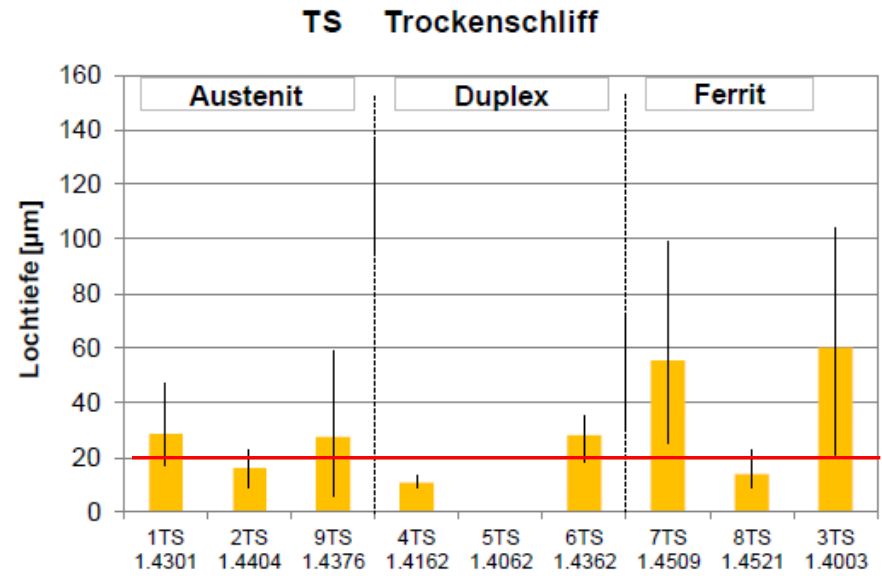
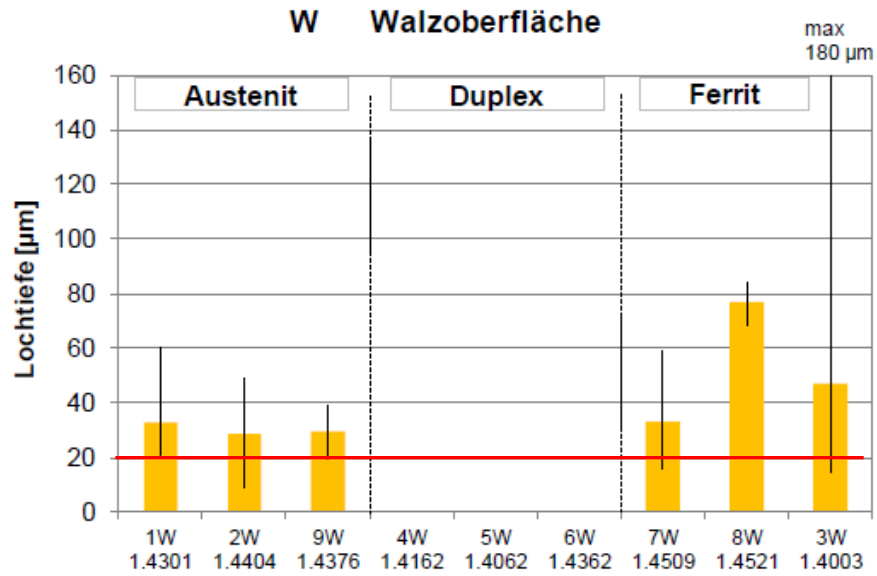


Auslagerungszeit: 22 Monate



1W	2W	9W	4W	5W	6W	7W	8W	3W
1.4301	1.4404	1.4376	1.4162	1.4062	1.4362	1.4509	1.4521	1.4003

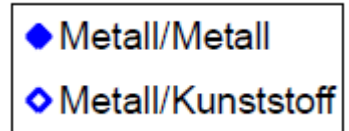
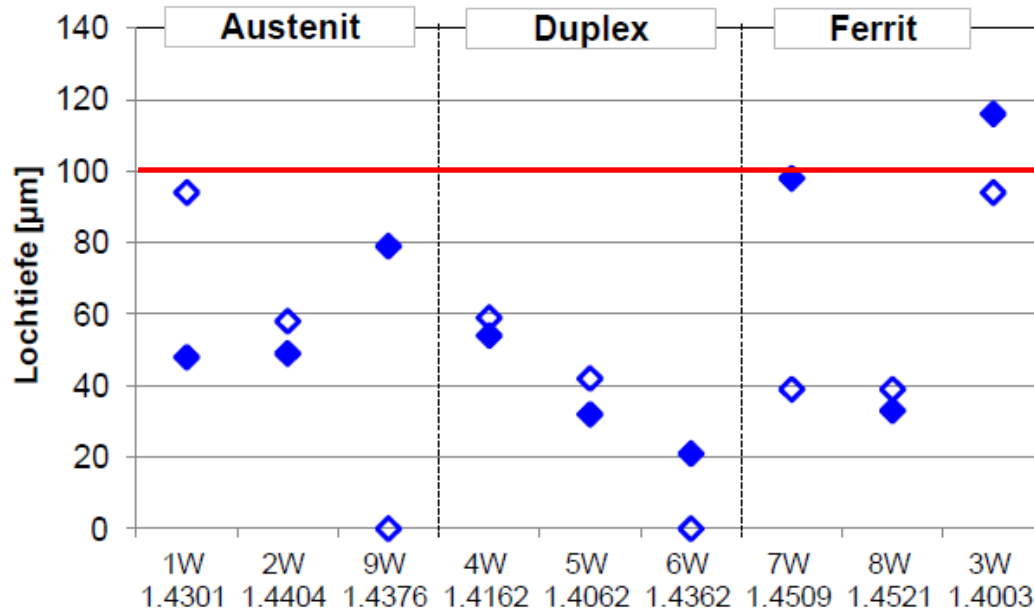
Meeresatmosphäre überdacht, 22 Monate



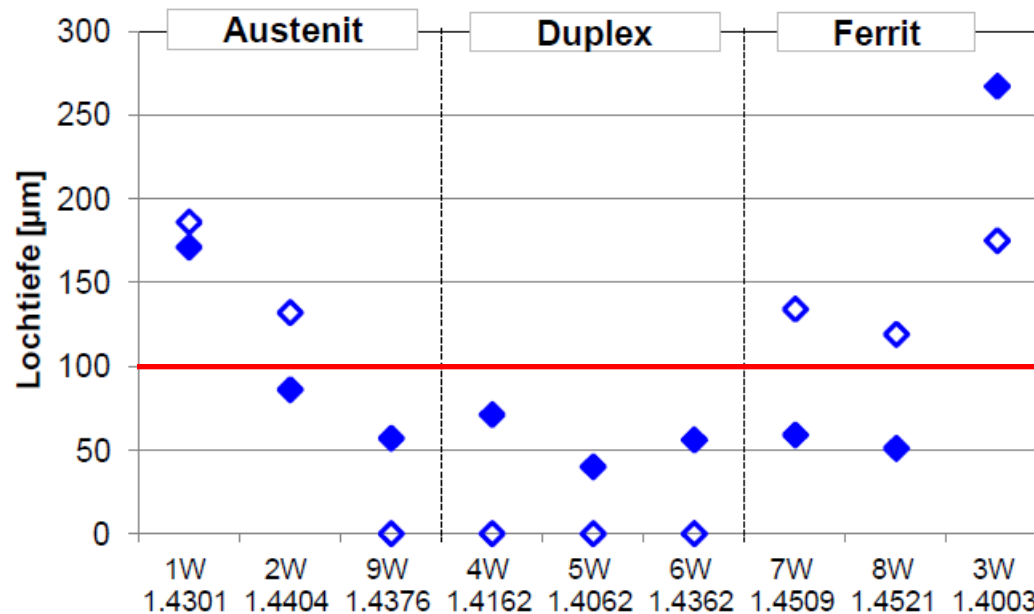
Meeresatmosphäre, Lochtiefen im Spalt, 22 Monate



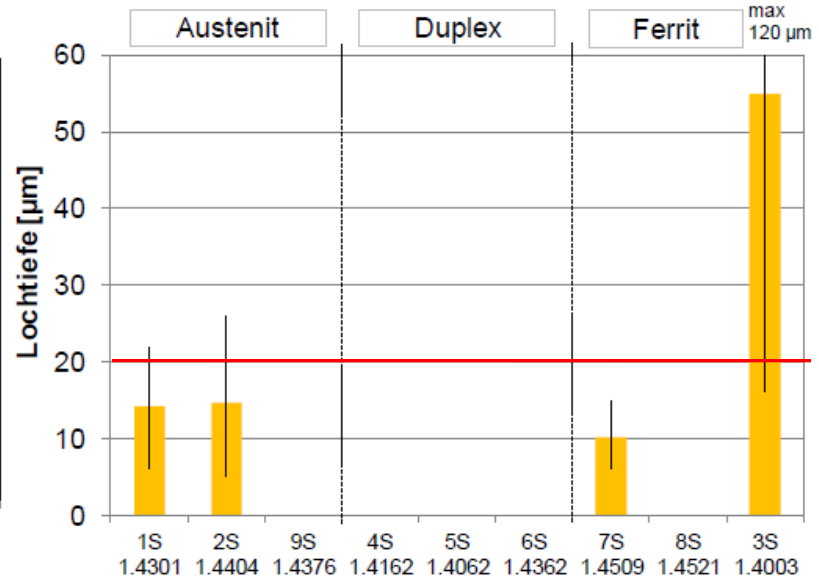
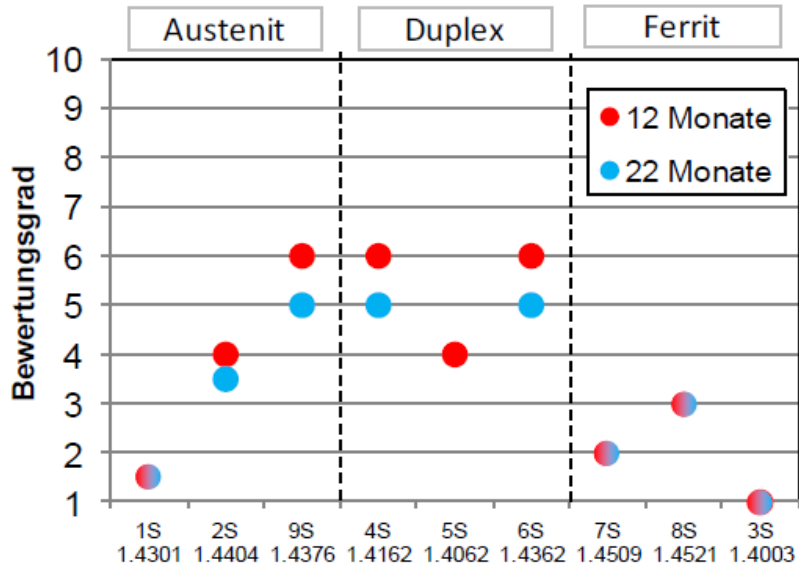
freibewittert



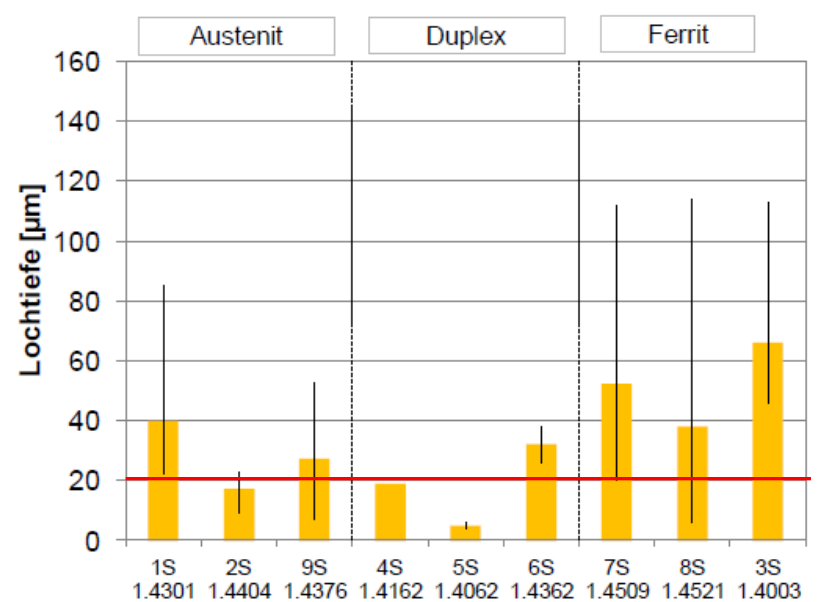
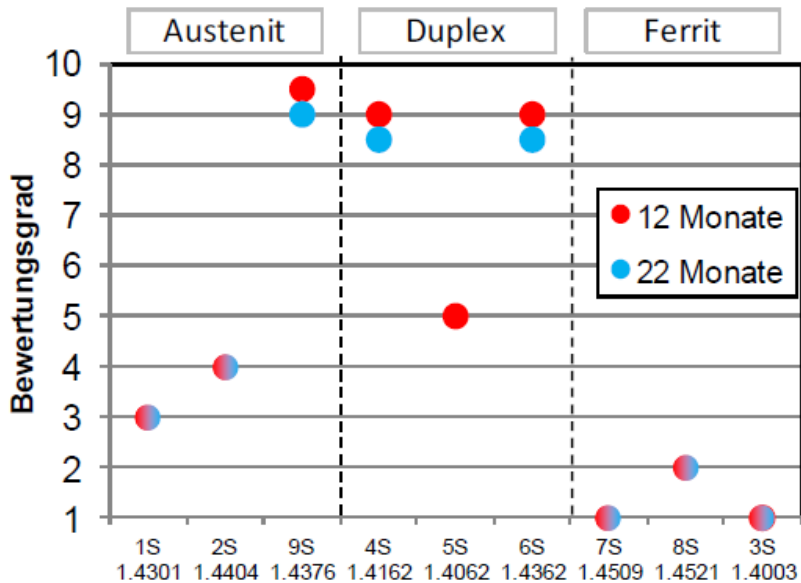
überdacht



Meeresatmosphäre, Schweißnaht, 22 Monate



freibewittert

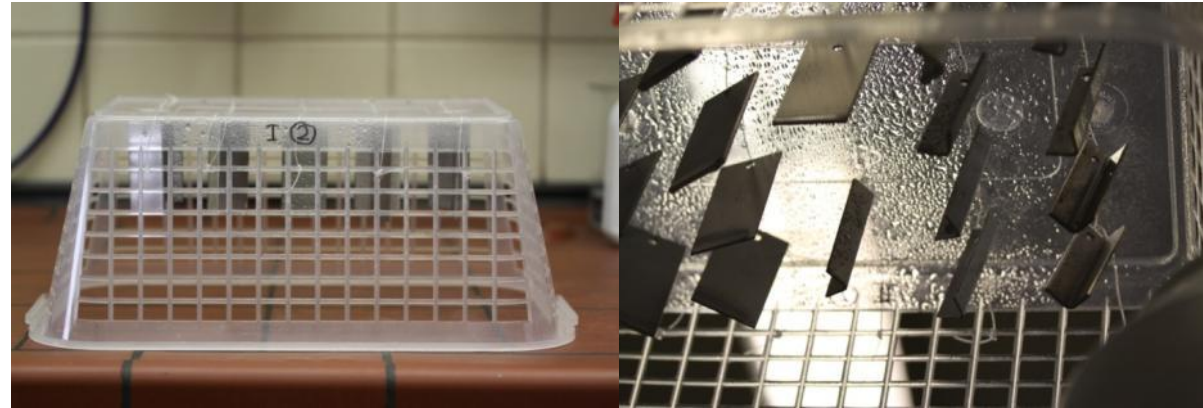


überdacht

Auslagerungsversuch Thermalbad

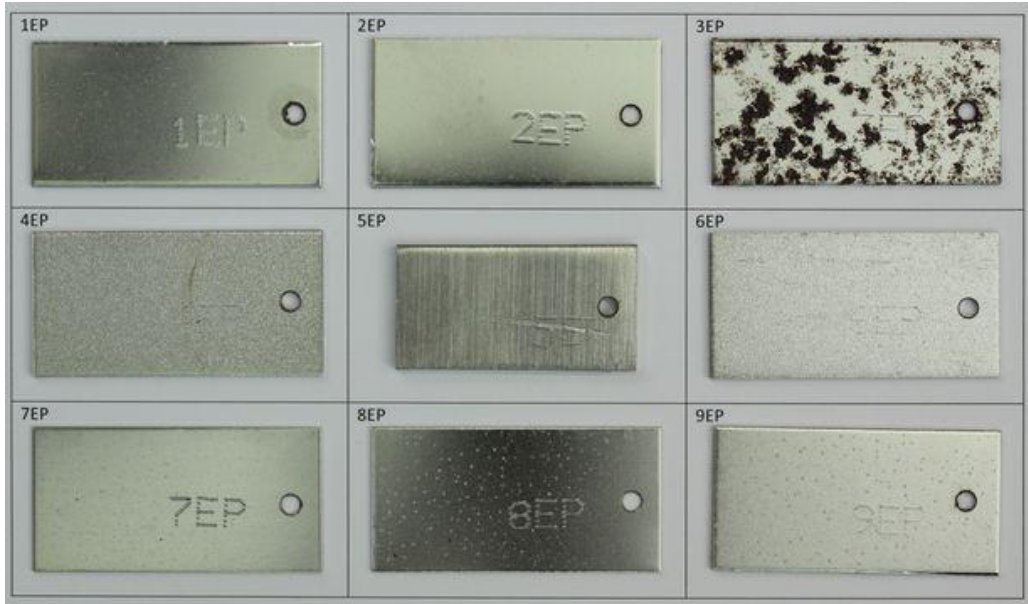


Standort

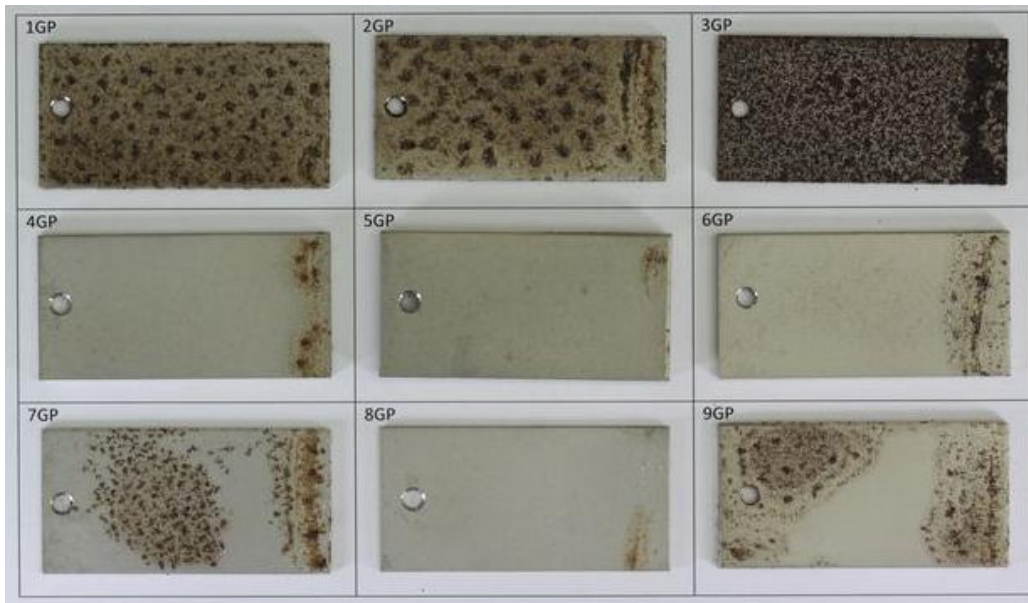
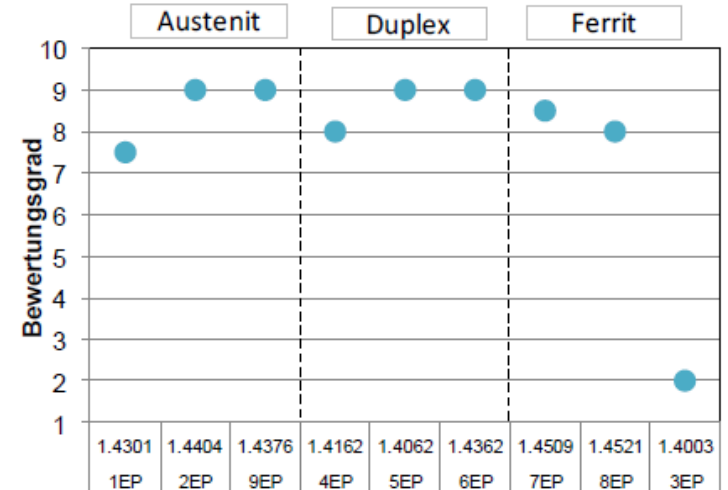


Start: 19.03.2010
Temperatur: 28-30°C
Luftfeuchtigkeit: ~60%
Vorbehandlung: 3%ige NaCl-Lösung

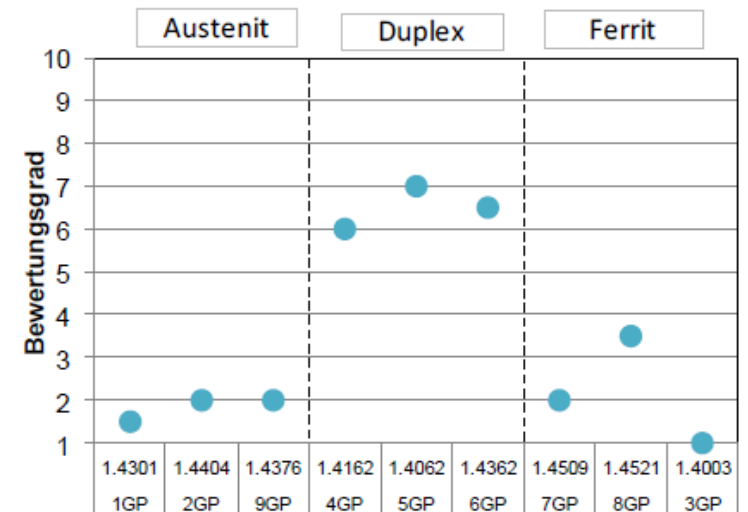
Thermalbad-Auslagerung, 14 Monate



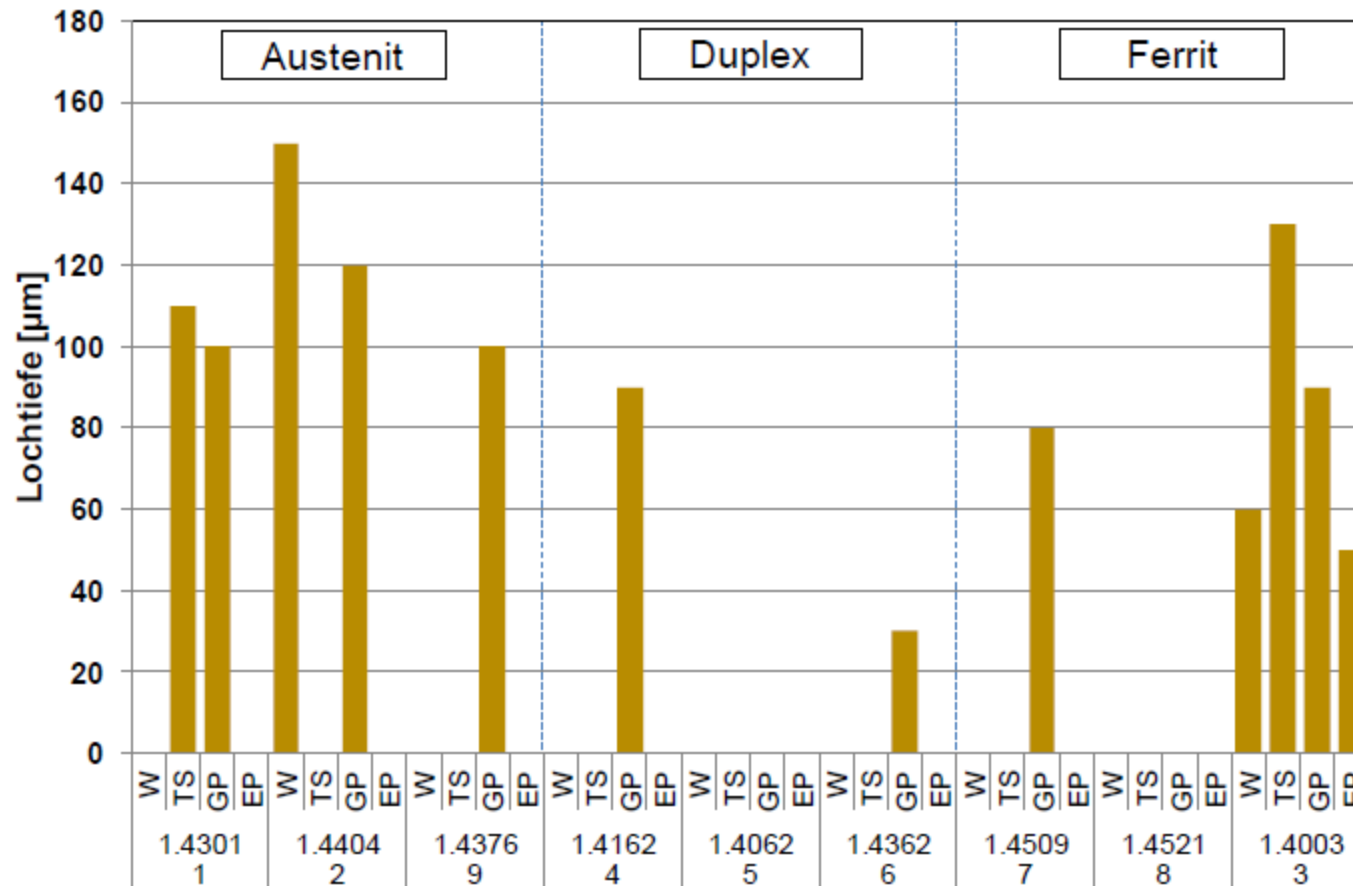
EP Elektropoliert



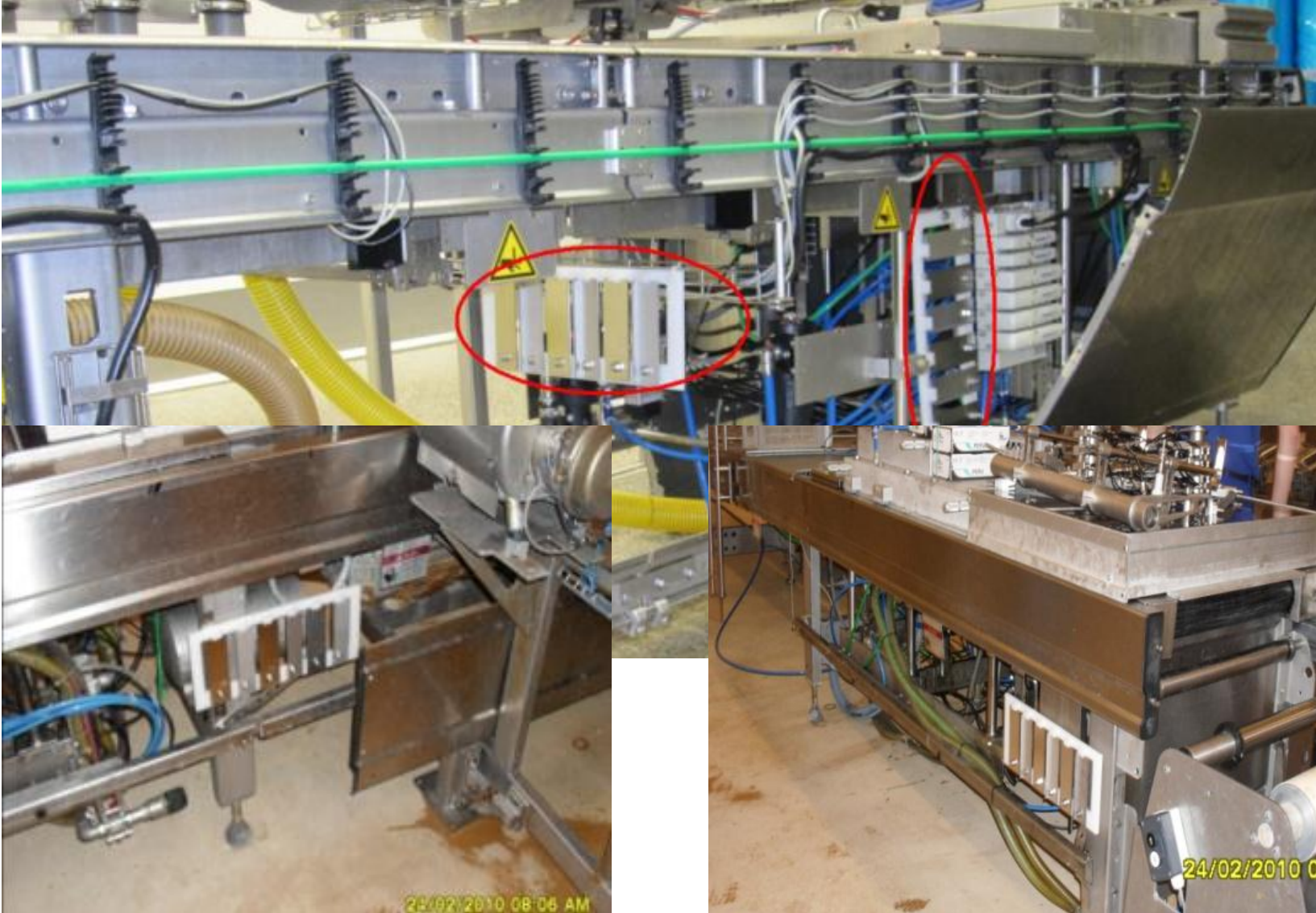
GP Glasperlen gestrahlt



Thermalbad-Auslagerung, 14 Monate



Auslagerung Lebensmittelindustrie



Reiniger-Auslagerung



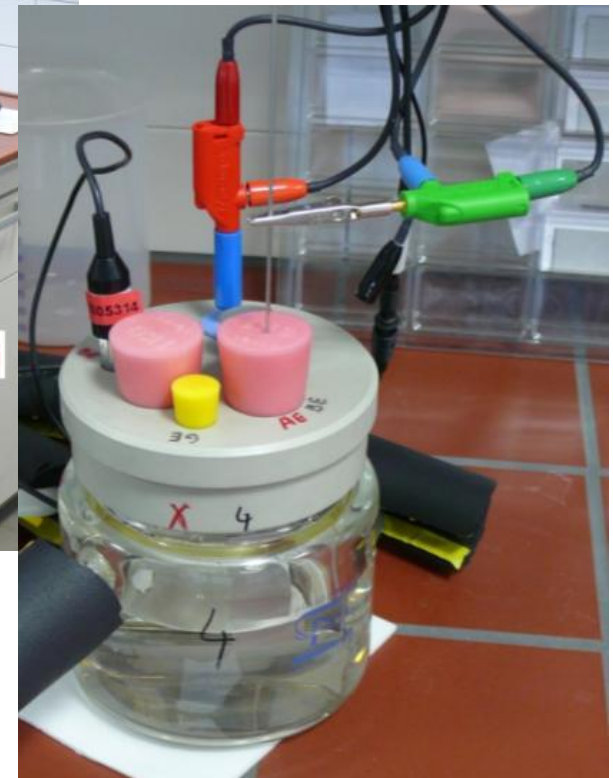
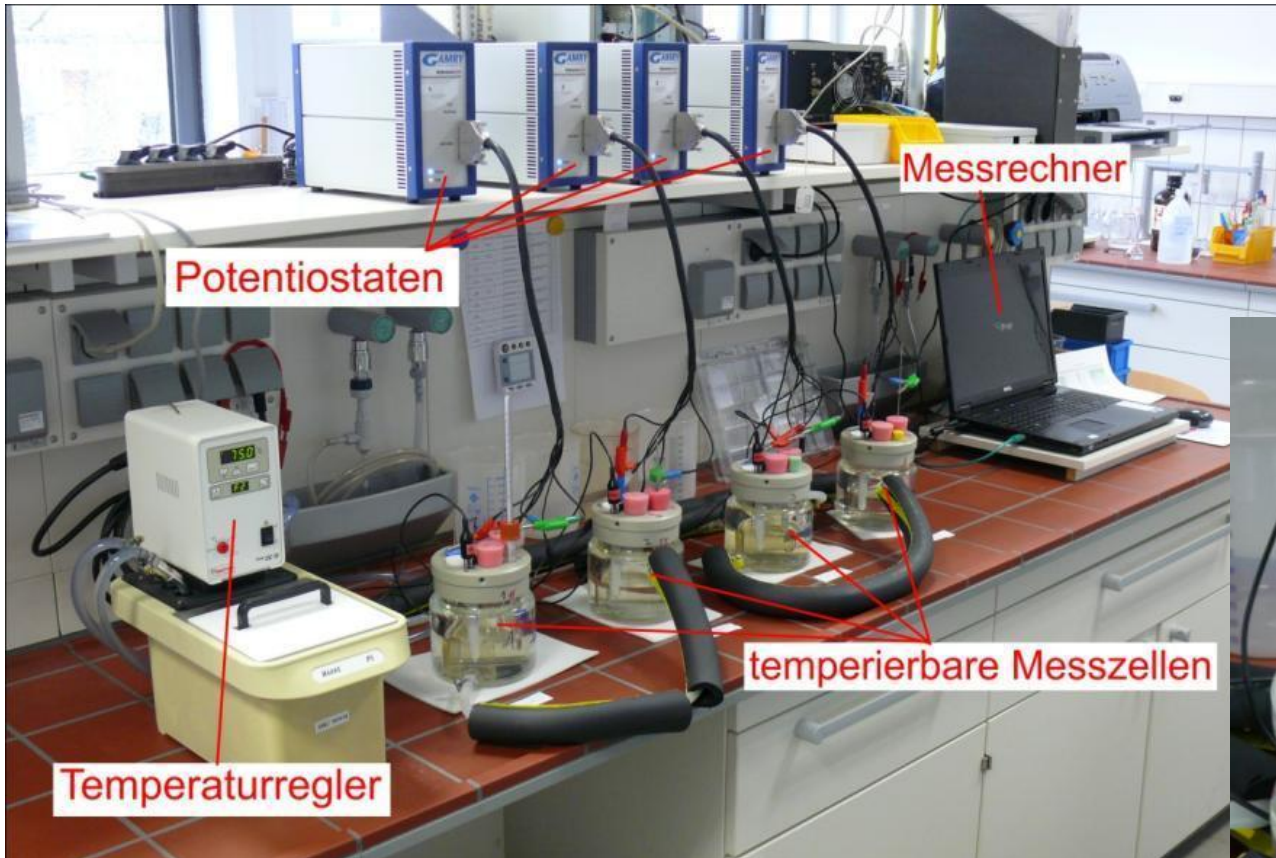
- **Acigel VG7**
 - Saurer Schaum- und Gelreiniger
 - Phosphorsäure $\geq 30\%$
 - Salpetersäure $< 5\%$
- **Supergel VG3**
 - Alkalischer Schaum- und Gelreiniger
 - Isopropanol 5-15%
- **TEGO 2000**
 - Desinfektionsmittel
 - Alkylaminoessigsäure mit Alkyldiazapentan 15-30%

Ausgelagert bei 20°C über 48 Tage
Keine Korrosion

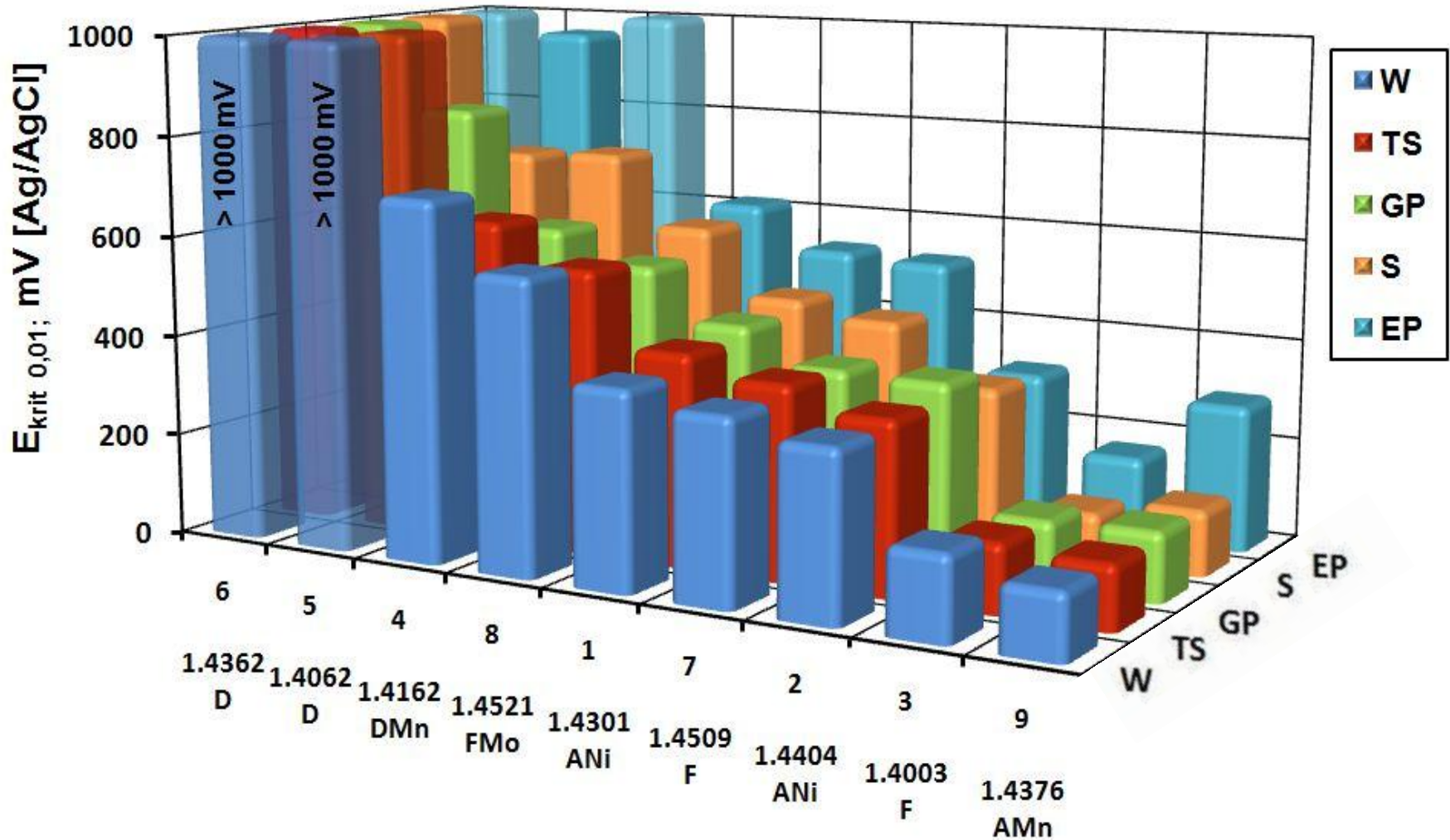
Ausgelagert bei 48°C über 50 Tage
Keine Korrosion
Flächige Verfärbung

Ausgelagert bei 48°C über 75 Tage
Keine Korrosion
flächige Verfärbung

Elektrochemische Untersuchungen



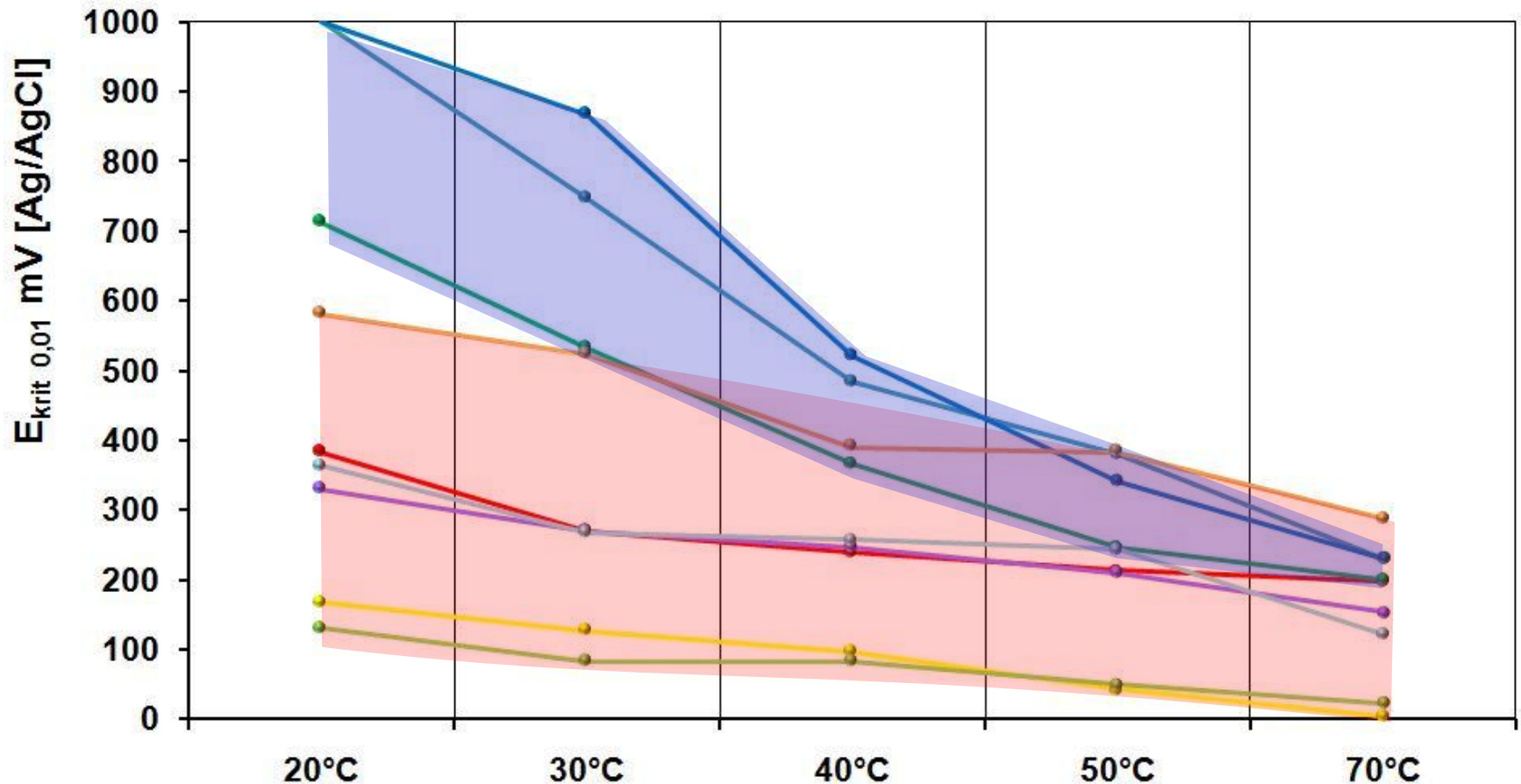
Elektrochemische Untersuchungen



Mittelwerte aus 3 Vergleichsproben, 3 g/l Chlorid, pH 4,5 , T = 20°C

Elektrochemische Untersuchungen

1W	2W	3W	4W	5W	6W	7W	8W	9W
1.4301	1.4404	1.4003	1.4162	1.4062	1.4362	1.4509	1.4521	1.4376
ANi	ANi	F	DMn	D	D	F	FMo	AMn

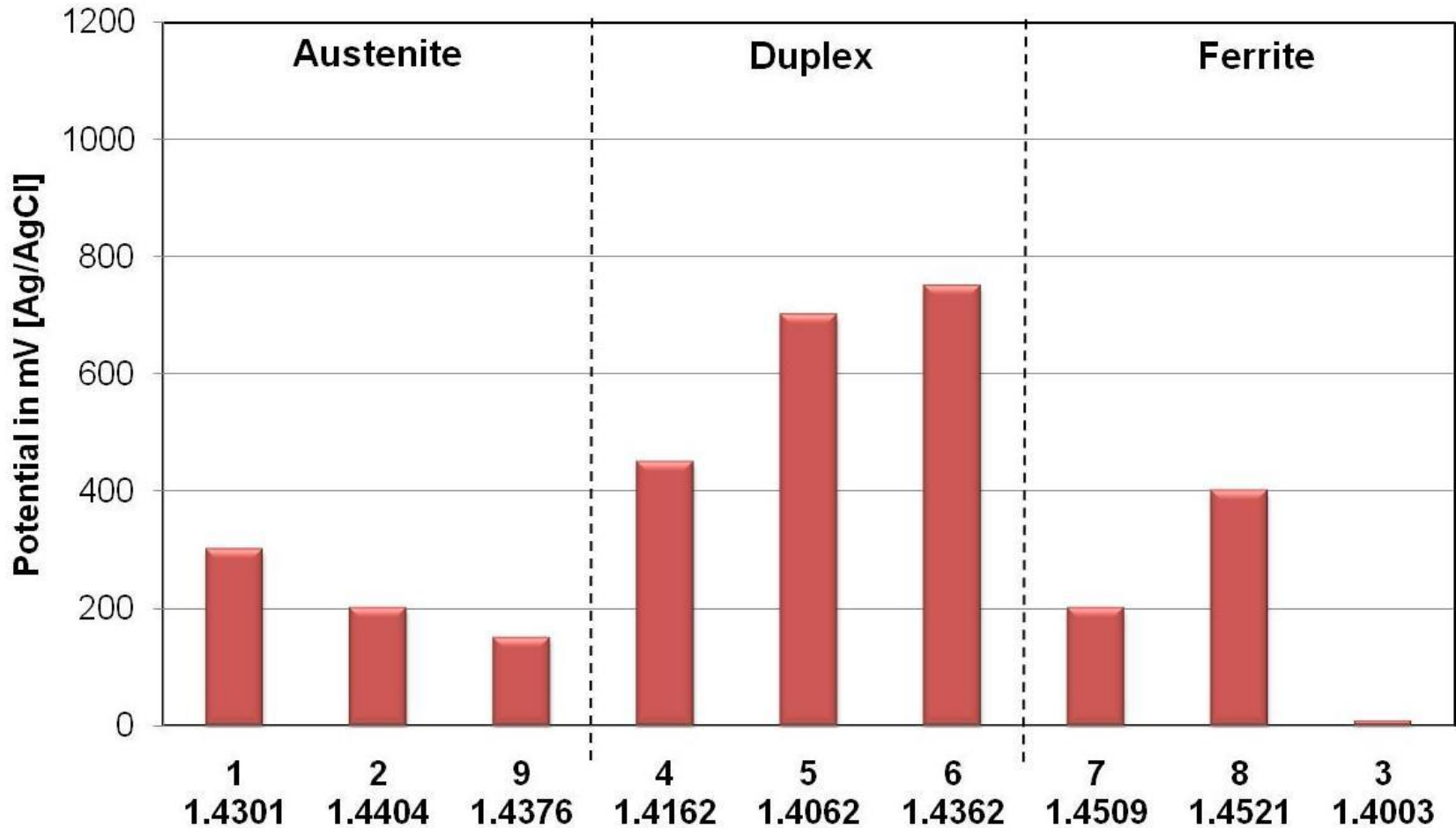


Mittelwerte aus 3 Vergleichsproben Oberflächenzustand W, 3 g/l Chlorid, pH 4,5

Elektrochemische Untersuchungen



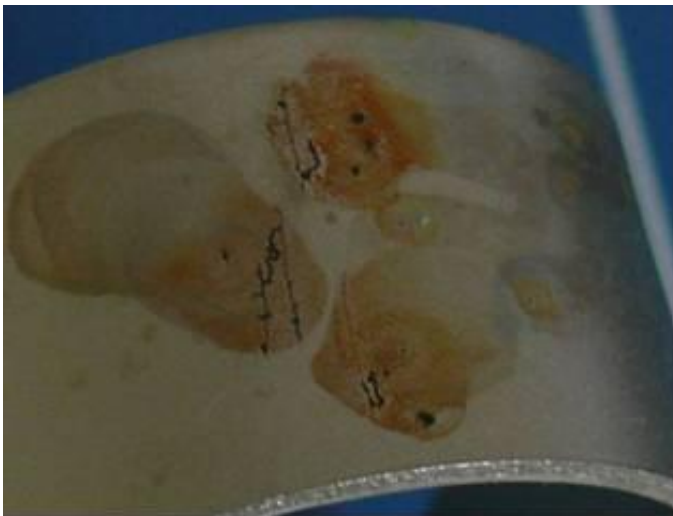
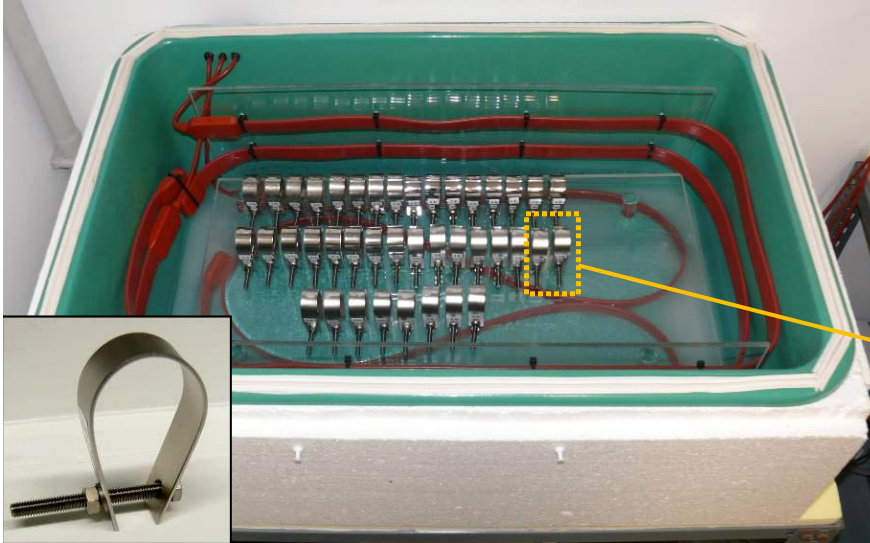
kritische Spaltkorrosionspotentiale aus Stufenversuchen, 20°C



Mittelwerte aus 3 Vergleichsproben Oberflächenzustand W, 3 g/l Chlorid, pH 4,5

Spannungsrissskorrosionsversuch

MgCl₂ Tropfentest

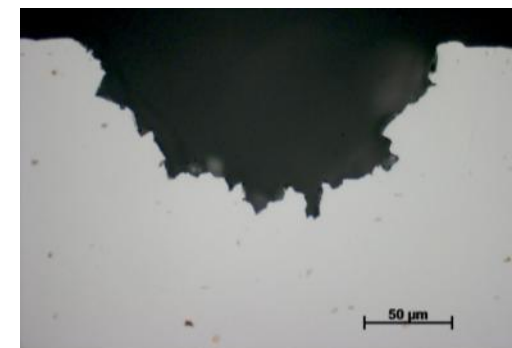
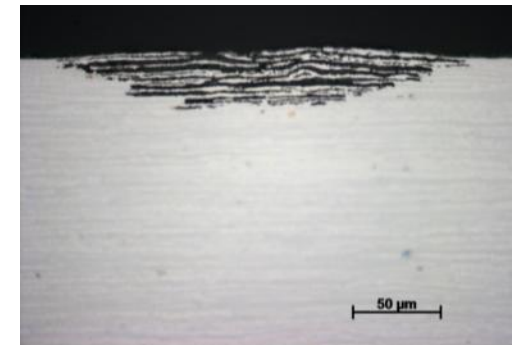
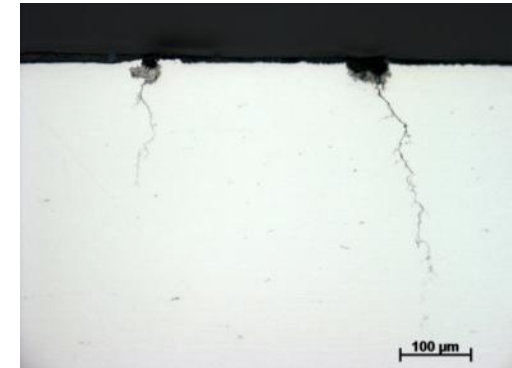


- Vorspannung der Proben bis ca. 95% Dehngrenze
- Beaufschlagung der Proben mit gesättigten MgCl₂ Tropfen im Krümmungsbereich
- Auslagerung bei 30 °C / 35 % r.F.
- Probenahme nach 300, 600, 1200, 2400, 4800 und 10.000 h

Spannungsrissskorrosionsversuch

		MgCl ₂ Tropfentest 30 °C ; Probenentnahme nach:						
		Bezeichnung	300 h	600 h	1.200 h	2.400 h	4.800 h	10.000 h
Austenit	1.4301 X5CrNi18-10	1W	L					
		1TS	L	L	L			
		1GP						
	1.4404 X2CrNiMo17-12-2	2W		L				
		2TS		L	L	L		
		2GP		L				
	1.4376 X8CrMnNi19-6-3	9W						
		9TS						
		9GP	L					
Duplex	1.4162 X2CrMnNiN22-5-2	4W	L	S	S	L	L	S/L
		4TS		S	L	S/L	L	
		4GP	L	S	L	L	S/L	
	1.4062 X2CrNiN22-2	5W	L	S/L	S	S	S	L
		5TS	L	L	L	S	S	
		5GP	S	S	S	L	L	
	1.4362 X2CrNiN23-4	6W			S	S/L	S/L	S/L
		6TS	L	S	S	S	S	
		6GP	S	S		S	S	
Ferrit	1.4509 X2CrTiNb18	7W		L	L	L	L	L
		7TS	L	L	L	L	L	
		7GP	L	L	L	L	L	
	1.4521 X2CrMoTi18-2	8W			L	L	L	L
		8TS	L	L		L	L	
		8GP	L	L	L	L	L	
	1.4003 X2CrNi12	3W	L	L	L	L	L	L
		3TS		L	L	L	L	
		3GP	L	L	L	L	L	

- Prüfung ohne SpRK Befund
- Spannungsrissskorrosion zum Zeitpunkt x festgestellt
- L = Lochkorrosion
- S = selektive Korrosion



Ergebnisse des Vorhabens im Überblick



Untersuchungsmethoden		Austenite			Duplex			Ferrite		
		1 1.4301	2 1.4404	9 1.4376	4 1.4162	5 1.4062	6 1.4362	7 1.4509	8 1.4521	3 1.4003
Auslagerung natürliche Klimate	Stadt, freibewittert	2	2	2	2	2	2	1	2	0
	Meer, freibewittert	0	0	1	1	2	1	0	1	0
	Meer, überdacht	1	1	1	2	2	2	0	0	0
	Schwimmhalle	0	1	1	2	2	2	0	1	0
	Lebensmittelindustrie	2	2	0	2	2	2	1	1	1
Summe		5	6	5	9	10	9	2	5	1
Auslagerung künstliche Klimate	Kombinierte Klimaprüfung Salzsprühkammer + Klima	2	1	2	2	2	2	1	2	0
	MgCl ₂ Tropfentest (SpRK)	1	1	0	2	2	2	2	2	2
	Kesternichtest (Cl ⁻ + SO ₂)	1	2	1	1	1	1	0	2	0
	Erde	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Reinigerlösungen	2	1	2	2	2	1	0	2	0
Summe		8	7	7	9	9	8	5	10	4
Elektrochemie	Stromdichte-Potential-Kurven Ekrit < 50°C	1	1	0	2	2	2	1	2	0
	Stromdichte-Potential-Kurven Ekrit > 50°C	1	1	0	1	1	1	1	1	0
	Spaltkorrosionsversuche 20°C	1	0	0	1	2	2	0	1	0
Summe		3	2	0	4	5	5	2	4	0

Punktverteilung

2	gut
1	mittel
0	schlecht