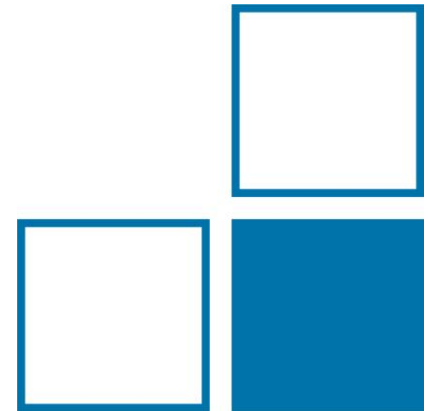


Kalibrierung von ESD-Pulsparametern

Auswertung des Ringvergleichs 2020

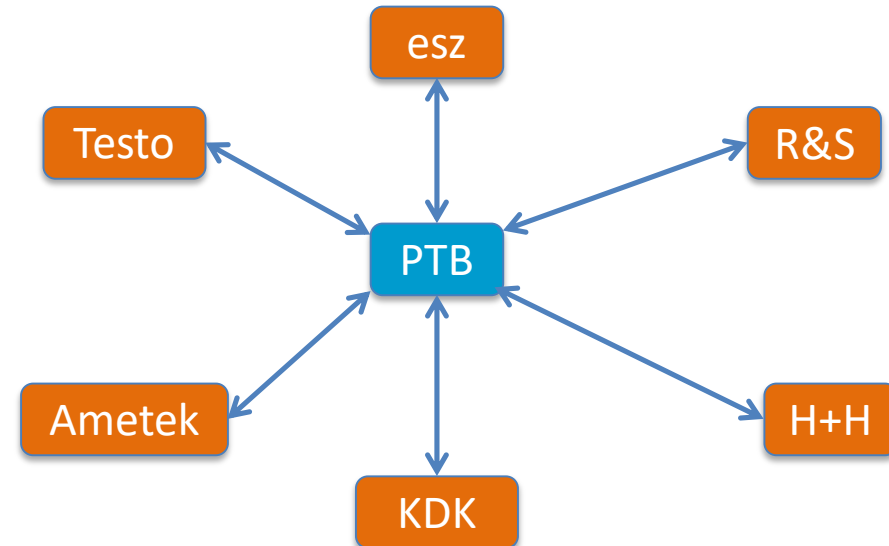
Kai Baaske

Fachbereich Hochfrequenz und Felder



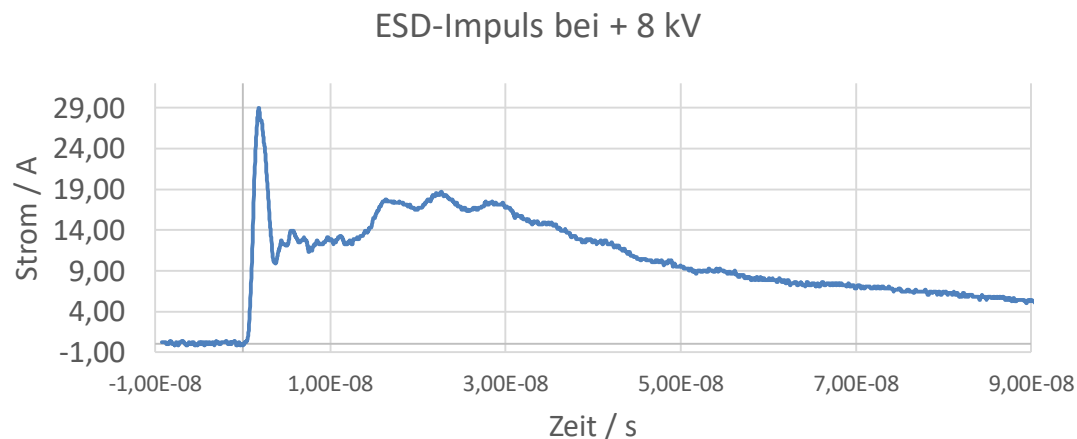
- Abgeschlossener Europäischer Ringvergleich
 - von Januar 2016 bis März 2017
 - Pilot METAS
 - 21 Teilnehmer
- Ergebnisse teilweise stark inkonsistent, insbesondere die bei den Stromwerten bei 30 ns und 60 ns
- Unberücksichtigte Einflüsse durch den (normativen) Aufbau und Handhabung
 - Vorschlag des METAS die Messunsicherheiten insbesondere bei den oben genannten Stromwerten zu erhöhen.
 - Diskussion dazu noch nicht abgeschlossen

- 7 Teilnehmer
- Vom 5. März 2020 bis 20. Juli 2020
- Sternförmiger Ablauf
- Bereitstellung der Impulsparameter sowie der Zeitspuren
- Teilweise mehrfache Messdurchgänge pro PTB-Aufenthalt
- ESD-Simulator Typ: SESD 216 der Fa. Schlöder EMV



Name	Adresse	Akkreditierungsnr.
Testo Industrial Services GmbH, Kirchzarten	Testo Industrial Services GmbH Gewerbestraße 3, 79199 Kirchzarten	K-15070-01
Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG, Köln	Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG International Service Graf-Zeppelin-Strasse 18 51147 Köln	K-15012-01
esz AG	esz AG calibration & metrology Max-Planck- Straße 16, 82223 Eichenau	K-15019-01
H+H High Voltage Technology GmbH	H+H High Voltage Technology GmbH Servicecenter Iserlohn Im Kurzen Busch 15 58640 Iserlohn	K-17601-01
Ametek (ehem. teseq), Berlin	AMETEK CTS Europe GmbH Landsberger Str. 255 12623 Berlin	K-15033-01
KDK Kalibrierdienst Kopp GmbH	KDK Kalibrierdienst Kopp GmbH In den Ziegelwiesen 25 69168 Wiesloch	K-15180-01
PTB, AG 2.21	Bundesallee 100 38116 Braunschweig	-

- Impulsparameter entsprechend der IEC 61000-4-2
 - Anstiegszeit
 - Spitzenstromstärke, I_{\max}
 - Stromstärke nach 30 ns
 - Stromstärke nach 60 ns
- Messungen bei ± 2 kV, ± 4 kV, ± 6 kV und ± 8 kV
- jeweils 5 Einzelmessungen pro Spannungswert und Polarität



- Arithmetischer Mittelwert der 5 Einzelmessungen ohne Gewichtung
- Berechnung des Comparison Reference Value (CRV) mit zugeordneter Messunsicherheit $U(\text{CRV})$

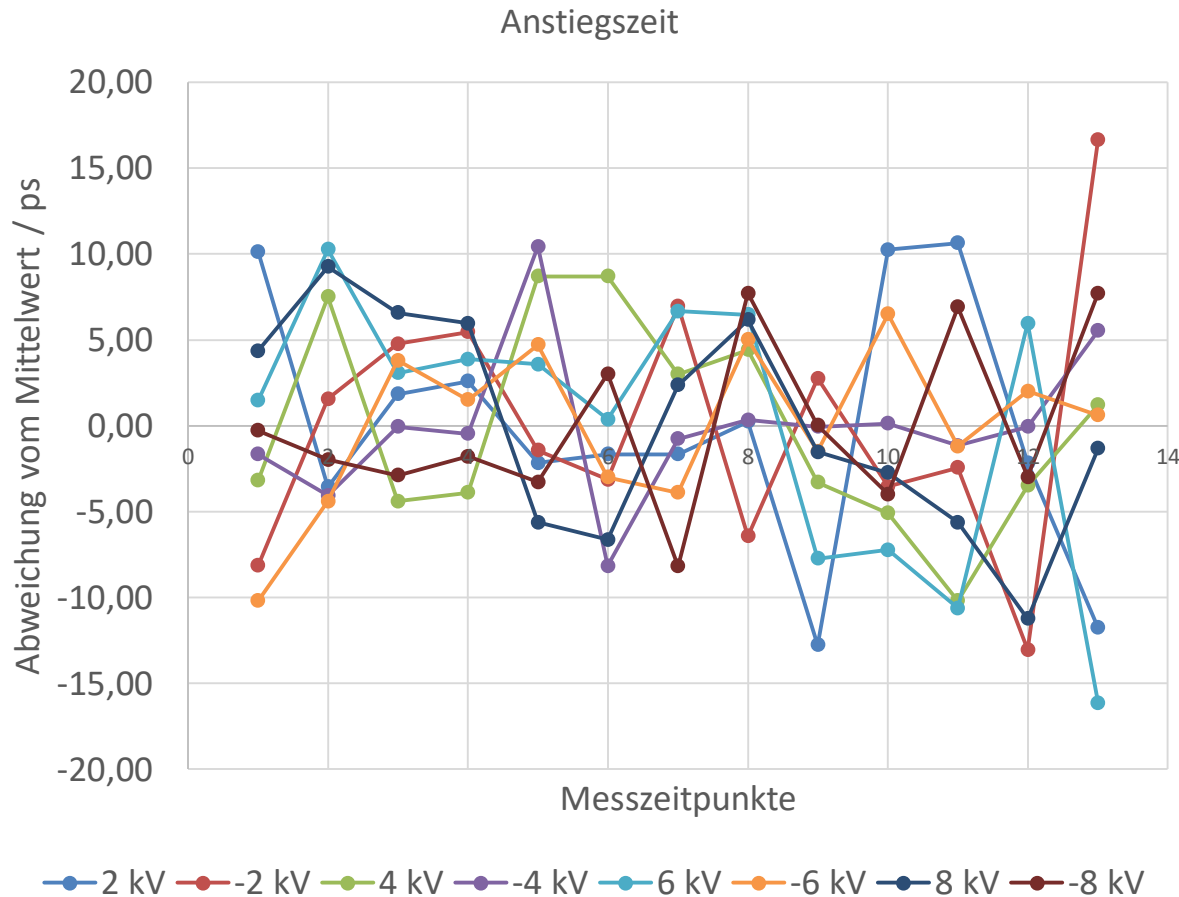
$$\text{CRV} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i$$

$$u(\text{CRV}) = \sqrt{\frac{1}{n^2} \cdot \sum_i u_i^2}$$

$$U(\text{CRV}) = 2 \cdot u(\text{CRV})$$

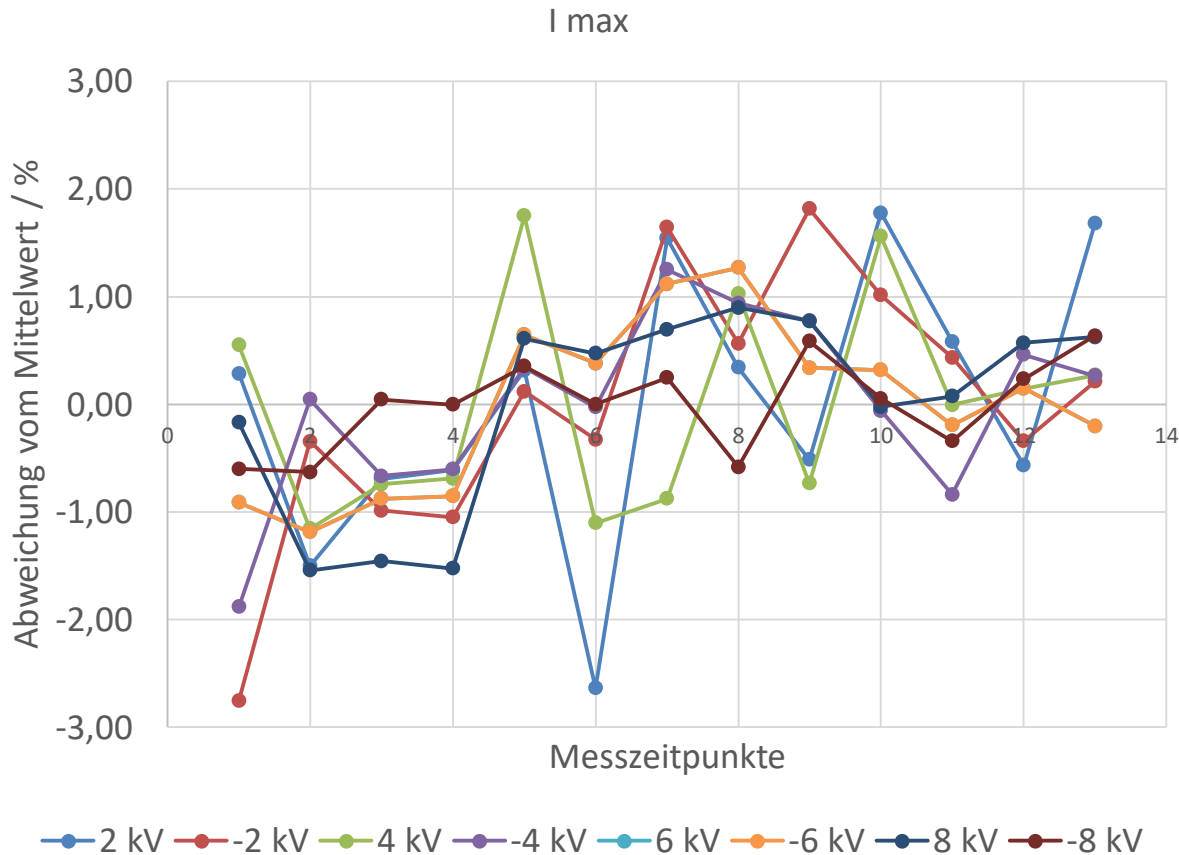
- E_n -Wert als Maß der Übereinstimmung der Ergebnisse eines jeden Teilnehmers mit dem CRV

$$E_n = \frac{|x_i - \text{CRV}|}{\sqrt{U(x_i)^2 + U(\text{CRV})^2}}$$



U kV	Avg. ps	Max. Abw. Avg. ps	Max. proz. Abw. Avg. %
2	802,34	-12,76	-1,59
-2	-805,14	16,66	-2,07
4	809,61	-10,19	-1,26
-4	-814,46	10,44	-1,28
6	814,27	-16,13	-1,98
-6	-816,59	-10,19	1,25
8	814,97	-11,23	-1,38
-8	-819,68	-8,18	1,00

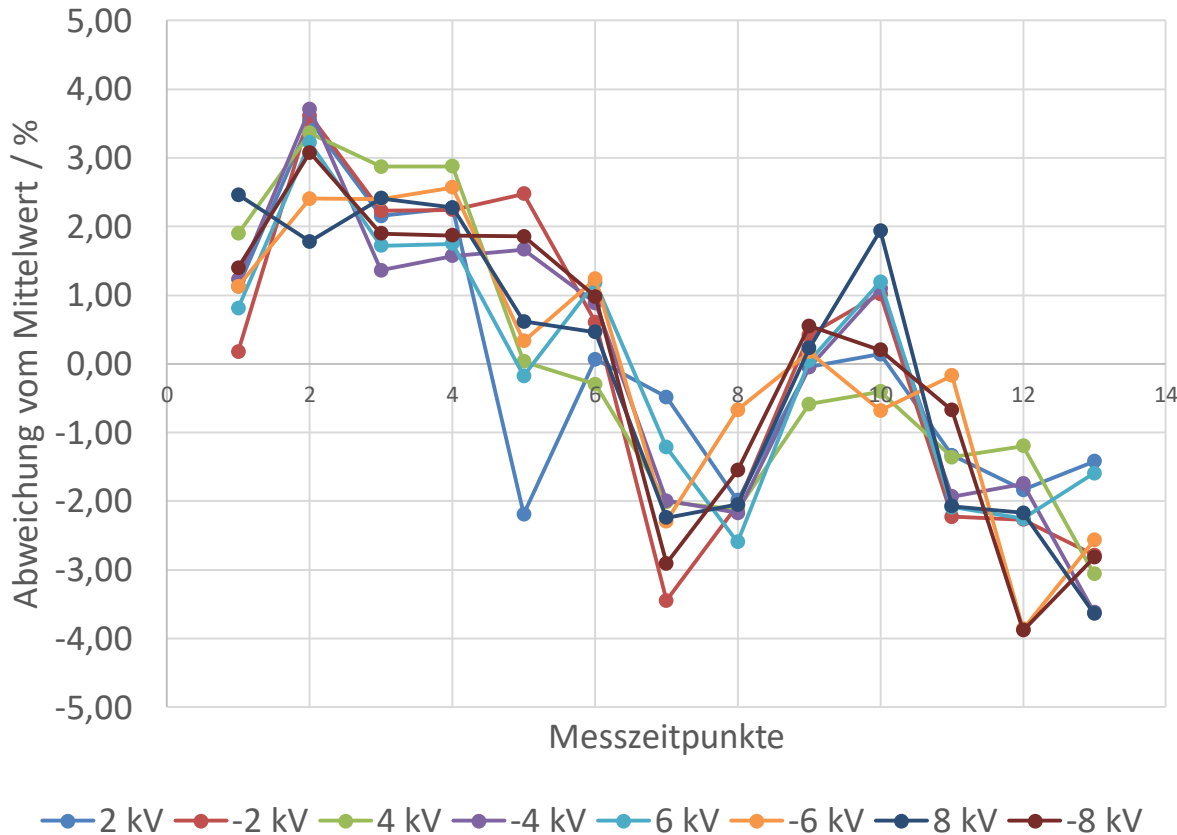
PTB Messunsicherheit: 36 ps ($k = 2$)



U kV	Avg. A	Max. Abw. Avg. A	Max. proz. Abw. Avg. %
2	7,09	-0,19	-2,64
-2	-7,27	0,20	-2,75
4	13,89	0,24	1,75
-4	-14,10	0,27	-1,88
6	21,86	0,28	1,27
-6	-21,95	0,27	-1,25
8	28,86	-0,45	-1,54
-8	-28,81	-0,18	0,64

PTB Messunsicherheit: 5 % ($k = 2$)

I bei 30 ns

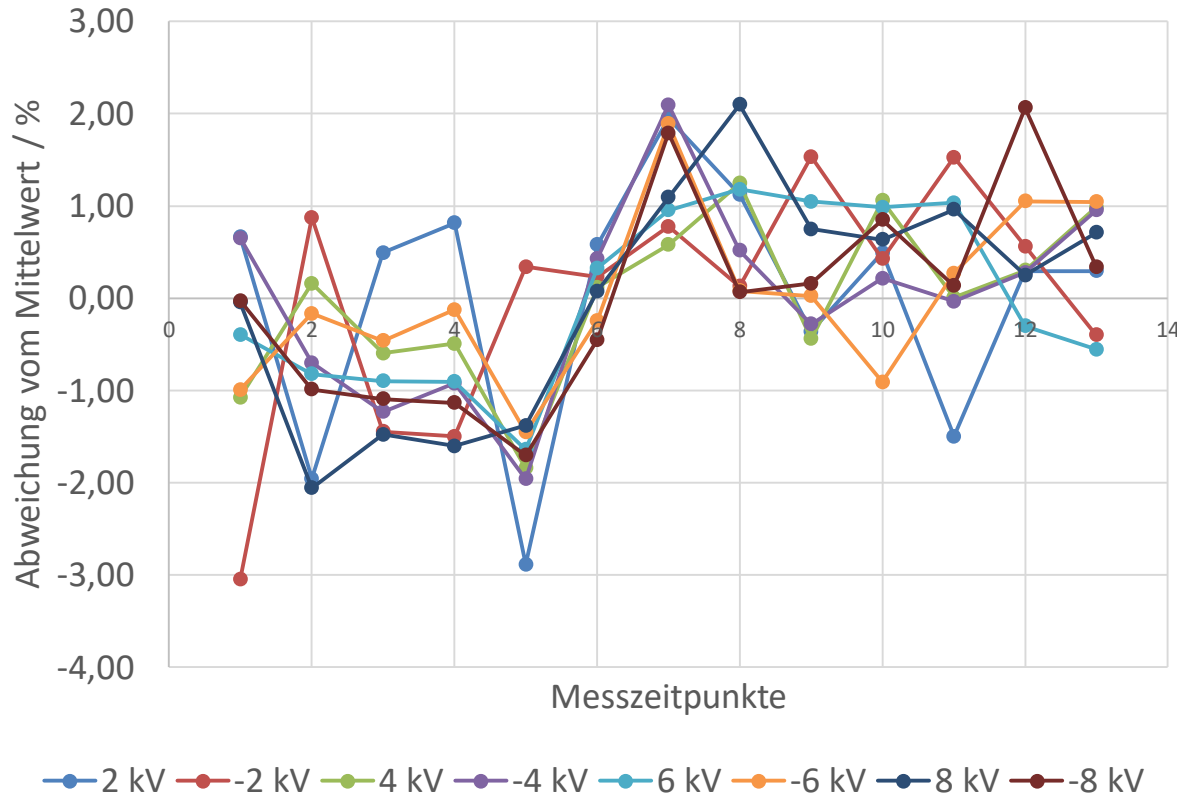


U kV	Avg. A	Max. Abw. Avg. A	Max. proz. Abw. Avg. %
2	3,69	0,13	3,55
-2	-3,75	-0,14	3,62
4	7,58	0,25	3,36
-4	-7,70	-0,29	3,71
6	12,04	0,39	3,22
-6	-12,14	0,47	-3,86
8	15,91	-0,58	-3,64
-8	-16,06	0,62	-3,88

PTB Messunsicherheit: 5 % ($k = 2$)

- Ursache für Trend noch unbekannt

I bei 60 ns

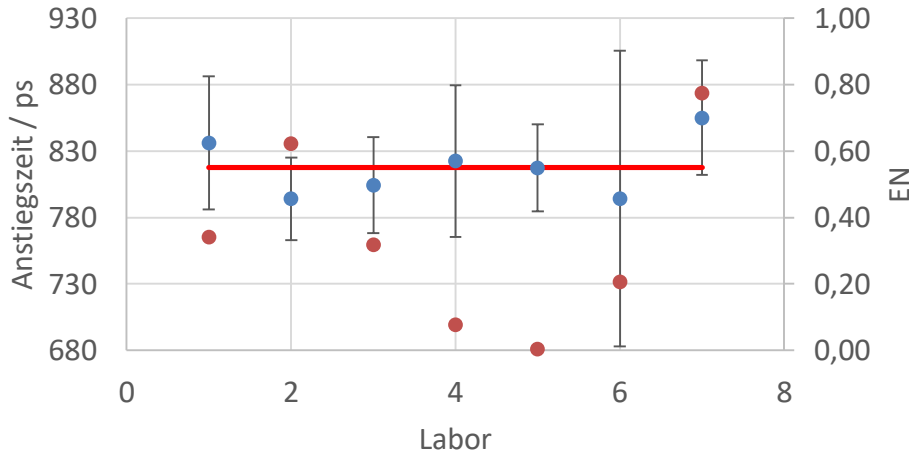


U kV	Avg. A	Max. Abw. Avg. A	Max. proz. Abw. Avg. %
2	1,68	-0,05	-2,89
-2	-1,72	0,05	-3,05
4	3,66	-0,07	-1,84
-4	-3,74	-0,08	2,09
6	5,85	-0,10	-1,64
-6	-5,94	-0,11	1,89
8	7,81	0,16	2,10
-8	-7,97	-0,16	2,06

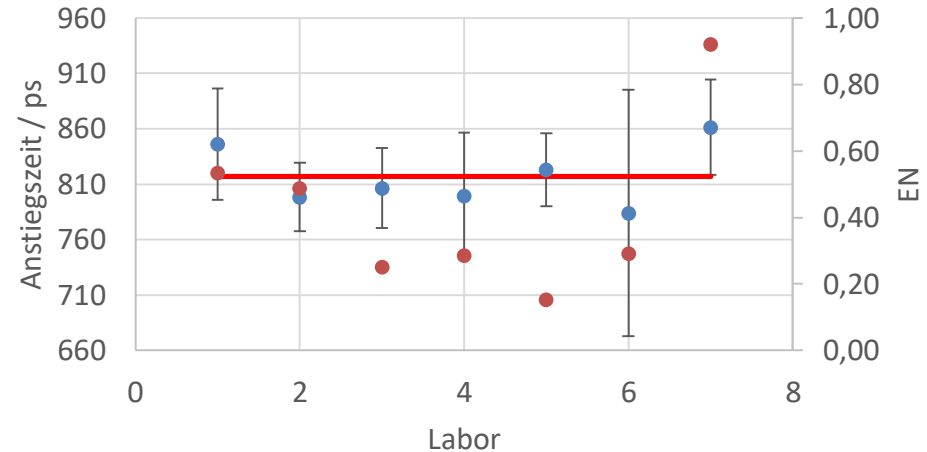
PTB Messunsicherheit: 5 % ($k = 2$)

- Ursache für Trend noch unbekannt
- Tiefergehende Datenanalyse notwendig

Anstiegszeit, +2 kV



Anstiegszeit, -2 kV

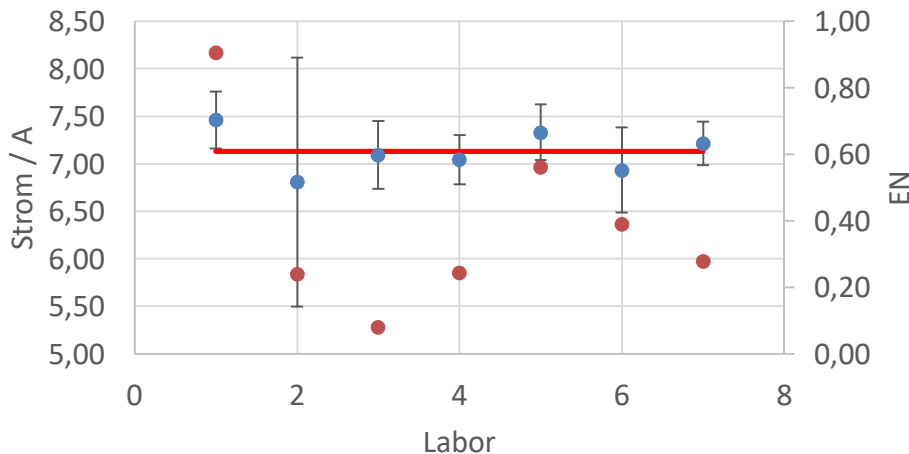


— CRV

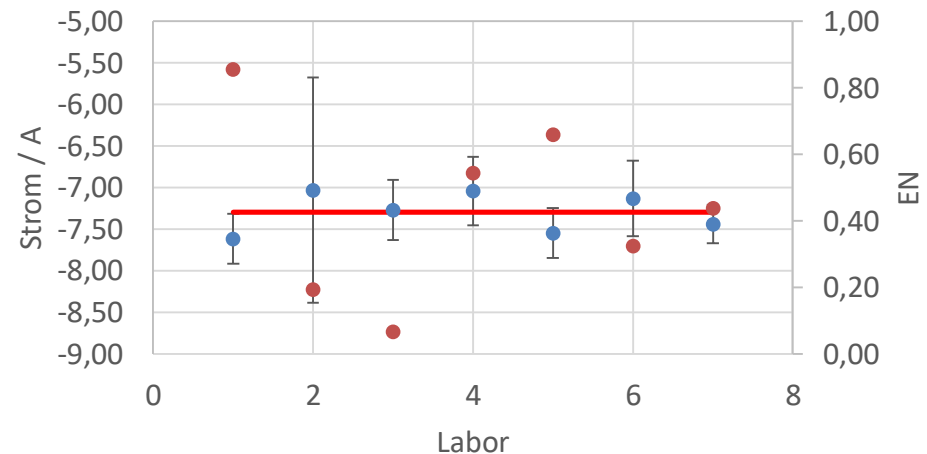
U(CRV) ist nicht gezeigt

Abweichung vom CRV ist unabhängig von Polarität

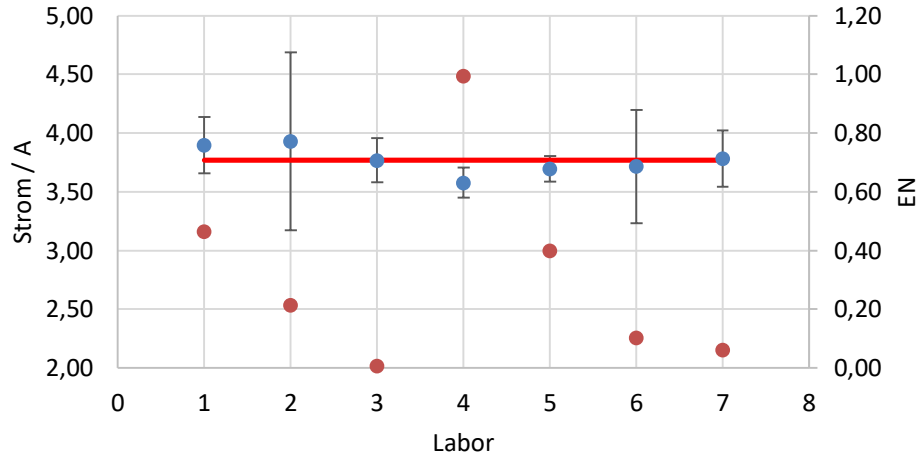
I max, +2 kV



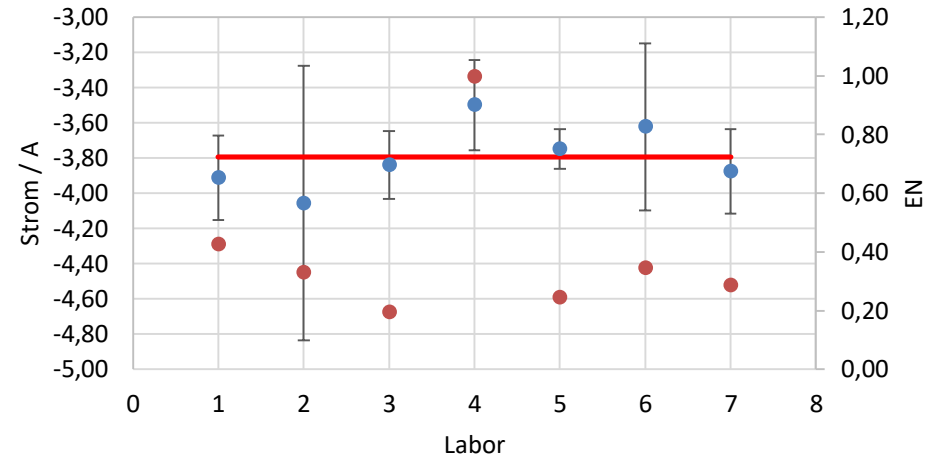
I max, -2 kV



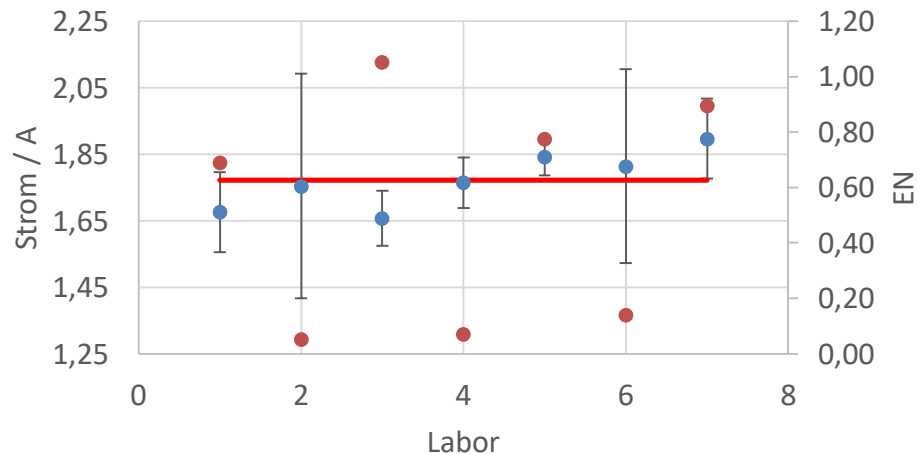
I bei 30 ns, +2 kV



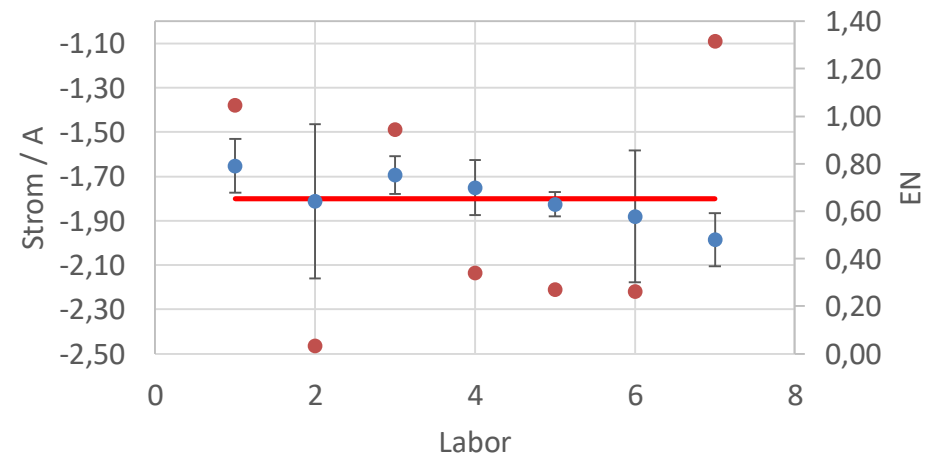
I bei 30 ns, -2 kV



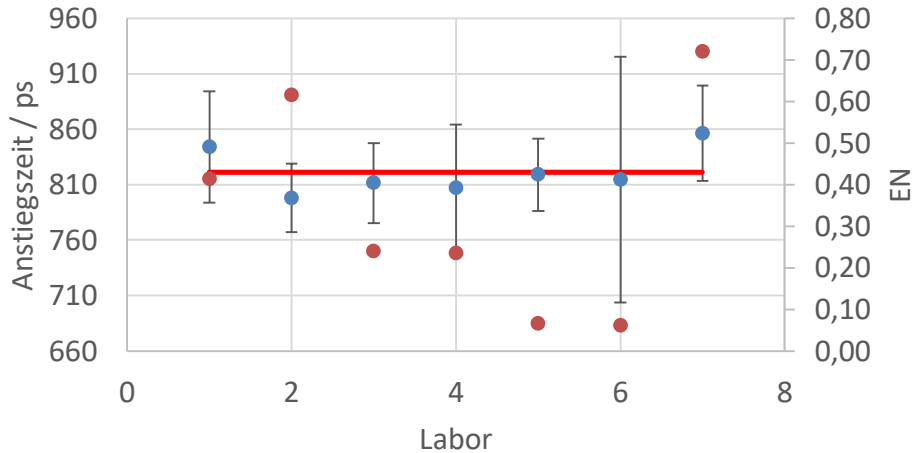
I bei 60 ns, +2 kV



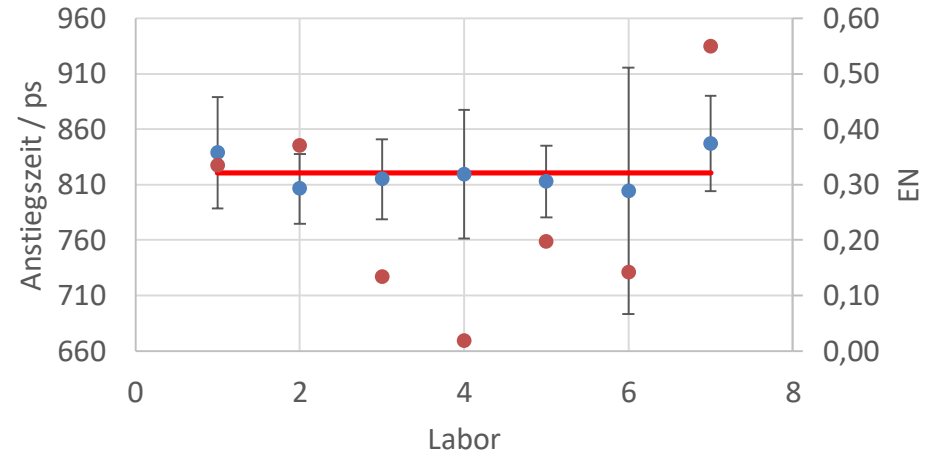
I bei 60 ns, -2 kV



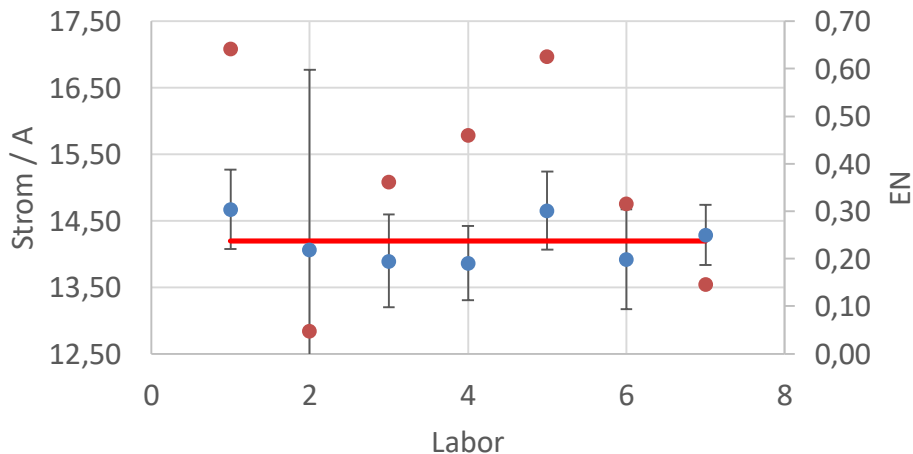
Anstiegszeit, +4kV



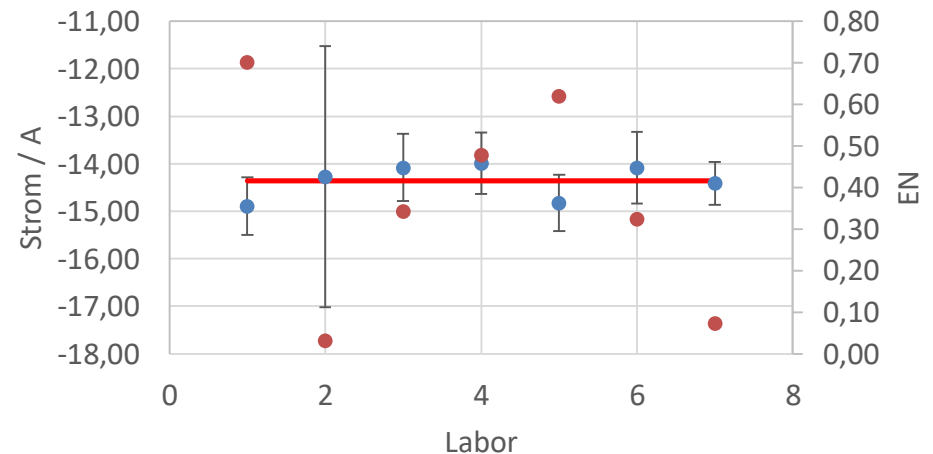
Anstiegszeit, -4kV



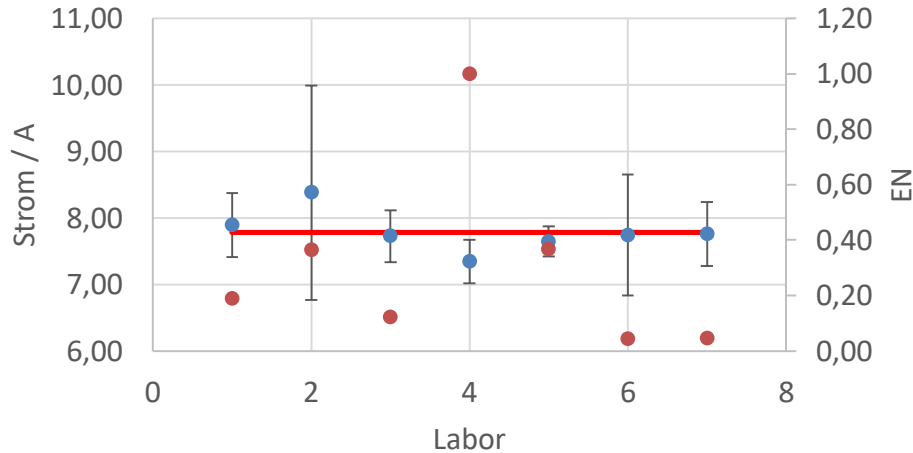
I max, +4 kV



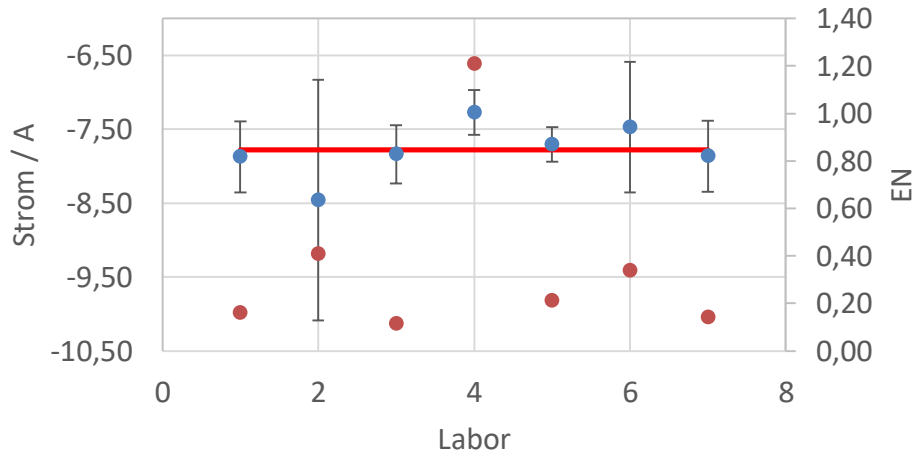
I max, -4 kV



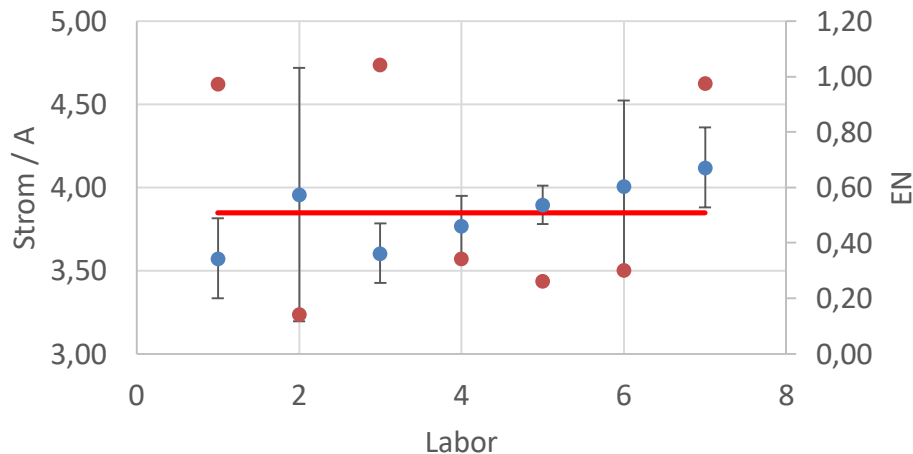
I bei 30 ns, +4 kV



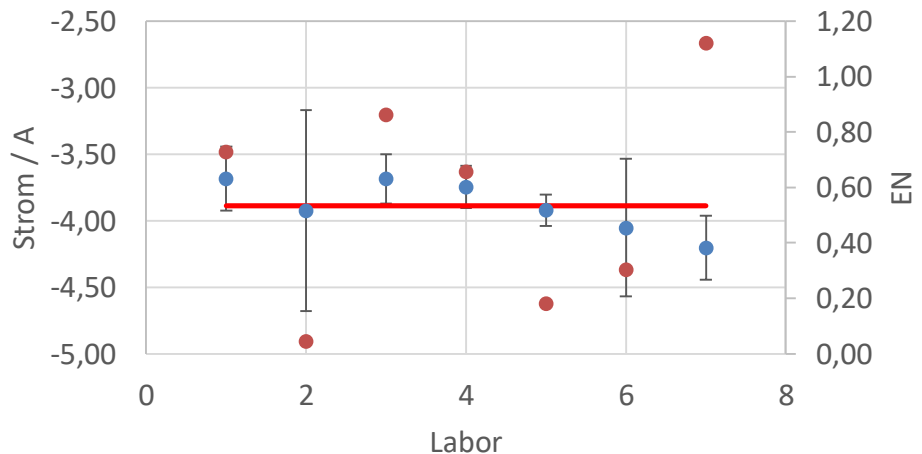
I bei 30 ns, -4 kV



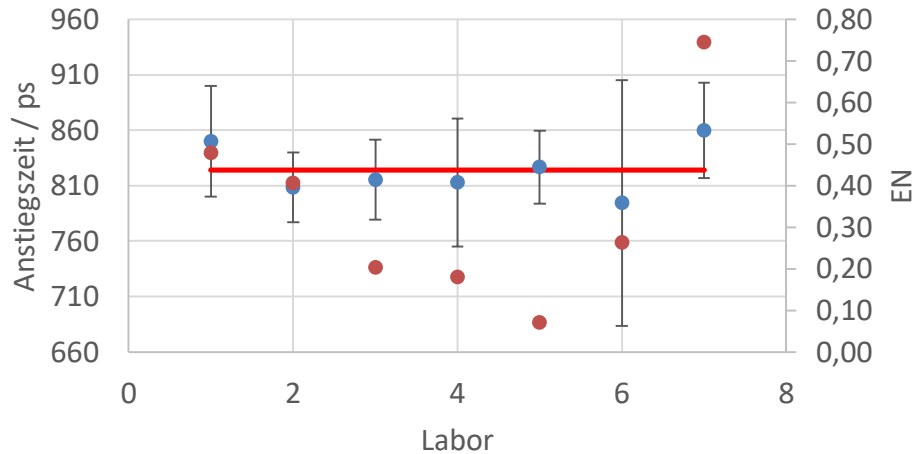
I bei 60 ns, +4 kV



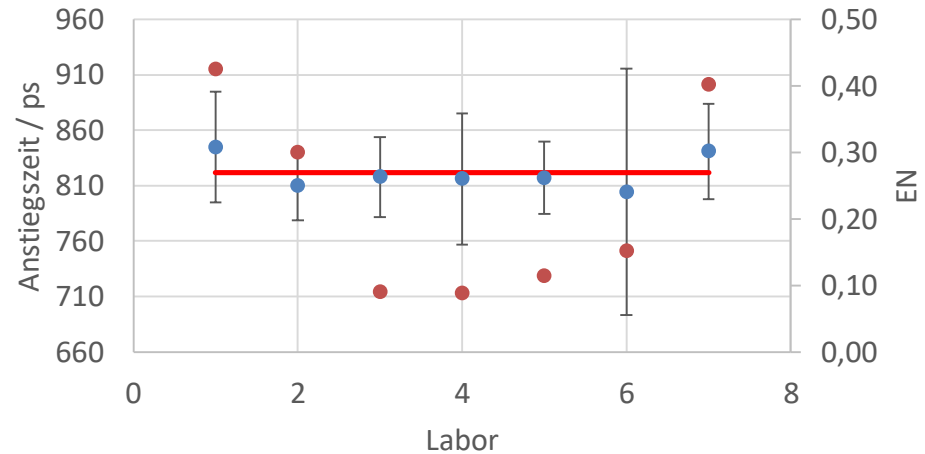
I bei 60 ns, -4 kV



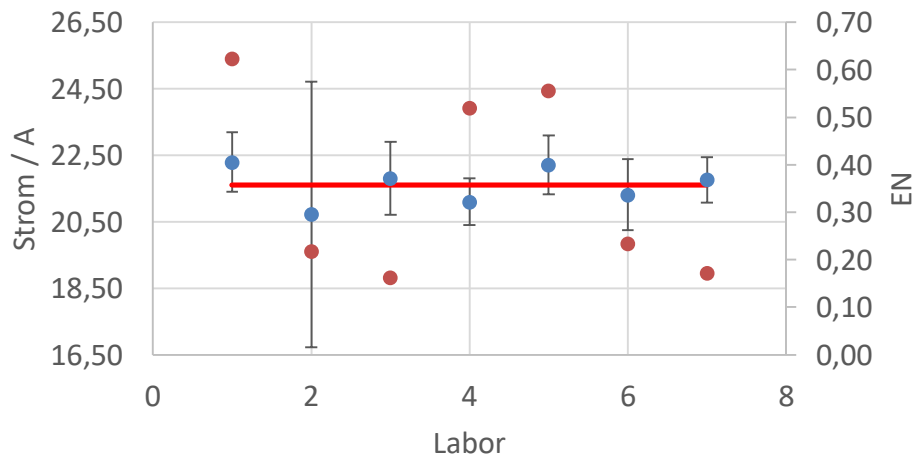
Anstiegszeit, +6 kV



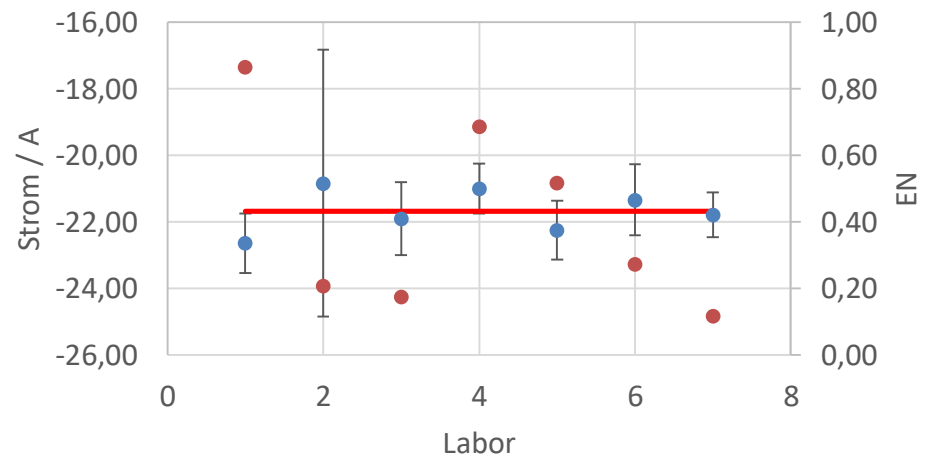
Anstiegszeit, -6 kV



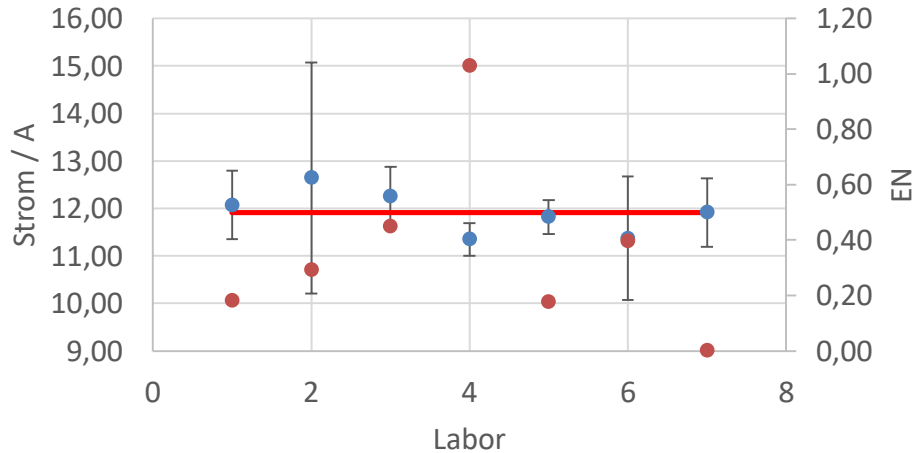
I max, +6 kV



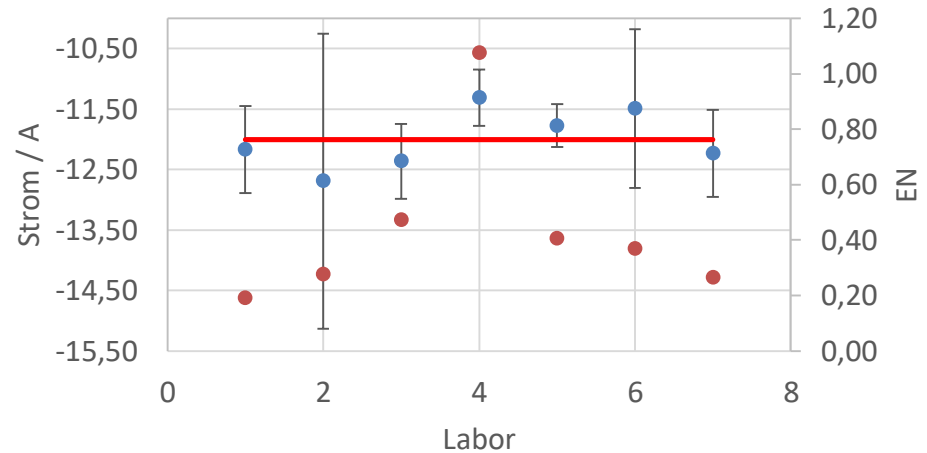
I max, -6 kV



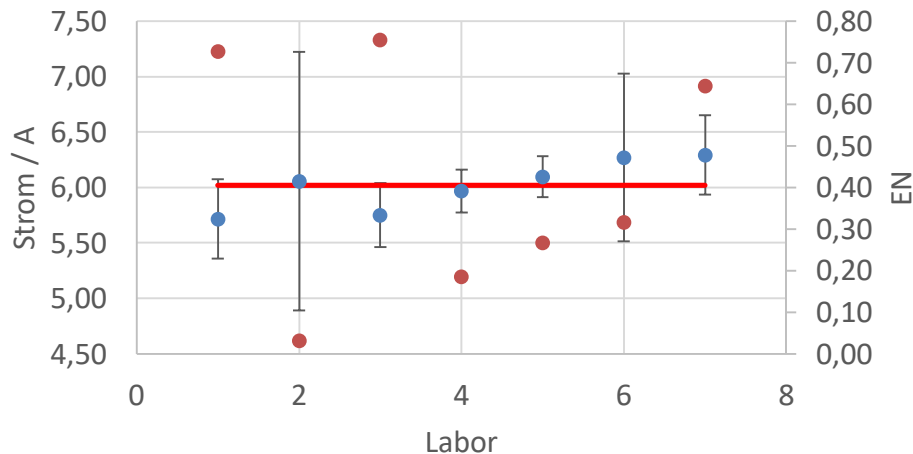
I bei 30 ns, +6 kV



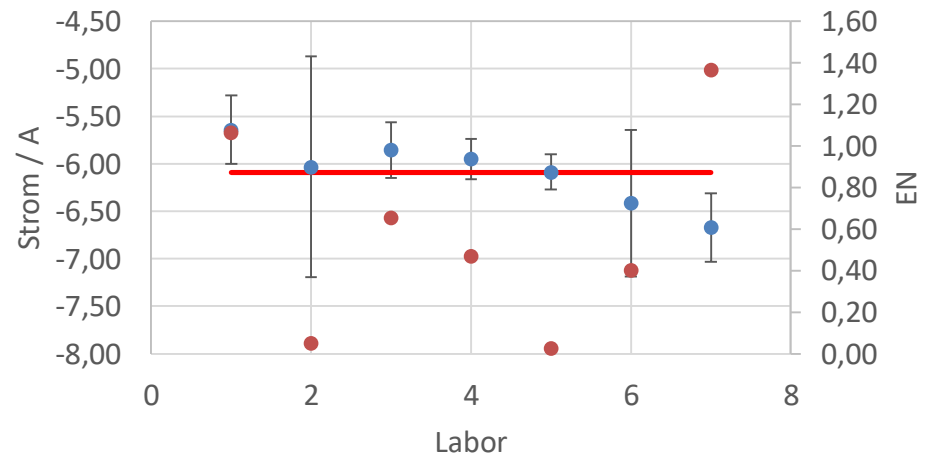
I bei 30 ns, -6 kV



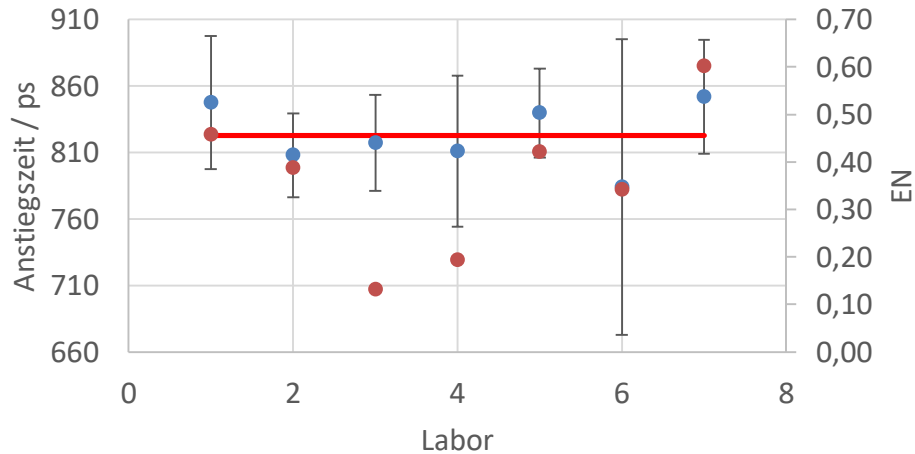
I bei 60 ns, +6 kV



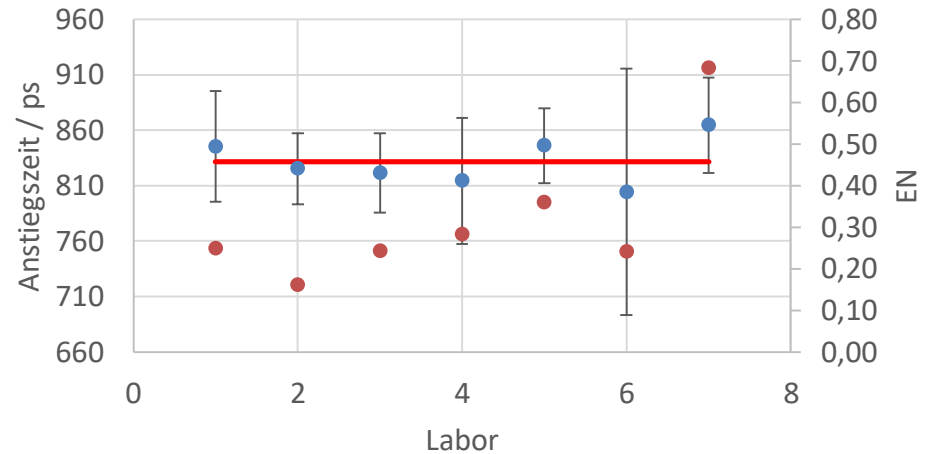
I bei 60 ns, -6 kV



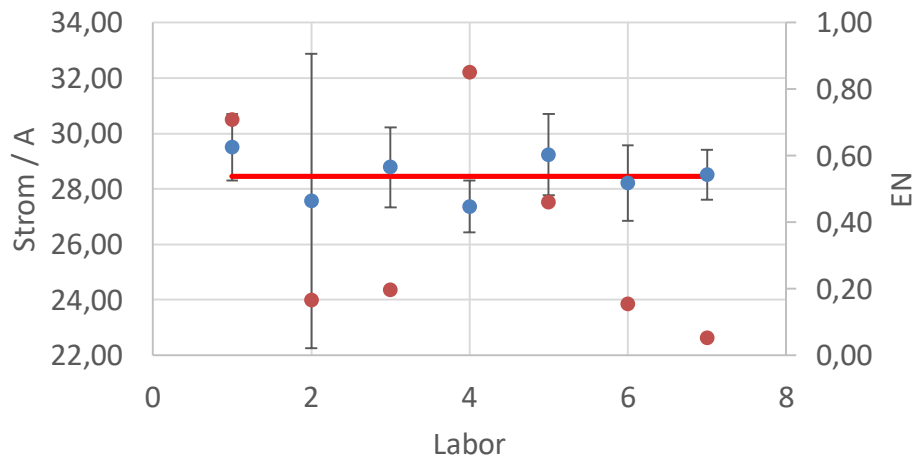
Anstiegszeit, +8 kV



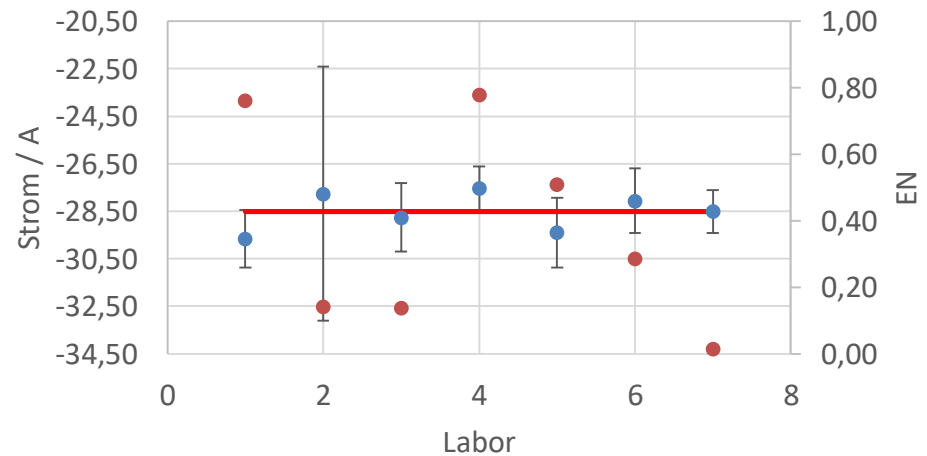
Anstiegszeit, -8 kV



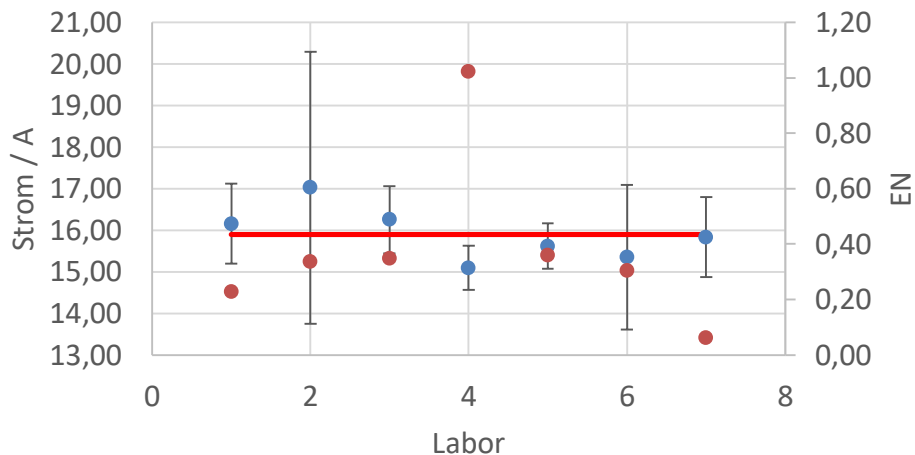
I max, +8 kV



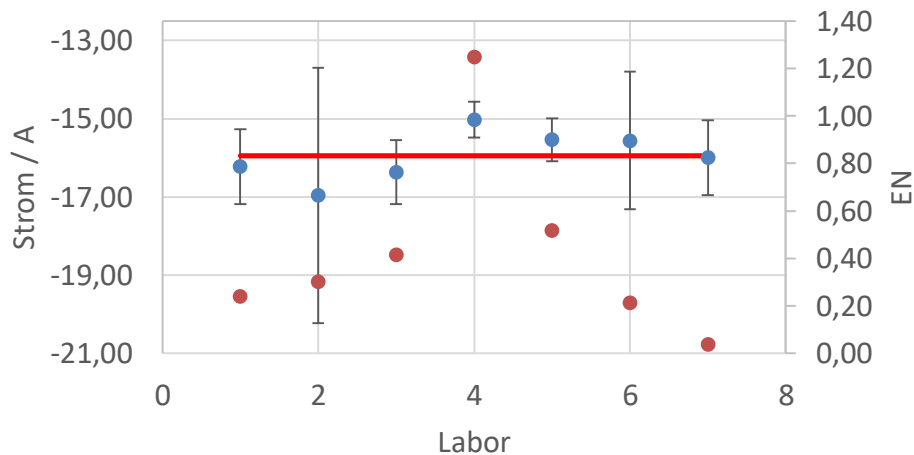
I max, -8 kV



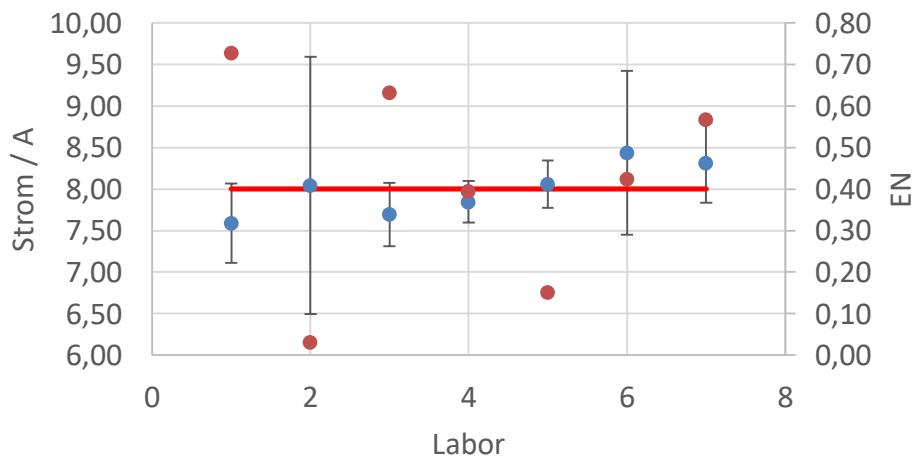
I bei 30 ns, +8 kV



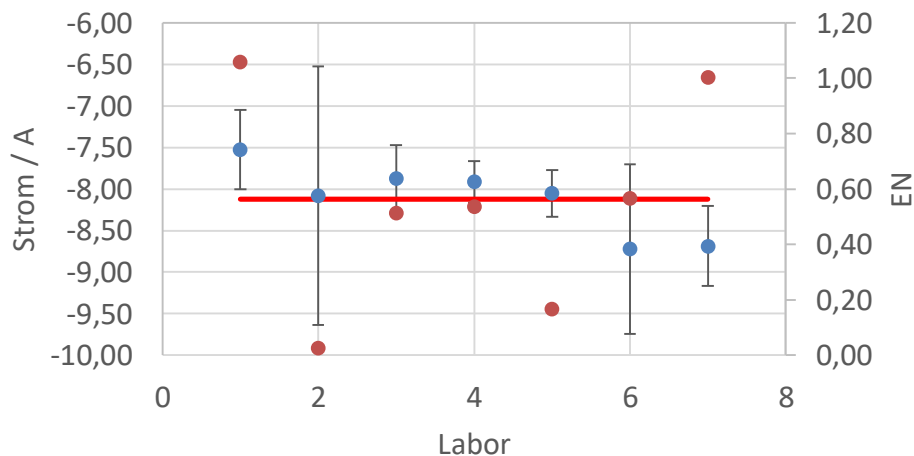
I bei 30 ns, -8 kV



I bei 60 ns, +8 kV



I bei 60 ns, -8 kV



- Ergebnisse tendenziell besser (alle E_n -Werte unter 1,4)
 - E_n -Werte der Strommessung bei 30 ns und 60 ns häufiger nahe oder über 1
 - Kalibrierungen wurden entsprechend der Vorgaben der IEC 61000-4-2 durchgeführt
 - Kalibrieraufbau durch Norm nicht ausreichend spezifiziert
 - Messunsicherheiten berücksichtigen offenbar noch nicht alle Typ A-Einflussgrößen bedingt durch den Aufbau und die Handhabung
 - Detailliertere Auswertung erfolgt noch
 - Publikation dann in Form eines DKD-Berichtes
 - Rückmeldung an DKE UK 767.3 zur Überarbeitung der IEC 61000-4-2
-
- Dank an alle Teilnehmer für den reibungslosen Ablauf
 - Dank an Firma Schlöder GmbH für die Bereitstellung des ESD-Simulators



**Physikalisch-Technische Bundesanstalt
Braunschweig und Berlin**

Bundesallee 100

38116 Braunschweig

Kai Baaske

Telefon: 0531 592-2210

E-Mail: kai.baaske@ptb.de

www.ptb.de



Stand: 09/2020